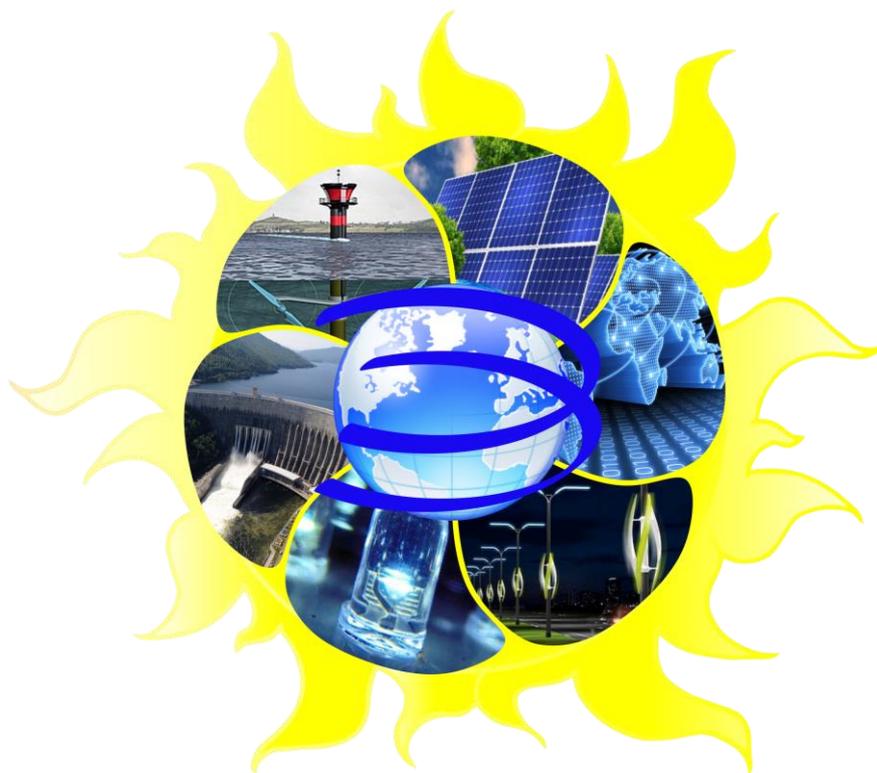


ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Материалы IX Всероссийской научно-технической конференции
с международным участием
для студентов, молодых ученых и специалистов

19 октября 2022 г.



Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тамбовский государственный технический университет»

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ, ПРИБОРОСТРОЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Материалы IX Всероссийской научно-технической конференции
с международным участием
для студентов, молодых ученых и специалистов

19 октября 2022 г.

Научное электронное издание



Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2022

УДК 658.26
ББК 31.3
Э65

Редакционная коллегия:

Д. Ю. Муромцев – *ответственный редактор*,
Т. И. Чернышова – *зам. ответственного редактора*,
С. П. Москвитин, А. П. Пудовкин, С. В. Фролов,
Н. Г. Чернышов, А. Н. Грибков, А. В. Кобелев

Э65 **Энергосбережение** и эффективность в технических системах [Электронный ресурс]: материалы IX Всероссийской научно-технической конференции с международным участием для студентов, молодых ученых и специалистов. 19 октября 2022 г. / отв. ред. Д. Ю. Муромцев; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования: ПК не ниже класса Pentium II; CD-ROM-дисковод; 10,0 Mb; RAM; Windows 95/98/XP; мышь. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-8265-2533-3

В сборник включены материалы пленарных и секционных докладов в соответствии с тематикой Материалы IX Всероссийской научно-технической конференции с международным участием для студентов, молодых ученых и специалистов «Энергосбережение и эффективность в технических системах».

Предназначен для преподавателей, аспирантов, магистров, студентов и молодых ученых в целях использования в научно-исследовательской работе и учебной деятельности.

УДК 658.26
ББК 31.3

Материалы предоставлены в электронном варианте, организаторы конференции и редакция ответственности за содержание предоставленных авторами материалов не несут.

Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком. Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.

ISBN 978-5-8265-2533-3

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2022

ПРОИЗВОДСТВО БИОУГЛЯ ИЗ БИООТХОДОВ МЕТОДОМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПИРОЛИЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ, В ТОМ ЧИСЛЕ, ТЕХНОЛОГИИ КИПЯЩЕГО СЛОЯ

*Р. Л. Исьемин¹, С. Н. Кузьмин¹, А. В. Небываев¹,
В. С. Кох-Татаренко¹, Ю. С. Теплицкий²*

¹Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия,

*²НГУ «Институт тепло и массообмена им. А. В. Лыкова» НАН Беларуси,
Республика Беларусь, Минск*

Подстильно-пометная масса (ППМ) (куриный помет и древесные опилки или измельченная солома) образуется в больших количествах на птицефабриках и накопление которой представляет серьезную экологическую проблему, так как является органическим отходом 4-го класса опасности.

Птицефабрики являются крупными потребителями электрической энергии, которая может быть сгенерирована при прямом сжигании ППМ, в том числе в котлах с кипящим слоем. Для повышения эффективности и экологичности сжигания должны быть снижены влажность ППМ и содержание в ней летучих веществ, а также повышена теплота его сгорания. Для этого ППМ перед сжиганием можно подвергнуть предварительной обработке методами гидротермальной карбонизации или низкотемпературного пиролиза.

В работе проведены сравнительные исследования процессов переработки ППМ в биоуголь методами гидротермальной карбонизации и низкотемпературного пиролиза в среде перегретого водяного пара.

Термохимической обработке подвергалась ППМ (смесь куриного помета с древесными опилками в соотношении 1:1, 1:2 и 2:1).

Гидротермальная карбонизация осуществлялась в лабораторном автоклаве периодического действия при температуре 220 °С в течение 1 часа и 4 часов.

Низкотемпературный пиролиз биомассы осуществлялась в реакторе с кипящим слоем, который образовывали частицы биоугля, предварительно полученного в среде перегретого водяного пара при температурах 300 и 350 °С.

Было установлено, что методом гидротермальной карбонизации можно повысить содержание углерода в помете с подстилкой с 42 до 63% и увеличить высшую теплоту сгорания с 16,7 до 17,8 МДж/кг; методом низкотемпературного пиролиза в перегретом паре в кипящем слое можно повысить содержание углерода в помете с 42 до 75% и увеличить высшую теплоту сгорания с 16,7 до 18,8 МДж/кг.

Процессы гидротермальной карбонизации и низкотемпературного пиролиза требуют затрат энергии. Для повышения экономической эффективности обоих процессов рассмотрена возможность извлечения из отработанной воды (или конденсата) 5-гидроксиметилфурфуrolа, который рассматривается как ключевой реагент, так называемое «соедине-

ние-платформа», для производства разнообразных практически важных веществ, включая полимеры, фармацевтические препараты, растворители и топлива. Установлено, что содержание 5-гидрооксиметилфурфуrolа в этих водных средах составляет 0,02...0,8 г/л; оно зависит от метода термохимической обработки и температуры процесса.

Ключевые слова: биомасса, смесь куриного помета и опилок, гидротермальная карбонизация, низкотемпературный пиролиз, кипящий слой, перегретый пар, биоуголь, гидроуголь, 5-гидрооксиметилфурфуrol.

Отходы птицеводства включают смесь помета, подстилочного материала (древесные опилки или солома), отходы корма, мертвых птиц, разбитых яиц и перьев, удаленных из птичников. Эти отходы традиционно применялись как удобрение, но их чрезмерное использование может привести к загрязнению почв нитратами и несбалансированной эвтрофикации природных водоемов. Несбалансированная эвтрофикация может приводить к бурному развитию водорослей (цветение воды) и появлению в воде цианобактерий, которые в период цветения выделяют токсины (алкалоиды и низкомолекулярные пептиды), способные вызвать отравление людей и животных, а также приводит к дефициту кислорода, заморам рыб и животных [1, 2].

Альтернативная, экологически приемлемая утилизация этих отходов может представлять собой их преобразование в энергию, а получаемый при этом побочный продукт – зола – может использоваться как удобрение [3 – 6].

Большинство этих недостатков может быть ликвидировано при обработке ППМ методами низкотемпературного пиролиза и гидротермальной карбонизации (влажной низкотемпературного пиролиза) [7].

В последние годы такой метод обработки биомассы, как гидротермальная карбонизация, стал привлекать внимание исследователей, благодаря возможности получения биоугля или гидроугля, который может быть использован как биоуголь или в процессах адсорбции [8, 9] как активированный уголь [10 – 14].

Процесс гидротермальной карбонизации реализован в реакторах периодического действия и включает следующие стадии [15, 16]:

- загрузка воды и биомассы в реактор в необходимом соотношении,
- нагрев реактора до необходимой температуры с подъемом давления внутри реактора для исключения вскипания воды,
- процесс гидротермальной карбонизации биомассы в течении заданного времени,
- быстрое охлаждение реактора,
- сброс давления, выгрузка гидроугля и его сушка.

Из изложенного выше очевидны недостатки технологии гидротермальной карбонизации:

- периодичность процесса,
- необходимость применения реакторов, работающих под высоким давлением,
- большой объем загрязненной воды, которая требует переработки.

Биоуголь может быть также получен методом низкотемпературного пиролиза.

По сути, низкотемпературный пиролиз – это метод химической обработки, при котором биомасса нагревается в инертной среде до температуры от 200 до 300 °С. Обычно процесс характеризуется низкой скоростью нагрева частиц (ниже 50 °С/мин) и относительно

длительным временем пребывания в реакторе, которое, в зависимости от сырья, технологии и температуры, составляет от 30 до 120 минут [17, 18].

Низкотемпературный пиролиз, также, как и гидротермальная карбонизация, позволяют увеличить теплоту сгорания биомассы, снизить затраты на измельчение биомассы для совместного сжигания с углем, повысить влагостойкость биомассы.

Но оба процесса для своего осуществления требуют достаточно больших финансовых затрат. В работе [19] указывается, что стоимость пеллет, полученных из торрефицированной биомассы, составляет 25,72...32,81 евро/т, а стоимость пеллет из «сырой» биомассы – 1,53...16,85 евро/т.

Конечно, торрефицированные пеллеты содержат больше энергии, чем пеллеты, изготовленные из «сырой» биомассы. Поэтому доставка 1 ГДж энергии, содержащегося в торрефицированных пеллетах, составляет по различным расчетам от 1,88 [20] до 8,51 евро [21], а стоимость доставки 1 ГДж пеллет, изготовленных из «сырой» биомассы оказывается на 14% выше [22]. Поэтому, необходимо искать способы повышения экономической эффективности процесса низкотемпературного пиролиза биомассы.

Для низкотемпературного пиролиза в качестве газа-носителя может быть использован перегретый пар [23, 24]. Низкотемпературный пиролиз перегретым паром основан на принципе сушки биомассы с помощью перегретого пара при атмосферном давлении, а затем биомассу нагревают до 220...250 °С в среде пара, не содержащей кислорода. Низкотемпературный пиролиз перегретым паром имеет много преимуществ по сравнению с традиционным методом благодаря своим превосходным свойствам теплопередачи (теплоемкость перегретого водяного пара в два раза выше, а кинематическая вязкость в два раза ниже, чем у азота при той же температуре).

Летучие компоненты низкотемпературного пиролиза содержат много ценных веществ, которые можно использовать. Но при низкотемпературном пиролизе в азоте эти летучие компоненты нельзя отделить от общего газового потока. Низкотемпературный пиролиз в перегретом паре позволят легко отделить эти компоненты после конденсации отработанного пара. Ввиду ценности конденсата низкотемпературного пиролиза, богатого органическими соединениями, и возможности производства из него ценных химикатов, стоимость производства торрефицированной биомассы может быть значительно снижена.

Во многих отношениях низкотемпературный пиролиз биомассы в среде перегретого водяного пара становится близка процессу гидротермальной карбонизации.

Целью настоящей работы является проведение сравнительных экспериментов по исследованию свойств биоугля (гидроугля), полученных этими двумя методами, а также исследование химического состава конденсата и отработанной воды на примере термохимической переработки смеси куриного помета и опилок.

Методика эксперимента. Исходным сырьем являлся куриный помет, а также смесь куриного помета с древесными опилками в соотношении 1:1, 1:2 и 2:1.

На рисунке 1 представлена схема пилотной установки для низкотемпературного пиролиза биоотходов в кипящем слое в среде перегретого водяного пара.

Пилотная установка состоит из реактора для карбонизации в кипящем слое 1, бункера для исходной биомассы 2, бункера для биоугля 3, циклона 4 для отделения парогазового потока от частиц биоугля, выносимых из реактора, конденсатора парогазовой смеси 5.

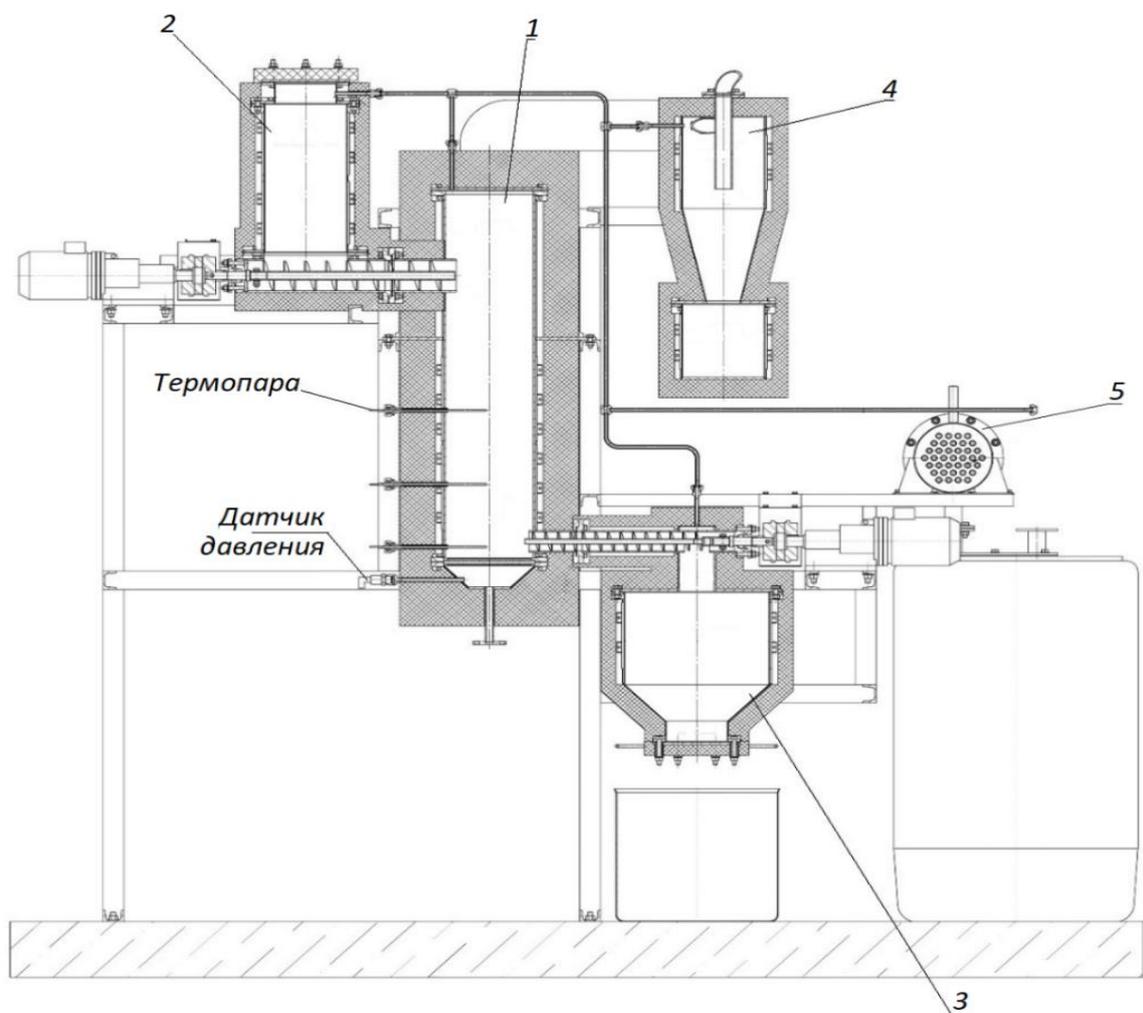


Рис. 1. Схема пилотной установки для гидротермальной карбонизации биоотходов в кипящем слое в среде перегретого водяного пара

На рисунке 1 не показаны котел для генерации пара и пароперегреватель. Реактор для низкотемпературного пиролиза снабжен газораспределительной решеткой для ввода перегретого водяного пара под кипящий слой. По высоте реактора расположены друг над другом три термопары для измерения температуры внутри реактора. Нижняя термопара расположена на высоте 40 мм над газораспределительной решеткой, средняя термопара расположена на высоте 210 мм, верхняя термопара расположена на высоте 410 мм. Головка каждой термопары установлена по центру реактора и при необходимости может перемещаться в радиальном направлении. Бункер для исходной биомассы снабжен крышкой для загрузки биомассы и шнековым питателем с мотор-редуктором, который оснащен частотным регулятором, что позволяет плавно регулировать подачу биомассы в реактор. Бункер для сбора биоугля также выполнен обогреваемым и снабжен шнеком с мотор – редуктором с регулируемым числом оборотов для выгрузки биоугля из реактора. Циклон для отделения частиц биоугля, выносимых из реактора, от парогазового потока также выполнен обогреваемым.

Перед началом эксперимента в реактор 1 засыпалось примерно 6 литров предварительно полученного биоугля из помета с опилками того состава, низкотемпературный пиролиз которого должна была исследоваться в данном эксперименте. Затем в бункер 2 засыпали 2 кг сырья, подлежащего низкотемпературного пиролиза.

С помощью электронагревателей установка выводилась на рабочий режим. После выхода на рабочий режим включалась подача насыщенного водяного пара, который проходя через пароперегреватель, подавался под решетку реактора 1. Температура под решеткой фиксировалась и составляла 300 или 350 °С. Загрузка материала осуществлялась в течении 15 – 17 минут. С началом подачи исходного материала с помощью газоанализатора «Vario Plus Industrial Syngas» за конденсатором непрерывно осуществлялся отбор неконденсируемых газов (двуокиси углерода, окиси углерода, водорода и метана). После того, как концентрация указанных веществ уменьшалась до значений, которые были до начала подачи биомассы в реактор, эксперимент прекращался и биоуголь выгружался в бункер 3. Затем вся установка продувалась холодным азотом и охлажденный биоуголь выгружался из бункера 3 для анализа.

Гидротермальную карбонизацию помета и его смеси с опилками проводили в автоклаве из нержавеющей стали объемом 250 мл. Каждый эксперимент проводился при 220 °С в течение 1 и 4 ч, при этом в автоклав загружалось 100 г исходной биомассы. Закрытый автоклав помещали в нагретую конвекционную печь. После завершения реакции автоклав вынимали из печи и помещали в вытяжной шкаф при комнатной температуре для охлаждения продуктов реакции. Для отделения жидких продуктов от гидроугля применяли вакуумную фильтрацию. Отделенный гидроуголь промывали 1 л деионизированной воды и сушили в течение ночи при 120 °С.

Выгруженный и охлажденный биоуголь и гидроуголь подвергались химическому анализу. При этом по стандартным методикам [25 – 29] определялось: содержание влаги, содержание золы, углерода, водорода, серы и азота. Содержание кислорода определялось расчетным путем как разность между 100% и содержанием в процентах влаги, золы, серы, азота, водорода и углерода.

Теплота сгорания биомассы определялась согласно [30].

При этом использовались следующие приборы: весы лабораторные AR-F220CE, шкаф сушильный ШСЗ, электропечь лабораторная SNOL 7.2/1100, калориметр бомбовый АБК – 1.

Для количественного определения гидрооксиметилфурфуrolа использован метод газовой хромато-масс-спектрометрии.

В настоящей работе использован хромато-масс-спектрометр SHIMADZU GCMS-TQ8040. Для хроматографического разделения использовалась капиллярная колонка SH-Stabilwax (30 м×0,32 мм×0,1 мкм, полярная фаза на основе полиэтиленгликоля). Хроматографическое разделение проводилось в режиме: температура инжектора 200 °С, скорость газа-носителя гелия 1.4 мл/мин. Режим программирования температуры: 50 °С – 1 минута – изотерма до 220°С (8 °С/мин) 5 минут – изотерма.

Стандартные масс-спектрометрические условия: температура источника ионов 200 °С, энергия ионизирующих электронов 70 эВ, диапазон массовых чисел от 45 до 450 m/z. Идентификация осуществлялась с помощью программы библиотечного поиска NIST 17.

Для количественного определения гидрооксиметилфурфуrolа предварительно по стандартным веществам были получены калибровки.

Результаты и обсуждение. В таблице 1 представлены результаты химического анализа образцов биоугля и гидроугля, полученных, соответственно, методами низкотемпературного пиролиза в среде перегретого водяного пара и методом гидротермальной карбонизации.

1. Результаты химического анализа образцов биоугля и гидроугля, полученных, соответственно, методами низкотемпературного пиролиза в среде перегретого водяного пара и методом гидротермальной карбонизации

Вид исходного сырья	Метод обработки	Температура и продолжительность обработки	Содержание золы, %	Содержание углерода, %
Помет/опилки (2:1)	Низкотемпературный пиролиз	40 мин., 300 °С	41	34
Помет/опилки (1:1)	Низкотемпературный пиролиз	40 мин., 300 °С	29	50
Помет/опилки (1:2)	Низкотемпературный пиролиз	40 мин., 300 °С	20	60
Помет	Низкотемпературный пиролиз	30 мин., 350 °С	39	37
Помет/опилки (1:1)	Низкотемпературный пиролиз	30 мин., 350 °С	31	49
Помет/опилки (2:1)	Низкотемпературный пиролиз	30 мин., 350 °С	19	59
Помет/опилки (1:2)	Низкотемпературный пиролиз	30 мин., 350 °С	19	75
Помет/опилки (1:0)	Гидротермальная карбонизация	1 час, 220 °С	49	44
Помет/опилки (1:0)	Гидротермальная карбонизация	4 час, 220 °С	51	47
Помет/опилки (1:1)	Гидротермальная карбонизация	1 час, 220 °С	24	58
Помет/опилки (1:1)	Гидротермальная карбонизация	4 час, 220 °С	28	63

Анализ данных, представленных в табл. 1, показывает, что в случае обработки биомассы методом низкотемпературного пиролиза в среде перегретого водяного пара в кипящем слое на зольность получаемого биоугля и содержания в нем углерода существенное влияние оказывает исходный состав биоотходов и температура обработки. С увеличением доли опилок содержание золы в биоугле понижается с 41 до 19%, а содержание углерода увеличивается с 34 до 75%. При этом максимальное значение содержания углерода (75%) достигается при увеличении температуры низкотемпературного пиролиза до 350 °С.

При этом содержание водорода колеблется в пределах 3,63 – 5% и уменьшается с увеличением температуры обработки. Содержание кислорода колеблется в пределах 11,6 – 23,4% и уменьшается с ростом температуры обработки, а содержание серы колеблется в пределах 0,8 – 0,95%. На содержание серы температура процесса не влияет, содержание серы уменьшается с уменьшением доли помета в смеси. Содержание азота в результате низкотемпературного пиролиза снижается с увеличением температуры процесса с 5,7 – 6,3% до 4,3 – 4,65%. Содержание азота в биоугле снижается с уменьшением доли помета в смеси.

Теплота сгорания исходной смеси помета составляла 16,7 – 17,0 МДж/кг. Теплота сгорания исходной биомассы увеличивается с увеличением доли опилок в смеси. В результате низкотемпературного пиролиза теплота сгорания образца достигала 18,8 МДж/кг (для смеси помет – опилки в соотношении 1:2).

В результате обработки биомассы методом гидротермальной карбонизации с увеличением доли помета в смеси зольность получаемого гидроугля увеличивается с 24 до 41%. С увеличением доли опилок в смеси и увеличением продолжительности обработки содержание углерода в гидроугле возрастает с 44 до 63%.

Максимальное содержание углерода в гидроугле достигает 63% при зольности 28%. Этот гидроуголь имеет высшую теплоту сгорания 17,8 МДж/кг. Такая теплота сгорания была достигнута для смеси помет-опилки в соотношении 1:1.

Содержание азота, водорода, серы и кислорода в гидроугле близко к значениям соответствующих показателей, полученных для биоугля.

Биоуголь с максимальной теплотой сгорания может быть получен после обработки в течении 30 мин. при температуре 350 °С.

Гидроуголь с максимальной теплотой сгорания может быть получен после обработки в течении 4 часов при температуре 220 °С.

В таблице 2 представлены результаты исследования жидкой фазы (загрязненной воды, получаемой в результате гидротермальной карбонизации биомассы, и конденсата, после охлаждения отработанного пара процесса низкотемпературного пиролиза).

Как следует из таблицы 2, метод обработки биомассы (низкотемпературный пиролиз в перегретом паре или гидротермальная карбонизация) оказывает влияние на содержание 5-гидрооксиметилфурфура в жидкой фазе. При обработке биомассы методом низкотемпературного пиролиза содержание 5-гидрооксиметилфурфура в смеси составляет 0,19 – 0,8 г/л; оно увеличивается с уменьшением доли помета в исходной смеси и уменьшается с увеличением температуры обработки. При обработке методом гидротермальной карбонизации содержание 5-гидрооксиметилфурфура в жидкой фазе составляет 0,02 – 0,08 г/л, и оно увеличивается с уменьшением доли помета в исходной смеси.

С точки зрения получения 5-гидрооксиметилфурфура метод низкотемпературного пиролиза в кипящем слое в среде перегретого водяного пара является более предпочтительным, т.к. он позволяет получить концентрацию продукта примерно в 10 раз более высокую, чем метод гидротермальной карбонизации.

Заключение. Для улучшения топливных характеристик смеси помета и древесных опилок следует рекомендовать применение технологии низкотемпературного пиролиза исходного сырья в кипящем слое в среде перегретого водяного пара, поскольку данная технология позволяет:

- увеличить высшую теплотворную способность топлива на 12,6%,
- осуществить процесс обработки за 30 минут при давлении, близком к атмосферному (избыточное давление не выше 0,07 МПа),
- получить достаточно высокую концентрацию 5-гидрооксиметилфурфура в конденсате отработанного пара.

Отработанный пар можно использовать как источник энергии для сушки исходного сырья.

2. Результаты химического анализа жидкой фазы

Вид исходного сырья	Метод обработки	Температура и продолжительность обработки	Содержание общего органического углерода, г/л	Содержание 5-гидроокси-метилфурфу-рола, г/л
Помет/опилки (2:1)	Низкотемпературный пиролиз	40 мин., 300 °С	14	0,42
Помет/опилки (1:1)	Низкотемпературный пиролиз	40 мин., 300 °С	10	0,54
Помет/опилки (1:2)	Низкотемпературный пиролиз	40 мин., 300 °С	13	0,8
Помет	Низкотемпературный пиролиз	30 мин., 350 °С	14	0,3
Помет/опилки (1:1)	Низкотемпературный пиролиз	30 мин., 350 °С	9	0,19
Помет/опилки (2:1)	Низкотемпературный пиролиз	30 мин., 350 °С	13	0,32
Помет/опилки (1:2)	Низкотемпературный пиролиз	30 мин., 350 °С	12	0,74
Помет/опилки (1:0)	Гидротермальная карбонизация	4 час, 220 °С	12	0,02
Помет/опилки (1:1)	Гидротермальная карбонизация	4 час, 220 °С	9	0,02
Помет/опилки (2:1)	Гидротермальная карбонизация	4 час, 220 °С	10	0,08
Помет/опилки (1:2)	Гидротермальная карбонизация	4 час, 220 °С	8	0,06

Обработка смеси помета методом гидротермальной карбонизации позволяет увеличить высшую теплоту сгорания топлива только на 6,6%, необходимая продолжительность процесса составляет 4 часа и процесс должен протекать при избыточном давлении 2,3 МПа.

Библиографический список

1. Bitzer, C. C. Estimating the availability of nitrogen in poultry manure through laboratory and field studies / C. C. Bitzer, J. T. Sims // *J. Environ. Qual.* – 1988. – V. 17. – P. 47 – 54.
2. Stevenson, F. J. *Cycles of Soil* / F. J. Stevenson. – Wiley, New York, 1986.
3. *Advances in poultry litter disposal technology – a review* / B. P. Kelleher, J. J. Leahy, Henihan A. M., et al. // *Bioresource Technology.* – 2002. V. 83. – P. 27 – 36.
4. *Poultry litter gasification in a fluidized bed reactor: effects of gasifying agent and limestone addition* / D. Pandey, M. Kwapinska, A. Gomez-Barea, et al. // *Energy Fuels.* – 2016. – V. 30. – P. 3085 – 3096.

5. Updraft gasification of poultry litter at farm-scale-A case study / N. Taupe, D. Lynch, R. Wnetrzak, et al. // *Waste Management*. – 2016. – V. 50. – P. 324 – 333.
6. Kumar, M. A review on the current status of various hydrothermal technologies on biomass feedstock / M. Kumar, A. J. Oyedun, A. Kumar // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2018. – V. 81. – P. 1742 – 1770.
7. Bach, Q. Comparative study on the thermal degradation of dry- and wet-torrefied woods / Q. Bach, K. Tran, O. Skreiberg // *Applied Energy*. – 2017. – V. 185. – P. 1051 – 1058.
8. Liu, Z. Removal of lead from water using biochar's prepared from hydrothermal liquefaction of biomass / Z. Liu, F. S. Zhang // *J. Hazard. Mater.* – 2009. – V. 167. – P. 933 – 939.
9. Liu, Z. Characterization and application of chars produced from pinewood pyrolysis and hydrothermal treatment / Z. Liu, F. S. Zhang, J. Wu // *Fuel*. – 2010. – V. 89. – P. 510 – 514.
10. Sevilla, M. High density hydrogen storage in superactivated carbons from hydrothermally carbonized renewable organic materials / M. Sevilla, A. Fuertes, R. Mokaya // *Energy Environ. Sci.* – 2011. – V. 4. – P. 1400 – 1410.
11. Sevilla, M. Sustainable porous carbons with a superior performance for CO₂ capture / M. Sevilla, A. B. Fuertes // *Energy Environ. Sci.* – 2011. – V. 4. – P. 1765 – 1771.
12. Sevilla, M. Hydrothermal carbonization of biomass as a route for the sequestration of CO₂: chemical and structural properties of the carbonized products / M. Sevilla, J. A. Maciá-Agulló, A. B. Fuertes // *Biomass Bioenergy*. – 2011. – V. 35. – P. 3152 – 3159.
13. Sevilla, M. High density hydrogen storage in superactivated carbons from hydrothermally carbonized renewable organic materials / M. Sevilla, A. Fuertes, R. Mokaya // *Energy Environ. Sci.* – 2011. – V. 4. – P. 1400 – 1410,
14. Sevilla, M. The production of carbon materials by hydrothermal carbonization of cellulose / M. Sevilla, A. Fuertes // *Carbon*. – 2009. – V. 47. – P. 2281 – 2289,
15. Chen, W.-H. Hydrothermal carbonization of sugarcane bagasse via wet torrefaction in association with microwave heating / W.-H. Chen, S.-C. Ye, H.-K. Sheen // *Bioresour. Technol.* – 2012. – V. 118. – P. 195 – 203.
16. Comparative assessment of wet torrefaction / Q.-V. Bach, K.-Q. Tran, R. A. Khalil, et al. // *Energy Fuels*. – 2012. – V. 27. – P. 6743 – 6753.
17. Bergman, P. C. A. Torrefaction for biomass upgrading / P. C. A. Bergman, J. H. A. Kiel // In: *Proceedings of the fourteenth European biomass conference and exhibition, 17 – 21 October 2005. – Paris, France. – URL : <https://www.ecn.nl/docs/library/report/2005/rx05180.pdf> (accessed: 11 September 2018).*
18. Biomass conversion through torrefaction, in: Dahlquist E. (Eds), *Technologies for converting biomass to useful energy: combustion, gasification, pyrolysis, torrefaction and fermentation* / A. Nordin, L. Pommer, M. Nordwaeger, I. Olofsson // *CRC Press, Boca Raton, Florida, 2013. P. 217 – 573.*
19. Integrating torrefaction in the wood pellet industry: a critical review / L. Kumar, A. A. Koukoulas, S. Mani, J. Satyavolu // *Energy Fuels*. 2017. V. 31. P. 37 – 54.
20. Status overview of torrefaction technologies / J. Koppejan, S. Sokhansanj, S. Melin, S. Madrali. *IEA Bioenergy Task, 2012. 32.*
21. Logistics cost analysis between wood pellets and torrefied biomass pellets: the Ase of Portugal / R. Godina, L. J. R. Nunes, F. M. B. C. Santos, J. C. O. Matias // In: *2018 7th International Conference on Industrial Technology and Management. ICITM 2018. P. 284 – 287.*

22. Economic comparison of torrefaction-based and conventional pellet production-to-end-Use chains / R. Ehrig, H. Gugler, C. Kristöfel et al. // In: 21st European Biomass Conference and Exhibition. 2013. P. 3 – 7.
23. Superheated steam as carrier gas and the sole heat source to enhance biomass torrefaction / D. Zhang, X. Chen, Z. Qi et al. // Bioresource Technology. 2021. 331. 124955.
24. Superheated Steam Torrefaction of Biomass Residues with Valorisation of Platform Chemicals–Part 1 / B. Roy, P. Kleine-Möllhoff, A. Dalibard // Ecological Assessment. Sustainability. 2022. 14. 1212.
25. ГОСТ Р 54186–2010 «Биоуголь твердое. Определение содержания влаги высушиванием. Часть 1. Влага общая. Стандартный метод».
26. ГОСТ 32975.3–2014 «Биоуголь твердое. Определение влаги высушиванием. Часть 3. Влага аналитическая».
27. ГОСТ 32988–2014 «Биоуголь твердое. Определение зольности».
28. ГОСТ 32985–2014 «Биоуголь твердое. Определение углерода, водорода и азота инструментальными методами».
29. ГОСТ 33256–2015. «Биоуголь твердое. Определение содержания общих серы и хлора».
30. ГОСТ 33106–2014. «Биоуголь твердое. Определение теплоты сгорания».

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ТЕРАПИИ КАРДИОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ

А. А. Коробов, С. В. Фролов

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: korobov1991@mail.ru)*

Для диагностики и терапии кардиологических больных предложена структура биотехнической системы, основанная на модели сердечно-сосудистой системы с регуляцией [1, 2]. Под биотехнической системой понимается класс технических систем, которые представляют собой совокупность технических и биологических элементов, связанный в единый контур управления [3]. На рисунке 1 приведена структура биотехнической системы для диагностики и терапии кардиологических больных.

Согласно предлагаемой структуре, блок «Объект управления пациент» находится в непосредственной обратной связи, как с врачом, так и с блоком «медицинский программно-аппаратный комплекс». Информация поступает на блок «цифровой двойник» и блок системы поддержки принятия врачебных решений «СППРВ» от пациента через блок «технические средства диагностики». Врач может получать информацию непосредственно от пациента или с блока «технические средства отображения информации и управления», а также влиять на пациента напрямую или через блок «технические средства лечебных воздействий».

Для моделирования процесса регуляции сердечно-сосудистой системы разработан алгоритм градиентного нейросетевого управления многосвязным, нелинейным, нестационарным, стохастическим объектом [4 – 6]. На рис. 2 показана обобщенная схема модели системы регуляции сердечно-сосудистой системы, лежащая в основе цифрового двойника.

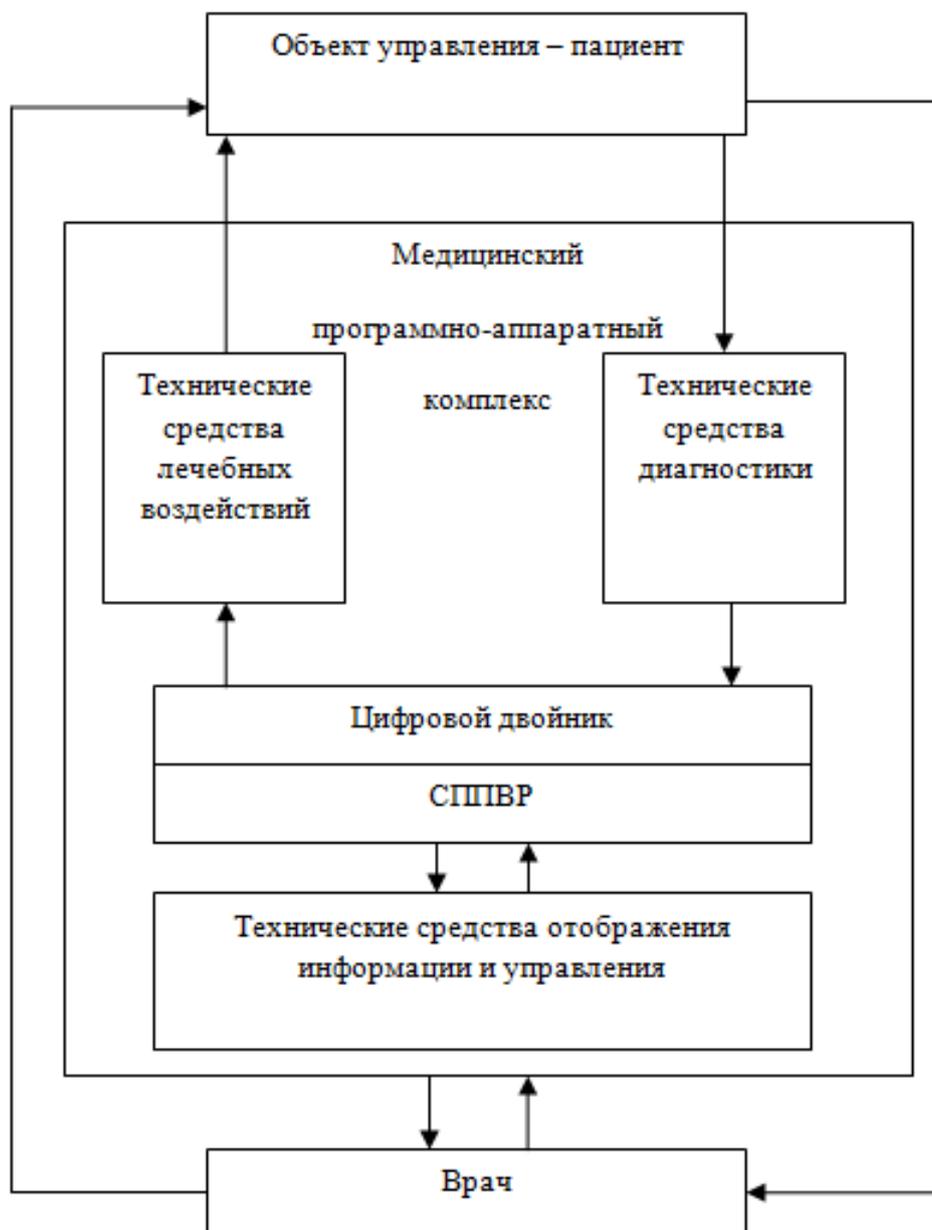


Рис. 1. Структура биотехнической системы

Обобщенная схема сердечно-сосудистой системы (рис. 2) состоит из управляющей части и объекта управления, представленного блоком сердечно-сосудистой системы (ССС) – сосудов, сердца и объема циркулирующей крови.

Сердце представлено в виде последовательности упругих камер, представляющих предсердия и желудочки. Управляющая часть, или регуляция, представляет собой

Согласно предлагаемой гипотезе, управляющая часть представлена в виде иерархической структуры регуляции и состоит из верхнего (ВУР) и нижнего (НУР) уровней регуляции.

Система регуляции описывается динамической моделью, фиксирующей состояние сердечно-сосудистой системы на каждом k -м шаге динамического процесса. Нижний уровень регуляции (НУР) состоит из сердечно-сосудистого центра (ССЦ) и блока передачи сигналов управляющих воздействий (ПСУВ) – моделирующего передачу сигнала на объект управления с естественным запаздыванием и инерционностью, вызванными механизмом нервного или нейрогуморального воздействия.

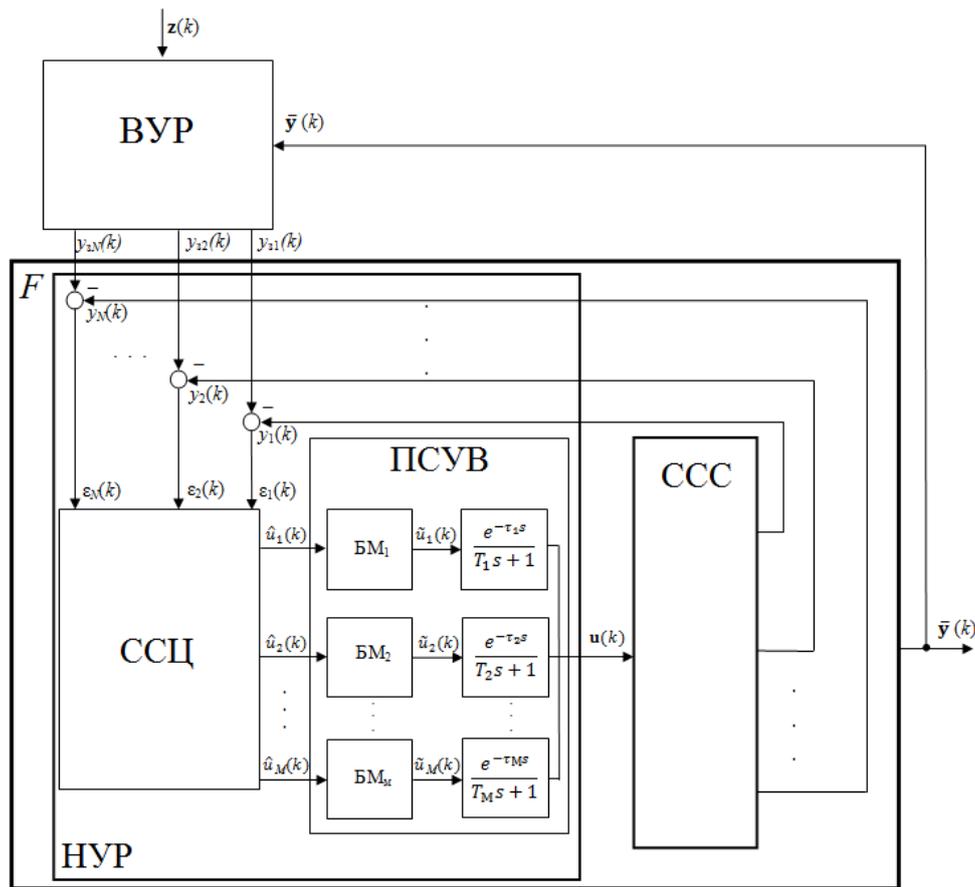


Рис. 2. Обобщенная схема модели системы регуляции

ССЦ вырабатывает сигналы $\hat{\mathbf{u}}(k)$, которые через блоки масштабирования (БМ) поступают как напрямую по нервным каналам симпатического и парасимпатического отделов нервной системы (нервная регуляция), так и через элементы эндокринной системы (нейрогормональная регуляция) на объект управления (рис. 2). Передача сигналов управляющих воздействий моделируется аperiodическими звеньями $W(s) = e^{-\tau s} / (Ts + 1)$, где τ , T – характеристики элементов передачи сигналов управления. Динамическое звено $W(s)$ имитирует передачу нервных импульсов и образование медиаторов, например, адреналина и норадреналина или выработку гормонов в надпочечниках, их транспортировку по кровеносной системе.

Сигналы, составляющие вектора $\hat{\mathbf{u}}(k)$, вырабатываемые ССЦ, ограничиваются нижней и верхней границей и преобразуются в блоке БМ. Векторы \mathbf{U}^{\max} , \mathbf{U}^{\min} характеризуют диапазон, в котором возможно изменение величины управляемого сигнала $\hat{\mathbf{u}}(k)$ на выходе из блока БМ $\hat{\mathbf{u}}(k) \in [\mathbf{U}^{\max}, \mathbf{U}^{\min}]$. Этот диапазон определяется индивидуализированными свойствами сердечно-сосудистой системы.

Для реализации биотехнической системы на основе предлагаемой модели кровообращения создана система поддержки принятия врачебных решений (СППВР).

Работа системы поддержки принятия врачебных решений состоит из следующих этапов:

- 1) определение текущих индексов и свойств системы кровообращения больного;
- 2) определение оптимальных значений свойств системы кровообращения больного;
- 3) выбор терапии на основе соотношения текущих и найденных оптимальных значений свойств системы кровообращения больного.

Третий этап работы системы поддержки принятия врачебных решений

Реализация третьего этапа осуществляется за счет применения разработанной логико-лингвистической модели. Для ее построения введены логические переменные, характеризующие отклонения между средними текущими и оптимальными средними значениями свойств, которые определяются кортежами:

$$\langle L_v, \mathbf{X}_v, \bar{X}_v \rangle, v = \overline{1,4},$$

где L_v – имя лингвистической переменной; \mathbf{X}_v – множество значений лингвистической переменной; \bar{X}_v – универсальное множество, где определяется лингвистическая переменная L_v . Элементом множества \mathbf{X}_v является упорядоченная пара.

Логико-лингвистическую модель можно представить в виде продукционных правил:

Если $M = \langle\langle false \rangle\rangle$, то T_M

иначе

{ Если L_1 это X_{1k} и L_2 это X_{2l} и L_3 это X_{3l} и L_4 это X_{4s} , то T_l или

...

Если L_1 это X_{1k} и L_2 это X_{2m} и L_3 это X_{3l} и L_4 это X_{4s} , то T_f или

...

Если L_1 это X_{1s} и L_2 это X_{2s} и L_3 это X_{3s} и L_4 это X_{4s} , то T_{81} },

где $k = \overline{1,3}$, $m = \overline{1,3}$, $l = \overline{1,3}$, $s = \overline{1,3}$; $f = k \cdot m \cdot l \cdot s$; T_M – номер терапии, назначаемой для оптимизации состояния миокарда; T_f – номер терапии, назначаемый для оптимизации свойств сердечно-сосудистой системы, $f = \overline{1,81}$.

Таким образом, на основе биотехнической системы, определяется протокол лечения (терапия) кардиологического больного с использованием СППВР на основе логико-лингвистической модели.

Библиографический список

1. Dual-contoured model of cardiovascular system regulation / A. A. Korobov, S. V. Frolov, N. E. Aliyev, I. E. Rodionova // Journal of Physics: Conference Series. – 1553:012006 (2020).
2. Модель сердечно-сосудистой системы с регуляцией на основе нейронной сети / А. А. Коробов, С. В. Фролов, Д. Ш. Газизова, А. Ю. Потлов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2021. – № 2. – С. 79 – 94.
3. Биотехнические системы. Теория и проектирование : учебное пособие / под ред. В. М. Ахутина. – Л. : ЛГУ, 1981. – 220 с.
4. Combined Method of Neurocontrol for Nonlinear Non-Stationary Object / A. A. Korobov, S. V. Frolov, S. V. Sindeev, A. Yu. Potlov // 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). – 2020. – P. 582 – 585.
5. Двухэтапная процедура синтеза управления нелинейными нестационарными объектами с использованием многослойного персептрона / А.А. Коробов, С. В. Фролов, С. В. Синдеев, К.С. и др. // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2020. – 8(3).
6. Градиентный метод нейросетевого управления многосвязными нелинейными нестационарными стохастическими системами / А. А. Коробов, С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, К. С. Савинова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2021. – № 5. – С. 41 – 48.

РАННЕЕ ОБНАРУЖЕНИЕ ПОСТЕПЕННЫХ ОТКАЗОВ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В. И. Павлов, Т. Ю. Дорохова, С. В. Артемова

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: vpavl@mail.ru)*

Введение. Состояние технической системы (ТС), определяющее работоспособность, характеризуется параметрами функционирования ее элементов. Так как определяющие параметры являются функциями времени, то и работоспособность ТС также изменяется во времени. Характер и скорость изменения определяющих параметров, как правило, определяется большим количеством внешних и внутренних факторов.

Основным явлением, изучаемым в теории надежности, является отказ. По характеру изменения определяющих параметров отказы ТС классифицируют как внезапный или постепенный выход ее состояния за пределы области работоспособности. При внезапных отказах, характеризуемых скачкообразным изменением значений одного или нескольких параметров, обычно отсутствуют видимые признаки их приближения, момент же наступления постепенного отказа может прогнозироваться на основе анализа характера изменения параметров ТС или ее элементов.

Пути обеспечения надежности разнообразны и могут быть связаны с повышением стойкости ТС как к внешним, так и внутренним неблагоприятным факторам воздействиям [1]. Разрабатываются теоретические и прикладные основы адаптивного управления техническим состоянием и эксплуатационной надежностью систем, а также соответствующая программно-алгоритмическая поддержка [2, 3]. Теоретической основой обнаружения как скачкообразных, так и постепенных отказов, называемых разладками, является последовательный анализ временных рядов [4, 5]. В связи с высокой актуальностью обеспечения надежного функционирования ТС, применяемых в промышленности, энергетике, транспорте, медицине и др., в течение последних десятилетий разработан ряд практически эффективных методов обнаружения разладки. Общая классификация предусматривает разбиение методов на апостериорные, когда вывод о разладке делается по результатам анализа всей выборки значений определяющих параметров, и последовательные, когда для вывода используется каждое очередное измеренное значение определяющего параметра. Апостериорные и последовательные методы в свою очередь разбиваются на непараметрические и параметрические. Для оценки работоспособности ТС в зависимости от особенностей функционирования и их информационного обеспечения применяются последовательные методы обнаружения разладки, такие как: алгоритм кумулятивных сумм; метод Неймана–Пирсона (карты Шьюхарта); метод скользящего окна или адаптивное экспоненциальное сглаживание; методы, основанные на использовании «обновляющих» процессов и различении многих гипотез и др. [6].

Характеристикой процедуры последовательного обнаружения является среднее время запаздывания обнаружения разладки и вероятность ложной тревоги о разладке, а при байесовской постановке – величина среднего риска от принятого решения о разладке. Опубликовано достаточно большое количество исследований алгоритмов, реализующих процедуры последовательного обнаружения разладки, применительно к разнообразным практическим задачам [5 – 7]. Общая особенность существующих подходов к обнаружению разладки

заключается в том, что, какая бы функция риска ни рассматривалась, необходимым и общим элементом для всех методов являются апостериорные вероятности моментов изменения свойств случайных процессов при условии, что наблюдаются только значения исследуемого случайного процесса. При этом существующие методы обнаружения и оценки моментов изменения свойств случайных процессов практически достигли потенциальной точности особенно для тех случаев, когда реализации случайных процессов, по которым принимаются решения, имеют конечную длину.

В настоящее время весьма бурно развиваются различного рода динамические системы, составной частью которых являются информационные подсистемы (ИП). Дополнительная особенность по сравнению с существующими методами обнаружения разладки, которая должна быть учтена, заключается в том, что не только собственно в динамической системе может произойти отказ, но он может произойти и в измерительной части ИП. Причем отказы измерителей могут быть вызваны как естественными неблагоприятными факторами, так и в результате преднамеренного воздействия на ТС при радиоэлектронном противодействии [8].

В отличие от существующих методов для обнаружения разладки может быть использована дополнительная информация, получаемая при измерении характеристик протекающих в ТС процессов, стохастически связанных с исследуемым. В силу наличия перекрестных причинно-следственных связей в ТС могут протекать процессы более динамичные по сравнению с процессом, исследуемым на наличие разладки. Например, при механическом износе вращающихся деталей механизмов до их критического состояния, как правило, предварительно возникают различного рода тепловые, звуковые или оптические эффекты. При воздействии имитирующих преднамеренных помех на радиолокационные, навигационные, связные станции вначале происходит увеличение мощности принимаемого сигнала и только затем наблюдается негативное искажение принимаемой информации. В приведенных примерах измерители температуры, силы звука или света, мощности радиосигнала могут использоваться в качестве индикаторов признаков, сопутствующих возможной разладке исследуемого процесса. В статье рассматривается процедура раннего обнаружения постепенных отказов в ТС с использованием как измерителей, так и индикаторов сопутствующих разладке признаков.

Постановка задачи. Рассматривается динамическая ТС, модель состояния которой имеет вид:

$$Y_k = A_{k-1}Y_{k-1} + B_{k-1}U_{k-1} + F_{k-1}\xi_{k-1} + g_{M,k-1}, \quad (1)$$

где Y – вектор фазовых координат ТС; U – вектор управлений; ξ – вектор случайных возмущений; A, B, F – известные матрицы; k – текущий момент времени; $g_{M,k-1}$ – смещения в векторе фазовых координат ТС, вызванные воздействием одного или совокупности неблагоприятных факторов. В состав ТС входит ИП, которая в свою очередь состоит, в том числе из совокупности измерителей различной физической природы. Модель измерений в случае возможных отказов в каком-либо измерителе имеет вид:

$$Z_k = C_k(\mu_k, \gamma_k)Y_k + N_k + Z_{п,k}, \quad k = \overline{1, K}, \quad (2)$$

где Z – вектор выходных сигналов измерителей; C – матрица дискриминационных характеристик; μ, γ – характеристики состояния измерителей; N – вектор шумов измерений; $Z_{п,k}$ – смещения, вызванные аномалиями в измерениях; k, K – текущий и конечный моменты измерений.

В связи с тем, что причина постепенного отказа, как правило, неизвестна и может быть вызвана аномалиями как в ТС, так и в ИП, формализуем смещения $g_{m,k-1}$ и $Z_{п,k}$ в виде единого неинформативного признака разладки Q . Тогда можно считать, что посредством многошагового процесса наблюдается выходной сигнал измерителя Z_k , модель которого имеет вид [9]:

$$Z_k = \varphi_j(x_k, Q) + W\zeta_{jk}, \quad j = 0, 1; \quad k = \overline{1, K}, \quad (3)$$

где x_k – последовательность исходных данных, содержащая неинформативный признак разладки Q ; φ_j – известные однородные функции, которые отличаются друг от друга величиной одного из параметров (для линейных функций – угловым коэффициентом; для гармонических функций – либо амплитудой, либо частотой, либо фазой и т.п.), $j = 0$ соответствует исходным данным при отсутствии, а $j = 1$ – при наличии разладки; ζ_{jk} – белые дискретные центрированные гауссовские шумы единичной интенсивности; W – интенсивность шума измерителя; k – номер текущего измерения; K – количество измерений в серии. Процесс измерения является многошаговым, причем количество измерений K и промежутки времени между измерениями могут целенаправленно изменяться в зависимости от предполагаемой динамики исследуемого процесса и стоимости измерений.

Для измерителей из состава ИП на основании практики эксплуатации устанавливаются пороговые значения выходных сигналов, за пределами которых возможно начало постепенной разладки исследуемой последовательности. При выходе сигнала какого-либо измерителя за установленный порог такой измеритель в процедуре обнаружения рассматривается в качестве индикатора сопутствующего признака (ИСП) и модель его функционирования (3) заменяется на

$$Y_k = \Psi_{s,k}(Q), \quad (4)$$

где Y_k – выходной сигнал индикатора, связанный с сопутствующим началу изменения признаком Q посредством оператора $\Psi_{s,k}$. Выходному сигналу ИСП соответствуют следующие значения величины s : $s = 0$ соответствует отсутствию сопутствующего признака Q и $s = 1$ – наличию признака Q при наблюдении исходных данных x_k . Оператор $\Psi_{s,k}$ задается условной вероятностью перехода

$$\Psi_{s,k} = \Psi(s_k, k | s_{k-1}, Y_{k-1}, Q, k-1), \quad s = 0, 1; \quad k = \overline{1, K} \quad (5)$$

из состояния s_{k-1} в состояние s_k . Описание функционирования индикаторов (4) и (5) является универсальным и не зависит от физической сущности измеряемой величины.

При измерении Z_k в соответствии с (3) могут иметь место две гипотезы: $\Theta = 0$ и $\Theta = 1$. Гипотеза $\Theta = 0$ соответствует отсутствию разладки, а $\Theta = 1$ означает наличие разладки, начало которой происходит из-за воздействия одного или совокупности негативных факторов в случайный момент времени λ , $1 < \lambda < K$ с вероятностью близкой к единице. Разладка происходит постепенно, что может быть охарактеризовано изменением вероятностных характеристик последовательности исходных данных, например, закона изменения математического ожидания. По результатам анализа исследуемого процесса определяется априорная вероятность наличия «разладки» $P_{k-1}(Q = 1) = P_{1,1}$, и условные плотности распределений вероятностей наблюдений $p_0(Z_k) = p(Z_k | Q = 0)$, $p_1(Z_k) = p(Z_k | Q = 1, \lambda = \lambda_0)$ при отсутствии «разладки» и ее возникновении в момент λ_0 соответственно. Требуется по результатам обработки выходных сигналов (3) и (4) последовательным образом принять решение о наличии или отсутствии начала изменения свойств последовательности x_k .

Вариант решения задачи. Оптимальное байесовское последовательное правило обнаружения «разладки» последовательности Z_k , минимизирующее средний риск $r_k(u_k) = M[g(Q, u_k, \lambda, k)]$, может быть найдено на основе минимизации апостериорного риска $R_k(Z_k, u_{k-1}) = R_k(Z_k)$ выбором $j \in 0, 1$ [10]:

$$R_k(Z_k) = \min \left\{ \inf_{u_k \in U_3} M[g(Q, u_k, \lambda, k)|Z_k, u_k], \inf_{u_k \in U_{II}} M[R_k(Z_{k+1}, u_k)|Z_k, u_k] \right\}, \quad (6)$$

где U_3 и U_{II} – области решений, связанные с завершением и продолжением измерений соответственно.

ИСП может использоваться для управления величиной порога, скоторым сравнивается апостериорная вероятность разладки, вычисляемая на основании выходного сигнала измерителя.

Потери при принятии решения $u_n = j$ об отсутствии ($j = 0$) или наличии ($j = 1$) разладки на k -м шаге имеют вид

$$g(Q, u_k, \lambda, k) = \begin{cases} g_{0,j}(k) & \text{при } Q = 0, k < K, \\ g_{1j}(k) + C(k - \lambda) & \text{при } Q = 1, k < K, \\ \tilde{g}_{0j}(K) & \text{при } Q = 0, k = K, \\ \tilde{g}_{1j}(K) & \text{при } Q = 1, k = K, \end{cases} \quad (7)$$

где $g_{00}(k)$ – потери, связанные с правильным необнаружением изменений. Данные потери обуславливаются стоимостью измерений; $g_{01}(k)$ – потери, вызванные ложной тревогой. Данные потери связаны, как правило, с необходимостью дополнительных проверок оборудования; $g_{11}(k)$ – потери, связанные с правильным обнаружением начала изменения контролируемой последовательности. Несмотря на обнаружение разладки данные потери являются минимальными; C – потери, вызванные задержкой в обнаружении на один шаг; $g_{10}(k)$ – потери, возникающие из-за необнаружения разладки. Данные потери приводят к значительным затратам не только на восстановление контролируемых свойств случайных процессов, но и обусловлены возможными дефектами в объектах и, как правило, являются наибольшими; $g_{0j}(K)$ и $g_{1j}(K)$ – потери, обусловленные решением, принимаемым по завершении текущей серии измерений, аналогичные по содержанию $g_{0j}(k)$ и $g_{1j}(k)$. При постепенном изменении свойств случайных последовательностей, как правило, справедливы следующие соотношения

$$\begin{aligned} g_{00}(k) &<< g_{01}(k) < g_{10}(k); & g_{11}(k) + C(k - n) &<< g_{01}(k) < g_{10}(k); \\ \tilde{g}_{11}(K) &<< \tilde{g}_{10}(K) < \tilde{g}_{01}(K); & \tilde{g}_{0j}(K) &< g_{0j}(k); & g_{1j}(k) < \tilde{g}_{1j}(K). \end{aligned} \quad (8)$$

где k – момент изменения выходного сигнала любого из ИСП.

С помощью формулы полного математического ожидания, а также функции потерь (7) и ее свойств (8) можно определить, что

$$M[g(Q, u_k, \lambda, k|Z_k, u_k)] = \begin{cases} g_{10}(k)P_{1,k} + g_{00}(k) & \text{при } u_k = 0, \\ g_{01}(k)(1 - P_{1,k}) + g_{00}(k) & \text{при } u_k = 1, \end{cases} \quad (9)$$

где $P_{1,k} = P(Q = 1|Z_k)$ – апостериорная вероятность «разладки». Решение $d_k(Z_k) = u_k \in U_3$, при котором данная статистика принимает наименьшее значение, имеет вид

$$d_k(Z_k) = \begin{cases} j = 0 & \text{при } g_{10}(k)P_{1,k} < g_{01}(k)(1 - P_{1,k}), \\ j = 1 & \text{при } g_{10}(k)P_{1,k} > g_{01}(k)(1 - P_{1,k}). \end{cases} \quad (10)$$

Оптимальное правило обнаружения постепенной «разладки» может быть представлено в виде

$$d^* = \begin{cases} u_{\Pi} & \text{при } k\Delta t < t_k, \\ j = 0 & \text{при } k\Delta t = t_k; P_{1,K} < c_3, \\ j = 1 & \text{при } k\Delta t = t_k; P_{1,K} > c_3, \end{cases} \quad (11)$$

где значение порога c_3 в момент прекращения наблюдений определяется как

$$c_3 = g_{10}(k) / [g_{10}(k) + g_{01}(k)]. \quad (12)$$

Апостериорная вероятность $P_{1,K}$ «разладки» последовательности Z_k на k -м шаге определяется на основании формулы Байеса

$$P_{1,K} = [P_{1,k-1}\Lambda_k] / [P_{1,k-1}\Lambda_k + (1 - P_{1,k-1})], \quad k = \overline{1, K}, \quad P_1(k=1) = P_{1,1}, \quad (13)$$

где $\Lambda_k = p_{1,k}(Z_k|Z_{k-1}) / p_{0,k}(Z_k|Z_{k-1})$.

Если ИСП безынерционный, то можно считать, что в момент k изменения сигнала на выходе индикатора «разладка» происходит с вероятностью $P(Q = 1) = 1$, и произвести усечение правила обнаружения. Апостериорную вероятность «разладки» необходимо сравнивать с новым значением порога

$$c_{3,k} = g_{10}(K) / [g_{10}(K) + g_{01}(K)], \quad (14)$$

при этом правило обнаружения «разладки» будет иметь вид

$$d_k^* = \begin{cases} j = 0 & \text{при } P_{1,k} < c_{3,k}, \\ j = 1 & \text{при } P_{1,k} > c_{3,k}. \end{cases} \quad (15)$$

Таким образом, ключевыми моментами разрабатываемого метода (2 – 15) являются: вычисление апостериорной вероятности «разладки» (13) на основе последовательно поступающих измерений; определение на основании функции потерь (7) порога (12), с которым сравнивается апостериорная вероятность «разладки» при отсутствии сигналов индикаторов сопутствующих признаков; усечение правила обнаружения по сигналу любого ИСП, использование при этом нового порога сравнения (14), вычисляемого на основании (8). При сравнении значений порогов (12) и (14) и учете назначенных соотношений (8) видно, что при использовании информации от условно безынерционного ИСП возможно существенное сокращение задержки в определении разладки за счет снижения уровня порога.

Исследование разработанного варианта решения. Исследование разработанной процедуры обнаружения начала постепенной разладки свойств случайных последовательностей, что в практическом плане соответствует раннему обнаружению постепенных отказов в ТС, проводилось путем компьютерного моделирования.

В качестве измеряемой была принята модель (3), в которой $\varphi_0(x_k, Q) = l_0 k$, $\varphi_1(x_k, Q) = l_1 k$ – линейные отрезки с угловыми коэффициентами l_0 и l_1 . Разладка моделировалась путем взаимных замен l_0 и l_1 в случайные моменты времени. Выходной сигнал ИСП моделировался марковской цепью на два состояния $s_k = 0$ и $s_k = 1$, соответствующие отсутствию и наличию признака Q в последовательности x_k . Считалось, что в момент начала изменения и вплоть до принятия решения признак Q присутствует в x_k с вероятностью 1. Марковская цепь x_k при моделировании функционирования индикатора задавалась условными вероятностями переходов

$$\Psi(s_k, k | s_{k-1}, Y_{k-1}, Q, k-1) = \begin{cases} \Psi(s_k | Y_k (1 - e^{-\Delta t/T})) & s \neq s_{k-1}, \\ \Psi(s_k | Y_k (1 - e^{-\Delta t/T}) + e^{-\Delta t/T}) & s = s_{k-1}, \end{cases}$$

где $\Psi(s_k, k | Y_k)$ – характеристика индикатора: $\Psi(0|0)$ – вероятность правильного необнаружения; $\Psi(0|1)$ – вероятность ложной тревоги; $\Psi(1|0)$ – вероятность пропуска; $\Psi(1|1)$ – вероятность правильного обнаружения признака. Статистика Λ_k в (13) задавалась в виде

$$\Lambda_k = k\Delta t / W \left[l_k \sum_1^k (Z_k - l_{0k}) - 0,5l_k^2 \right], \quad l_k = l_{1k} - l_{0k}, \quad k = \overline{1, K}.$$

Величина порога, в соответствии с процедурой (7)-(14) в случае малых стоимостей наблюдений $g_{00}(k)$ и интенсивности шума W^2 , т.е. когда $W^2 g_{00}(k)/l_k^2 \ll 1$, определялась по формуле

$$c_3 = 1 - 2W^2 g_{00}(k) / [l_k^2 - g_{10}(k)],$$

а при срабатывании индикатора в k -й момент времени – по формуле

$$c_{3k} = 1 - 2W^2 g_{00}(k) / [l_k^2 - \tilde{g}_{10}(K)].$$

Результаты моделирования, обработанные по методу Монте-Карло, показали, что величина задержки Δt в обнаружении начала постепенного изменения свойств случайных последовательностей при различных числовых соотношениях в (8) для разработанной процедуры в среднем сокращается на 20% по сравнению с существующими процедурами. Величина Δt зависит как от степени нарастания (крутизны) апостериорной вероятности $P_{1,K}$ «разладки» последовательности Z_k , так и от значений уровней порогов « c » и « c_3 » существующей и разработанной процедур обнаружения «разладки» (рис. 1). Так, для разработанной процедуры при промежутке между моментами измерений 60 секунд для длительных $k = 40$ серий измерений $\Delta \tau = 600 \dots 1400$ с, для коротких $k = 10$ серий $\Delta \tau = 120 \dots 180$ с.

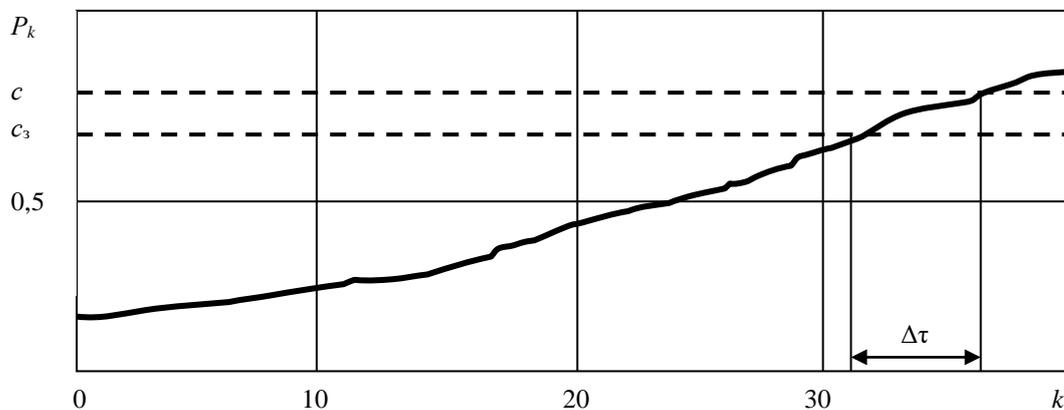


Рис. 1. Обобщенная зависимость апостериорной вероятности «разладки» от времени в пределах одной серии измерений

Заключение. Полученные результаты показывают, что применение разработанного метода сокращает задержку в обнаружения «разладки» при интенсивном нарастании апостериорной вероятности $P_{1кв}$ некоторых случаях до 40% по сравнению с существующими процедурами последовательного анализа и существенно превосходит по данному показателю применяемый в настоящее время в ТС допусковый контроль. В разрабатываемом методе в качестве источника дополнительной информации используются ИСП, фактически являющиеся измерителями более динамичных процессов, протекающих при функционировании ТС. Сложные ТС, как правило обладают ИП с большим количеством измерителей различной физической природы и соответствующим программным обеспечением. Следует отметить то, что негативное изменение исходных данных может произойти и при не зарегистрированном признаке, в то время как фиксация возможного наличия признака не обязательно приводит к последующему изменению в исходных данных наблюдаемой последовательности. В тех случаях, когда анализируются длительные процессы, целесообразно предварительно назначать длительность серий измерений. Достоверность обнаружения начала изменения возрастает при совместном использовании нескольких ИСП, которые не обязательно одновременно фиксируют соответствующий признак изменения. Развитием предлагаемого подхода к раннему обнаружению постепенных отказов может быть распознавание состояний ТС по формуле Байеса, когда в составе данных новых наблюдений совместно с измерителем исследуемой фазовой координаты ТС используются имеющиеся ИСП.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №20-08-00091-а

Библиографический список

1. Острейковский, В. А. Теория надежности : учебник для вузов по направлениям «Техника и технологии» и «Технические науки» / В. А. Острейковский. – 2-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2008. – 463 с.
2. Гришин, Ю. П., Казаринов, Ю. М. Динамические системы, устойчивые к отказам. – М.: Радио и связь, 1985. – 176 с.
3. Надежность информационных систем : учебное пособие / Ю. Ю. Громов, О. Г. Иванова, Н. Г. Мосягина, К. А. Набатов. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 160 с.
4. Вальд, А. Последовательный анализ / под ред. В. А. Севастьянова; пер. с англ. – Физматлит, 1960.
5. Щиряев, А. Н. Статистический последовательный анализ. – М. : Наука, 1969. – 231 с.
6. Никифоров, И. В. Последовательное обнаружение изменения свойств временных рядов. – М. : Наука, 1983. – 200 с.
7. Клигене, Н., Телькснис, Л. Методы обнаружения моментов изменения свойств случайных процессов (обзор) // Автоматика и телемеханика, 1983. – № 10. – С. 5 – 56.
8. Павлов, В. И. Анализ применимости полупассивного способа самонаведения средств поражения // Изв. РАН. – 2020. – № 2. – С. 89 – 95.
9. Селиванова, З. М. Интеллектуальная информационно-измерительная теплофизических свойств теплоизоляционных покрытий магистральных трубопроводов / З. М. Селиванова, В. И. Павлов // Изв. Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330, № 10. – С. 145 – 154.
10. Тартаковский, А. Г. Оптимальное обнаружение изменений свойств случайных последовательностей. II. Последовательное обнаружение // Автоматика и телемеханика. – 1987. – № 7. С. 106 – 113.

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРЕТИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОЦЕНКИ ДАЛЬНОСТИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

А. И. Сустин, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: resbn@mail.ru)

Повышение точности оценки параметров движения воздушных судов (ВС) при маневрировании остается одной из важных задач при разработке информационно-измерительных систем (ИИС), функционирующих в районе аэродромов [1 – 3]. Применение ИИС со вторичной обработкой информации (ВОИ) способствует появлению проблем с точностью оценки параметров движения ВС из-за возникновения ошибок оценки координат, которые не соответствуют современным требованиям к ИИС по обеспечению пропускной способности при сохранении заданного уровня безопасности маневрирования ВС [2].

Оптимальное решение данной проблемы – применение третичной обработки информации (ТОИ) в ИИС, выгодным отличием которой является обработка информации от нескольких пространственно-разнесенных радиолокационных станций (РЛС) [1, 4]. Результаты обработки информации о параметрах движения маневрирующего ВС поступают в диспетчерский пункт, где происходит ТОИ (рис. 1).

Для исследования ИИС с применением ТОИ при оценке дальности до ВС была разработана модель движения ВС для РЛС1 и РЛС2 по траектории маневра «большая коробочка» (рис. 2).

Результаты моделирования параметров движения ВС (дальности, скорости, ускорения), а также результаты расчета невязки, представлены на рис. 3. Невязка дальности для каждой из РЛС представляет собой разницу между оцененным в процессе ВОИ значением дальности и экстраполированным значением дальности в данный момент времени [3, 4]. Невязка дальности необходима для расчета весовых коэффициентов, участвующих в оценке дальности при ТОИ.

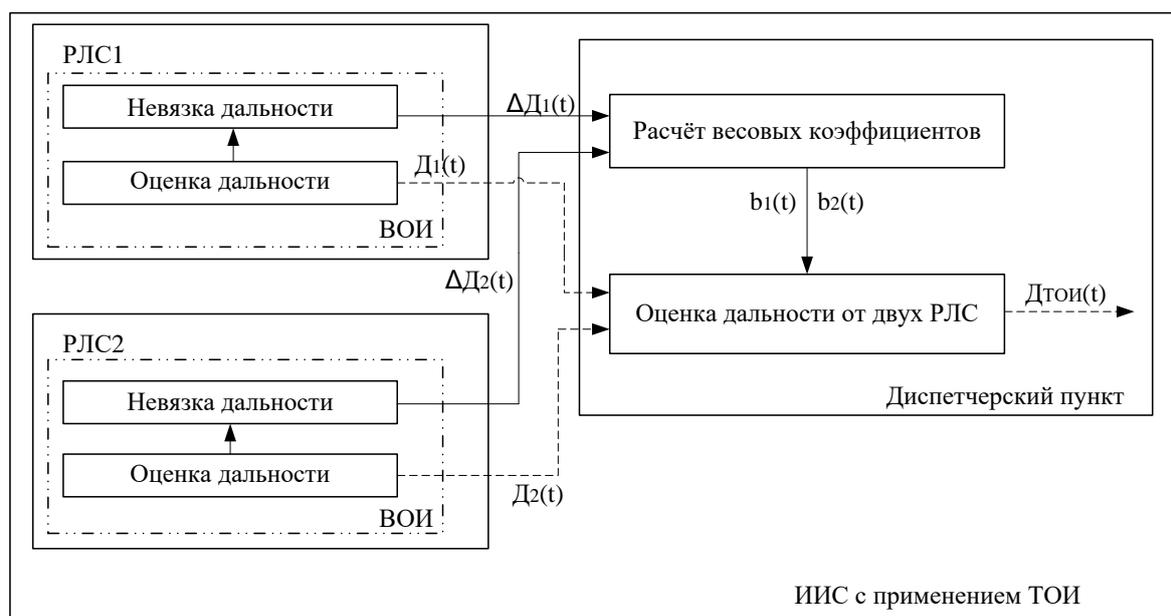


Рис. 1. Структура ИИС с применением ТОИ для оценки дальности до ВС от двух РЛС

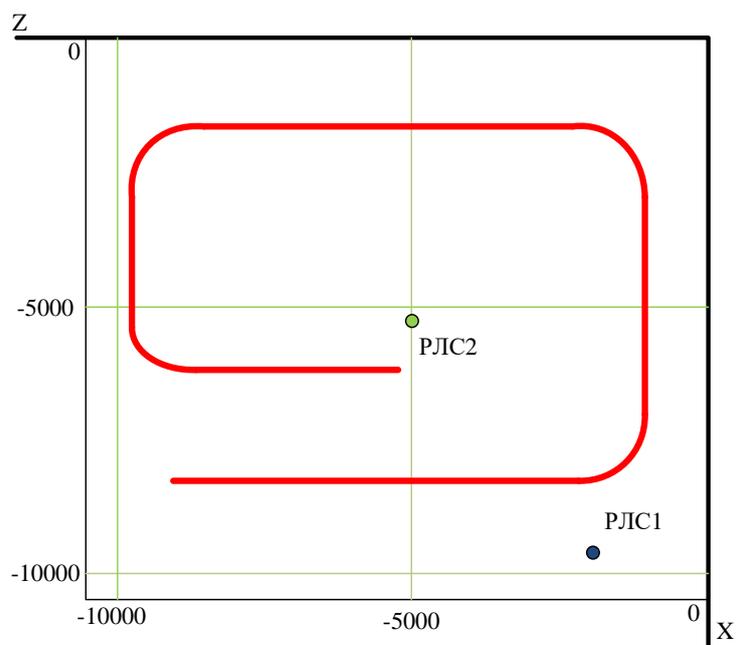


Рис. 2. Траектория движения маневрирующего ВС относительно РЛС1 и РЛС2

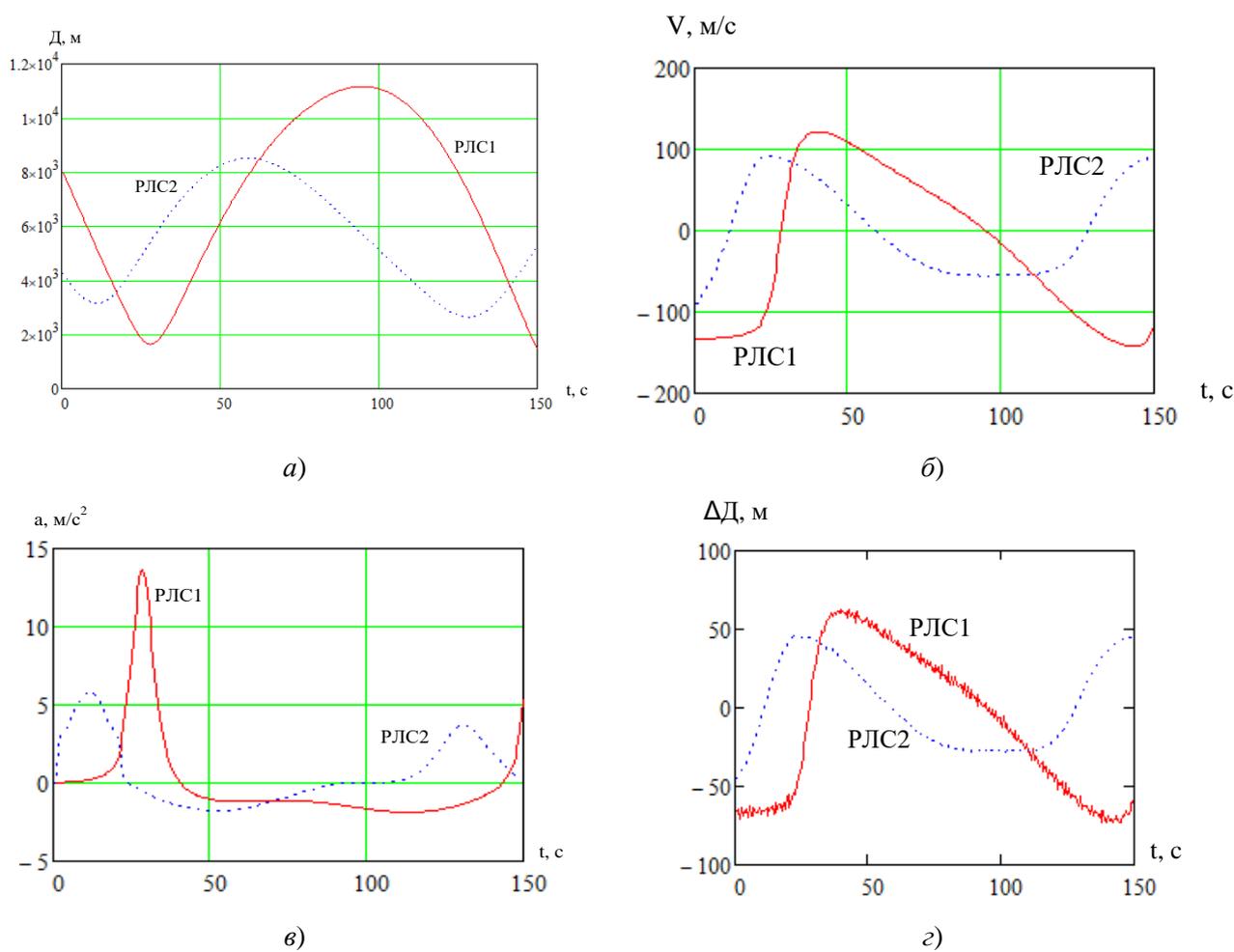


Рис. 3. Изменения параметров движения ВС относительно РЛС1 и РЛС2 в процессе маневрирования:

a – изменение дальности; *б* – изменение скорости; *в* – изменение ускорения; *г* – изменение невязки

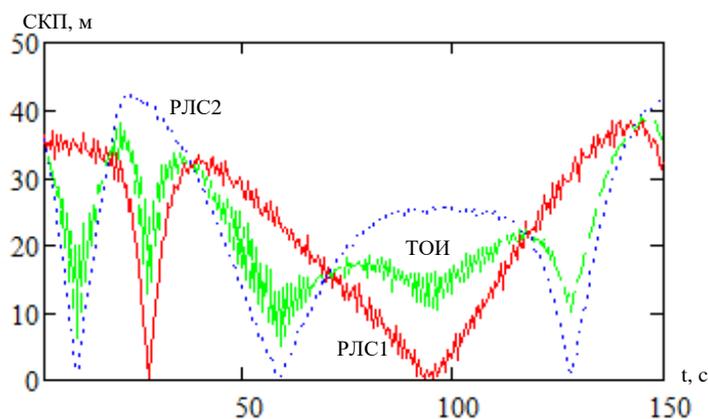


Рис. 4. СКП дальности РЛС1, РЛС2 и результатов ТОИ

На рисунках 3 показано, что при одинаковых значениях дальности до ВС значения невязок по дальности отличаются, что непосредственно влияет на формирование весовых коэффициентов и, соответственно, на результаты оценки дальности при ТОИ.

Оценка точности определения дальности ИИС с применением ТОИ проводится путем нахождения среднеквадратичной погрешности (СКП) дальности, а также сравнения значений СКП, полученной при ТОИ, с результатами СКП, полученными в РЛС при ВОИ (рис. 4).

Из результатов моделирования следует, что применение ИИС с ТОИ способствует повышению точности оценки дальности по сравнению с оценкой дальности в РЛС. Это объясняется различными точностными характеристиками оценки дальности для пространственно-разнесенных РЛС1 и РЛС2 [4].

Таким образом, использование ИИС с применением ТОИ способствует повышению точности оценки дальности до маневрирующего ВС по сравнению с использованием РЛС с ВОИ. Это способствует обеспечению высокой пропускной способности ИИС при сохранении заданного уровня безопасности.

Библиографический список

1. Панасюк, Ю. Н. Обработка радиолокационной информации в радиотехнических системах: учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – 84 с.
2. Сустин, А. И. Оценка параметров движения воздушного судна в информационно-измерительных системах управления воздушным движением с применением третичной обработки информации / А. И. Сустин, А. П. Пудовкин // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития: сб. науч. тр. – Тамбов, 2021. – С. 134 – 137.
3. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах: монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.
4. Algorithm synthesis for tertiary information processing of distance measuring channel in information and measurement system of air traffic control / A. P. Pudovkin, Yu. N. Panaszuk, A. I. Sustin, et al. // Journal of Physics: Conference Series : IV International Scientific and Technical Conference «Mechanical Science and Technology Update», MSTU. 2020.

**ВИЗУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
СЕРВИСОВ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

А. И. Власов

*Московский государственный технический университет
имени Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: vlasovai@bmstu.ru)*

Современное общество сложно представить без широкого использования киберфизических систем и различных мобильных сервисов. Реализуя концепцию «Управляемый данными» (Data-driven) возможно обеспечение качества цифровых сервисов посредством анализа данных (в том числе предиктивного) [1, 2]. Такая концепция позволяет обрабатывать производственную информацию на основе ретроспективного анализа. Обобщенную количественную оценку эффективности сервисов при таком подходе проводят на основе оценки технических KPI (Key Performance Indicators или ключевые показатели эффективности).

Современные киберфизические системы являются сложными системами. Одной из проблем управления их качеством является построения системы метрик, показателей их эффективности. Такая система метрик зависит от бизнес-процессов и текущих целей. Методики контроля качества сервисов целесообразно реализовывать на основе визуальных моделей бизнес-процессов управления данными с оценкой соответствующих метрик [3, 4]. Применение визуальных моделей с системами метрик позволяет проводить иерархическую декомпозицию рассматриваемой системы, выявлять подсистемы с низкой производительностью, проводить анализ данных (в том числе и предиктивный), формировать рекомендации и аналитические отчеты с различным уровнем детализации. Такие системы состоят из набора процедур и показателей, которые обеспечивают непрерывное измерение эффективности процессов и сервисов в целом [1].

KPI определяются как набор метрик, которые сосредоточены на основных критических видах деятельности. При этом для дальнейшей аналитической обработки данные целесообразно визуализировать и впоследствии использовать для принятия обоснованных решений. В парадигме Industry 4.0 решение может быть принято с помощью применения методов описательной, предиктивной или предписывающей аналитики, полученной по результатам обработки данных, начиная с малозначимых разрозненных «сырых» данных до состояния знания, набора инструкций и т.п. (рис. 1).



Рис. 1. Цепочка формирования ценности данных

Data-driven платформа, рассматривает все данные, формируемые на протяжении всего жизненного цикла продукции, включая как структурированные, так и неструктурированные данные, а также текстовые, аудио-, видео- и графическую информацию. В отличие от более ранних подходов, особенно подхода компьютеризированного производства, предприятие, управляемое данными, не стремится полностью автоматизировать все операции и процессы принятия решений, оно применяет предиктивные методики сбора и обработки разнообразной технической и общепроизводственной статистики.

Для внедрения Data-driven платформы необходимо сформировать инфраструктуру и эффективную методику по работе с данными, обеспечить интеграцию разнородных инфосистем, сформировать корпоративное хранилище данных и применять инструменты аналитики для аналитики данных и извлечения знаний, сформировать механизм оперативно-централизованного предоставления информации для сотрудников на всех уровнях иерархии. Это создает новые возможности для конкурентных преимуществ производственных компаний, особенно в отношении эффективных и гибких процессов, непрерывного совершенствования на протяжении всего жизненного цикла продукции.

Отдельные результаты получены в рамках федеральной программы академического лидерства «Приоритет-2030»

Библиографический список

1. Власов, А. И. Методы упреждающего прогнозирования состояния широкополосной сети связи / А. И. Власов, В. В. Иванов, И. А. Косолапов // Программные продукты и системы. – 2011. – № 1. – С. 3 – 6.
2. Agbozo, E. The data-driven public sector as a channel for building resilient digital societies / E. Agbozo, A. N. Medvedev // Information Society. – 2020. – № 5. – С. 30 – 38.
3. Власов, А. И. Визуальные модели управления качеством на предприятиях электроники / А. И. Власов, А. М. Иванов // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2011. – № 11. – С. 34.
4. Vlasov, A. I. Visual methods of formalization of knowledge in the conditions of the synchronous technologies of system engineering / A. I. Vlasov, A. A. Demin // ACM International Conference Proceeding Series. CEE-SECR. – 2017. – No. 3166098.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ И УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

А. Ю. Дмитриевцев, Ю. Т. Зырянов, Н. А. Н. Нури

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: dmitrievcev978@gmail.com)*

Мониторинг, фиксация, а также анализ определяющих параметров является важнейшим звеном при анализе технического состояния различных устройств и систем. Сложная техническая структура и большое количество измеряемых и фиксируемых параметров требует большого объема используемых ресурсов, как человеческих – для непосредственного кон-

троля в режиме реального времени, так и вычислительных – для возможности фиксации определяющих параметров за определенный период времени [1 – 4].

В данной статье, в качестве объекта мониторинга и фиксации определяющих параметров будет рассмотрена телекоммуникационная информационно-измерительная и управляющая система (ТК ИИУС) типа Iskratel Si3000.

Как изображено на рис. 1, мониторинг позволяет осуществлять контроль за основными параметрами ТК ИИУС. Выбор определяющих контролируемых параметров обусловлен их важностью, и влиянием на работу всей системы в целом.

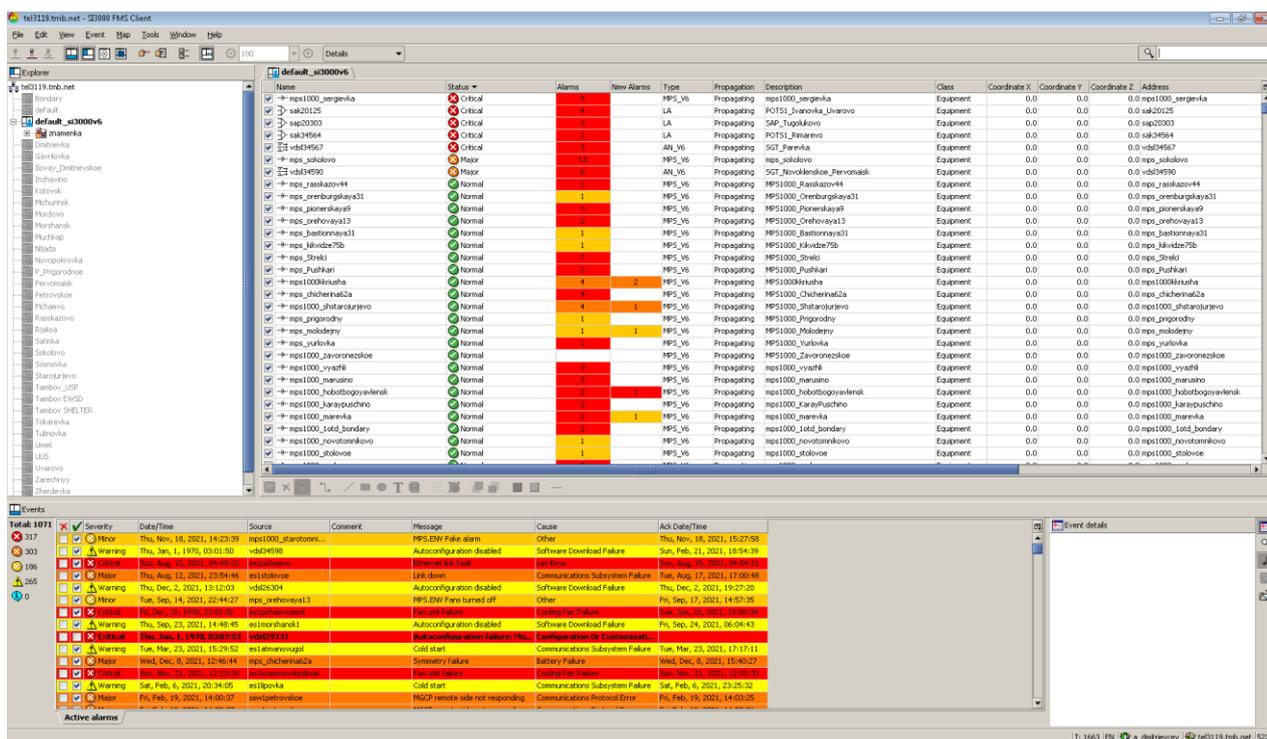


Рис. 1. Система мониторинга определяющих параметров

Для анализа полученных данных, их структуризации и обработки целесообразно использование методов и алгоритмов машинного обучения. Данный подход позволит анализировать техническое состояние ТК ИИУС по значениям оценки измеренных определяющих параметров в реальном времени, а также прогнозировать их изменение с помощью сформированной базы данных [5, 6].

Таким образом, можно сделать вывод, что контроль и прогнозирование изменения определяющих параметров с использованием методов и алгоритмов машинного обучения позволит облегчить процесс оценки технического состояния ТК ИИУС.

Библиографический список

1. Принципы построения интеллектуальных информационно-измерительных и управляющих систем на множестве состояний функционирования / Д. Ю. Муромцев, А. Н. Грибков, Н. Ю. Залукаева и др. ; редкол. : В. А. Лихолобов и др. // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства : материалы 10-й Междунар. науч.-техн. конф. – 2020. – С. 246–247.

2. Рязанов, И. Г. Техническое диагностирование информационно-измерительной и управляющей системы с применением нейросетевых технологий / И. Г. Рязанов, Ю. Т. Зырянов, А. Ю. Наумова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2019. – № 5. – С. 37 – 46.

3. Раннее обнаружение начала постепенного изменения свойств случайных процессов / В. И. Павлов, С. В. Артемова, А. Н. Грибков, и др. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 237 – 246.

4. Селиванова, З. М. Оценка надежности информационно-измерительной системы теплофизических свойств материалов при воздействии дестабилизирующих факторов / З. М. Селиванова, Т. А. Хоан // Надежность и качество сложных систем. – 2016. – № 4. – С. 13 – 19.

5. Чернышова, Т. И. Метод повышения метрологической надежности при проектировании аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков // Надежность и качество сложных систем. – 2017. – № 1(17). – С. 50 – 58.

6. Чернышов, Н. Г. Задачи энергосбережения на множестве состояний функционирования / Н. Г. Чернышов // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – 2019. – С. 170 – 172.

ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ КОМБИНАЦИОННОЙ ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

А. Ю. Дмитриевцев, Ю. Т. Зырянов, И. Е. Попов

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: dmitrievcev978@gmail.com)*

Техническая диагностика электронных средств (ЭС) является важным аспектом реализации работы различных систем. Существуют разные способы диагностики ЭС. Одним из способов диагностики является занесение результатов измерения в комбинационную таблицу двоичных значений. Данный способ прост, но имеет ряд недостатков [1, 2].

Для оптимизации и усовершенствования данного способа диагностики предлагается все измерения заносить не в комбинационную таблицу в двоичном виде, а в файл с расширением xls в программе Excel, в котором заблаговременно формируется база данных, полученная в результате измерения основных контролируемых параметров с эталонного (рабочего) объекта диагностирования. Кроме того сформирован алгоритм, который будет выводить возможный перечень неисправностей на основе анализа измеренных значений параметров, с последующими рекомендациями по их устранению (рис. 1).

Данный способ диагностики позволяет оперативно решать вопросы ремонта ЭС, а также обеспечивает высокую достоверность определения возможных неисправностей, благодаря большому количеству измеряемых параметров при их контроле [3 – 6]. Количество контролируемых параметров так же может изменяться в зависимости от необходимости, и может подбираться под конкретный случай технической диагностики.

	A	B	C	D
1		Эталонное значение, Вольт	Значение на диагностируемом объекте, Вольт	Комплекс мер по решению проблемы
2	Напряжение на предохранителе №1	42-56	49.3	Никаких действий не требуется
3	Напряжение на предохранителе №2	42-56	48.5	Никаких действий не требуется
4	Напряжение на предохранителе №3	42-56	0	Проверка наличия входного напряжения Необходима замена диагностируемого предохранителя
5	Напряжение на пятивольтовом преобразователе в контрольной точке №1	42-60	52	Никаких действий не требуется
6	Напряжение на пятивольтовом преобразователе в контрольной точке №2	42-56	51.2	Никаких действий не требуется
7	Напряжение на пятивольтовом преобразователе в контрольной точке №3	4.5-5.4	0	

Рис. 1. База данных с измеренными значениями в контрольных точках и предлагаемыми вариантами устранения неисправностей

Библиографический список

1. Принципы построения интеллектуальных информационно-измерительных и управляющих систем на множестве состояний функционирования / Д. Ю. Муромцев, А. Н. Грибков, Н. Ю. Залукаева и др. ; редкол. : В. А. Лихолобов и др. // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства : материалы 10-й Междунар. науч.-техн. конф. – 2020. С. – 246–247.
2. Рязанов, И. Г. Техническое диагностирование информационно-измерительной и управляющей системы с применением нейросетевых технологий / И. Г. Рязанов, Ю. Т. Зырянов, А. Ю. Наумова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2019. – № 5. – С. 37 – 46.
3. Раннее обнаружение начала постепенного изменения свойств случайных процессов / В. И. Павлов, С. В. Артемова, А. Н. Грибков и др. // Изв. Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 237 – 246.
4. Селиванова, З. М. Оценка надежности информационно-измерительной системы теплофизических свойств материалов при воздействии дестабилизирующих факторов / З. М. Селиванова, Т. А. Хоан // Надежность и качество сложных систем. 2016. – № 4. – С. 13 – 19.
5. Чернышова, Т. И. Метод повышения метрологической надежности при проектировании аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков // Надежность и качество сложных систем. – 2017. – № 1(17). – С. 50 – 58.
6. Чернышов, Н. Г. Задачи энергосбережения на множестве состояний функционирования // Т. И. Чернышова // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – 2019. – С. 170 – 172.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОЛУЧЕВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ МИКРОВОЛНОВОГО РАДИОЛОКАТОРА

Н. В. Заходякин, Д. А. Караваев, Р. Д. Карих, И. Н. Кочетов.

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: zakhodykin00@mail.ru)*

Для эффективного функционирования микроволновых радиолокаторов, необходимо чтобы формировались многолучевые диаграммы направленности с определенной формой (косекансная и др.). Для решения этой задачи должна использоваться достаточно эффективная антенная система, такой антенной системой могут выступать многолучевые антенные решетки, построенные по различной геометрии (плоская, цилиндрическая и др.)

Многолучевая антенна (МЛА) – это антенна, имеющая многолепестковую диаграмму направленности [1]. Обычно у нее несколько независимых входов/выходов, каждому из которых соответствует своя диаграмма направленности – свой луч. Многолучевая антенная решетка (МАР) – это сложная антенна, содержащая в себе совокупность излучающих элементов, расположенных так, чтобы получить необходимую диаграмму направленности.

В настоящее время МАР широко применяются в микроволновых радиолокаторах, позволяя быстро обнаруживать объекты в пространстве и одновременно сопровождать большое их количество. Это достигается за счет освещения объектов в зоне обслуживания широким передающим лучом и покрытия ее многими высоконаправленными приемными лучами.

Принцип действия многолучевой антенной решетки можно пояснить следующим образом: существует антенная решетка, состоящая из N излучателей [2]. Сигнал от генератора подается на любой из M входов и распределяется между излучателями с помощью пассивного многополюсника. Он представляет собой схему, обеспечивающую линейное изменение фазы вдоль антенной решетки, причем величина сдвига фаз у между соседними излучателями, а следовательно, и ориентация главного лепестка определяются номером входа, на который поступает сигнал [3].

Несмотря на то, что МАР в микроволновых радиолокаторах имеют такие достоинства, как:

- возможность формирования диаграммы направленности сложной формы;
- возможности применения электрического сканирования (перемещения луча в пространстве без физического изменения положения антенны);
- адаптация к помеховой обстановке и компенсация отказов оборудования;
- возможность многолучевой работы.

Основными недостатками являются:

- большая сложность элементной базы и требования к ней;
- трудности расчет конструкции [4].

Многолучевые антенные решетки широко применяются в радиосистемах и в значительной степени определяют возможности экономически эффективного обслуживания большого количества абонентов в системах широкополосной связи, а также обнаружения и сопровождения большого числа объектов с помощью РЛС [5].

Применение многолучевых антенных решеток в составе радиолокационного комплекса позволит более эффективно определять цели, при этом осуществлять ведение не одной, а нескольких целей, за счет формирования многолучевых диаграмм направленности.

Библиографический список

1. Анпилогов, В. Р. Многолучевые антенные системы HTS / В. Р. Анпилогов, А. В. Шишлов, А. Г. Эйдус // Технологии и средства связи. – 2013. – № 6-2(99). – С. 54 – 67.
2. Технологии радиолокации – к 55-летию ПАО «Радиофизика» / под. ред. Б. А. Левитана. – 2-е изд. – М. : Вече, 2015. – 672 с.
3. Толкачев, А. А. Некоторые тенденции развития радиолокационных и связных систем / А. А. Толкачев, Е. Н. Егоров, А. В. Шишлов // Радиотехника. – 2006. – № 4. – С. 5 – 11.
4. Антенная решетка на основе широкополосной планарно-щелевой антенной с экспоненциальным изменением ширины щели для систем беспроводного широкополосного доступа / О. А. Белоусов, Р. Ю. Курносков, П. А. Горшков, А. Г. Рязанова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов. – 2015. – № 2(56). – С. 184 – 194.
5. Дякин, А. И. Особенности применения крупноапертурных излучателей в многолучевых антенных решетках систем спутниковой связи / А. И. Дякин, О. А. Белоусов, А. С. Колмыкова // материалы V Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов. – 2018. – С. 113–114.

ЦИФРОВАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА*

Р. В. Казюлин

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: kazyulin84@mail.ru)*

Мы привыкли говорить о цифровизации применительно к системам связи, но с развитием информационных технологий этот процесс охватил и многие другие отрасли. Хотя и с опозданием, он добрался и до электроэнергетики. Энергетической отрасли жизненно необходима модернизация на базе интеллектуальных систем с целью повышения эффективности и снижения капитальных и операционных затрат.

Одной из особенностей электроэнергетики, является тесная связь разнообразнейших потребителей в единой сети, что резко повышает актуальность обеспечения надежности работы энергосистемы и требует создания в энергетических системах достаточного резерва мощности во всех ее элементах.

Относительная быстрота протекания переходных процессов, связанных с короткими замыканиями, включениями и отключениями, качаниями, нарушениями устойчивости, требует обязательного применения специальных автоматических устройств. Подобные устройства, часто весьма быстродействующие, должны обеспечить надлежащую корректировку переходных процессов в системе. Правильный выбор и настройка всех этих автоматических устройств, к которым относятся аппараты защиты от перенапряжений, установки релейной защиты, автоматические регуляторы, автоматические выключатели ит. п., немислимы без учета работы всей системы как единого целого. Все это способствует широчайшему внедре-

*Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВО «ТГТУ» Н. Г. Чернышова.

нию автоматики в энергетических системах и полной автоматизации отдельных электростанций и подстанций.

В электроэнергетике процесс цифровизации находится в начальной стадии. Несмотря на то, что тенденция перехода на цифровые технологии в системах сбора и обработки информации, управления и автоматизации подстанций наметилась еще более 15 лет назад, первая в мире цифровая подстанция была запущена лишь в 2006 г. Тем не менее, сегодня практически все ведущие компании-производители электроэнергетической отрасли активно работают в данном направлении.

Инновационное развитие электроэнергетики сегодня характеризуется объединением электросетевой и информационной инфраструктур в узлах сети – цифровых подстанциях. Цифровая подстанция – элемент (интеллектуальной) электросети с системой контроля, защиты и управления, основанной на передаче информации в цифровом формате. Технология цифровой подстанции позволяет удешевить строительство, уменьшить их габариты, повысить надежность и, в конечном счете, повысить качество энергоснабжения потребителя, не увеличивая стоимость.

Основой цифровой подстанции является единая телекоммуникационная инфраструктура, выполненная на базе современных технологий. Основная идея, заложенная в идеологию цифровой подстанции, – осуществлять мониторинг всех процессов как можно ближе к источникам информации, передавать полученные данные во все подсистемы посредством волоконно-оптических линий связи.

Сегодня в России активно ведется работа по развитию технологии цифровых подстанций, запущен ряд пилотных проектов, ведущие российские компании приступили к разработке соответствующих отечественных продуктов и решений. Остается пожелать, чтобы руководство отрасли с пониманием отнеслось к этим работам и опиралось на отечественных производителей (в том числе и в области ПО) и подтолкнуло процесс цифровой стандартизации.

Библиографический список

1. Перспективы создания цифровых программно-аппаратных комплексов подстанций ЕНЭС / А. М. Гельфанд, П. А. Горожрнкин, В. Г. Наровлянский, Л. И. Фридман // Электрические станции – 2012. – № 5. – С. 55 – 58.

2. Чернышов, Н. Г. Синтез энергосберегающего управления / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – № 1. – С. 7 – 15.

3. Цифровая подстанция ЕНЭС / Ю. И. Моржин, С. Г. Попов, П. А. Горожанкин и др. // ЭнергоЭксперт. – 2011. – № 4(27). – С. 27 – 32.

4. Горелик, Т. Г. Автоматизация энергообъектов с использованием технологии «цифровая подстанция». Первый российский прототип / Т. Г. Горелик, О. В. Кириенко // Релейная защита и автоматизация. – 2012. – № 1(05). – С. 86 – 89.

5. Чернышов, Н. Г. Особенности создания систем энергосберегающего управления на множестве состояний функционирования / Н. Г. Чернышов, Д. Ю. Муромцев // Автоматика и вычислительная техника. – 2008. – № 3. – С. 74 – 82.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЛС ДЛЯ СИСТЕМ ПОСТАНОВКИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАДИОБАРЬЕРОВ

Д. А. Карavaев, Р. Д. Карих, Н. В. Заходякин, И. Н. Кочетов

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: mr.karavaev2016@yandex.ru)*

В настоящее время достаточно широкими темпами разрабатываются и внедряются новые радиолокационные системы, в частности те, входят в системы постановки пространственных радиобарьеров. Это связано с повсеместной и неконтролируемой доступностью БПЛА. Данный факт несет опасность несанкционированного проникновения беспилотных аппаратов на территории закрытого типа.

Радар для систем постановки пространственных радиобарьеров должен определять положение БПЛА в пространстве, оценивать скорость и траекторию движения, иметь малые габариты и невысокую стоимость. Этим критериям удовлетворяет голографический подповерхностный радиолокатор. Он функционирует с непрерывным излучением на нескольких (до пяти) рабочих частотах и измеряет разность фаз отраженных волн как в радиолокаторах непрерывного излучения, использующих метод частотной манипуляции. Поскольку сигналы, излучаемые на разных частотах, будут иметь разные фазовые набеги при отражении от объекта, находящегося на конкретной дистанции, то однозначность измерения дальности достигается для относительно большого диапазона дальностей. В таких устройствах формируется последовательная запись – либо точно позиционируемой одиночной антенной, либо при помощи антенного переключателя, которым выбирается передающая антенна для текущего излучения из группы одиночных излучателей. Обработка радиолокационного изображения называется голографической, в данном случае, потому что дальность рассчитывается по разностям фаз, что несколько похоже на метод голографии.

Достоинствами применения такого радара является небольшая мощность, так как передающее устройство генерирует незатухающие колебания, относительная простота конструкции и небольшие габариты.

Использование голографического радиолокатора в системах постановки пространственных радиобарьеров позволит при относительно невысоких габаритах и стоимостных характеристиках устройства достичь достаточно точного определения траектории движения и расстояния до БПЛА, что позволит системе своевременно и в полном объеме реализовать комплекс мероприятий по предотвращению несанкционированного доступа на охраняемую территорию.

Библиографический список

1. Синтез гибридной зеркальной антенны для систем наземной спутниковой связи / А. А. Летунов, О. А. Белоусов, Р. Ю. Колмыков и др. // Журнал Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 107 – 113.
2. Применение алгоритмов нечеткой логики в системе управления диаграммообразующим устройством гибридной зеркальной антенны / О. А. Белоусов, Е. В. Рязанов, А. С. Колмыкова, А. И. Дякин // Программные продукты и системы. – 2018. – № 4, Т. 31. – С. 757 – 762.

3. Антенны : учебное пособие / Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин, О. А. Белоусов и др. – 4-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2020. – 412 с. – URL : <https://e.lanbook.com/book/133478> (дата обращения: 15.01.2021).

4. James, D. Taylor: “Ultrawideband Radar. Applications and Design”. – CRC Press, 2012.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ФАР ДЛЯ ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО РАДИОЛОКАТОРА

Р. Д. Карих, Н. В. Заходякин, И. Н. Кочетов, Д. А. Караваев

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

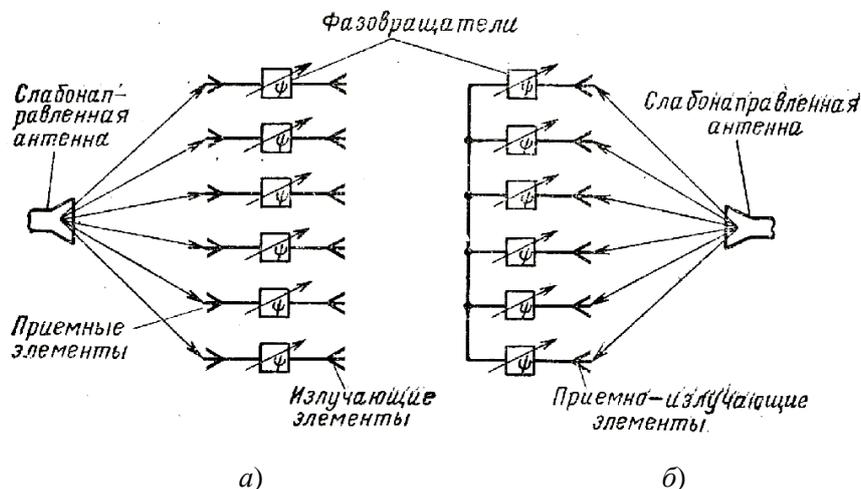
(e-mail: KarikhRD@yandex.ru)

Именно в момент большого прогресса и создания новых типов самолетов, приведший к росту скоростей целей и уменьшению их эффективной поверхности рассеяния, потребовалось усовершенствование радиолокационных станций (РЛС). В этот период было начато широкое применение фазированных антенных решеток (ФАР) в РЛС различного назначения [1].

Современная радиотехническая обстановка требует разработки многофункциональных радиоэлектронных комплексов (РЭК), легко адаптируемых к конкретным условиям окружающей помеховой ситуации, и значительного усовершенствования характеристик всех видов РЭК и радиосистем находящихся в составе комплекса [2].

Одной из наиболее жизненно важных систем РЭК является антенный модуль, в значительной степени определяющий характеристики комплекса в целом. Для построения таких модулей были внедрены в РЭК АФАР различного назначения, позволяющие эффективно решать многие задачи в реальном масштабе времени [3]. Опыт первых разработок наземных АФАР позволил разработать теорию и технику их проектирования, но в то же время показал, что АФАР не удастся разрабатывать традиционными методами, когда сначала создаются отдельные элементы (антенна, передатчики и т.п.), а потом из них формируется система [4].

В составе АФАР все эти элементы взаимосвязаны, интенсивно влияют на параметры друг друга и, в результате, определяют электро-динамические характеристики решетки, и поэтому АФАР рассматривается как единый комплекс, а ее проектирование – это системная задача [5].



Рисунок

Таким образом, применение АФАР, это возможность создания на их основе принципиально новых интегрированных РЭЖ, обеспечивающих многофункциональную работу с гибким управлением пространственными характеристиками и высоким энергетическим потенциалом, адаптацию к быстроменяющимся условиям и сложной помеховой обстановке.

Библиографический список

1. Микроэлектронные устройства СВЧ / Г. И. Веселов, Е. Н. Алехин и др. – М. : Высшая школа, 1988.
2. Parker, D. and Zimmerman, D. C. “Phased arrays – Part II: Implementations, applications and future trends,” IEEE Trans on Microwave Theory and Techniques. – March 2002. – V. 50, No. 3. – P. 678 – 678.
3. Seeds, A. J. “Microwave opto-electronics: Principles, applications and future prospects,” in Proc 24th European Microwave Conf., Cannes, France. – Sept. 1994. – P. 8 – 22.
4. Информационно-управляющая система согласующими устройствами кольцевых фазированных антенных решеток декаметрового диапазона / О. А. Белоусов, А. А. Шилов, Н. А. Кольтюков // Радиотехника. – 2011. – № 12. – С. 53 – 59.
5. Синтез цилиндрической фазированной антенной решетки на основе логопериодических вибраторных антенн для систем широкополосного доступа стандарта IEEE802.11, IEEE802.16 / О. А. Белоусов, Р. Ю. Курносков, П. А. Горшков, А. Г. Рязанова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 266 – 272.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ РАДИОПЛАТФОРМ ПРИ ПОСТРОЕНИИ МИКРОВОЛНОВЫХ РАДИОЛОКАТОРОВ СИСТЕМ ПОСТАНОВКИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ БАРЬЕРОВ

И. Н. Кочетов, Д. А. Караваев, Д. В. Помещиков, А. В. Стариков

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: igor.kochetov.97@mail.ru)*

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) прочно вошли в нашу жизнь. Им нашли множество различных применений: фото и видеосъемка, картография, поисково-спасательные операции, доставка предметов, обеспечение безопасности и многое другое.

Однако, несмотря на все положительные способы использования, их неконтролируемая доступность позволяет применять и во вред: для шпионажа, несанкционированного доступа на территорию, доставки запрещенных предметов, терактов.

Для решения этой проблемы разрабатываются системы постановки пространственных радиобарьеров. Пространственные радиобарьеры – это области, в которых производится подавление сигналов определенных частот, в рассматриваемом случае, применяемых для управления, позиционирования и передачи данных между БПЛА и оператором. Сама система противодействия беспилотным летательным аппаратам состоит из устройства обнаружения, и устройства защиты (постановки пространственных радиобарьеров). Радиолокатор в данной системе дает возможность эффективно распоряжаться доступными ресурсами. Вме-

сто того чтобы полностью заглушать связь на охраняемой территории, он позволяет определить местонахождение БПЛА, его скорость и направление движения. Полученные данные позволят точно сфокусировать на нем луч и лишить его управления.

Основой данного радиолокатора может служить программно-определяемая радиоплатформа (SDR). SDR – устройство, совмещающее в себе приемник и передатчик, и при программной настройке способное изменять рабочие параметры, такие как диапазон частот, выходная мощность и другие. Благодаря высоким параметрам, SDR-платформа позволяет реализовать радар, обладающий высокоточными параметрами. Особенностью построения радиолокатора на программно-определяемой радиоплатформе является то, что необходимо выбрать метод радиолокации, сконструировать требуемую антенну и внедрить соответствующую программу, которая будет реализовывать выбранный метод.

Построение радара на основе программно-определяемой радиоплатформы позволит упростить и ускорить построение системы постановки пространственных барьеров, уменьшить ее габариты и повысить эффективность.

Библиографический список

1. Применение алгоритмов нечеткой логики в системе управления диаграммообразующим устройством гибридной зеркальной антенны / О. А. Белоусов, Е. В. Рязанов, А. С. Колмыкова, А. И. Дякин // Программные продукты и системы. – 2018. – № 4, Т. 31. – С. 757 – 762.
2. Антенны : учебное пособие / Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин, О. А. Белоусов и др. – 4-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2020. – 412 с.
3. James, D. Taylor: “Ultrawideband Radar. Applications and Design”. – CRC Press, 2012.

ПРИМЕНЕНИЕ ФРЕЙМОВОЙ МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Н. В. Кузьмина, И. И. Савенков, С. В. Кузьмина

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: n4talia.kuzmina@gmail.com)*

При проектировании информационной системы сопровождения жизненного цикла электронной аппаратуры важным этапом является повышение качества обеспечения персонала необходимыми для производства данными за счет автоматизации деятельности, заключающейся в поиске и извлечении технической информации. Формирование базы знаний, обеспечивающей быстрый доступ к запрашиваемым данным, значительно сокращает временные затраты на производство, а также гарантирует целостность информационного пространства жизненного цикла выпускаемой продукции.

Фреймовая модель представления данных позволяет создавать иерархическую декомпозицию объектов предметной области, описывать наследуемые от фреймов-прототипов свойства, а также структурные взаимосвязи между ними [1]. Среди преимуществ данного подхода следует отметить то, что предметная область технологических процессов производ-

ства электронной аппаратуры факторизуема, что обеспечивает эффективность взаимодействия с информационной системой и возможность создания единого информационного пространства, гарантирующего целостность данных и быстрый поиск запрашиваемой технической информации [2, 3].

Фреймовая семантическая сеть технологического процесса производства электронной аппаратуры может быть представлена в виде семантического дерева, фреймами-прототипами которого являются производственные операции (рис. 1). В процессе взаимодействия с информационной системой пользователю предлагается выбрать необходимые параметры – варианты установки компонентов на печатную плату, способы входного контроля комплектующих, вариации операций пайки и т.д. Диалог осуществляется посредством ответов на вопросы, формируемые самой системой. Результатом взаимодействия с информационной системой может быть операционная карта, учитывающая исходные данные и соответствующая конкретным параметрам, заданным самим пользователем.

База знаний заполняется экспертом в конкретной предметной области, что позволяет автоматизировать решение возникающих в процессе производства вопросов, обеспечивая экономию временных ресурсов, а также снижая требуемый уровень квалификации персонала и предотвращая возможность появления брака.

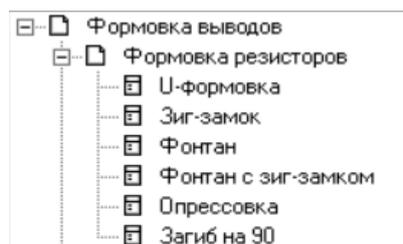


Рис. 1. Обобщенное представление фреймовой семантической сети сопровождения жизненного цикла электронной аппаратуры

Автоматизированная информационная система сопровождения жизненного цикла электронной аппаратуры, основанная на фреймовой модели представления данных, обеспечивает эффективность поиска необходимой технической информации, предоставляет возможность реинжиниринга этапов жизненного цикла выпускаемой продукции, а также позволяет создать единое информационное пространство, гарантирующее целостность, доступность и структурированность данных.

Библиографический список

1. Vlasov A. I., Demin A. A. Visual methods of formalization of knowledge in the conditions of the synchronous technologies of system engineering // ACM International Conference Proceeding Series. 13. Сер. «CEE-SECR 2017 – Proceedings of the 13th Central and Eastern European Software Engineering Conference in Russia». – 2017. – С. 3166098.
2. Пугачев, Е. К. Подход к проектированию экспертных систем / Е. К. Пугачев, Д. В. Новиков // Технологии инженерных и информационных систем. – 2017. – № 2. – С. 112 – 124.
3. Глушко, А. А. Методы алгоритмического проектирования искусственного интеллекта / А. А. Глушко, В. Д. Бусов, К. Д. Передерин // Технологии инженерных и информационных систем. – 2019. – № 2. – С. 72 – 88.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ПРИНЦИП ИХ РАБОТЫ

Д. Д. Москвитина

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

Роль информационных технологий особенно велика в стратегических отраслях экономики, одной из которых является энергетика. На сегодняшний день тенденциями в области современной электроэнергетики являются автоматизация технологических процессов в процессе эксплуатации энергетических сетей и оптимизация установленного оборудования, реализация мер эффективного энергопотребления с упором на энергосбережение.

Применение технических инноваций способно принести пользу практически всем категориям участников энергетического рынка: от генерирующих компаний до потребителей в частном секторе. Автоматизированные системы управления выполняют функции контроля, оповещения, обмена данными, оперативной обработки и анализа полученной информации, а также ее хранения. Сегодня на рынке представлено большое количество компаний и организаций, занимающихся как выпуском приборов учета электроэнергии, так и разработкой программного обеспечения. Однако далеко не все программные продукты удовлетворяют в полном объеме современным потребительским запросам и далеко не все способны идти в ногу с тенденциями будущего.

Создание автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии позволяет осуществлять учет потребляемой электроэнергии как на предприятии, так и в условиях бытового использования, что способствует реализации мер эффективного энергосбережения. Автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии обеспечивает дистанционный сбор информации с интеллектуальных приборов учета и передачу этой информации на верхний уровень, с последующей ее обработкой. Создание АСКУЭ позволяет автоматизировать учет, и добиться его максимальной точности. Также система учета электроэнергии дает возможность получать ценную информацию аналитического характера, необходимую для разработки действенных решений по энергосбережению.

Автоматическая система учета электроэнергии АСКУЭ имеет сложную иерархическую структуру, которая состоит из трех уровней:

- нижний уровень, представленный интеллектуальными счетчиками электроэнергии;
- средний уровень. Среда передачи данных, состоящая из устройств сбора и передачи данных, которые обеспечивают непрерывный опрос измерителей, получая от них данные учета;

- верхний уровень представлен центральным узлом сбора данных, на сервера которого поступает информация со всех локальных устройств сбора и передачи данных. Связь обеспечивается специальным протоколом по высокоскоростному каналу передачи данных. На верхнем уровне применяется специальное программное обеспечение, позволяющее визуализировать полученные данные и осуществлять их анализ и подготовку отчетных документов. На рисунке представлен пример принципиальной схемы построения АСКУЭ для бытовых потребителей [6].

Таким образом, использование современных автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии способно удовлетворить современные потребности потребителей. Среди основных достоинств АСКУЭ можно отметить возможность анализа и расчета энергопотребления за определенный период, способность принимать максимальную нагрузку

ку сети на предприятии и полностью контролировать мощность, оперативность и точность учета данных, интеграцию с компьютером или иным информационным устройством, что позволяет потребителю получить необходимую информацию в комплексе.

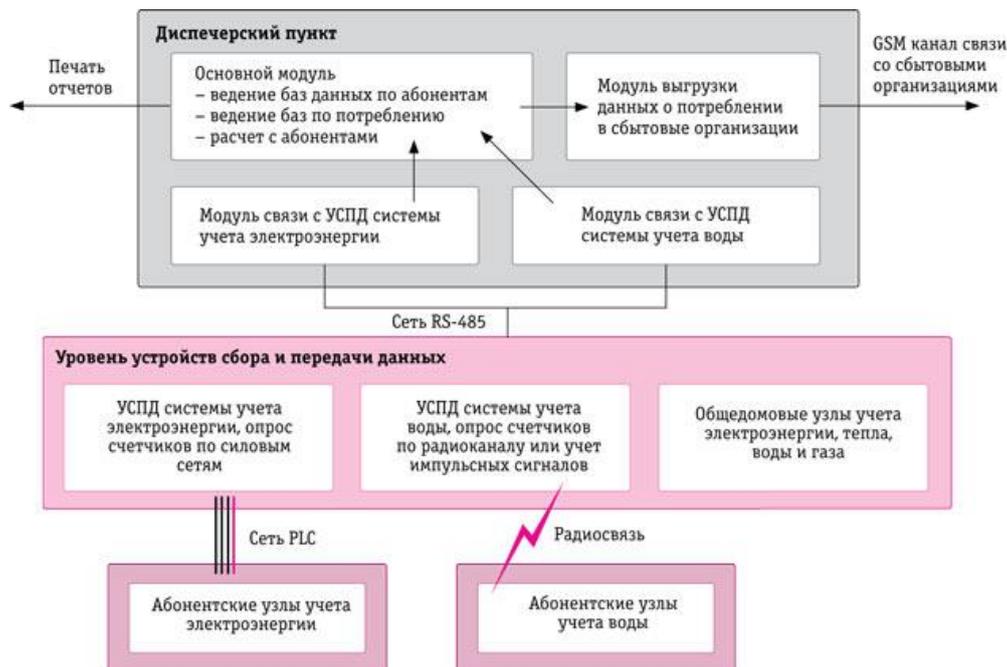


Рис. 1. Принципиальная схема построения АСКУЭ для бытовых потребителей

Библиографический список

1. Автоматизация в электроэнергетике // Рынок электротехники. – 2017. – № 3(47). – URL : <https://www.energsoyuz.spb.ru/ru/content/avtomatizaciya-v-elektroenergetike> (дата обращения: 03.10.2022).
2. АСКУЭ и АИИС КУЭ: преимущества системы и применение [Электронный ресурс] // ООО «ТАЙПИТ – ИП» Производство приборов учета. – URL : <https://www.meters.taipit.ru/info/askueh-i-aiis-kueh-preimushchestva-sistemy-i-primeneniye/> (дата обращения: 04.10.2022).
3. Автоматизированная система учета и контроля электроэнергии / Л. П. Величко, Л. П. Качура, Ю. Н. Метлицкий, В. О. Чернышев // Изв. ЮФУ. Технические науки. – 2003. – № 3. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannaya-sistema-ucheta-i-kontrolya-elektroenergii> (дата обращения: 04.10.2022).
4. Создание АСКУЭ [Электронный ресурс] // Инженерный центр «ЭНЕРГОАУДИТ-КОНТРОЛЬ». – URL : <http://www.ackye.ru/activities/sozdanie-askue/> (дата обращения: 03.10.2022).
5. Тубинис, В. В. Автоматизированные системы учета электроэнергии у бытовых потребителей: / В. В. Тубинис // Энергосбережение. – 2005. – № 10. – URL : https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3034 (дата обращения: 04.10.2022).
6. Якушков, К. В. Автоматизированные системы коммерческого учета электроэнергии для розничного рынка / К. В. Якушков // «ИСУП». – 2009. – № 3(23). – URL : <https://isup.ru/articles/6/335/> (дата обращения: 04.10.2022).

ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ

К. А. Муравьев, А. А. Демин, А. А. Карпунин

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: kostiktakaya@gmail.com)*

Цифровая трансформация социальной среды и промышленности накладывает новые требования к качеству соответствующего программного обеспечения. Контроль за обеспечением качества программного обеспечения (ПО) во многом связан с методами его тестирования, что составляет основную долю затрат на мероприятия по обеспечению качества ПО. Существующие стандарты и регламенты по контролю качества и тестированию ПО (IEEE 1008-1986, IEEE 1012-1986, NASA-STD-8739.8, SWEBOOK и др.) во многом ориентированы на ПО общего назначения и во многом не учитывают особенности специализированных программных средств, реализующих инструменты цифровой трансформации производства и социальной сферы.

Анализ затрат на исправление ошибок показывает, что стоимость исправления ошибки на этапе эксплуатации ПО дороже более, чем в 5 раз исправления ошибок на этапе составления требований, проектирования, кодирования и тестирования [1], т.е. основная задача стоит в недопущении ошибок на этапе эксплуатации.

В настоящее время существует около десятка распространенных моделей тестирования, однако не все они легко применимы для решения задачи наилучшего тестирования специализированного программного обеспечения. Среди основных моделей тестирования следует выделить [1]: регрессионное, функциональное, нагрузочное, приемочное и т.п. В условиях цифровой трансформации необходимо обеспечить уменьшение промежуточных этапов тестирования и обеспечение принятия решения о готовности программного обеспечения к эксплуатации на основе рассчитываемых показателей качества [2 – 5]. Особое значение в условиях импортозамещения приобретает тестирование совместимости с аппаратными платформами. Кроме того, крайне важным является применение экономически обоснованной методики тестирования, что позволяет снижать общие затраты на тестирование и управление качеством.

Выбор эффективных моделей тестирования ПО зависит от функционального назначения рассматриваемой системы. Проведение метрологической аттестации специального ПО и средств измерений (СИ) требует четкого соблюдения требований к испытаниям такого ПО (WELMES, MID-Software, МИ 2891-2004 и др.). Тестирование осуществляется исходя из классификационных признаков в соответствии с рекомендациями МОЗМ R 76.

Понятие качество является очень широким и может быть по-разному интерпретировано [2]. В частности, качество программного обеспечения – это степень удовлетворенности заказчика разработанным для него продуктом. В общем случае под качеством ПО понимается степень отсутствия в нем ошибок [1]. Проблема количественной оценки качества программного обеспечения является актуальной задачей, так как отсутствуют общепринятые метрики качества программного обеспечения, на основании которых возможно оценивать ПО. Основной проблемой для создания унифицированной системы метрик качества ПО является разнообразие моделей разработки и зависимости показателей от модели разработки [1, 3, 4].

Для унификации метрик качества ПО предлагается использовать компонентный подход: оценку количества измененных компонентов кода (строки исходного кода, функцио-

нальные точки, объектные точки, файлы, компоненты и др.) и количества запросов на доработку. Одной из основных сложностей реализации данного подхода оценки качества ПО является относительная сложность сбора статистики.

Отдельные результаты получены в рамках федеральной программы академического лидерства «Приоритет-2030»

Библиографический список

1. Карпунин, А. А. Методы обеспечения качества при проектировании сложных программных систем / А. А. Карпунин, Ю. М. Ганев, М. М. Чернов // Надежность и качество сложных систем. – 2015. – № 2(10). – С. 78 – 84.

2. Современные методы и средства обеспечения качества в условиях комплексной автоматизации / В. Г. Дудко, К. Д. Верейнов, А. И. Власов, А. Г. Тимошкин // Вопросы радиоэлектроники. – 1994. – № 1. – С. 71 – 89.

3. Власов, А. И. Управление и контроль качества изделий электронной техники. Семь основных инструментов системного анализа при управлении качеством изделий электронной техники / А. И. Власов, В. В. Маркелов, Д. Е. Зотьева // Датчики и системы. – 2014. – № 8(183). – С. 55–66.

4. Власов, А. И. Визуальные модели управления качеством на предприятиях электроники / А. И. Власов, А. М. Иванов // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2011. – № 11. – С. 34.

5. Маркелов, В. В. Системный анализ процесса управления качеством изделий электронной техники / В. В. Маркелов, А. И. Власов, Э. Н. Камышная // Надежность и качество сложных систем. – 2014. – № 1(5). – С. 35 – 42.

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ЭХО-МЕТОДЫ

О. Э. Оdedжоби

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: benty50@yahoo.com)*

Ультразвук в медицинской практике находит исключительно широкое применение. Он используется в диагностике (энцефалография, кардиография, остеоденситометрия и др.), лечении (дробление камней, фонофорез, акупунктура и др.), приготовлении лекарств, очистка и стерилизации инструмента и препаратов.

В ультразвуковой диагностике используется как отражение волн (эхо) от неподвижных объектов (частота волны не изменяется), так и отражение от подвижных объектов (частота волны изменяется – эффект Доплера). Поэтому ультразвуковые диагностические методы делятся на эхографические и доплерографические.

Одномерные ультразвуковые эхолокаторы нашли широкое применение, например в диагностике гематом при черепно-мозговых травмах. С помощью эхоэнцефалоскопа измеряют и сравнивают расстояния от левой и правой височных костей до поверхности раздела двух полушарий.

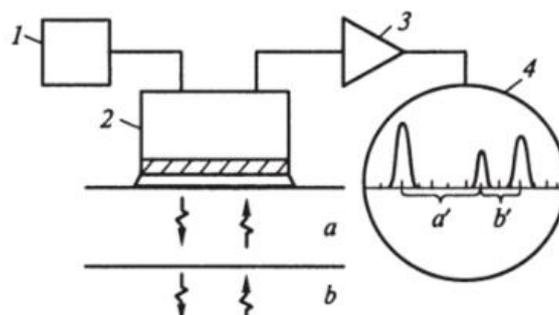


Рис. 1. Принцип одномерной эхолокации

1 – генератор импульсов; 2 – эхозонд; 3 – усилитель; 4 – экран осциллографа;
a и *b* – толщины слоев тканей; *a'* и *b'* – соответствующие расстояния
 между импульсами на экране полушарий мозга, по смещению которой судят
 о наличии и величине гематом или других патологических нарушениях

Поскольку поглощение ультразвука тканью мозга достаточно велико и растет с увеличением частоты, для эхоэнцефалографии используют сравнительно низкие ультразвуковые частоты – от 0,8 до 1,8 М Гц. В этом диапазоне частот при средней скорости ультразвука 1500 м/с длины ультразвуковых волн составят 1,5–0,8 мм, а поскольку точность измерений не может превысить половины длины волны, то смещение границы между полушариями можно определить с точностью до 1...1,5 мм. При эхоэнцефалографии более высокая точность, как правило, и не требуется.

Одномерная эхография удобна и для выявления внутрибрюшинного и иного кровотечения при травмах живота. Известно, что в норме листки брюшины в боковых отделах живота плотно соприкасаются, а при скоплении крови или иной жидкости в брюшинной полости между ними появляется расстояние, легко фиксируемое одномерными эхолокаторами.

В настоящее время разработано много моделей ультразвуковых эхолокаторов для определения размеров различных тканей, значительно ускоривших процесс диагностики у людей и определения упитанности животных. Ультразвуковые локаторы безвредны, их использование не связано с болевыми ощущениями и не требует соблюдения условий стерильности.

Эхо-методы успешно применяют в маммографии для определения изменений в молочных железах женщин и диагностики патологий вымени. На эхограмме хорошо идентифицируются пики, свидетельствующие об отражении ультразвука от известных внутренних структур – подвешивающих связок, стенок молочных протоков. По эхограмме можно определить асимметрию молочных желез, связанную с патологическими изменениями в них. Метод позволяет также обнаружить опухоли, очаги кальцификации, а также инородные тела в молочной железе.

Библиографический список

1. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu. N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic and Kinematic Parameters // Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 3, article id. 032111 (2018).
2. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu. N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. Synthesis of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation. – Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 3, article id. 032112 (2018).

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

К. С. Сайфуллозода, Е. М. Николюкина, О. С. Якушов

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: sqiyom@bk.ru)*

Надежная защита электропитания систем телекоммуникации – источник бесперебойного питания. Сбои в системе электропитания стоят первыми в ряду причин, приводящих к отказу оборудования. Источник бесперебойного питания питает нагрузку за счет энергии, накопленной его аккумуляторной батареей без использования основного источника питания.

Эффективность работы системы мониторинга во многом зависит от возможностей и параметров используемых для ее реализации аппаратных средств. При их выборе в первую очередь необходимо учитывать следующие аспекты:

1. Быстродействие. При достаточном запасе по быстродействию система будет работать надежно, при недостатке процессорного времени для расчета параметров система перейдет в нестабильный режим, возможны частые сбои в работе, управление происходит с задержкой и неактуально в текущий момент времени.

2. Помехозащищенность. Помехозащищенность зависит от качества созданной защиты от помех по входным цепям и питающей электросети и обеспечивается гальванической развязкой, соответствующими фильтрами в устройстве связи с объектом, блоком питания, схемами бесперебойного питания и др.

3. Работоспособность микропроцессорного устройства при перепадах напряжения в питающей электросети. При снижении напряжения или отключении питания в этих устройствах не должно возникать необратимых искажений информации. Появление таких искажений равнозначно отказу микроконтроллера. Работоспособность контроллера обеспечивается рядом мероприятий: защитой от пропадания питания элементов памяти, созданием бесперебойной системы питания всего микропроцессорного устройства.

4. Надежность элементной базы и схемных решений, использование резервирования. При выходе из строя какого-либо блока необходимо осуществлять переключение объекта на традиционное управление.

5. Наличие самодиагностики и возможность быстрого определения и локализации неисправности.

Использование интеллектуальных источников питания позволяет обеспечить энергией оборудование при сбоях в системе, состоянии системы и выводить статистическую информацию. Такой функционал обеспечивается за счет устанавливаемого внутри интеллектуальных источников питания микрочипа, с помощью которого происходит обмен данными с зарядным устройством и вывод сведений об их состоянии пользователю. Такое применение микрочипы нашли в батареях питания ноутбуков, видеокамер, а также некоторых типов оборудования военного и медицинского назначения.

Обеспечение ресурсосбережения – обязательное требование к технике. Новая техника должна требовать меньшего расхода ресурсов как в процессе ее производства, так и в процессе эксплуатации. Инвестиции, направленные на сокращение потерь ресурсов, окупаются по оценкам экспертов в три раза быстрее, чем инвестиции по увеличению данного ресурса.

Ресурсосбережение направлено на повышение качества жизни людей в широком смысле слова. Одним из методов снижения энерго-ресурсопотребления и повышения качества выпускаемой продукции является создание и внедрение информационно-измерительных систем.

Библиографический список

1. 5G WORLD SUMMIT – 2014: Курс прежний – ОТ 4G К 5G Тихвинский В.О. Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2014. – Т. 8, № 7. – С. 95–96.
2. CD-ROM. Электротехника: агрегаты, источники и системы бесперебойного питания. Электронный справочник – М. : Гостехиздат, 2020. – 101 с.
3. Олейникова, А.В. Перспективы развития связи / А. В. Олейникова, М. Д. Нуртай, Н. М. Шманов // Современные материалы, техника и технологии. – 2015. – № 2(2). – С. 233 – 235.

ПРИЧИНЫ НАРУШЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

К. С. Сайфуллозода, О. С. Якушов, П. А. Таенков

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: sqiyom@bk.ru)*

Вопросам ЭМС уделяется все больше внимания во всем мире. Введены в действие и постоянно совершенствуются международные и национальные стандарты, содержащие требования к разнообразному оборудованию по электромагнитной совместимости (ЭМС). Продукция, не соответствующая требованиям ЭМС, во многих странах мира не допускается на рынок. Электромагнитная совместимость (ЭМС, Electromagnetic Compatibility – EMC) ТС – способность технического средства функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам.

В настоящее время наблюдается быстрый рост теле- и инфокоммуникационных систем всех видов, снижение уровней полезных сигналов при одновременном повышении количества и мощности различного электрооборудования, способного создавать высокий уровень помех. Полезный сигнал одного ТС может быть помехой другому ТС. Это приводит к обострению проблемы ЭМС, что вызывает экономический ущерб, серьезные аварии и даже гибель людей. При исследовании ЭМС РЭС и оценке возможных причин ее нарушения в зависимости от поставленной задачи различают три уровня ЭМС: Межсистемная ЭМС – ЭМС между независимыми друг от друга системами и подсистемами, обусловленная межсистемными непреднамеренными ЭМП (НЭМП) и параметрами ЭМС устройств функционального назначения, входящих в эти системы и подсистемы.

Внутрисистемная ЭМС – ЭМС между устройствами функционального назначения, образующими систему, или между устройствами комплекса средств в пределах замкнутого объекта, обусловленная внутрисистемными НЭМП и параметрами ЭМС устройств (в том числе электронных и электротехнических) этой же системы.

Внутриаппаратурная ЭМС – ЭМС между компонентами, узлами и блоками, имеющими параметры ЭМС и входящими в одно устройство функционального назначения, обусловленная НЭМП внутри блока или между блоками этого же устройства.

Выделяют следующие этапы обеспечения ЭМС ТС: предъявление требований к ЭМС в техническом задании (ТЗ) на ТС; подготовку и проведение технических (схемных, конструктивных и др.) мероприятий по обеспечению ЭМС при разработке, постановке на производство и изготовлении ТС; разработку и проведение организационных и технических мероприятий по обеспечению ЭМС ТС в процессе их эксплуатации; контроль эффективности мероприятий по обеспечению ЭМС ТС при их разработке, изготовлении и эксплуатации.

Традиционными методами обеспечения ЭМС РЭС являются организационные меры, применяемые при их планировании и направленные на обеспечение необходимого частотно-территориального разнеса между РЭС, которые могут создавать друг другу помехи. Однако эти методы, являясь пассивными, не позволяют достичь высокой эффективности использования РЭС. Это может быть достигнуто путем применения активных методов – разного рода устройств подавления помех. Конкретные методы обеспечения ЭМС имеют свои особенности для каждой системы, каждого устройства и блока, что накладывает свой отпечаток на методы расчетов ЭМС, вследствие чего нет общей методики расчета, пригодной хотя бы для большинства случаев обеспечения ЭМС. Поэтому не представляется возможным выделить отдельные наиболее характерные и общие методы расчетов межсистемной и внутрисистемной ЭМС.

Библиографический список

1. Вагин, Г. Я. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике / Г. Я. Вагин, А. Б. Лоскутов, А. А. Севостьянов. – М. : Академия, 2020. – 224 с.
2. Ермаков, В. Ф. Качество электроэнергии / В. Ф. Ермаков. – М. : Вузовская книга, 2019. – 192 с.
3. Железко, Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии. Руководство для практических расчетов / Ю. С. Железко. – М. : НЦ ЭНАС, 2019.

ПОСТРОЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ИИС МОНИТОРИНГА С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА STAT SOFT STATISTICA

К. С. Сайфуллозода, О. С. Якушов, П. А. Таенков

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: sqiyom@bk.ru)*

Statistica – программный пакет для статистического анализа, разработанный компанией Stat Soft, реализующий функции анализа данных, управления данными, добычи данных, визуализации данных с привлечением статистических методов. Существуют различные варианты пакета в зависимости от целей и задач пользователя: Однопользовательская версия (single-user), сетевая версия (concurrent network) – для использования в локальных вычислительных сетях, enterprise-версия – для использования в крупных организациях.

При разработке нейронной сети процесс решения задачи можно разделить на несколько этапов:

- Первым этапом построения сети является сбор данных для обучения.

– Вторым этапом является обработка данных. Обработка включает нормирование данных, которое проводится нейросетевым модулем используемого программного пакета автоматически. Также требуется произвольно разделить массив собранных данных на обучающую и тестовую выборки. Разделим исходную выборку так, что две части соответствуют обучающей, а одна тестовой выборкам.

– Третьим этапом является выбор топологии сети. Задачи регрессии в пакете Stat Soft Statistica можно решать с помощью сетей следующих типов: многослойный перцептрон, радиальная базисная функция, обобщенно-регрессионная сеть и линейная сеть. В ходе эксперимента наилучшие модели получены при использовании топологии многослойный перцептрон.

– Четвертым этапом является экспериментальный подбор характеристик сети.

– Пятым этапом является экспериментальный подбор параметров обучения сети.

– Шестым этапом является непосредственно обучение сети. В процессе обучения можно получить коэффициенты, необходимые для работы сети: весовые коэффициенты и смещения для внутренних нейронов и выходной переменной.

– Седьмым этапом является проверка адекватности обучения, а восьмым – вербализация полученной нейронной сети

Интеллектуальной является информационно-вычислительная система с интеллектуальной поддержкой при решении задач без участия оператора (лица, принимающего решение). Такие системы способны получать и анализировать данные, понимать ее и делать новые выводы, формулировать заключения, помогая естественному интеллекту – человеку. Интеллектуальная система должна иметь необходимую математическую, алгоритмическую, программную и инструментальную поддержку принятия решений в сложных условиях (большие массивы данных, ограниченность информации, неопределенность, многомерное пространство и т.д.)

Библиографический список

1. SCADA-система Simatic WinCC [Электронный ресурс]. – URL : <http://симонанн.рф/sistemy-avtomatizacii/chelovekomashinnyj-interfejs-simatic-hmi/scada-sistema-simatic-wince.html> 01.03.2011.

2. Налимов, В. В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В. В. Налимов, Н. А. Чернова. – М. : Наука, 1965 – 360 с.

3. Андрейчиков, А. В. Интеллектуальные информационные системы : учебник / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. – М. : Финансы и статистика, 2004. – 424 с.

4. Бахтизин, В. В. Технология разработки программного обеспечения : учебное пособие / В. В. Бахтизин, Л. А. Глухова. – Минск : БГУИР, 2010 – 267 с.

5. Артемова, С. В. Интеллектуальная информационно-измерительная система оценки влажности пастообразных материалов в процессе сушки / С. В. Артемова, П. А. Подхватилин // Методы, средства и технологии получения и обработки измерительной информации : сб. науч. ст. Междунар. науч.-техн. конф. «Шляндинские чтения – 2014» (г. Пенза, 10 – 12 ноября 2014 г.). – Пенза : Изд-во ПГУ, 2014 – с. 97-101

6. Павлов, В. А. Обзор инструментальных сред разработки приложений / В. А. Павлов, П. И. Крутских // Сборник статей магистрантов. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2014. – Вып. 38. – С. 107 – 111.

МЕТОДИКА ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА В МОДЕЛИ ОБЩЕЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ

Н. А. Сергеева, Н. В. Макушина

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: SNataliaA@yandex.ru)*

Внедрение концепции «Индустрия 4.0» изменяет подходы к разработке и производству изделий электроники при обеспечении заданного уровня качества и надежности. Современное производство в условиях четвертой промышленной революции рассматривается как «Бережливое производство». В основе «Бережливого производства» лежит инкапсуляция персонала в производственный процесс, постоянное совершенствование производства с целью увеличения добавленной стоимости за счет уменьшения каких-либо потерь [1, 2]. «Бережливое производство» – это концепция управления организацией, предназначенная для минимизации различных затрат и максимальной ориентации на потребителя [1, 2]. Она включает набор инструментов, таких как Just-In-Time, Kanban, 5S и др., совместное использование которых позволяет уменьшить потери.

Ликвидация потерь за счет внедрения «Бережливого производства» позволяет обобщить разрозненные методы управления качеством. Одним из показателей качества в приборостроении является технологичность [3, 4]. Под технологичностью устройства понимается – комплексный показатель, учитывающий совокупность свойств изделия, определяющих приспособленность его конструкции к минимизации ресурсов при его производстве, эксплуатации и утилизации [3].

Технологичность конструкции изделия понятие комплексное и относительное, зависящее от объема выпуска изделия. Оно отражает не функциональные свойства изделия, а свойства его как объекта производства и эксплуатации. Методика интегральной оценки показателей технологичности конструкций электронной аппаратуры приведена в [4]. При этом встает вопрос: – «Как учитывать вклад компонентов «Бережливого производства» в общий показатель технологичности изделия?».

Классическую модель «Бережливого производства» принято строить на основе карт текущего состояния потока создания ценности и карты будущего состояния соответственно. Составление карты потока создания ценности позволяет оценить скрытые в процессе производства потери. Оно фиксирует операции, создающие и не создающие добавленную ценность, что дает понимание о том, какие непроизводительные затраты и потери препятствуют повышению эффективности использования оборудования.

В общем случае влияние внедрения компонентов «Бережливого производства» на общую технологичность изделия следует учитывать в виде коэффициента общей эффективности оборудования K_{OEE} (Overall Equipment Effectiveness), который используется для идентификации потерь, возникающих как на отдельной установке, так и на производственной линии в целом. Он отражает происходящие улучшения/ухудшения за определенный промежуток времени [1]. Этот показатель учитывает не только производительность станка, но и фактически отработанное время, а также процент изделий без дефектов (по сравнению со всей выработкой) и в комплексе отражает уровень эффективности использования оборудования.

Коэффициент общей эффективности оборудования может быть рассчитан по следующей формуле: $K_{ОЕЕ} = K_{д} \times K_{пр} \times K_{к}$, где $K_{д}$ – коэффициент доступности, $K_{пр}$ – коэффициент производительности, $K_{к}$ – коэффициент качества [1].

После оценки $K_{ОЕЕ}$ его значение учитывается в комплексном коэффициенте технологичности изделия [4], тем самым обеспечивая учет от внедрения компонентов «Бережливого производства».

Отдельные результаты получены в рамках проекта по Программе развития МГТУ им. Баумана в рамках федеральной программы академического лидерства «Приоритет-2030»

Библиографический список

1. Бельш, К. В. Классификация основных методов и инструментов Бережливого производства / К. В. Бельш // Вестник РУДН. Сер. «Экономика». – 2016. – С. 70 – 77.
2. Власов, А. И. Система 5s-технология создания эффективного рабочего места в концепции «Бережливого производства» / А. И. Власов, Ю. М. Ганев, А. А. Карпунин // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2016. – № 1(161). – С. 65 – 68.
3. Макушина, Н. В. Анализ роли оценки технологичности в концепции «Бережливого производства» / Н. В. Макушина, М. Д. Сергеева // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – 2017. – Т. 2. – С. 221 – 224.
4. Карпунин, А. А. Интегральная методика оценки показателей технологичности конструкций электронной аппаратуры при реализации синхронных технологий управления проектами / А. А. Карпунин, А. В. Лавров, Н. В. Макушина // Будущее машиностроения России. Сборник докладов Восьмой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов. – 2015. – С. 411 – 414.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

К. В. Скоморохов, З. М. Селиванова

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: kirillv6812@gmail.ru)*

В последнее время наблюдается значительное повышение эффективности в сфере энергосбережения в результате использования теплоизоляционных материалов и интеллектуализации методов определения теплопроводности объектов исследования. Рассмотрим тепловой импульсный метод неразрушающего контроля теплопроводности материалов при использовании нагревателя в виде пластины, который является компонентом интеллектуального измерительного зонда (ИИЗ), входящего в состав интеллектуальной информационно-измерительной системы (ИИИС). При импульсном тепловом нагреве через пластину нагревателя проходит одномерный поток тепла. Теплообмен между подложкой измерительного зонда со встроенным нагревателем и исследуемым материалом описывается в следующем виде [1]:

$$q = \lambda \frac{t_1 - t_2}{\delta}, \quad (1)$$

где q – удельные тепловые потоки, проходящие через нагреватель, Вт/м; λ – коэффициент теплопроводности пластины, Вт/(м·К); t_1, t_2 – значения температур боковой поверхности нагревателя, К; δ – толщина нагревателя, м.

При постоянном коэффициенте теплопроводности λ применяется для расчетов формула (1). В случае теплофизических измерений при температуре до 50 К в соответствии с законом Фурье коэффициент теплопроводности изменяется по линейной зависимости [2]

$$\lambda = f(t) = \lambda_0(1 + K_\lambda t), \quad (2)$$

где λ_0 – коэффициент теплопроводности материала при нормальных условиях эксплуатации, K_λ – коэффициент уменьшения λ с возрастанием температуры.

Для большинства исследуемых объектов $K_\lambda > 0$. Для ряда материалов при проведении теплофизических измерений отмечается уменьшение коэффициента теплопроводности λ при увеличении температуры по достаточно сложной зависимости. При $K_\lambda = \text{const}$ в расчетах с использованием формулы (1) применяется среднее значение $\bar{\lambda}$ [3, 4]

$$\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_0(1 + K_\lambda \bar{t}), \quad \text{где } \bar{t} = \frac{t_1 + t_2}{2}, \quad (3)$$

тогда

$$q = \lambda(\bar{t}) \frac{t_1 - t_2}{\delta}. \quad (4)$$

Методика реализации метода определения теплопроводности материалов с элементами искусственного интеллекта с использованием созданной ИИИС включает следующие основные процедуры: с помощью ИИЗ выполняется снятие тестовой термограммы при известном тепловом воздействии на материал, проводится определение теплопроводности материала, осуществляется выбор режимных параметров теплофизических измерений в соответствии с диапазоном теплопроводности объектов. ИИИС, с использованием информации, полученной из баз данных и знаний, применяя блок принятия решений и устройство управлением теплофизическими измерениями, реализует метод определения теплопроводности, выполняет обработку измерительной информации, расчет λ с использованием с использованием экспериментальных термограмм [5].

Применение метода неразрушающего контроля теплопроводности материалов с элементами искусственного интеллекта и методики применения метода с использованием ИИИС позволяет значительно повысить точность определения теплофизических свойств теплоизоляционных материалов.

Библиографический список

1. Теплофизические измерения и приборы / Е. С. Платунов и др. – Л. : Машиностроение: Ленингр. отделение, 1986. – 255 с.
2. Кондратьев, Г. М. Тепловые измерения / Г. М. Кондратьев. – М.-Л. : Машгиз, 1957. – 244 с.
3. Курепин, В. В. Сравнительный метод измерения теплопроводности / В. В. Курепин, А. Ф. Бегункова // Инженерно-физический журнал. – 1975. – Т. 29, № 4. – С. 613 – 615.
4. ГОСТ 31913–2011. Материалы и изделия теплоизоляционные. – М. : Стандартинформ. – 2013.

5. Селиванова, З. М. Интеллектуальная информационно-измерительная система дистанционного контроля качественных параметров теплоизоляционных материалов в условиях воздействия дестабилизирующих факторов / З. М. Селиванова, Д. С. Куренков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 6 – 19.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФРЕЙМВОРКОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ РАДИОВИДЕНИЯ

А. О. Смирнов, А. А. Тришаков, О. А. Белоусов, С. А. Свинцов

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: lexa.smirnov.00@mail.ru)*

Внедрение алгоритмов глубокого обучения в разные сферы стремительно растет. Одной из таких сфер является радиовидение, которое позволяет определять объект с помощью радиоволн, при этом не уступая по детализации оптическим системам. Радиовидение имеет преимущество в том, что позволяет одновременно определять объекты в широком диапазоне и на значительном расстоянии, независимо от погодных условий и естественного освещения, а также определять объекты, которые невидимы в оптическом диапазоне. Но такие системы не являются автоматизированными и не могут автоматически детектировать и определять тип объекта. В это случае приходит на помощь глубокое обучение и нейронные сети.

Поскольку внедрение глубокого обучения развивалось быстрыми темпами, прогресс экосистемы неизбежно развивался в том же темпе. В связи с этим появилось множество проектов с открытым исходным кодом и началась разработка библиотек в крупных технологических компаниях благодаря чему выбор подходящих фреймворков способных удовлетворить потребности стало более чем достаточно. Данные фреймворки предоставляют абстрактный набор классов и методов, которые позволяют использовать их повторно, из которых в свою очередь можно создавать собственные логические блоки, а также различные дополнительные модули, полезные для создания модели глубокого обучения.

Сферу глубокого обучения можно разделить на два типа: низкоуровневые и высокоуровневые. Низкоуровневые фреймворки предлагают более базовые функции для абстракции, которые в то же время предоставляют множество возможностей для настройки и преобразования. Высокоуровневые фреймворки упрощают нам работу с их более продвинутой абстракцией, но ограничивают нас во внесении изменений. Высокоуровневые фреймворки используют низкоуровневые фреймворки на серверной части и в процессе преобразуют исходный код в желаемый низкоуровневый фреймворк для выполнения. Низкоуровневые фреймворки:

- TensorFlow.
- MxNet.
- PyTorch.

Высокоуровневые фреймворки:

- Keras.
- Gluon.

Рассмотрим плюсы и минусы наиболее популярны фреймворков. TensorFlow является одной из наиболее популярных фреймворков, которая позволяет создавать многоуровневые нейронные сети, упрощать математических вычислений. Разработчиком является компания Google и основными языками для создания являлись Python и C. Благодаря данному фреймворку появились возможность распознавать голос, изображения или текст. Плюсами являются:

- Существует большая база технической документации и подробных руководств для начинающих;
- Предоставляет такой мощный инструмент как TensorBoard, который позволяет визуализировать и произвести мониторинг процесса;
- Поддержка распределенного обучения;
- Возможность создания мультиплатформной нейросети для работы на мобильных устройствах с помощью TensorFlow Lite;

К минусам можно отнести скорость работы, который уступает другим библиотекам, а также высокий порог вхождения, в отличии от PyTorch или Keras. Процесс debug значительно усложнен в связи с тем, что внутри фреймворка много низкоуровневого кода из-за чего требуется много шаблонного кода. Есть и еще одно значительное ограничение: единственный полностью поддерживаемый язык – Python.

PyTorch является аналогом библиотеки Torch, написанная для Lua, сочетающая в себе преимущества языка Python и математические возможности matlab такие как вычисление графов в реальном времени и автоматизированные средства для дифференцирования. Разработчиком является компания Facebook и является большим конкурентом TensorFlow.

PyTorch позволяет эффективно и быстро обучить модель благодаря чем смогу приобрести такую высокую популярность среди разработчиков. У него есть множество важных преимуществ:

- Возможность мониторинга и контроля всех этапов создания модели;
- Возможность использовать таких популярных IDEА как PyCharm, pdb, ipdb;
- Поддержка декларативного параллелизма данных;
- Благодаря большому обществу разработчиков создается множество обученных моделей и модульных частей, находящихся в открытом доступе, что позволит производить любые комбинации разных нейросетей;

Но есть у этого фреймворка и несколько неоспоримых минусов:

- Модели не имеют поддержку, тем самым не идет их дальнейшее обучение;
- Находится на этапе тестирования и имеет множество недоработок;
- В сравнение с TensorFlow не имеет таких инструментов для мониторинга и визуализации.

Выбор подходящего фреймворка для алгоритмического обеспечения автономных систем радиовидения может быть крайне сложен. Необходимо учитывать тип разрабатываемой нейронной сети, используемый язык программирования, количество требуемых дополнительных инструментов и опций, бюджет проекта. Но упрощение математических расчетов, полное сосредоточение на функциональности и быстрый анализ данных позволит максимально эффективно использовать глубокое обучение для современных алгоритмических решений в сфере радиовидения.

Библиографический список

1. Николенко, С. И. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей / С. И. Николенко, А. Кудурин, У. В. Архангельская. – Питер, 2018. – 481 с.
2. Шолле, Ф. Глубокое обучение на Python / Ф. Шолле. – Питер, 2018. – 400 с.
3. Гудфеллоу, Я. Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, А. Курвилль, И. Бенджио. – ДМК Пресс, 2017. – 654 с.
4. Пойнтер, Я. Программируем с PyTorch. Создание приложений глубокого обучения / Я. Пойнтер. – Питер, 2019. – 256 с.
5. Джулли, А. Библиотека Keras – инструмент глубокого обучения. Реализация нейронных сетей с помощью библиотек Theano и TensorFlow / А. Джулли, С. Пал. – ДМК Пресс. – 2017. – 296 с.

МИНИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ БЫСТРОГО РОСТА СТОИМОСТИ РЕСУРСОВ

П. А. Титова, В. Н. Шамкин

*Тамбовский государственный технический университет. Тамбов, Россия
(e-mail: polina.titova.2014@mail.ru, shamkin-v@mail.ru)*

Значительность и необратимость событий, происходящих в последнее время в мировой экономике и политике, которые приводят к бурному росту цен на природный газ и нефть, превращают задачу минимизации энергопотребления в различных сферах жизни и деятельности человека из актуальной в первоочередную, причем на длительную перспективу.

В частности, проблема энергосбережения или экономии электроэнергии, требует быстрой практической реализации как научных, технических и организационных, так и правовых, экономических и производственных мероприятий, направленных на рациональное расходование энергетических ресурсов.

Теперь при решении вопроса о минимизации электропотребления какой-либо сфере на первый план выходят такие факторы, как [3]:

- быстрый и значительный рост цен на энергоносители;
- возросшая значимость энергоемкости объектов и производств.

Универсального способа экономить электроэнергию нет, однако, разработаны многочисленные методики, устройства и технологии, которые помогают перевести проблему энергосбережения на качественно новый уровень [1].

Например, упомянем устройства, применение которых позволяет добиться сокращения потерь при работе электрического оборудования. Основными из них является частотно-регулируемые приводы, конденсаторные установки, электрогенерирующее оборудование на основе газо- и паротурбинных, газо-поршневых, турбодетандерных и парогазовых установок, менее энергоемкие насосные установки и т.д. Так применение конденсаторных установок для энергосбережения за счет компенсации реактивной мощности позволяет обеспечить существенную экономию электроэнергии.

Одним из возможных решений минимизации электропотребления являются системы автоматизации, которые оказывают значительное влияние на энергоэффективность предприятий. Автоматизированное управление отоплением, вентиляцией и охлаждением, подачей горячей воды, освещением значительно повышает эффективность их эксплуатации и снижает энергозатраты здания в целом.

Подобная экономия достигается за счет трех основных принципов использования энергоресурсов [2].

Во-первых, это потребление энергии только там, где это необходимо.

Во-вторых, использование ресурса только в требуемом объеме без потерь для комфорта и безопасности.

В-третьих, это эксплуатация инженерных систем с максимальной эффективностью.

Последнее означает, в частности, взаимоисключающее влияние источников тепла и охлаждения, регулирование подачи тепло- или хладоносителя, автоматическое управление энергоснабжением за счет оптимизации технологических процессов на производстве и т.п.

Соответственно внедрение системы автоматизации перераспределит электроэнергию между основными потребителями таким образом, чтобы избежать перегрузки сети и влиять на расход электроэнергии в здании.

Стандарт EN 15232 «Влияние автоматизации на энергоэффективность зданий», который является одним из стандартов Европейского комитета по стандартизации – CEN (Comité Européen de Normalisation), задает методику оценки влияния на энергоэффективность функций систем автоматизации зданий и способов управления инженерными системами: отоплением, ГВС, охлаждением, вентиляцией и кондиционированием, освещением и жалюзи, а также методику определения минимальных требований к таким системам для зданий различной сложности. Стандарт позволяет количественно и качественно оценить преимущества систем автоматизации зданий и основан на имитационном моделировании управления инженерными системами [4].

Таким образом, выделим возможные пути и методы в экономии электроэнергии на производстве:

1. Внедрение электрогенерирующего оборудования на основе газо- и паротурбинных, газо-поршневых, турбодетандерных и парогазовых установок.

2. Переход на частотно-регулируемые приводы на оборудовании с изменяемой нагрузкой.

3. Использование менее энергоемких насосных установок.

4. Внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами, а также систем управления освещением, энергоэффективных осветительных устройств и секционное разделение освещения.

Каждое из этих мероприятий позволяет снизить потребление энергии в среднем на 15%.

Библиографический список

1. Богданович, П. Ф. Основы энергосбережения / П. Ф. Богданович, Д. А. Григорьев, В. К. Пестис. – Гродно : ГГАУ, 2007. – 174 с.

2. Воронин, С. М. Энергосбережение / С. М. Воронин, А. Э. Калинин. – зерноград, 2018. – 257 с.

3. Климова, Г. И. Энергосбережение на промышленных предприятиях / Г. И. Климова. – Томск : Изд-во ТПУ, 2008. –181 с.

4. Ушаков, В. Я. Потенциал энергосбережения и его реализация на предприятиях ТЭК/ В. Я. Ушаков, Н. Н. Харлов, П. С. Чубик. – Томск : Изд-во ТПУ, 2015. – 283 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ПОСТРОЕНИИ ГИС НА ОСНОВЕ РАДИОГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

А. А. Тришаков, А. О. Смирнов, Д. Ю. Потлов, О. А. Белоусов

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: trishakov2016@yandex.ru)*

В настоящее время достаточно активно применяются технологии точного земледелия. Сельскохозяйственная непилотируемая техника движется по координатам, которые осуществляются за счет систем глобального позиционирования GPS и ГЛОНАС.

У этих навигационных комплексов есть недостаток, а именно – низкая точность (± 5 м), что доставляет определенные трудности при реализации систем точного земледелия [1].

Чтобы решить данную задачу, необходимо использовать более корректные методы позиционирования. Одним из них является построение радиоголографических изображений объекта, что достигается за счет применения РЛС [2].

Радиоголографические изображения в большинстве случаев применяются путем облучения некоего объекта в разных плоскостях. После получения исходной информации, ее превращают в голографическую [3].

Интеграция технологий искусственного интеллекта в алгоритмах обработки голографических изображений и алгоритмах формирования многолучевых диаграмм направленности позволит:

- обладать обученной нейросетью на этих полях, что при последующей обработке даст возможность иметь позиционированную систему без необходимости запуска РЛС.

Чтобы получить более точную голограмму, нужны радиолокационные системы высокого разрешения, последнее достигается за счет:

- формирования множественных ДН и создания голографического изображения на основе сведений об отображающей поверхности;
- частотного диапазона: чем он выше, тем точность будет больше [4].

Таким образом, применение искусственного интеллекта при построении геоинформационных систем позволит сформировать трехмерную картину обрабатываемых участков, а также повысить точность позиционирования сельскохозяйственной техники в реальном масштабе времени.

Библиографический список

1. Коновалова, Н. В. Введение в ГИС / Н. В. Коновалова, Е. Г. Капралов. – М., 1997. – 160 с.
2. Овчинников, В. В. Дорога в мир искусственного интеллекта / В. В. Овчинников. – М. : Институт экономических стратегий, 2017. – 533 с.
3. Питенко, А. А. Нейросетевая аналитическая обработка экологической информации в ГИС / А. А. Питенко, И. Д. Иванова // ГИС для оптимизации природопользования в целях устойчивого развития территорий : материалы Междунар. конф., 1 – 4 июля 1998 г. – Барнаул : Изд-во Алтайского государственного университета. – 1998. – С. 167–168.
4. Каллан, Р. Нейронные сети: краткий справочник / Р. Каллан ; Саутгемптон. ин-т. – М. : Вильямс, 2017. – 279 с.

ПРОТОТИПЫ МОДУЛЕЙ СИСТЕМЫ СТЕНДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МЕМРИСТОРНЫХ СТРУКТУР

И. А. Филин, В. П. Жалнин

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Россия, Москва
(e-mail: filinia@student.bmstu.ru)*

Отработка технологического процесса производства мемристорных структур для определения оптимальных настроек оборудования и подбора требуемых материалов, требует быстроты проверки полученных в ходе эксперимента образцов. При помощи анализа параметра каждого элемента, а также распределения параметров всей подложки можно выбрать приемлемые параметры производства, при которых полученные структуры будут соответствовать заявленным требованиям.

Автоматизация процесса измерения рабочих параметров мемристора существенно ускорит процесс разработки. Устройство и пакет программного обеспечения, благодаря которым, будет осуществлена автоматизация, должны решать следующие задачи:

- измерение ВАХ единичного мемристора на подложке;
- отправка полученных данных на персональный компьютер (далее ПК);
- формализация полученных данных в виде таблиц и графических зависимостей на ПК.

Из вышеуказанных задач можно выделить три основные направления разработки: программное обеспечение для ПК, управляющая плата (далее УП) стенда (данное направление включает в себя и программное обеспечение, и индикацию процесса работы и проектирование схмотехнической составляющей), а также конструкция стенда (данное направление включает в себя выбор материалов, выбор кинематики перемещения измерительной головки и доступ к предметному столику). Структурная схема системы стенда представлена на рис. 1.

Алгоритм работы стенда представляет собой следующую последовательность действий: оператор формирует на ПК конфигурационный файл с описанием образца, отправляет его на УП, где в свою очередь запускается процесс измерения, параллельно которому производится отправка измеренных параметров на ПК, где они сохраняются. После окончания приема данные формализуются в табличном и графическом виде.

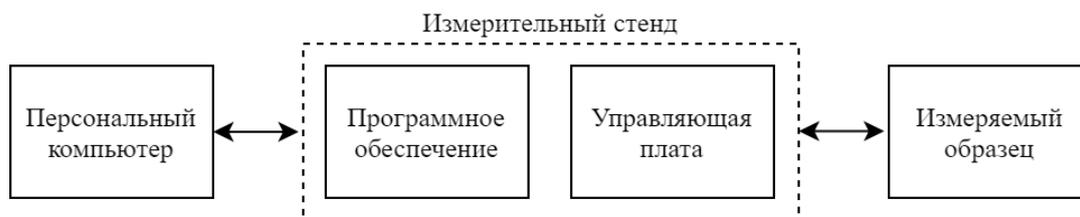


Рис. 1. Структурная схема системы измерительного стенда

Программное обеспечение для компьютера, с учетом вышеописанных задач, должно представлять собой совокупность нескольких модулей [1]. Обеспечение связи между ПК и УП по выбранному интерфейсу берет на себя модуль приема и передачи. Данный модуль должен иметь возможность синхронизировать частоту приема и передачи с УП, отправлять/обработать сообщения, а также отправлять файлы. Модуль записи параметров образца в конфигурационный файл (к примеру, ширина координатной сетки, размеры контактных площадок и др.). Анализ полученных данных должен выполняться в модуле отображения, который на основе полученных данных с УП формирует таблицы и строит графические зависимости.

УП должна представлять собой девайс с управляющим устройством (микроконтроллер, процессор, ПЛИС). Для осуществления перемещения головки, к УП должны быть подключены шаговые двигатели и драйвера, а также средства индикации процесса измерения. ПО для УП должно принимать команды оператора, запускать в зависимости от полученной команды выполнение соответствующих функций, производить процесс измерения.

При проектировании конструкции стенда требуется отталкиваться от картезианской кинематики [2], которая основана на перемещении по декартовым координатам. Приоритетной является Pruhа, так как это наиболее простая в реализации из семейства картезианских кинематик.

При соблюдении всех вышеуказанных требований и рекомендаций спроектированный стенд будет выполнять все поставленные задачи.

Библиографический список

1. Титовская, Н. В. Модульное программирование : учебное пособие / Н. В. Титовская, С. Н. Титовский. – Красноярск, 2018.
2. Разновидности кинематик FDM 3D-принтеров [Электронный ресурс]. – URL : <http://3d-diy.ru/wiki/3d-printery/raznovidnosti-kinematik-fdm-3d-printerov/?ysclid=196wehww5z317997502>

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕАКЦИОННОЙ КАМЕРЫ МГД ГЕНЕРАТОРА

Д. С. Баршутина, А. Н. Никитин, С. Н. Баршутин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: dafge5@yandex.ru)

Перспективы использования МГД генерации в настоящее время недооценены. Однако значительное количество преимуществ, заключающихся в возможности повышения КПД традиционных генераторов электрической энергии, отсутствие потерь на трение и ряда других преимуществ позволяет сделать выводы о необходимости работы над устранением ключевых недостатков рассматриваемой технологии.

Рассмотрим схему процессов в МГД генераторе (рис. 1).

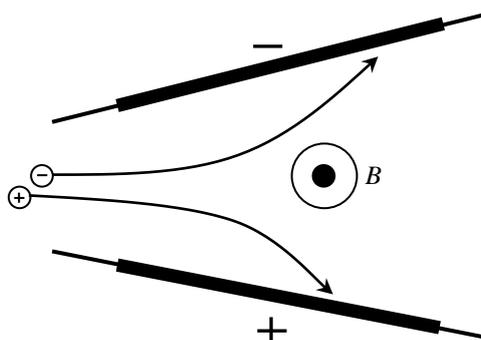


Рис. 1. Схема процессов в МГД генераторе

Как видно из рис. 1 ионизированная компонента газовой среды, в качестве которой выступает пламя, поступает в область с однородным магнитным полем. В этом поле на заряженные частицы действует сила Лоренца:

$$F_{\text{л}} = qvB \sin \alpha, \quad (1)$$

где q – заряд частиц; v – скорость заряженных частиц; B – модуль индукции магнитного поля.

Эта сила заставляет заряженные частицы двигаться по окружности. При этом положительно и отрицательно заряженные частицы будут двигаться в противоположных направлениях. Если установить действие магнитного поля перпендикулярно вектору движения частицы, то множитель $\sin \alpha$ можно пренебречь.

Заряженная частица в магнитном поле движется по окружности с радиусом R , определяемым по следующим соотношением:

$$R = \frac{mv}{qB}, \quad (2)$$

где m – масса заряженной частицы.

Для определения геометрических характеристик канала МГД генератора воспользуемся схемой (рис. 2).

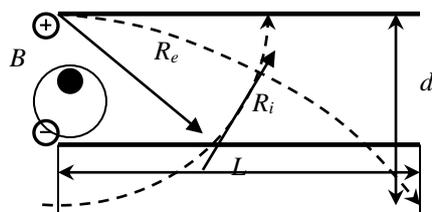


Рис. 2. Схема движения отрицательного и положительного заряда в магнитном поле

Диаметр реакционной камеры будет соответствовать радиусу движения электрона:

$$d = R_e. \quad (3)$$

Длину можно будет определить по радиусу движения положительного иона:

$$L = 2R_i R_e - R_e^2. \quad (3)$$

Таким образом, по формулам (2) – (4) можно определить диаметр и длину реакционной камеры МГД генератора.

Библиографический список

1. Колесникова, Е. С. Повышение эффективности тепловых электростанций путем применения блоков МГД-генерации / Е. С. Колесникова, С. Н. Баршутин, Ю. Н. Климова // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбовский государственный технический университет, 2017. – С. 245–246.

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ИОНИЗАЦИИ ПЛАМЕНИ В МГД-ГЕНЕРАТОРАХ

Д. С. Баршутина, А. Н. Никитин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: dafge5@yandex.ru)

Исследования в области магнитогидродинамических (МГД) процессов ионизированных сред нашли широкое применение в различных областях науки и техники. Одно из направлений, в котором проводились исследования МГД процессов, но не нашли широкого применения стала плазменная электроэнергетика. Несмотря на большое количество преимуществ рассматриваемой технологии получения электрической энергии текущее состояние технических возможностей не позволили интенсивно развиваться МГД генерации. Основными препятствиями стали отсутствие или высокая стоимость материалов стойких к температурами 2000 – 3000 °С, а также необходимость добавления в пламя легко ионизирующей присадки. В качестве присадки как правило используются щелочные металлы: калий, цезий и т.д. Наличие в продуктах реакции таких примесей приводит к увеличению вредных выбросов в окружающую среду, а также к повышению стоимости производства электрической энергии. Таким образом, решение проблемы увеличения степени ионизации в отсутствие присадок является одной из актуальных задач в МГД генерации электрической энергии.

Известно, что основным механизмом ионизации в пламени является ударная ионизация, которая осуществляется путем взаимодействия электронов с нейтральными молекулами.

При этом электроны должны обладать энергией, превышающей энергию ионизации нейтральной компоненты пламени. Так как основными компонентами углеводородных пламени являются двуокись углерода, водяные пары, азот, и остатки несгоревшего топлива, то энергия электронов должна быть не менее энергии ионизации одного из компонентов пламени. Компонент с самой меньшей энергией ионизации в пламени является водяной пар и углекислый газ, обладающие энергией активации соответственно 12,62 и 13,77 эВ. Средняя энергия электронов в пламени при температуре 1500 К составляет 0,13 эВ. Для повышения энергии электрона до 13 эВ необходимо температуру пламени поднять до 150 000 К, что не реально в нормальных условиях протекания процесса горения.

С другой стороны, энергию электронов можно поднять с помощью электрического поля. Например, при прохождении электрона в потенциальном поле разности потенциалов в 13 В электрон приобретает кинетическую энергию соответствующую 13 эВ. Однако, высокая плотность компонентов пламени мешает бесстолкновительному ускорению электрона. В связи с этим на передний план выходит параметр длина свободного пробега. Эта величина зависит от температуры пламени, давления и степени ионизации. Как правило, при нормальном давлении и температуре порядка 1500 К длина свободного пробега составляет примерно 0,4 мкм. Чтобы на таком расстоянии электрон приобрел энергию в 13 эВ напряженность электрического поля должна быть порядка $3 \cdot 10^7$ В/м, что сопоставимо с электрической прочностью воздушной среды. В случае возникновения электрической дуги будет возрастать расход электрической энергии, и затрачиваемая энергия на ионизацию будет выше чем вырабатывается в МГД генераторе.

Решение данной проблемы может лежать в области использования импульсного электрического поля. Параметры поля рассчитываются исходя из характеристик пламени, таких как температура, компонентный состав, давление, эффективные размеры молекул газа продуктов реакции.

Библиографический список

1. Баршутин, С. Н. Воздействие термоэлектронной эмиссии углеродных частиц на степень ионизации пламени / С. Н. Баршутин, Э. А. Мешкова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2019. – Т. 25, № 1. – С. 155 – 160.

КОНЦЕПЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПОДХОДА В ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЕ ПРОЦЕССОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ ПЕЛЛЕТ

А. Н. Грибков, Н. Ю. Залукаева

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: GribkovAlexey@yandex.ru)*

В настоящее время в энергетике происходит постепенный переход на возобновляемые источники энергии. Весьма активно развивается направление, связанное с применением в системах теплоснабжения котлов, использующих в качестве топлива топливные гранулы (пеллеты), получаемые из торфа, древесных отходов и отходов сельского хозяйства. Таким

образом, решаются задачи сохранения лесных массивов, утилизации сельскохозяйственных отходов и использования экологически чистого топлива.

Пеллетные котлы, используемые в системах отопления и горячего водоснабжения, могут значительно отличаться по мощности и потреблению топливных пеллет. При этом, для обеспечения бесперебойной работы котла, необходимо осуществлять поставки топливных пеллет в требуемом объеме, в установленные сроки и с сохранением качественных характеристик биотоплива.

Для решения задачи мониторинга и управления процессом распределения топливных пеллет возможно применение информационно-управляющей системы (ИУС), которая обеспечивает взаимодействие всех участников процесса распределения (потребителей, производителей и перевозчиков топливных пеллет) в рамках единой информационной среды [1].

Перспективным направлением дальнейшего развития ИУС является ее интеллектуализация на основе теории мультиагентных систем. Внедрение данного подхода частично затронет только алгоритмическое и программное обеспечение системы и никак не повлияет на ее архитектуру и аппаратную часть. Существующая клиент-серверная архитектура программного обеспечения ИУС [2, 3], позволяет без внесения каких-либо изменений реализовать процессы взаимодействия интеллектуальных агентов в рамках мультиагентного подхода.

Предлагается для решения общей задачи управления процессом распределения топливных пеллет от производителей к потребителям использовать интеллектуальные агенты, представляющие собой клиентские программы, установленные на оборудовании (компьютер, планшет, смартфон) участников процесса распределения (потребителей, производителей и перевозчиков).

Интеллектуальные агенты клиентской части ИУС позволят решать следующие задачи: 1) идентификация текущего состояния функционирования участника процесса распределения и передача его значения серверу; 2) поиск наиболее оптимальных вариантов закупки и доставки топливных пеллет для потребителя; 3) поиск новых потребителей для производителей и перевозчиков топливных пеллет. Для организации и координации взаимодействия агентов клиентской части ИУС предлагается использовать агент-координатор, представляющий собой программный модуль, установленный в серверной части ИУС.

Применение мультиагентных технологий позволит системе не только решать общую задачу мониторинга и управления процессом распределения топливных пеллет, но и ряд частных задач для отдельных участников процесса распределения.

Библиографический список

1. Залукаева, Н. Ю. Информационно-управляющая система распределения топливных пеллет от производителя до потребителя / Н. Ю. Залукаева, А. Н. Грибков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2022. – № 1(28). – С. 24 – 34.
2. Залукаева, Н. Ю. Программно-техническая реализация информационно-управляющей системы процессом распределения топливных пеллет / Н. Ю. Залукаева, А. Н. Грибков // Цифровая трансформация в энергетике : материалы Третьей Всерос. науч. конф. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», 2022. – С. 11–12.

3. Грибков, А. Н. Архитектура программного обеспечения информационно-управляющей системы бесперебойной поставки биотоплива / А. Н. Грибков, Н. Ю. Залукаева // Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях : материалы XVI Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. – Бийск : Бийский технологический институт филиал ФГБОУ ВО Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, 2021. – С. 107–108.

МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДРЕЙФОВОЙ СКОРОСТИ ЭЛЕКТРОНОВ В ПЛАМЕНИ

В. В. Ерёмин, Д. С. Баршутина, С. Н. Баршутин

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: dafge5@yandex.ru)*

Исследования скорости перемещения свободных электронов в пламени является актуальной задачей в области ионизационных процессов в газах при температурах горения различных традиционных топлив.

Основным механизмом ионизации пламени является кинетическое взаимодействие электронов с нейтральной компонентой пламени. Для такого взаимодействия основным параметром в описании физических процессов ионизации пламени выступает дрейфовая скорость свободных электронов. В среднем эта скорость определяется по температуре пламени и вычисляется по формуле [1]:

$$v_e = \sqrt{\frac{3kT_e}{m_e}}, \quad (1)$$

где k – постоянная Больцмана; m_e – масса электрона; T_e – температура электронного газа.

По уравнению (1) можно определить только среднюю скорость электронов в газообразной среде. Эта скорость является интегральной характеристикой и для определения степени ионизации дает заниженные результаты по сравнению с реальной степенью ионизации пламени.

В равновесном состоянии распределение дрейфовой скорости электронов подчиняется нормальному распределению [2] и может быть представлено в виде:

$$n_e(v) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{v-v_e}{\sigma}\right)^2\right], \quad (2)$$

где E – энергия электронов в пламени, σ – коэффициент отклонения от среднего значения скорости; $n_e(v)$ – удельное количество электронов в объеме пламени, имеющих энергию E .

Для нахождения коэффициентов данного распределения исследуется спектр излучения пламени. Как правило, этот спектр имеет плотность распределения, подчиняющуюся закономерности описываемой формулой Планка (рис. 1).

Далее по уравнению (2) определяется коэффициент отклонения от среднего значения скорости. При этом, значения спектральной плотности преобразуются в концентрацию $n_e(v)$ с интегралом этой функции равной общей концентрации электронов в пламени.

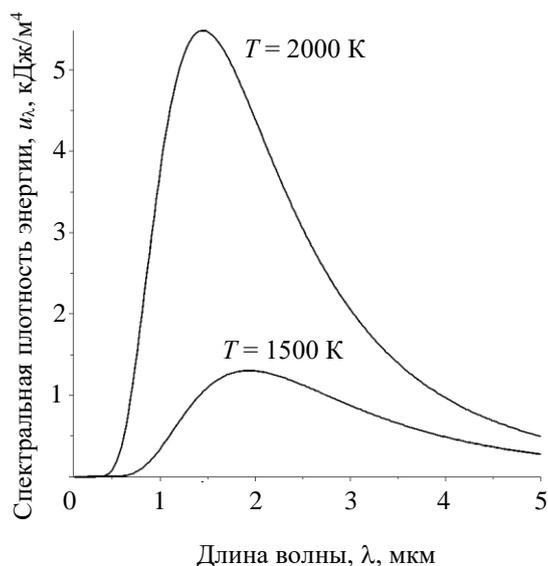


Рис. 9. Зависимости спектральной плотности энергии от длины волны при температурах 1500 и 2000 К

Библиографический список

1. Баршутин, С. Н. Воздействие термоэлектронной эмиссии углеродных частиц на степень ионизации пламени / С. Н. Баршутин, Э. А. Мешкова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2019. – Т. 25, № 1. – С. 155 – 160.

2. Грибков, А. Н. Основы научных исследований [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Н. Грибков, С. Н. Баршутин. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2021.

ЗАКОНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОНОВ В ПЛАМЕНИ

В. В. Ерёмин, Д. С. Баршутина

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: dafge5@yandex.ru)*

Электрические свойства пламени интенсивно изучались еще в середине XX века. В это время была проведена основная доля экспериментов по взаимодействию электрического поля с пламенем. Однако широкого развития физико-математическое описание процесса данное направление не получило.

Одним из ключевых параметров в описании физических процессов в пламени выступает кинетическая энергия частиц пламени. В среднем эта энергия зависит от температуры и вычисляется по формуле [1]:

$$E_e = \frac{3kT_e}{2}, \quad (1)$$

где k – постоянная Больцмана; T_e – температура электронного газа.

По уравнению (1) можно определить только среднюю энергию электронов в газообразной среде. Эта энергия является интегральной характеристикой и для определения степени ионизации дает заниженные результаты по сравнению с реальной степенью ионизации пламени.

В равновесном состоянии распределение энергий электронов подчиняется нормальному распределению [2] и может быть представлено в виде:

$$n_e(E) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{E - E_e}{\sigma}\right)^2\right],$$

где E – энергия электронов в пламени; σ – коэффициент отклонения от среднего значения энергии; $n_e(E)$ – удельное количество электронов в объеме пламени, имеющих энергию E .

Для нахождения параметров σ и E_e необходимо воспользоваться спектром излучения исследуемого пламени. Например для различных температур равновесного пламени распределение энергии подчиняется закону описываемым формулой Планка:

$$u_\lambda(\lambda, T) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5 \left(\exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right) - 1 \right)}, \quad (3)$$

где c – скорость света в вакууме; λ – длина волны узкого интервала частот излучения; h – постоянная планка; T – температура абсолютно черного тела.

График этой зависимости представлен на рис. 1.

Из этого рисунка видно значительное увеличение спектральной плотности энергии и сдвиг в сторону уменьшения длины волны с увеличением температуры пламени.

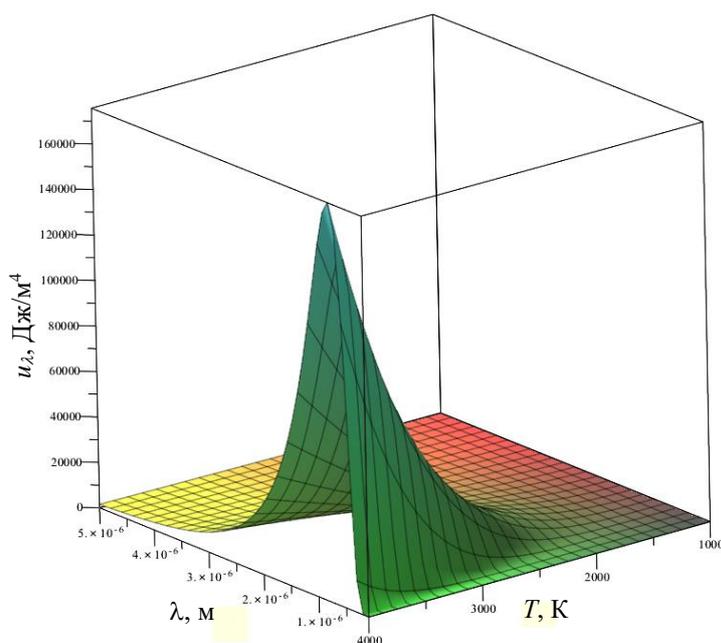


Рис. 1. Зависимость спектральной плотности энергии от длины волны и температуры

Библиографический список

1. Баршутин, С. Н. Воздействие термоэлектронной эмиссии углеродных частиц на степень ионизации пламени / С. Н. Баршутин, Э. А. Мешкова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2019. – Т. 25, № 1. – С. 155 – 160.
2. Грибков, А. Н. Основы научных исследований [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Н. Грибков, С. Н. Баршутин. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2021.

КОНТРОЛЬ МИКРОКЛИМАТА В ТЕПЛОВЫХ КАМЕРАХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Д. В. Корпусов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: awesome009@yandex.ru)

Решение вопроса контроля микроклимата тепловых камер возможно с использованием современных информационных технологий и технических устройств с использованием системы поддержки принятия решений (СППР).

Выбор СППР, как основополагающей метода контроля микроклимата в тепловых камерах обусловлен необходимостью в непрерывно функционирующем совместно с системой диспетчерского контроля программном комплексе, основанном на совершенствовании средств автоматизации оперативного контроля.

Предложенная система контроля схематично представлена на рис. 1.

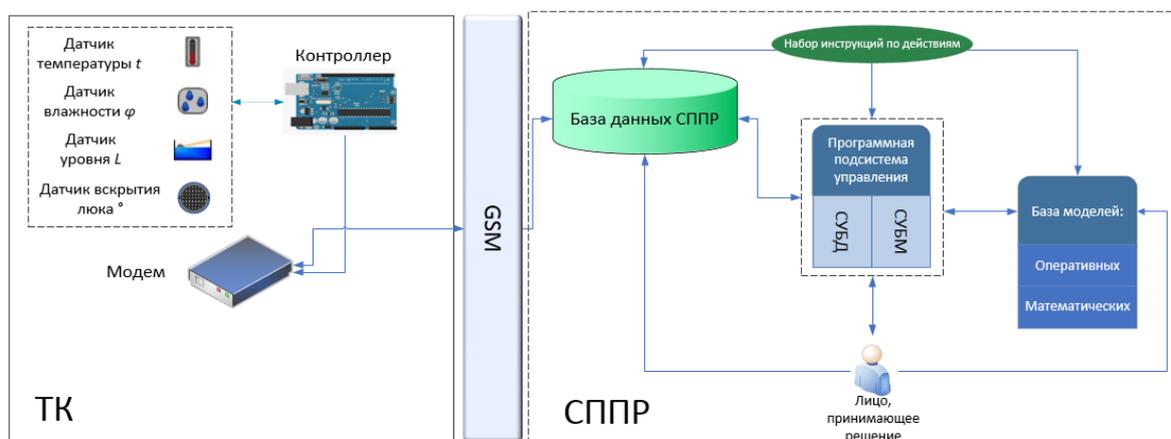


Рис. 1. Программно-техническая реализация контроля микроклимата в тепловых камерах на основе СППР

В тепловой камере (ТК) располагаются следующие ключевые компоненты:

- датчик температуры;
- датчик влажности;
- датчик уровня;
- датчик вскрытия люка;
- модем;
- контроллер.

Элементами СППР являются:

- база данных СППР;
- программная подсистема управления (система управления базами данных (СУБД) и система управления базами моделей (СУБМ));
- база моделей (оперативных и математических);
- лицо, принимающее решение;
- набор инструкций по действиям.

Техническое обеспечение СППР реализовано на базе стандартных персональных компьютеров, технических и мобильных устройств.

Работа предложенной системы контроля микроклимата тепловых камер сетей теплоснабжения, осуществляется следующим образом. Датчики (температуры, влажности, уровня, вскрытия люка) по команде от контроллера производят замер параметров, затем передают их ему. Модем передает значения параметров по каналам GSM, полученные от датчиков, непосредственно на сервер. Работой модема управляет контроллер (осуществляет включение/выключение и перезагрузку модема).

База данных является ядром СППР. Она предназначена для хранения данных реального времени, а также нормативно-справочной информации и базы знаний в формате, необходимом для работы СППР. В инструкциях по действиям лица, принимающего решение (диспетчера) учитываются знания обо всех возможных режимах работы ТС на данный момент, и предыдущий опыт действий персонала в аналогичных ситуациях.

Предложенная система поддержки принятия решений для непрерывного контроля микроклимата тепловых камер (ТК), включающая в себя программно-технический комплекс, позволит обеспечить надежность и бесперебойную подачу тепловой энергии потребителям, а также исключить возможное возникновение аварии на трубопроводах тепловых сетей путем контроля за параметрами в ТК в режиме реального времени.

Библиографический список

1. Сараев, А. Д. Системный анализ и современные информационные технологии / Сараев, А. Д., Щербина, О. А. // Тр. Крымской Академии наук. – Симферополь : СОНАТ, 2006. – С. 47 – 59.
2. Бритков, В. Б. Методическое пособие по курсу «Системы поддержки принятия решений» : моногр. / В. Б. Бритков. – М. : Ленанд, 2011.
3. Остроух, А. В. Об одном походе к построению автоматизированной навигационной системы мониторинга и диспетчерского контроля и учета работы транспорта нефтедобывающих предприятий / А. В. Остроух, Д. Б. Ефименко, В. Н. Жучков // Инженер-нефтяник. – 2011.

ОПТИМИЗАЦИОННЫЙ СПОСОБ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Н. Н. Лебедева, А. А. Балашов

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: natalyai.lebedeva.98@mail.ru, balashovalexei@yandex.ru)*

Проектировщики в ряде случаев вообще не выполняют гидравлические расчеты, принимая диаметры на глаз, т.е. опираясь на собственный опыт. Для типовых решений при подключении небольших объектов такой подход может быть обоснованным. Однако при проектировании разветвленных городских сетей пренебрежение в мелочах на стадии расчетов может либо привести к необоснованному росту капиталовложений при строительстве, либо впоследствии владелец (пользователь) тепловой сети и источника теплоты понесут существенные убытки в эксплуатационных расходах.

Кроме традиционных методов гидравлического расчета, т.е. на основе оптимальных скоростей или заданных удельных потерь давления, существуют также экономические опти-

мизационные методы. Характерным примером является метод экономически наивыгоднейших удельных потерь давления.

Гидравлический расчет по этому методу предусматривает нахождение такого значения удельных линейных потерь давления $R_{эк}$, которое обеспечит минимальные приведенные затраты строительства и последующей эксплуатации тепловой сети. Такой минимум находится в результате сложных расчетов как оптимальное сочетание капиталовложений (трубы, оборудование и арматура, изоляции, земляные и строительные-монтажные работы), а также эксплуатационных затрат (потери теплоты, затраты энергии на прокачку теплоносителя) [1].

Удельные потери давления $R_{эк}$, даПа/м, рассчитывают по выражению

$$R_{эк} = 34 \left(\varphi \frac{M_o R_o^{0,19}}{G_p \cdot 2L_M} \right)^{0,84},$$

где M_o – полученная в процессе предварительного расчета материальная характеристика сети со всеми ответвлениями, м², т.е.

$$M_o = \sum_{i=1}^n 2d_i l_i,$$

где R_o – предварительно принятое значение удельных линейных потерь давления, даПа/м, при котором была определена суммарная материальная характеристика сети M_o ; G_p – расчетный расход теплоносителя на головном участке тепловой сети, т/ч; L_M – длина расчетной магистральной тепловой сети без ответвлений, км; φ – интегральный экономический показатель, учитывающий приведенные затраты в энергетическом эквиваленте, кВт/м², и определяемый по выражению:

$$\varphi = \eta_n^c \frac{(f_{т.с} + E_n) b_{т.с} + c_{т.т} q_{п.т}}{(1+a)[(f_n + E_n) b_n + c_3 n_n]},$$

где η_n^c – среднегодовой КПД насосных установок, который с достаточной для выполняемых расчетов точностью можно принять в диапазоне $\eta_n^c = 0,6 \dots 0,8$ (большие значения диапазона рекомендуются для наиболее современных и эффективных насосов); $f_{т.с}$ – коэффициент ежегодных отчислений от капиталовложений в тепловые сети (так называемые амортизационные отчисления); E_n – коэффициент эффективности капиталовложений; f_n – коэффициент ежегодных отчислений от капиталовложений в насосные установки; $b_{т.с}$ – удельные капиталовложения в теплосети, руб./м²; b_n – удельные капиталовложения в насосные установки, руб./кВт; $c_{т.т}$ – цена тепловой энергии, руб./ГДж; c_3 – цена электроэнергии, руб./кВт·ч; n_n – число часов работы насосных установок в год в пересчете на установленную мощность, которую при отсутствии точных данных можно принимать в диапазоне $n_n = 5000 \dots 6000$ ч; $q_{п.т}$ – удельные годовые потери теплоты в тепловой сети, отнесенные к наружной поверхности тепловой изоляции, ГДж/(м²·год); a – доля местных потерь давления, которую можно ориентировочно определить в зависимости от расчетного расхода воды на головном участке G_p , т/ч, по выражению [1]:

$$a = 0,01 \sqrt{G_p}.$$

Библиографический список

1. Шкаровский, А. Л. Теплоснабжение : учебник / А. Л.Шкаровский. – СПб. : Лань, 2018. – 392с.

**РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КАК НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО
ОСМОТРА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ПОДСТАНЦИЯХ**

И. В. Артамонов, В. И. Зацепина

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

(e-mail: ilya484277@mail.ru)

Введение. Любое оборудование на подстанции нуждается в своевременном обнаружении технических неисправностей и замечаний нарушений в работе оборудования. Плановый осмотр оборудования на подстанции необходимо выполнять двум лицам: начальником группы подстанции – не менее одного раза в месяц и электромонтером – не менее трех раз в месяц. Роботизированная система (РС) способна увеличить количество осмотров подстанции и выявлять дефекты на ранней стадии, что позволит ввести электрические аппараты в своевременный ремонт.

Целью данной работы является проанализировать возможность применения РС в качестве регулярного способа осмотра электрооборудования на подстанции. Задача работы – найти существующие методы и диагностическое оборудование для РС, которая сможет заменить персонал в осмотре и диагностики оборудования на подстанции.

Самым простым, но в то же время наиболее важным оборудованием является фото-видеокамера. С ее помощью возможен визуальный осмотр оборудования подстанции, нахождения и фиксации дефектов, помощь в передвижении РС на подстанции [1].

Повышение температуры поверхности всего электрического аппарата или какой-либо его части влечет за собой появление и развитие многих дефектов. Для обнаружения повышенной температуры РС имеет тепловизор, умеющий выявить избыточную температуру аппарата [2].

Скрытые дефекты конструкции высоковольтного оборудования возможно находить с помощью источников рентгеновского излучения. В настоящее время есть опыт обследования рентгенографическим методом следующих электрических аппаратов: элегазовые выключатели, маломасляные выключатели, элегазовые трансформаторы тока [3]. Так же можно выявить дефекты опорных изоляторов, высоковольтных вводов, вакуумных выключателей, разрядников, кабельных муфт и разделок [4].

Эффективность осмотра с помощью роботизированной системы. Осмотр электрического оборудования с помощью РС позволит максимально сократить участие человека на данном этапе работы. Кроме того, осмотр и диагностика оборудования станут регулярными, перечисленное оборудование сможет своевременно выявлять и оповещать персонал о наличии дефекта на конкретном электрическом аппарате. Такая скорость обнаружения неисправностей позволит проводить ремонтные работы на ранних сроках и снизит возникновение внештатных ситуаций на подстанции.

Для продолжительного поддержания работы РС в ней будет установлен аккумулятор. Передвижение РС будет производиться по заранее запланированному маршруту, вшитому в программное обеспечение. Так же осуществлена возможность взять управление РС дистанционно.

Передача данных между РС и станцией будет осуществлена с помощью беспроводной связи Wi-Fi, а между станцией и сервером – с помощью сотовой сети, основанной на технологиях 4G [5].

Вывод. Таким образом, РС способна осуществлять дистанционную диагностику оборудования на подстанции, своевременно выявлять дефекты электрических аппаратов с помощью выбранного диагностического оборудования и его методов осмотра, что позволит провести ремонт оборудования в кратчайшие сроки без серьезных последствий.

Библиографический список

1. Губарев, Н. А. Робот для обследования электрооборудования и электроустановок подстанций на безлюдных электрических подстанциях / Н. А. Губарев, А. Х. Сабитов, В. В. Максимов // Тинчуриные чтения – 2020 «Энергетика и цифровая трансформация». – 2020. – С. 18 – 21.

2. Кайгородов, С. С. Тепловизионное обследование электрооборудования систем электроснабжения / С. С. Кайгородов, М. С. Достовалов, Д. А. Иванов // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК. – 2015. – С. 260 – 265.

3. Дарьян, Л. А. Современные источники рентгеновского излучения для контроля технического состояния высоковольтного оборудования / Л. А. Дарьян // Энергоэксперт. – 2019. – С. 48 – 55.

4. Жернаков, А. Незаменимый помощник. Тестирование портативного цифрового рентгена в ОАО «МРСК Урала» / А. Жернаков // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2016. – С. 120–121.

5. Кобахия, Н. В. Применение робототехники на подстанциях / Н. В. Кобахия, Л. А. Дарьян // Энергоэксперт. – 2021. – С. 40 – 46.

АКТУАЛЬНОСТЬ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ УЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЗА ОБЩЕДОМОВЫЕ НУЖДЫ

М. В. Бородин, С. Ю. Лобанов, И. В. Сороковых, Я. В. Ельцов¹

Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина, Орел, Россия

¹Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),

Москва, Россия

(e-mail: maksimka-borodin@yandex.ru)

В статье указана актуальность дифференциации учета электрической энергии за общедомовые нужды. Реализация дифференциации учета позволит значительно сократить социальную напряженность жителей страны в сфере жилищно-коммунального хозяйства.

Одним из самых проблемных секторов жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) является учет электрической энергии за общедомовые нужды, так как в существующих методиках расчета используется средневзвешенное значение потребления электроэнергии потребителем. Оплата за потребленную электрическую энергию зависит от его доли собственника в общем имуществе, которая зависит от площади квартиры. Поэтому плата за общедомовые нужды начисляется, исходя из площади квартиры.

В настоящее время, анализируя литературные источники [1 – 3] и данные, представленные в сети интернет, было выявлено, что на сегодняшний день нет систем, которые учитывают потребление электрической энергии за общедомовое потребление каждым потребителем и производят «честное» (справедливое) распределение затрат при расчете потребленной электроэнергии за общедомовые нужды многоквартирного дома.

Оплата за общедомовые нужды многоквартирного дома в значительной части регламентирована различными документами, но на практике у них есть главный недостаток – это отсутствие возможности платить за общедомовые нужды с расчетом на индивидуальное потребление, т.е. не реализован механизм «сколько потребил – столько заплатил». Отсутствие таких решений, в первую очередь, связано с отсутствием математических моделей, позволяющих определять объем потребления электроэнергии при одновременном использовании электроприемников общедомового имущества многоквартирного дома разными потребителями, программного обеспечения и технических решений, позволяющих реализовать вышеуказанный механизм.

Разработка систем, позволяющих устранить вышеуказанные недостатки, в свою очередь, позволит значительно сократить социальную напряженность жителей страны в сфере жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) и повысить доверие к власти. Поэтому разработка автоматизированной системы учета электроэнергии для многоквартирного дома является актуальной задачей.

Библиографический список

1. Автоматизированная система учета и контроля электроэнергии / Л. П. Величко, Л. П. Качура, Ю. Н. Метлицкий, В. О. Чернышев // Изв. ТРТУ. – 2003. – № 3(32). – С. 150 – 155.
2. Гришагина, Н. М. Автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) / Н. М. Гришагина, Э. Г. Гарайшина // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16, № 12. – С. 297 – 299.
3. Совершенствование приборов учета электроэнергии для обеспечения механизма корректировки стоимости потребленной электроэнергии / А. В. Виноградов, М. В. Бородин, В. Е. Большев и др. // Главный энергетик. – 2020. – № 7. – С. 35 – 41.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОВЕРКИ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ НА ИСКАЖЕНИЯ ПКЭ

М. В. Бородин, Е. В. Попрядухин, И. Д. Родичев, Я. В. Ельцов

Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина, Орел, Россия

*¹Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Москва, Россия*

(e-mail: maksimka-borodin@yandex.ru)

В статье указана актуальность проверки электроприемников на искажения ПКЭ. Так же представлены задачи, которые необходимо решить. Решение поставленных задач позволит повысить КЭ в электрической сети.

В Российской Федерации существуют различные нормативные документы (НД), которые устанавливают требования к электроприемникам и объектам электроэнергетики. В них указаны параметры, которые должны учитываться при их производстве. В свою очередь разные нормативные документы регламентируют различные параметры электроприемников. В литературных источниках [1 – 5] не представлены данные о том, как электроприемники проверяются на возможность искажения показателей качества электроэнергии (ПКЭ). Хотя в трудах [1 – 5] указывается, что электроприемники могут оказывать существенное влияние на изменение ПКЭ.

Электроприемники имеют различные параметры, которые характеризуют их функционал, работоспособность и т.д., а есть показатели на которые электроприемники влияют и оказывают воздействие. Одним из показателей, на который электроприемник может воздействовать, является КЭ. При покупке различных электроприемников потребитель, в большинстве случаев, не обладает информацией о том, проверялось ли влияние электроприемника на ПКЭ. Если потребитель купил электроприемник, который вносит искажения в ПКЭ и установил его, например, дома, то он стал виновником искажения ПКЭ. При этом искажение ПКЭ может возникнуть во всей электрической сети, от которой запитан потребитель. Это может оказывать негативное воздействие на других потребителей и системы электрообеспечения. В свою очередь в [6] указано, что потребители электроэнергии обеспечивают соблюдение параметров надежности электрообеспечения и качества электроэнергии (КЭ), обусловленных работой принадлежащих им объектов электроэнергетики и энергопринимающих устройств [6]. Следовательно, на потребителя, искажающего ПКЭ, могут возложить ответственность за ущерб, причиненный искажением КЭ.

В литературных источниках [1 – 5] и в сети интернет отсутствует анализ НД, которые регламентируют уровни искажения ПКЭ электроприемниками, также не ясно какие ПКЭ искажают электроприемники и проверяются ли они на искажение ПКЭ при их производстве.

Для устранения вышеозвученных недостатков необходимо решить следующие задачи:

1. Добавить в НД требования о проверке электроприемника на искажения всех ПКЭ, представленных в ГОСТ 32144–2013.
2. Разработать устройство, которое позволит сообщать потребителям о случаях возникновения искажения ПКЭ, вызванное электроприемниками, находящимися на их балансе.

Библиографический список

1. Наумов, А. А. Обеспечение требуемого качества электрической энергии / А. А. Наумов // Изв. высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2020. – Т. 22, № 1. – С. 85 – 92.

2. Беликов, Р. П. Организационно-технические и технические мероприятия повышения качества электроэнергии / Р. П. Беликов // Физика и современные технологии в АПК : материалы X Междунар. молодежной конф. молодых ученых, студентов и школьников. – 2019. – С. 38 – 41.

3. Borodin M., Psarev A., Kudinova T., Mukhametzhanov R. Improving power quality by calculating voltage losses // In the collection: E3S Web of Conferences. – 2019. – P. 1041.

4. Бородин, М. В. Повышение качества электроэнергии посредством расчета потерь напряжения / М. В. Бородин, Р. П. Беликов, Н. В. Махиянова // Вестник аграрной науки Дона. – 2019. – № 3(47). – С. 35 – 40.

5. Бородин, М. В. Стенд для исследования влияния различных типов ламп на качество электроэнергии / М. В. Бородин, Ю. Ю. Терехов // Вестник аграрной науки Дона. – 2020. – № 2(50). – С. 64 – 73.

6. Справочная информация «Ответственность за качество электроэнергии». – URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_410096/85dbec2bc4b4dd16a4f6f571571ee3b309046b2e/ (дата обращения: 04.10.2022).

НЕСИММЕТРИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Д. Е. Васильев, В. И. Зацепина

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

(e-mail: vdaniil27@yandex.ru)

Введение. Несимметрия напряжения в распределительных сетях приводит к потерям электроэнергии и нарушению нормальной работы электрооборудования, поэтому необходимо проанализировать причины возникновения асимметрии напряжения, ее влияние на сеть, а также определить наиболее эффективный способ устранения несимметрии.

Цель: проанализировать способы минимизации несимметрии напряжений в сети.

Задачи: провести анализ причины возникновения асимметрии напряжений, ее негативное влияние, определить эффективный способ симметрирования.

Теоретическая часть. Несимметричные режимы в электрических сетях возникают по ряду причин: неодинаковые нагрузки в различных фазах, неполнофазная работа линий, различные параметры линий в разных фазах. Основной проблемой является неравномерное распределение нагрузок по фазам, поэтому это явление свойственно для низковольтных сетей 0,4 кВ. При несимметрии напряжений следует возникновение составляющей обратной и нулевой последовательности.

Появление напряжений обратной и нулевой последовательностей приводит к дополнительным потерям мощности и энергии, а также к потерям напряжения в сети. Несимметрия отрицательно сказывается на вращающихся электрических машинах, создавая тормозной электромагнитный момент, дополнительный нагрев и вибрации. Кроме того, она снижает срок эксплуатации оборудования, влияет на работу реле и трансформатора [2, 3].

К некоторым из способов симметрирования относятся: перераспределение нагрузок по фазам, применение замкнутых схем, сокращение длины сети, использование симметрирующих устройств.

Ручное симметрирование нагрузок предполагает, что измерение и перераспределение мощностей необходимо осуществлять в периоды максимума нагрузок, но из-за их переменчивости этот способ является полумерой. Применение замкнутых схем сложно для реализации из-за большой протяженности линий и множества ответвлений. Снижение длины сети подразумевает установку источника питания в центре нагрузок, что позволяет уменьшить потери энергии и напряжения в 4 раза. Установка симметрирующих устройств, а именно трансформаторов со схемой соединения обмоток Y_0/Δ или Y_0/Z_0 , на холостом ходу в конце линии позволяет сократить потери электроэнергии до 20% [4].

Результаты. Проведя анализ способов минимизации несимметрии напряжения в сети можно сказать, что самым эффективным является установка источника питания в центре нагрузок, однако если нет возможности перенести КТП, можно использовать симметрирующий трансформатор. Остальные решения малоэффективны и используются как дополнительные.

Заключение. Решение проблемы несимметрии напряжения в распределительных сетях имеет немаловажную роль для энергосбережения в электроэнергетике, поэтому необходимо применять эффективные способы выравнивания напряжения.

Библиографический список

1. Самарин, Г. Н. Проблема несимметрии напряжений в сельских сетях и ее решение посредством разработки устройства симметрирования напряжений / Г. Н. Самарин, С. М. Сукиасян, М. Ю. Егоров // Журнал известия великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3. – С. 42 – 46.
2. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники / Л. А. Бессонов. – М. : Высшая школа, 1967. – С. 201 – 207.
3. Руди, Д. Ю. Методы снижения несимметрии напряжения в электрических сетях 0,4 – 10 кВ / Д. Ю. Руди, А. И. Антонов // Журнал омский научный вестник. – 2018. – № 2-158. – С. 75 – 77.
4. Орлов, В. В. Анализ способов симметрирования напряжения в сетях 0,4 – 0,23 кВ / В. В. Орлов, Э. О. Орлова // Журнал электроэнергия. Передача и распределение. – 2020. – № 2-59. – С. 56 – 63.

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗИСТИВНОГО ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ В СЕТЯХ 3 – 35 кВ

В. М. Волков, В. И. Зацепина

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия
(e-mail: vv_mik@mail.ru)*

Введение. Повышение надежности электрических сетей и безотказность питания электропотребителей входит в число важнейших вопросов в электроэнергетике. Решение этих вопросов зависит напрямую от выбора режима (способа) защиты нейтрали. Самым частым видом повреждений в сетях переменного тока напряжением 3 – 35 кВ является однофазное замыкание на землю (ОЗЗ) [1]. Для защиты нейтрали чаще всего используют следу-

ющие режимы ее работы: изолированная нейтраль и нейтраль, заземленная через дугогасящий реактор. Так как эти способы не обладают достаточным уровнем надежности, то необходим переход к другому режиму работы нейтрали. Цель работы – определить преимущества резистивного заземления нейтрали и сферу его применения путем анализа видов данного способа заземления. В результате анализа необходимо выбрать подходящий для сети метод заземления и произвести расчет тока в сети с выбранным заземлением, после чего осуществить сравнение значений тока в сети с резистивным заземлением и в сети с изолированной нейтралью.

Методы и материалы. Резистивный способ заключается в присоединении нейтрали к заземляющему устройству через сопротивление резистора. Этот режим позволяет решить две важные задачи: быстро и точно определить место повреждения (за счет применения простых защит), а также уменьшить уровень дуговых перенапряжений и исключить феррорезонансные процессы [2]. Применяют 3 вида резистивного заземления:

1) Высокоомное. Заземляют через резистор, при котором суммарный ток в месте повреждения не превышает 10А (активный и емкостной токи). Применять такое сопротивление целесообразно, когда возможна длительная работа при ОЗЗ.

2) Низкоомное. Суммарный ток более 10 А (диапазон 20 – 2000 А). Применяется в тех случаях, когда необходимо мгновенное отключение поврежденной линии и система электроснабжения имеет достаточную резервируемость и быстрдействие аварийного переключения. При этом увеличивается емкостной ток в месте повреждения.

3) Комбинированное. Осуществляется за счет параллельного присоединения дугогасящего реактора (ДГР) с низкоомным резистором. Это позволяет снижать уровень перенапряжений при неточной настройке ДГР, а также компенсировать емкостной ток, создавая тем самым резонанс.

Результаты и обсуждения. Проведем расчет тока в месте ОЗЗ с высокоомным резистивным заземлением в сети 35 кВ. Для примера возьмем питающую линию ГПП-18 ПАО «НЛМК». Емкостной ток (I_C) в месте повреждения равен 8,6 А. При выборе резистора необходимо выполнение условия: $I_R \geq I_C$. I_R – ток, протекающий через резистор.

$$R \geq \frac{U}{\sqrt{3}I_C} \geq \frac{35\,000\text{В}}{\sqrt{3} \cdot 8,6\text{ А}} \geq 2349,4\text{ Ом}, \text{ пример } R = 2300.$$

$$I_R = \frac{U}{\sqrt{3}R} = \frac{35\,000}{\sqrt{3} \cdot 2300} \approx 8,79\text{ А}.$$

Ток, протекающий через резистор больше емкостного тока, что соответствует условию выбора.

Таким образом, можно сделать вывод, что резистивное заземление нейтрали позволит скомпенсировать ток ОЗЗ. При использовании изолированной нейтрали компенсация емкостного тока не возможна, а значит ток КЗ будет иметь не только активную составляющую, но и емкостную.

Заключение. На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что способы заземления нейтрали через высокоомный резистор или способ заземления нейтрали через низкоомный резистор с дугогасящим реактором обладают достаточным уровнем надежности со стороны эксплуатации и работы. Так при данных способах заземления нейтрали достигается: ненужность в быстром отключении ОЗЗ и соответственно потребителя; селективное определение поврежденного фидера в случаях ОЗЗ, компенсация емкостных токов.

Библиографический список

1. Оптимизация режимов заземления нейтрали в электрических сетях 6 – 35 кВ / И. И. Добросотских, М. О. Скрипачев, А. С. Добросотских, Э. И. Давликамова // *Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации.* – 2020 – С. 63 – 66.
2. Давлятов, Т. М. Резистивное заземление нейтрали сети 6 – 10 кВ / Т. М. Давлятов, Р. Б. Каркаев, Ф. Х. Кадиева // *Современное состояние и перспективы развития мысли.* – 2017. – С. 49 – 53.

КОМПЕНСАЦИЯ ЕМКОСТНЫХ ТОКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

М. С. Воронин, В. И. Зацепина

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия
(e-mail: m.voron4a@mail.ru)*

Введение. Емкостной ток протекает при переменном напряжении и зависит от емкости изоляции. Так при возникновении однофазного замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью, не образовывается замкнутый контур и не возникает короткое замыкание, как это происходит при глухозаземленной нейтрали. В этом случае однофазное замыкание на землю замыкается через емкости неповрежденных фаз и ток может достигать от 0,1 до 500 А, такое замыкание в электрических сетях считается не очень опасным и такое повреждение не требует быстрого отключения. Но при халатном отношении к данному повреждению могут возникнуть следующие последствия:

- Попадание человека под напряжение из-за образования дуги.
- Возникновение дугового замыкания на землю, что ведет к более серьезным повреждениям.
- Повреждение оборудования электрической сети и вывод из строя трансформаторов.

Следовательно, для уменьшения рисков возникновения перечисленных последствий необходимо компенсировать емкостной ток.

Для компенсации емкостного тока можно использовать следующее оборудование: дугогасящие агрегаты (ДГА) и высокоомные резисторы. Так наиболее эффективным средством защиты от емкостных токов является дугогасящие агрегаты, их подбирают так, чтобы индуктивность проводимости реактора была равна емкостной проводимости сети. Выбор дугогасящего реактора осуществляется по следующей формуле:

$$Q_k = I_c \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3}}$$

где Q_k – мощность дугогасящего реактора; I_c – емкостной ток; U_n – номинальное напряжение сети.

Но бывают такие случаи, что ДГА может быть расстроен, при его продолжительной эксплуатации и тогда сеть будет или перекомпенсирована, или недокомпенсирована, тем самым возникает перенапряжение сети и возможны повторные пробой изоляции и возникновение дуги. Чтобы такого не случилось при расстройке ДГА, нужно подключить

параллельно ему высокоомный резистор. Сопротивление высокоомного резистора выбирается по следующей формуле:

$$R_N \leq \frac{U_{\text{вн}}}{\sqrt{3} \cdot I_c},$$

где $U_{\text{вн}}$ – напряжение по высокой стороне; I_c – емкостной ток.

Данные решения по компенсации емкостного тока уменьшат повреждения оборудования, снизят риски попадания человека под напряжение. Потому что ДГР компенсирует емкостную составляющую в сети, оставляя только активную часть, которая существенно мала и не может поддерживать горение дуги. А установка высокоомных резисторов позволит предотвратить повторное возгорание электрической дуги и пробой изоляции на поврежденном участке, если ДГР будет неисправно работать.

Предложенные электроустановки могут быть использованы при строительстве новой сети или расширении старой на различных крупных предприятиях. Для выбора предложенного оборудования персоналу потребуются значения возможных емкостных токов и номинальное напряжение рассчитываемой сети. Можно принимать на различных предприятиях для улучшения безопасности работающего персонала и предотвращения маленькой аварии в более масштабное повреждение сети.

Библиографический список

1. Разработка способа компенсации емкостного тока замыкания на землю в электрической сети 6 – 10 кВ / Б. Б. Утегулов, А. Б. Утегулов, А. Б. Уахитова, М. К. Жанкуанышев // Наука и техника Казахстана. – Павлодар, 2010. – С. 44 – 46.
2. Васягин, А.А. Компенсация емкостных токов / А. А. Васягин, Л. Ю. Шелехина, Л. В. Владимиров // Наука и молодежь в XXI веке : материалы Всерос. студенческой науч. конф. – Омск, 2015. – С. 43 – 46.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

В. С. Деревнина, В. И. Зацепина

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия
(e-mail: viktoriaderevnina7962@gmail.com)*

Введение. От степени надежности зависит состояние энергосистемы в целом. Самым ненадежным элементом являются линии электропередачи. Одной из причин невысокой надежности является большая протяженность линий. Больше половины находятся в удовлетворительном или слабо неудовлетворительном состоянии.

Из-за ненадежного оборудования складывается ущерб из-за простоя электрооборудования, недоотпуска электроэнергии, а также замены вышедшего из строя оборудования, что говорит нам об актуальности проблемы с экономической точки зрения. Целью работы является выявить наиболее эффективный метод по увеличению надежности линии. Для этого необходимо провести анализ существующих методов и определить наиболее перспективные из них, а также предложить свое решение проблемы.

Анализ методов увеличения надежности линии. Для увеличения надежности линий на сегодняшний день существуют множество способов: замена проводов АС на AERO-Z со сроком окупаемости 10 лет; использование стальных многогранных опор [1]; использование системы плавки гололеда посредством наложения постоянного тока на переменный без отключения питания потребителей; использование беспилотных летательных аппаратов (БЛА) для мониторинга состояния линий электропередач; использование птицевзращенных изоляторов типа ЛКПН [1].

Поскольку повсеместная модернизация невозможна, то необходимо сделать упор именно на мониторинг линии электропередач. Можно предположить, что использование БЛА является самым перспективным методом по увеличению надежности линии. Отличительной чертой использования БЛА является возможность частого мониторинга линий для предотвращения поломки. БЛА позволяет обследовать труднодоступные районы. Стоимость беспилотного летательного аппарата Геоскан 201 составляет 1 500 000 рублей. Сравним наземный мониторинг и мониторинг с использованием беспилотного летательного аппарата на основании [2]. Результаты сведем в табл. 1:

1. Сравнение методов мониторинга линии

	Наземное обследование	Обследование БЛА
Скорость обследования	16 км/день	210 км/день
Время обследования	63 дня на тысячу км	5 дней на тысячу км
Стоимость обследования	244 565 руб. на тысячу км	41 375 руб. на тысячу км

Использование беспилотного летательного аппарата позволяет больше чем в 13 раз быстрее обследовать линию. Обследование тысячи километров линии происходит на 58 дней быстрее. С экономической точки зрения использование БЛА выгоднее почти в 6 раз.

На основании проведенного анализа, можно сказать, что наиболее перспективным способом мониторинга состояния линии считается использования беспилотных систем из-за возможности мониторинга в труднодоступной местности, а также из-за того, что повсеместная модернизация невозможна. Использование беспилотных систем является более выгодным чем наземный мониторинг. Предлагается совместить использование новейшего оборудования и усиленный мониторинг состояния линии с помощью беспилотных летательных аппаратов для высокой надежности.

Вывод. Увеличение надежности линий электропередач позволит сократить потери электроэнергии и сократит количество отключений потребителей.

Библиографический список

1. Чеканова, М. А. Современные методики и технологии, направленные на повышение надежности работы воздушных линий электропередачи / М. А. Чеканова // Молодежь и научно-технический прогресс : сб. науч. тр. / Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова. – Губкин, 2018. – С. 193 – 196.
2. Барбасов, В. К. Возможности применения беспилотных авиационных систем для мониторинга воздушных ЛЭП / В. К. Барбасов // Энергия единой сети. – 2017. – № 1. – С. 20 – 24.

ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С НЕЛИНЕЙНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

О. А. Дыбова, Д. П. Андрианов

Владимирский государственный университет им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, Владимир, Россия
(e-mail: 2_olya_5@mail.ru)

В статье показано, что при гармоническом анализе электрических цепей переменного тока, имеющих элементы с нелинейными характеристиками, состав гармоник колебаний тока-напряжения меняется в зависимости от уровня напряжения источника.

С математической точки зрения для анализа цепей переменного тока целесообразно использовать гармонический анализ, основанный на Фурье-преобразовании. При этом влияние нелинейности характеристик элементов цепи будет проявляться появлением дополнительных гармоник.

Для электрического сопротивления с нелинейной вольт-амперной характеристикой (рис. 1) [1] при подаче синусоидального напряжения получается нелинейное изменение тока (рис. 2).

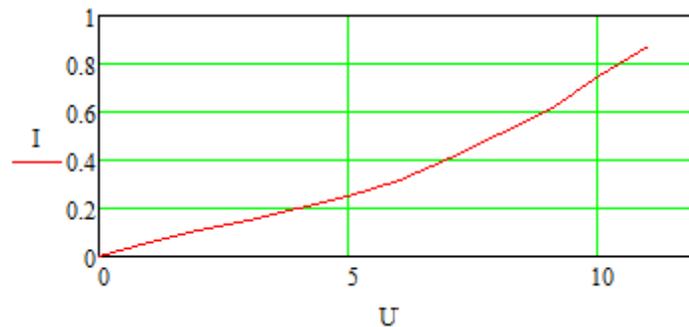


Рис. 1. Нелинейная вольт-амперная характеристика сопротивления

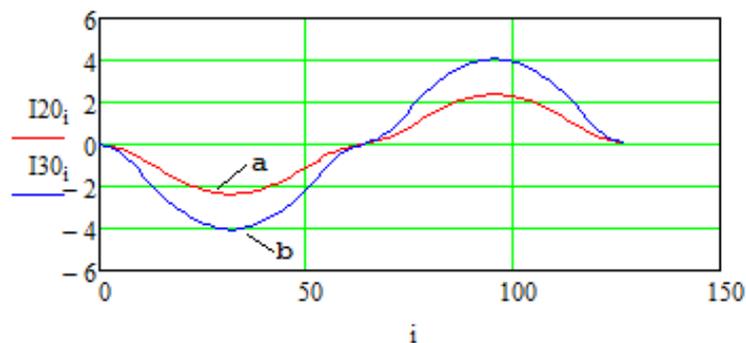


Рис. 2. Изменение силы тока с учетом нелинейного сопротивления при различных уровнях входного напряжения:
a – напряжение 20 В; b – напряжение 30 В

Фурье-анализ графиков изменения силы тока при различных уровнях напряжения, приведенных к безразмерному виду (амплитуды колебаний представляются как условные единицы) показывает различие в составе количества и величин гармоник (рис. 3).

Показанную особенность следует учитывать при анализе и синтезе систем автоматического регулирования при получении жестко оговоренных характеристик электрического тока.

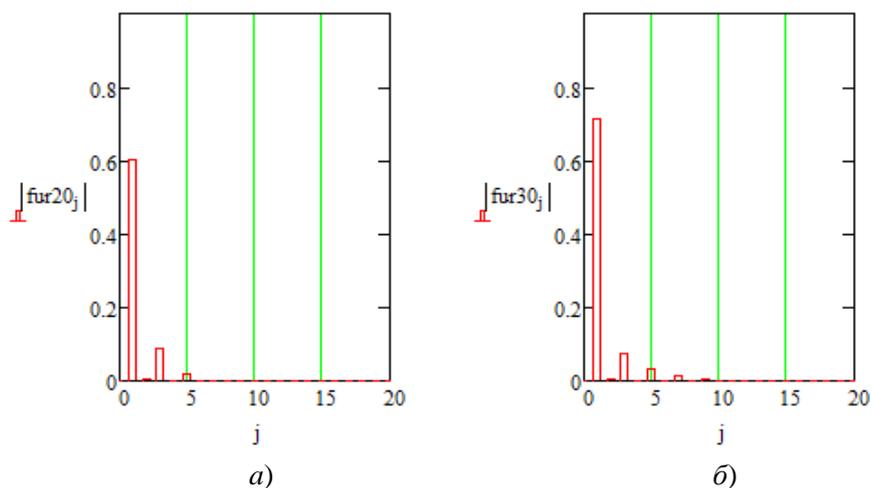


Рис. 3. Спектры гармоник колебаний силы тока при разных уровнях входного напряжения:
a – напряжение 20 В; *б* – напряжение 30 В

Библиографический список

1. Любимов, Э. В. Теория и практика проведения электротехнических расчетов в среде Mathcad и Multisim / Э. В. Любимов. – СПб. : Наука и Техника, 2012.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ НЕЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ В ПРОКАТНЫХ ЦЕХАХ

В. В. Ефремов, В. И. Зацепина

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

(e-mail: evv1993@yandex.ru)

Введение (цели задачи). Колебания напряжения электрической сети на промышленных предприятиях приводят к остановке оборудования которое влечет за собой простои агрегатов и брак готовой продукции. Цель данной работы показать экономическую неэффективность использования ИБП для поддержания бесперебойной работы оборудования прокатных цехов черной металлургии на примере цеха трансформаторной стали по причине самой низкой мощности электропотребления 18,8 МВт/ч.



Рис. 1. Внешний вид шкафа ИБП ВИМП МСБП 600кВА

Таблица 1

Производитель:	ВИМП
Сферы применения:	Инфраструктуры, Промышленность, Серверы и сфера ИТ, Системы безопасности, Телекоммуникации, ЦОД
Тип:	On-line
Модульный:	Да
Мощность, кВА:	600
Мощность, кВт:	540
Кол-во фаз вход/выход:	3/3
Входной коэффициент мощности при 100% нагрузке:	0,99
Выходной коэффициент мощности:	0,9
Напряжение:	380, 400, 415
Наличие аккумуляторов:	Внешние
Подключение в параллель:	Да
Трансформатор гальванической изоляции:	Нет
Формфактор:	Модульный (Modular)
Степень защиты корпуса (IP):	20
Шум, дБ (на расстоянии 1 м)	72
Ширина, мм:	2000
Высота, мм:	2000
Глубина, мм:	1050
Вес, кг:	660
Цена:	3 558 380 р.

Методы и материалы. Для расчета возьмем ИБП ВИМП МСБП 600 кВА. Характеристики представлены в табл. 1.

Результат расчета ЦТС

Необходимая мощность ИБП, ВА $33\,928\,571 = 33\,929\text{ кВА} = 34\text{ МВА}$

Необходимая мощность ИБП, Вт $23\,750\,000 = 23\,750\text{ кВт} = 23,75\text{ МВт}$

Требуемое время автономной работы, ч 0,01

Напряжение аккумуляторной батареи, В 12

Необходимая емкость аккумуляторной батареи, А·ч 41 579

Количество ИБП: $23\,750/540(\text{кВт}) = 43,98 = 44\text{ шт.}$

Из расчетов мы видим нам потребуется 45 ИБП (один резервный) при этом емкость аккумуляторов должна быть 41 579 А·ч это для удержания оборудования на 36 с.

Возьмем доступный аккумулятор средней ценовой категории. Аккумулятор для ИБП ВИМП МСБП 600кВА, 168×130×195 мм (В×Ш×Г). Необслуживаемый свинцово-кислотный, 12V/33 А·ч, цвет: синий, (HRL 12-33 X). Характеристики представлены в табл. 2.



Рис. 2. Аккумулятор Delta Battery для ИБП

Таблица 2

Производитель	Delta Battery
Продукт	Аккумулятор для ИБП
Серия	HRL-X
Тип корпуса аккумулятора	В
Ширина	130 мм
Емкость аккумулятора	33 А·ч
Высота	168 мм
Глубина	195
Тип размещения	Универсальный
Цена	11 171 р.

Количество аккумуляторов: $41\ 579/33 = 1259,96 = 1260$ шт.

Общая стоимость системы из ИБП и аккумуляторов составит:

$3\ 558\ 380 \cdot 45 + 11\ 171 \cdot 1260 = 174\ 202\ 560 = 174\ 203$ тыс. р.

Расчет стоимости выполнен без учета кабельных трасс, постройки помещения и прочих сопутствующих затрат на монтаж и обслуживание объекта.

Максимальное время перезапуска агрегатов, выпускающих продукцию с высокой добавленной стоимостью составляет не более 1 часа. В таблице 3 представлена стоимость простоя.

Таблица 3

Агрегат	Среднемесячная стоимость 1 часа простоя тыс. р
Травильный комплекс	1126
Реверсивный стан	452,0599
АНО-1	Консервация
АНО-3	223,3911
АНО-4	239,5362
АЗП-1	175,0694
АЗП-2	186,7498
АЗП-4	236,0418
Сумма общая	2639

За 2021 год было 13 отключений агрегатов цеха, из этих данных мы можем посчитать потери, среднее время простоя составило 35 минут (0,58 часа) для удобства возьмем 0,6 часа. Общая сумма потерь составляет $0,6 \cdot 2639 \cdot 13 = 20\ 584,2$ тыс. р.

Результаты и их обсуждение. На основе проведенных расчетов видно, что годовая стоимость простоя значительно ниже стоимости ИБП и аккумуляторов. Поскольку под ИБП нужно строить и содержать отдельное помещение не менее 130 квадратных метров, составление проекта и изменение схемы питания, затраты на реализацию и последующее обслуживание данного проекта вырастут.

Заключение. По проделанной работе видно, что модель использования ИБП для защиты агрегатов от остановки при колебаниях электрической сети экономически не выгодно, это решение не подойдет в текущих условиях.

Библиографический список

1. Технический паспорт изделия ИБП ВИМП МСБП 600 кВА.
2. Технический паспорт изделия аккумулятор Delta Battery для ИБП.
3. Справка по простоям и инцидентам из системы СПЭП ПАО НЛМК.
4. Расчет экономических потерь производства при простое оборудования.

АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЭЛАСТОМЕРОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

Н. В. Земцова, В. А. Кобелева

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: natasha_paramonova_68@mail.ru, viktoriakobeleva2018@yandex.ru)*

Спектр функциональных материалов достаточно разнообразен [1,2] и включает в себя такое направление, как создание электроактивных полимеров, которые при воздействии электрического тока могут менять свою форму и размеры (управляемая деформация), а также положение в пространстве. Распространение приобрели электроактивные материалы на основе полимеров [3], и в том числе эластомеров (силикона или полиуретана), модифицированных углеродными нанотрубками (УНТ) [4].

В статье [5] представлен новый тип диэлектрического эластомера из полидиметилсилоксана, УНТ и углеродной смазки. Наибольшая деформация 47% была получена для электродов, изготовленных из 2 мас. % УНТ и 20 мас. % углеродной смазки. Электропроводность составила 4,8 См/м. Авторами работы установлено, что электропроводность и жесткость нанокompозита оказывают существенное влияние на степень деформации электрода. В качестве примера применения разработанного материала представлена конструкция привода на рис. 1 (а, б).

К другому типу развития электроактивных материалов следует отнести использование бинарных и тройных диэлектрических композитов силикат/силиконового эластомера с включением талька (Тl), волластонита (Wl) и нанотрубок галлуазита (HNT) в метилвинилсиликоновый каучук (MVSr) [6]. Некоторые образцы имели плотность накопления энергии 54,19 кДж/м³, что на 76,3% выше однокомпонентного материала (30,74 кДж/м³).

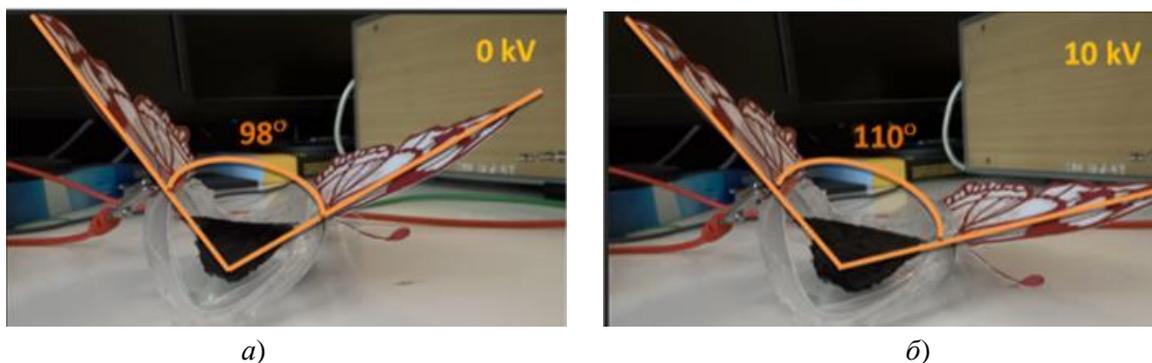


Рис. 1. Пример работы электроактивного эластомера:

а – выключенное состояние; *б* – включенное состояние при напряжении 10 кВ

В работе [7] было установлено, что морфологический контроль проводящих сетей во время приготовления проводящих полимерных композитов (СРС) оказывает решающее влияние на электрические свойства этих композитов.

Таким образом, представлены аспекты формирования электроактивных материалов на основе различных матриц эластомеров и добавок нанотрубок, что позволяет реализовать новые типы электропривода с высоким уровнем энергоэффективности.

Библиографический список

1. Щегольков, А. В. Исследование тепловыделений в наномодифицированных эластомерах при растяжении и кручении под действием электрического напряжения / А. В. Щегольков, А. В. Щегольков, Н. В. Земцова // *Frontier Materials & Technologies*. – 2022. – № 2. – С. 121 – 132.
2. Щегольков, А. В. Антиобледенительные системы на основе эластомеров, модифицированных углеродными наноструктурами, с эффектом саморегулирования температуры / А. В. Щегольков, А. В. Щегольков // *Природные ресурсы Арктики и Субарктики*. – 2022. – Т. 27. – № 1. – С. 141 – 151.
3. Wang, Y., Ma, X., Jiang, Y., Zang, W., Cao, P., Tian, M., Ning, N., Zhang, L. Dielectric elastomer actuators for artificial muscles: A comprehensive review of soft robot explorations // *Resources Chemicals and Materials* (2022).
4. Fang, X., Li, A., Yildiz, O., Shao, H., Bradford, P. D., Ghosh, T. K. Enhanced anisotropic response of dielectric elastomer actuators with microcombed and etched carbon nanotube sheet electrodes // *Carbon*, Volume 120, Pages 366-373 (2017).
5. Nicolau-Kuklińska, A., Latko-Duralek, P., Nakonieczna, P., Dydek, K., Boczkowska, A., Grygorczuk, J. A new electroactive polymer based on carbon nanotubes and carbon grease as compliant electrodes for electroactive actuators // *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, Volume 29, Issue 7 (2018).
6. Yang, T., Liu, L., Li, X., Zhang, L. High performance silicate/silicone elastomer dielectric composites // *Polymer*, Volume 240 (2022).
7. Deng, H., Lin, L., Ji, M., Zhang, S., Yang, M., Fu, Q. Progress on the morphological control of conductive network in conductive polymer composites and the use as electroactive multifunctional materials // *Progress in Polymer Science*, Volume 39, Issue 4, Pages 627-655 (2014).

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЭП

К. Б. Каверза, В. И. Зацепина

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия
(e-mail: k.kaverza@yandex.ru)*

Введение. Целью работы является подробное описание одного из перспективного направления развития решения по увеличению пропускной способности. Данная тема актуальна в связи с тем, что с каждым годом увеличивается потребность потребителей в объемах поставляемой им энергии. Исходя из этого, перед нами встают следующие задачи: обзор популярных и малоизвестных способов увеличения пропускной способности ЛЭП; изучение малоизвестного способа решения данной проблемы и его описание.

Основная часть. Пропускная способность – это конечное значение активной энергии, переданное потребителю по линии электропередачи, с условием ряда факторов электропередачи. Пропускная способность зависит от: индуктивного сопротивления проводов; доли реактивной энергии; потерь при передаче энергии и т.д.

На данный момент времени известны следующие способы увеличения пропускной способности ЛЭП: повышение напряжения; создание дополнительной линии электропереда-

чи; использование проводов, обладающих лучшими характеристиками. Описанные методы имеют ряд существенных недостатков, среди которых значительные экономические затраты, необходимость в использовании дополнительных земель для постройки линий электропередачи [1].

На данный момент времени для увеличения пропускной способности ЛЭП применяется ряд современных методов, не имеющих вышеописанных недостатков. К таким методам можно отнести: установка опор ЛЭП созданных из новых композитных материалов; применение новых высокотемпературных проводов с особым строением жил; использование различных компенсирующих устройств; применение различных технических и организационных мероприятий [2].

Рассмотрим одну из перспективных разработок под названием «плоская фаза», предложенной специалистами из Сибирского НИИ энергетики. Суть данного предложения заключается в расщеплении фазы на два провода, которые располагаются друг над другом и имеют разные стрелы подвеса и соединены между собой перемычками. Данную конструкцию в отличие от классического расщепления фазы возможно применять не только на линиях напряжением 220 кВ и выше, а также на ЛЭП 110 кВ. Метод «плоской фазы» позволит более компактно расположить на траверсе опоры ЛЭП фазные провода, что сделает линии электропередач менее громоздкими, а также увеличить натуральную мощность линии. Однако отметим, что реализация данного метода требует применения проводов с более выдающимися механическими характеристиками, а точнее проводов с большим разрывным усилием. Провода для данной ЛЭП должны обладать разрывным усилием в 1,67 раз больше чем провода марки АС.

Исследования, проведенные учеными, совершенно точно позволяют утверждать, что, заменив двухцепную ЛЭП напряжением 220 кВ, обладающей мощностью в 120 МВт, на линию с «плоской фазой» можно добиться увеличения натуральной мощности до 300 МВт.

Вывод. Применение конструкции «плоской фазы» позволит уменьшить нагрузку на опоры ЛЭП, а также повысить значение передаваемой электроэнергии.

Библиографический список

1. Положение ОАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе. – М., 2017.
2. Тимашова, Л. В. Повышение надежности воздушных линий электропередачи при применении проводов нового поколения / Л. В. Тимашова, Е. П. Никифоров, И. А. Назаров, А. С. Мерзляков // Энергия единой сети. – 2014. – № 5. – С. 6 – 14.
3. Колосов, С. В. Повышение пропускной способности ВЛ: анализ технических решений / С. В. Колосов, С. В. Рыжов, В. Е. Сюзин // Энергетическая стратегия. – 2013. – № 1. – С. 40 – 45.
4. Вертикальное расщепление фаз как способ увеличения пропускной способности линии электропередачи / Н. С. Бурянина, Ю. Ф. Королюк, Е. И. Малеева и др. // Вестник Кыргызско-Российского Славянского Университета. – 2018. – С. 29 – 33.

ПЕРЕКОС ФАЗ В ТРЕХФАЗНОЙ ЦЕПИ

Н. С. Касимов, В. И. Зацепина

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

(e-mail: niek_2016@mail.ru)

Введение. В повседневной жизни мы довольно часто встречаемся с явлениями, которые не зависят от нашей деятельности, но могут привести к серьезным последствиям. Одним из таких явлений считается перекос фаз в трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью. Это может привести к выходу из строя электрических устройств, стать причиной короткого замыкания и создать угрозу для жизни [1]. Учитывая актуальность проблемы, необходимо четко понимать, что представляет собой несимметрия токов и напряжений. Целью данной работы является анализ проблемы перекоса фаз в быту, а также причины ее возникновения. Задача работы – определить наилучший способ защиты от обрыва нуля и перепадов напряжения.

Основная часть. Рассмотрим явление перекоса фаз из-за неравномерного распределения нагрузки по фазам и обрыва нуля (рис. 1) [2].

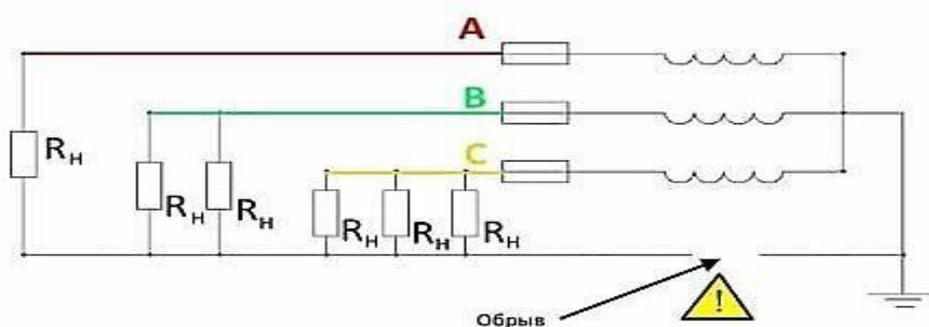


Рис. 1. Схема распределения тока по фазам

Из ситуации, описанной на рисунке, видно, что в результате обрыва нуля, у потребителей, подключенных к фазе А, напряжение превысит допустимый предел и будет стремиться к линейному напряжению (380 В), в то время как у потребителей, подключенных к фазе С, напряжение упадет, вплоть до полного отключения электроприемников [3]. Это происходит потому, что разные потребители, в одно и тоже время, используют электрооборудование разной мощности. У тех потребителей, у которых в это время электропотребление незначительно или полностью отсутствует, но при этом электроприборы подключены к электросети, происходит скачек напряжения до 300 – 350 В, что приводит к выходу или в худшем случае возгоранию оборудования. Лучшим способом защиты от обрыва нуля и защиты от перепадов напряжения и 380 В в розетках – это установка внутри вводного щитка модульного реле напряжения. При этом оно будет защищать электробытовые приборы, как от повышенных, так и от пониженных значений [4].

Заключение. Для того чтобы избежать перекоса фаз, необходимо осуществить тщательное планирование всех мощностей и рассчитывать все возможные нагрузки с их правильным распределением по фазам. Установка внутри вводного щитка модульного реле напряжения позволит защититься от обрыва нуля и перепадов напряжения в сети.

Биографический список

1. Кудрина, А.Е. Перекос фаз в трехфазной сети / А. Е. Кудрина, А. А. Зеленый, В. О. Колмаков // Инновационные научные исследования. – КриЖТ, 2021. – С. 2 – 4.
2. Морозов, В. В. Мероприятия по повышению надежности электроснабжения однофазных потребителей / В. В. Морозов, П. С. Орлов // Вестник АПК верхневолжья. – ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА», 2017. – С. 21 – 23.
3. Сарычев, М. А. Проблемы несимметрии напряжения в сетях / М. А. Сарычев, В. Т. Сидорова // Молодой исследователь: От идеи к проекту. – Марийский государственный университет, 2019. – С. 1.
4. Ютканаков, А. В. Разработка метода определения места установки симметрирующих устройств в системах электроснабжения / А. В. Ютканаков, И. Ф. Суворов // Наука и образование: Актуальные исследования и разработки. – Забайкальский государственный университет, г. Чита, 2019. – С. 2 – 3.

ПРОБЛЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЯ НА СЛОЖНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ

В. Е. Кожевников, В. И. Зацепина

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

(e-mail: vovchik.e.k123@yandex.ru)

Введение. Целью данной работы является решение проблемы с определением места повреждения (ОМП) и повышение точности на сложных распределительных линиях с помощью синтеза нескольких способов. Данная проблема является актуальной, так как линии являются одним из самых ненадежных элементов сети, поэтому для повышения надежности необходимо совершенствование способов поиска повреждений. Классические дистанционные способы основаны на замерах в конце линии. Однако, при наличии отпаяк, замеров в одном из концов линии недостаточно.

Теоретическая часть. Рассмотрим способ создания системы на сложной линии. Он состоит в установке датчиков с измерительными терминалами ОМП на каждом ответвлении и по концам линий электропередач (ЛЭП) [1]. Они должны быть связаны между собой с помощью GPS или ГЛОНАСС. Каждый из датчиков позволяет определять направление повреждения. Вычисления производятся по полученным параметрам волновым способом. Для его осуществления необходимо знать расстояния между пунктами измерения L и точное время измерений t . Помимо волнового, существует локационный метод. С учетом некоторых корректировок, его также можно будет применить на этой системе.

Теперь рассмотрим способы повышения точности. Каждая из линий электропередач уникальна. Для получения максимальной точности необходимо адаптировать способы под линию. Например, применяя корректирующие коэффициенты [2] Δx для волнового способа можно значительно повысить точность. Для этого предварительно проводится имитационное моделирование. Смоделировав любую ЛЭП [3] с ответвлениями, находим коэффициенты и используем их в корректировках. Для повышения точности вместо волнового метода можно воспользоваться псевдо-дальномерным методом [4] без изменения системы проведения замеров. В отличие от классического волнового, данный метод основан на измерении дальностей.

Экспериментальная часть. С учетом адаптивного и псевдо-дальномерного способов можно вывести следующую формулу [2, 4]:

$$x_i = 0,25(2L_{ij} + L_{jn} + v(2t_i - t_j - t_n)),$$

$$x_{\text{расч}} = x_i + \Delta x(x_i),$$

где x_i – расстояние, найденное псевдо-дальномерным методом; L_{ij} и L_{in} – расстояния между пунктами измерения; t_i, t_j, t_n – моменты прихода волны на i, j и n -ый пункты измерения; $x_{\text{расч}}$ – расчетное уточненное расстояние до места повреждения, Δx – поправочный коэффициент.

Данная формула объединяет в себе все вышеперечисленные методы. Она скорее всего позволит создать более точную систему ОМП для сложных ЛЭП.

Выводы. Данная формула применима для устройств ОМП, устанавливаемых на существующие и проектируемые магистральные линии, также данное решение применимо и для радиальных ЛЭП.

Заключение. Предложенный синтез предположительно повышает точность и это позволит быстрее искать повреждения. Чем скорее будет начат ремонт, тем будет уменьшено время недоотпуска электроэнергии потребителю, тем самым повысится надежность из-за небольших затрат по времени на ремонт.

Библиографический список

1. Определение мест повреждения волновым методом в распределительных сетях древовидной структуры / В. Д. Васильев, А. П. Крипичников, Ш. А. Шайхутдинов, Г. В. Спиридонов // Вестник технологического университета. – 2018. – № 11. – С. 131 – 137.
2. Куликов, А. Л. Адаптивное волновое определение места повреждения линии электропередач / А. Л. Куликов // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2014. – № 4. – С. 21 – 25.
3. Моделирование волновых процессов на линиях электропередачи для повышения точности определения места повреждения / А. Л. Куликов, В. Ф. Лачугин, В. В. Ананьев, В. Ю. Вуколов, П. С. Платонов // Электрические станции. – 2015. – № 7. – С. 45 – 53.
4. Куликов, А. Л. Повышение точности многостороннего волнового определения места повреждения линий электропередачи за счет использования разностно-дальномерного метода / А. Л. Куликов, В. В. Ананьев // Электротехника. – 2016. – № 1. – С. 25 – 30.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Ю. А. Козлова

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Lulik93@mail.ru)*

Достижения в области реформирования электроэнергетики в России впечатляют. Бывшие региональные вертикально интегрированные монополии были разделены и приватизированы. Созданы оптовая и территориальная генерирующие компании. Государство со-

хранило контроль над всеми сетевыми компаниями, системным оператором, атомной и гидроэнергетикой. Созданы оптовый и розничный рынки электроэнергии и мощности. Несколько сегментов оптового рынка обеспечивают стабильную балансировку генерации и потребления. Рынок мощности обеспечивает достаточный ввод объектов новой генерации.

Однако остается комплекс проблем, влияющих на эффективность государственного регулирования и рациональное развитие генерирующих и сетевых объектов в России. Проблемы связаны со структурой рынка, поддержкой конкуренции, ценообразованием, обеспечением инвестиций и существующим регулированием. Устранение негативных моментов реформ определяет актуальные направления совершенствования политики управления и модернизации рынков.

Очевидными проблемами российской электроэнергетики являются:

Ослабление государственного контроля над отраслью. За годы реформ количество сотрудников Минэнерго России, связанных с управлением электроэнергетикой, значительно сократилось. Разделение вертикально интегрированных региональных энергокомпаний привело к появлению независимых энергетических компаний, преследующих свои индивидуальные цели. Решение о расширении энергосистем и совершенствовании рынка электроэнергии и мощности принимается Правительством Российской Федерации и вновь создаваемыми субъектами, в том числе Системным оператором, Советом рынка и Федеральной антимонопольной службой. Функции и ответственность этих субъектов не всегда хорошо скоординированы. Администрации регионов на многих территориях слабо мотивированы на обеспечение надежного энергоснабжения потребителей.

Высокий уровень цен на электроэнергию для промышленных потребителей. За последние 10 лет темпы роста цен на электроэнергию в среднем по стране превышали темпы роста инфляции в 1,2 раза. Средняя цена на электроэнергию для промышленных потребителей превышает такие цены в США в 1,63 раза и в странах Евросоюза – в 1,2 раза. Высокие цены заставляют крупных промышленных потребителей отказываться от централизованного электроснабжения и строить собственные генерирующие мощности. Это увеличивает стоимость электроэнергии для мелких и средних потребителей. Из-за высоких цен на электроэнергию российские предприятия теряют конкурентные преимущества на мировых рынках.

Появление избыточных генерирующих мощностей и отсутствие средств на расширение электрических сетей.

Долгосрочный прогноз изменения потребности и притока воды в водохранилища ГЭС содержит неопределенности. Предположение о слишком высоких темпах роста потребления приводит к избыточным генерирующим и сетевым мощностям. Отсутствие инвестиций со стороны крупных потребителей увеличивает оптовые и розничные цены на рынках.

Последующая модернизация оптового и розничного рынков является важной и актуальной задачей для экономики России. Создание прозрачных и конкурентных рынков электроэнергии, которые создадут сильные стимулы для эффективных и инновационных инвестиций, надежной и эффективной работы энергосистем и адекватного реагирования конечных пользователей, является решающим успехом.

Библиографический список

1. Асмолов, В. Г. Обеспечение безопасности и повышение эффективности российской атомной энергетики. – 2014.
2. Паламарчук, С. И., Электроэнергетический сектор в России / С. И. Паламарчук, С. В. Подковальников, Н. И. Воропай // Электричество Журнал. – 2001. – № 10. – С. 52 – 58.
3. Паламарчук С. И., Воропай Н. И. Состояние и развитие российского рынка электроэнергетики. – 2009.

КОНЦЕПЦИЯ «УМНОГО ДОМА» СО СХЕМОЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ СЕТИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

А. Е. Кудрявцев, В. И. Зацепина

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия
(e-mail: tembich001@mail.ru)*

В современных реалиях достаточно перспективной технологией становится система «Умного дома». Она позволяет управлять освещением, сигнализацией, отоплением, кондиционированием, оснащена большим количеством различных датчиков, к которым относятся датчики влажности, движения, освещенности, протечек, работающих в режиме фона и создающих комфортные условия проживания [1]. Касаясь вопроса безопасности технология дает возможность контролировать незаконное вторжение с помощью датчиков, а также камер видеонаблюдения, передающих в онлайн режиме информацию владельцам жилого здания [2]. Управлять устройствами интеллектуального здания можно с помощью смартфона, ноутбука, планшета или сенсорного дисплея, устанавливаемого на стене любой комнаты [3].

На данный момент сеть переменного тока является основной в вопросе питания жилого здания. Как известно переменный ток имеет два неоспоримых достоинства:

- 1) Величину напряжения переменного тока не сложно изменить благодаря трансформатору;
- 2) Для транспортировки тока можно использовать проводники меньшего сечения, а также весомой длины, избегая весомых потерь.

Именно эти два фактора сыграли свое значение для популяризации переменного тока в системах электроснабжения. Однако, если учесть, что сейчас достаточно большое количество бытового оборудования в доме требует для своей работоспособности напряжение постоянного тока, возникает вопрос о создании электроснабжения именно на этой сети. Блоки питания устройств преобразуют входящее напряжение 220 В AC в 24 В или 5 В DC, что дает четкое представление о возможности напрямую от соответствующих источников питания передавать электрическую энергию без промежуточных звеньев, используемых в цепи [4].

Источником электрической энергии будут выступать фотоэлектрические панели, а накопителями аккумуляторные батареи. Подключение будет осуществляться через контроллер заряда-разряда, а также через соответствующий модуль, обеспечивающий функционирование систем умного дома. Подключение всех элементов будет осуществляться через автоматические выключатели (рис. 1).

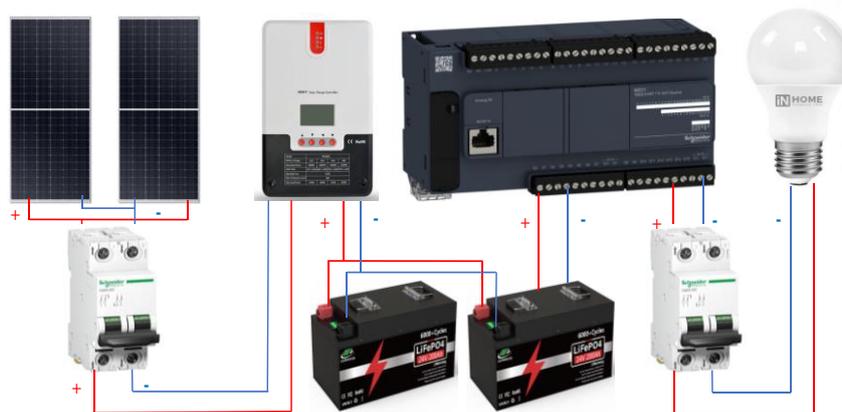


Рис. 1. Концепция электроснабжения на основе сети постоянного тока

Таким образом, концепция «Умного дома» на базе сети постоянного тока достаточно перспективная задумка. Это эффективное решение в условиях развития зеленой энергетики. Оно позволяет создать независимую электрическую сеть с возможностью накопления и продажи электроэнергии.

Библиографический список

1. Какаев, Р. Р. Умный дом. Новейшие технологии, применение для частного дома / Р. Р. Какаев // Вопросы образования и науки. – 2017. – с. 30 – 34.
2. Васильчиков, М. Г. Разработка веб-сервера для удаленного управления системой «Умный дом» / М. Г. Васильчиков, А. В. Клименко // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях. – 2018. – с. 92 – 100.
3. Полищук, Е. И. Актуальность применения системы «умный дом» в индивидуальном жилом доме / Е. И. Полищук // Молодые ученые – развитию национальной технологической инициативы. – 2019. – № 1-2. – С. 205 – 207.
4. Рехлин, Т. Краткая история электричества, или почему умные дома питаются постоянным током / Т. Рехлин, Е. Карташов // Компоненты и технологии. – 2015. – № 3. – С. 84 – 86.

ПРОВЕРКА СОБЛЮДЕНИЯ ТРЕБОВАНИЯ СЕЛЕКТИВНОСТИ ТОКОВЫХ ЗАЩИТ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ НА ПС 110 кВ ГПП-9 ПАО «НЛМК»

В. Н. Минина, В. И. Зацепина

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия
(e-mail: victoria.nya31@yandex.ru)*

Введение. С целью повышения надежности электроснабжения предлагается модернизировать систему релейной защиты и автоматики (РЗА) на ГПП-9 ПАО «НЛМК». При проектировании было принято решение о переходе от электромеханической базы устройств к микропроцессорной базе, которая способна обеспечить более высокую точность измере-

ний, а также постоянство характеристик. Это значительно повышает параметры чувствительности и быстродействия защит, а также уменьшает ступени селективности [1].

В связи с этим требуется проверка корректного срабатывания новых устройств защиты с использованием карты селективности токовых защит.

Условия построения карты селективности. Для основной защиты присоединений ГПП-9 выбраны токовая отсечка (ТО) и максимальная токовая защита (МТЗ), встроенные в микропроцессорные блоки. Степень селективности принята равной 0,3 с. Отстройка токовых защит произведена от токов короткого замыкания и длительных токов перегрузки. В соответствии со значениями токов построена карта селективности, изображенная на рис. 1. Вследствие широкого диапазона значений тока была взята логарифмическая шкала тока. Участок кривой защиты от перегрузки совмещен с перпендикулярным оси тока участком МТЗ.

Анализ карты селективности. Чем ближе ступени защит к началу координат, тем они чувствительнее к токам короткого замыкания и перегрузок, возникающим на присоединениях. Таким образом, согласно карте, наиболее чувствительными являются МТЗ и ТО фидера 10 кВ секции 2-2 96 ячейки. Следовательно, при возникновении внутреннего короткого замыкания будет срабатывать ближайший вышестоящий элемент защиты. Другими словами, токовые защиты действуют селективно. А значит, вероятность отказов и неправильных срабатываний уменьшится, что положительно повлияет на надежность энергосистемы.

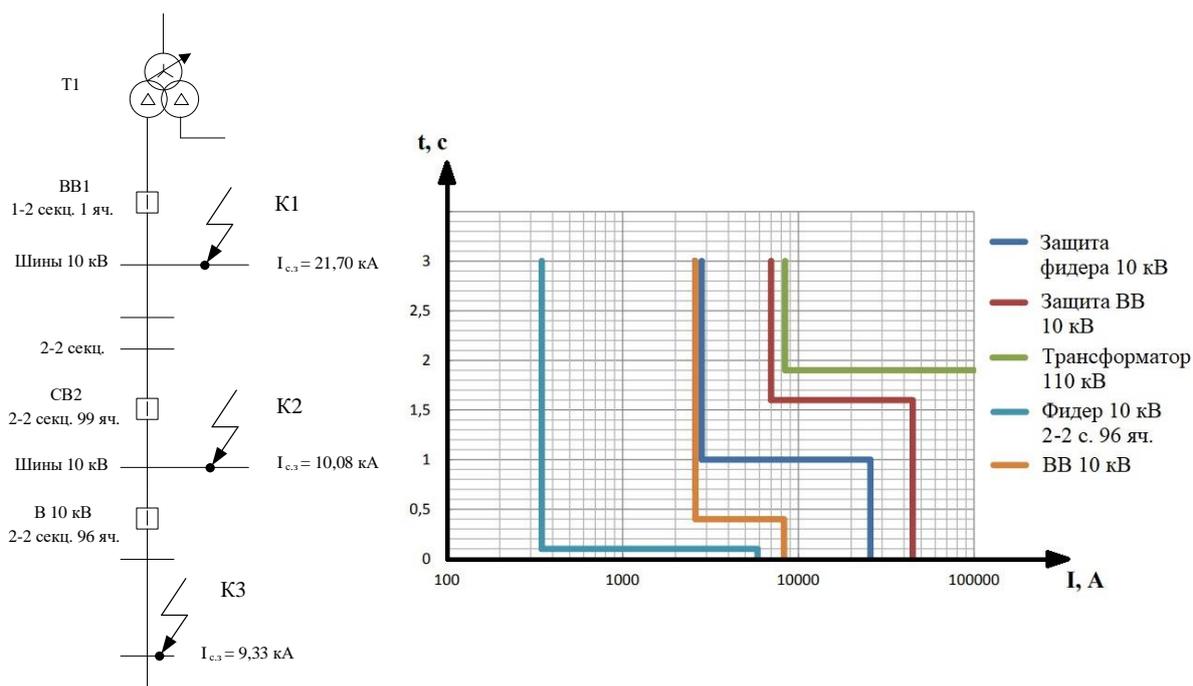


Рис. 1. Схема питания потребителя и карта селективности защит

Результаты и их обсуждение. На основании токов короткого замыкания и перегрузки с учетом выдержки времени построена карта селективности токовых защит. Анализ карты селективности показывает, что защиты согласованы между собой и условие селективности соблюдается.

Выводы. Модернизация системы РЗиА ГПП-9 ПАО «НЛМК» позволит повысить надежность электроснабжения и снизит влияние последствий повреждений на энергосистему в целом.

Библиографический список

1. Иванов, Д. М. Повышение надежности электроснабжения потребителей посредством применения современных технических решений на основе микропроцессорных терминалов с делительной автоматикой на стороне 10 кВ / Д. М. Иванов // Эпоха науки. – 2022. – № 29. – С. 40 – 45.

ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ СИСТЕМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

Е. М. Николукина, К. С. Сайфуллозода

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: nikolykina@mail.ru; sqiyom@bk.ru)*

Системы телекоммуникации играют важную роль, обеспечивая системами связи, передачи данных большой поток пользователей. На сегодняшний момент большой объем потребления приходится на образовательные учреждения, так как обучающиеся, сотрудники и персонал подключены к цифровым технологиям. Высокая значимость ставит и первоочередной вопрос о энергопотреблении и повышении энергетической эффективности использования цифровых систем.

Одним из важнейших путей повышения энергетической эффективности телекоммуникации является обеспечение требуемого качества связи. По данным, приведенным в статистическом сборнике «Информационное общество в Российской Федерации 2020» в части «Обеспеченность персональными компьютерами, используемыми в учебных целях, в образовательных организациях» на долю образовательных организаций высшего образования (единиц в расчете на 100 студентов (обучающихся) приходится 25 персональных компьютеров с доступом к сети Интернет, что почти в равном соотношении по сравнению с предыдущими годами.



Рис. 1. Обеспеченность персональными компьютерами, используемыми в учебных целях, в образовательных организациях (единиц в расчете на 100 студентов (обучающихся))

По более уточненным данным, приведенным в статистическом сборнике, на долю обеспеченности персональными компьютерами с доступом в сеть Интернет в Тамбовской области (единиц в расчете на 100 студентов) имеют 13 студентов (табл. 1).

1. Обеспеченность персональными компьютерами, используемыми в учебных целях, в профессиональных образовательных организациях в субъектах Российской Федерации (единиц в расчете на 100 студентов)

	Персональные компьютеры			В том числе с доступом к сети Интернет		
	2015	2018	2019	2015	2018	2019
Тамбовская область	17	16	16	9	13	13

Из вышеприведенных данных следует, что значимость в работе персональных компьютеров не будет уменьшаться и с развитием информационных технологий будет только увеличиваться. Одними из драйверов роста потребления, по данным исследования, являются молодые и активные пользователи интернета.

Рост потребления увеличивает нагрузку на системы электроснабжения. Максимальная нагрузка в системах электроснабжения приводит к износу электрооборудования и возможным перебоям в питании. Для решения данного вопроса необходима разработка систем автоматизированного управления системами электроснабжения для оборудования телекоммуникации, которые позволят прогнозировать и предотвращать возможные перегрузки за счет поддержания на необходимом уровне эксплуатационных характеристик системы, ее элементов, технических средств и комплексов связи, наиболее рационального использования их возможностей.

Библиографический список

1. Информационное общество в Российской Федерации. 2020: статистический сборник [Электронный ресурс] / Федеральная служба государственной статистики; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : НИУ ВШЭ, 2020.
2. Иванов, В. Г. Автоматизированные системы управления связью / В. Г. Иванов, Д. Д. Корякин, С. А. Панихидников // Тр. учебных заведений связи. 2016. № 4. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannyye-sistemy-upravleniya-svyazyu> (дата обращения: 09.10.2022).
3. Калинин, В. Ф. Надежность систем электроснабжения : учебное пособие / В. Ф. Калинин, А. В. Кобелев, С. В. Кочергин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 81 с.

КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

А. Ю. Петрукович, В. И. Зацепина

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия
(e-mail: sasha.petrukovich@gmail.com)*

Введение. Важной задачей в электрических сетях является уменьшение потерь электроэнергии. Из-за реактивной мощности появляются дополнительные потери активной мощности и напряжения, что напрямую ведет к увеличению денежных затрат. Поэтому на этапе проектирования необходимо принять во внимание наличие реактивной мощности и осуществить меры для оптимизации значения данного параметра. Возможным вариантом энергосбережения является компенсация реактивной мощности (КРМ).

Цель: провести анализ способов увеличения эффективности регулирования напряжения в распределительных сетях промышленных предприятий.

Задачи: изучить способы уменьшения потерь электрической энергии, выявить плюсы оборудования для компенсации реактивной мощности.

Теоретическая часть. Реактивная мощность – та доля полной мощности, которая идет на поддержание электромагнитных процессов в нагрузках, имеющих индуктивную и емкостную реактивные составляющие [1].

Для компенсации реактивной мощности индуктивной нагрузки подбирают определенной емкости конденсаторы, в итоге потребляемая непосредственно от сети реактивная мощность снижается, так как она потребляется теперь от конденсатора. Вследствие чего коэффициент мощности потребителя повышается [2].

Есть три основных способа компенсации реактивной мощности: централизованный, индивидуальный и групповой.

Централизованная компенсация характеризуется тем, что конденсаторы присоединяются к главному либо групповому распределительному шкафу. Управление установкой осуществляется электронным регулятором, который отвечает за включение или выключение конденсаторов, а также анализирует потребление энергии от сети.

Индивидуальная компенсация характеризуется компенсацией реактивной мощности на участке ее возникновения, что позволяет разгрузить питающие линии.

Групповая компенсация состоит в том, что подключается общий постоянный конденсатор для нескольких параллельно работающих индивидуальных потребителей [3].

Результаты. Проблема по увеличению эффективности регулирования напряжения в распределительных сетях промышленных предприятий решается благодаря трем основным способам, в связи с чем уровень напряжения в системе приближается к оптимальному значению, вследствие этого будет достигнуто уменьшение потерь электрической энергии, если будет достигнуто соблюдение норм ее качества.

Применение конденсаторных установок позволяет:

- разгрузить питающие линии электропередачи, трансформаторы и распределительные устройства;
- снизить расходы на оплату электроэнергии;
- сделать распределительные сети более надежными и экономичными.

Выводы. Конденсаторные установки дают возможность эффективной работы изменения реактивной мощности нагрузки в электросети промышленного предприятия и регулирование коэффициента мощности до положенных значений. В итоге снижается загрузка трансформаторов, обеспечивается питание по кабелю меньшего сечения, появляется возможность введения дополнительной нагрузки за счет разгрузки сети, понижается вероятность просадки напряжения для удаленных потребителей, а также исключается возникновение перенапряжения. Таким образом, можно сделать вывод, что в настоящее время применение установок компенсации реактивной мощности является неотъемлемой частью процесса передачи электроэнергии.

Библиографический список

1. Идельчик, В. И. Электрические системы и сети : учебник для вузов / В. И. Идельчик. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.
2. Железко, Ю. С. Компенсация реактивной мощности в сложных электрических системах / Ю. С. Железко. – М. Энергоиздат, 1981. – 200 с.
3. Способы и средства компенсации реактивной мощности [Электронный ресурс]. – URL : <https://chint-electric.ru/reactive-power-compensation-devices>

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЭП

Н. Ж. Санксарян, В. И. Зацепина

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия
(e-mail: Nikita.s.2000@yandex.ru)*

Введение. Целью данной работы является обзор существующих способов увеличения пропускной способности с выбором наиболее перспективного из них с его изучением. Актуальность данной темы обуславливается тем, что в настоящее время все больше и больше растут потребности потребителей электроэнергии в объемах ее поставки. Таким образом, перед нами встают следующие задачи: описание проблемы увеличения пропускной способности ЛЭП; поиск и анализ методов, позволяющих повысить пропускную способность; формулировка предложения по итогам анализа.

Основная часть. Под пропускной способностью понимают, долю активной составляющей электроэнергии, которую может пропустить через себя ЛЭП с учетом различных особенностей передачи электроэнергии. Пропускная способность может зависеть от следующих факторов: значение напряжения в начале и конце линии электропередачи; доля реактивной составляющей электроэнергии.

Способами решения проблемы увеличения пропускной способности принято считать применение следующих мер: постройка новых линий электропередач с проводами увеличенного сечения; строительство дополнительных ЛЭП, стоящих параллельно уже существующим; повышение напряжения питающей сети. Стоит отметить, что все перечисленные меры имеют ряд существенных недостатков (применение проводов с увеличенным сечением повлечет за собой большую нагрузку на опоры ВЛ, что негативно скажется на их характеристиках; недостатком строительства дополнительных линий будут являться большие капиталовложения и т.п.) [1].

На данный момент времени для увеличения пропускной способности ЛЭП применяется ряд современных методов, не имеющих вышеописанных недостатков. К таким методам можно отнести: применение новых высокотемпературных проводов; установка композитных опор ЛЭП; использование различных компенсирующих устройств [2].

Рассмотрим подробнее метод применения высокотемпературных проводов типа AERO-Z. Провода данного типа имеют в своем строении токопроводящие жилы Z-образного типа. Решение использовать жилы подобного типа способствует следующему: улучшенному заполнению провода; плотному примыканию токопроводящих жил друг к другу, вследствие чего происходит уменьшение электрических потерь на 10 – 15%; созданию практически гладкой поверхности, благодаря которой уменьшается коэффициент аэродинамического сопротивления на 20 – 25% и, как следствие, уменьшается ветровое давление на провод. Сравнительная характеристика проводов представлена в табл. 1. В доказательство преимуществ при использовании таких проводов можно привести пример постройки ВЛ 110 кВ на 65 км между подстанциями Сочинского района Шепси и Дагомыс. Применение проводов типа AERO-Z позволило увеличить пропускную способность линии с 64 МВА до 113 МВА [3].

1. Сравнительная характеристика

Марка	Диаметр, мм	Сечение, мм ²	Сопротивление, Ом/км	Разрывное усилие, кг	Масса, кг/км
АС 240/56	22,4	241	0,12182	9778	1106
AERO-Z 346-2Z	22,4	345	0,0974	11132	958

Вывод. Применение компактных высокотемпературных проводов позволит уменьшить нагрузку на опоры ЛЭП, а также существенно повысить значение передаваемой электроэнергии.

Библиографический список

1. Положение ОАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе. – М., 2017.
2. Колосов, С. В. Повышение пропускной способности ВЛ: анализ технических решений / С. В. Колосов, С. В. Рыжов, В. Е. Сюксин // Энергетическая стратегия. – 2013. – № 1. – С. 40 – 45.
3. Чеканова, М. А. Увеличение пропускной способности ЛЭП путем использования проводов нового поколения / М. А. Чеканова // Образование, наука, производство. – 2015. – № 7. – С. 3143 – 3148.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИНВЕРТОРОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

К. В. Селиванов, А. Т. Мадаминов, В. В. Прядильщиков

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: Selivanov_kv@mail.ru)*

Инвертор представляет собой устройство, позволяющее преобразовывать постоянный ток, полученный от солнечных батарей, в переменный ток [1].

В зависимости от способов использования инверторы можно разделить на три основных типа:

- Автономные – не подключенные к внешней электрической сети;
- Сетевые – работающие синхронно с централизованной сетью электроснабжения;
- Гибридные – совмещающие свойства автономных и сетевых устройств [2, 3].

По типу выходного сигнала инверторы бывают (рис. 1):

- Инверторы с чистым синусоидальным выходным сигналом;
- Инверторы, генерирующие квазисинусоидальный (модифицированный синусоидальный) выходной сигнал или меандр [2, 3].

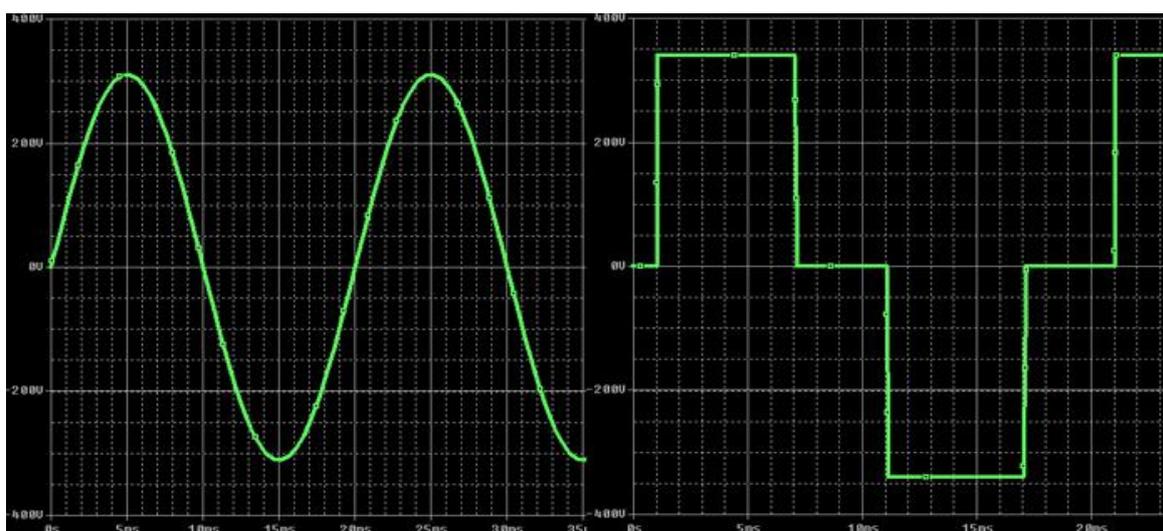


Рис. 1. Форма сигнала инвертора – синусоидальная (слева), модифицированный синус (справа)

По мощности нагрузки инверторы делятся:

- 12 В для потребителей с нагрузкой менее 600 Вт;
- 24 В подходит для 600 – 1,5 кВт;
- 48 В – свыше 1,5 кВт [2, 3].

На рисунке 2 приведено разнообразие инверторов, исходя из которого можно сделать вывод о том, что при выборе инвертора при организации системы с ВИЭ нужно руководствоваться конкретными характеристиками электрической сети.

Эффективность работы всего электроэнергетического комплекса на базе ВИЭ зависит от правильности выбора модели и типа инвертора, качества и его грамотной интеграции в общую электросистему.



Рис. 2. Классификация инверторов для систем с ВИЭ

Отдельные результаты получены в проекте «ПРИОР/СН/НУ/22/СП2/5» по Программе развития МГТУ им. Н. Э. Баумана в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

Библиографический список

1. K. V. Selivanov, A. I. Vlasov, V. A. Shakhnov Analysis of factors affecting the capacity of LI-ION rechargeable batteries at low temperatures // Journal of Physics: Conference Series. Conference on Applied Physics, Information Technologies and Engineering. (APITECH-II-2020). V.1679. N022053. – URL : <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1679/2/022053>
2. D. Geibel, T. Degner, C. Hardt, M. Antchev and A. Krusteva, "Improvement of Power Quality and Reliability with multifunctional PV-inverters in distributed energy systems," 2009 10th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation, 2009, pp. 1-6/
3. K. V. Selivanov Development Trend of Electrification and Small-Scale Power Generation Sector in Russia / K. V. Selivanov // Lecture Notes in Electrical Engineering. – 2020. – Vol. 641 LNEE. – P. 409 – 416.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТА КВАНТОВЫХ ТОЧЕК В СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЯХ

К. В. Селиванов, А. П. Радчук, И. О. Яковлев

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: Selivanov_kv@mail.ru)*

Квантовые точки (КТ) – это нанокристаллы полупроводниковых материалов размером 2 – 10 нм. Благодаря своим небольшим размерам КТ проявляют электрические и оптические свойства, а также эффект квантового удержания, который обеспечивает уникальное поведение квантовых точек при воздействии света.

Квантовые точки подобно атомам могут излучать свет за счет перехода электрона с одного квантового уровня энергии на другой. Но, в отличие от атомов, где цвет излучаемого света зависит от материала атомов, в КТ свет получается разного цвета в зависимости от размера точек, что, в свою очередь, определяет ширину запрещенной зоны [1]. То есть самые большие квантовые точки производят самые длинные волны, что означает излучение красного света, а самые маленькие – самые маленькие волны, что означает излучение синего света (рис. 1). Однако свойства КТ зависят не только от ее размеров, но и от формы, структуры и состава.

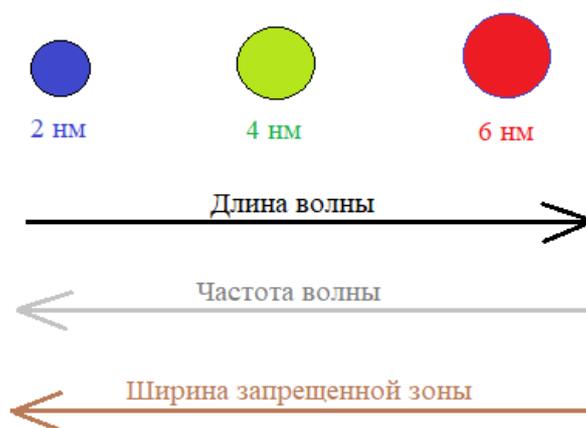


Рис. 1. Взаимосвязь размера КТ, длины волны, частоты, цвета излучения и ширины запрещенной зоны

Применение квантовых точек разнообразно. КТ оказались очень полезными в качестве энергосберегающих, производящих электроэнергию элементов в солнечных батареях. Использование квантовых точек в многослойных солнечных панелях позволяет добиться эффективного поглощения сразу нескольких различных частей спектра солнечного излучения.

В традиционном солнечном элементе фотоны солнечного света выбивают электроны из полупроводника в цепь, вырабатывая полезную электроэнергию, но эффективность этого процесса довольно низкая. Квантовые точки производят больше электронов (или дырок) на каждый попадающий на них фотон, что обеспечивает повышение эффективности примерно на 10% по сравнению с обычными полупроводниками. Изменяя размеры нанокристаллов можно варьировать эффективностью «производства энергии» [2].

У технологии внедрения КТ в солнечные батареи есть потенциал для дальнейшего развития. При исследованиях и испытаниях можно достигнуть более высокой эффективности данной технологии, а также уменьшить стоимость солнечных батарей [3].

Библиографический список

1. Frantsuzov P. A., Volkan-Kacso S., Janko B. Model of fluorescence intermittency of single colloidal semiconductor quantum dots using multiple recombination centers // *Phys Rev Lett.* – 2009. – V. 103, № 20. – P. 207402.
2. Nozik A. J. (2002) Quantum Dot Super Solar Cells. *Physics E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures*, 14 (1–2), 115–120. – URL : [https://doi.org/10.1016/s1386-9477\(02\)00374-0](https://doi.org/10.1016/s1386-9477(02)00374-0).
3. Kirill V. Selivanov, Vadim A. Shakhnov. Analysis of Development Trends of Power Industry Market for Power Consumption Purposes. *DEFIN-2021: IV International Scientific and Practical Conference* March 2021 Article No.: 38 Pages 1–6. – URL : <https://doi.org/10.1145/3487757.3490878>

ВИДЫ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

К. В. Селиванов, А. И. Сусликов

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: selivanov_kv@mail.ru)*

Впервые солнечные батареи (СБ) на основе кремния для получения электрического тока были предложены сотрудниками «BellLaboratories» в 1948 году. Первые солнечные батареи имели 6% КПД.

СБ первого поколения производятся на основе моно и поли кремния, и с момента изобретения их КПД увеличился в несколько раз. Сейчас они занимают более 85% рынка. Их производство стоит достаточно дорого, но методика их производства хорошо отработана (рис. 1) [1 – 3].

Второе поколение СБ не имело явного преимущества перед первым, но отличалось новым функционалом (гибкие СБ), что расширило область применения [3].

Третье поколение СБ включает в себя новейшие технологии, направленные на превышение предела теоретической эффективности элемента с одним р-п-переходом (от 31 до 41%). В данный момент разрабатываются методы производства, которые позволят широко применять новые типы СБ. Особенностью последнего поколения стало то, что при создании панелей новые материалы можно использовать как вместе со старыми, повышая общий КПД за счет увеличения поглощаемого спектра, так и отдельно, причем функциональная область их применения может быть даже выше, чем у батарей второго поколения (нанесение СБ в виде жидкости на поверхности).

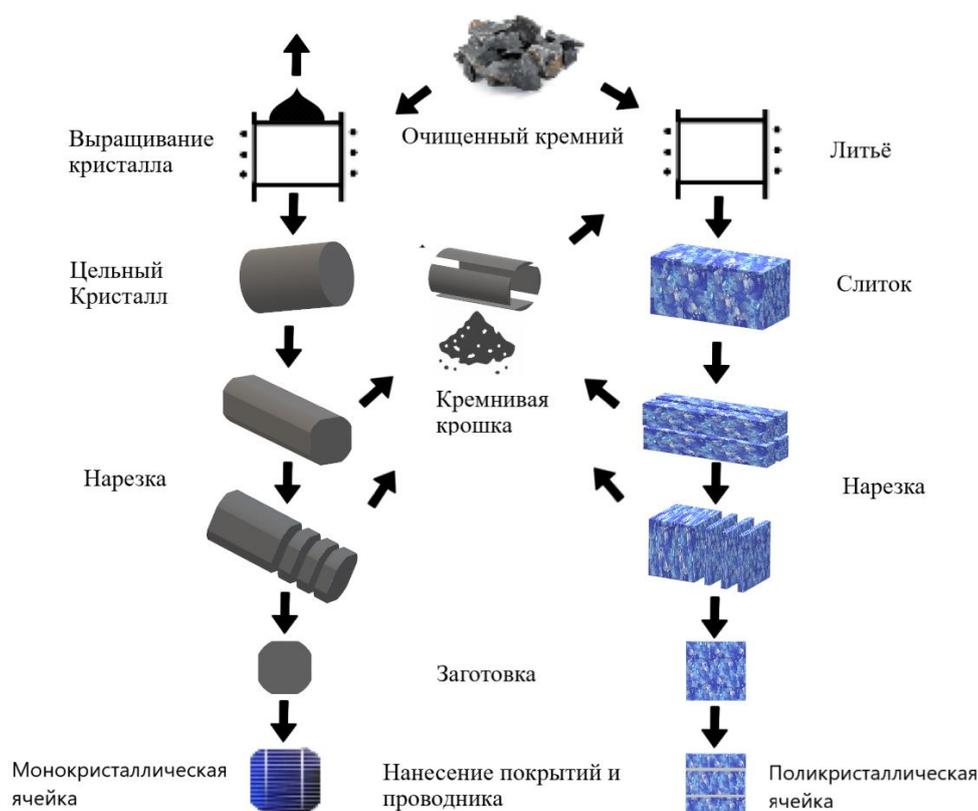


Рис. 1. Этапы производства кремниевых СБ первого поколения

В настоящий момент продолжают исследования новых методов генерации энергии и доработка старых технологий. Множество компаний по всему миру ежегодно улучшали КПД каждого типа СБ. Также отработывались технологии производства для достижения максимальных результатов при наименьших затратах. В результате этого СБ первого поколения актуальны до сих пор и прочно занимают лидирующие позиции на рынке СБ. Технология их производства достаточно проста, а КПД достаточно высок для применения этого типа батарей в задачах, требующих высокую эффективность. В будущем СБ третьего поколения, состоящих из нескольких типов энергогенерирующих элементов смогут конкурировать в плане максимальной эффективности, но будут менее эффективны в экономическом плане [4].

Результатом нашего исследования стала классификация видов(поколений) СБ, проведенный анализ над которой показал, что постоянно разрабатываются новые и улучшаются старые методы генерации электроэнергии СБ. Это дает нам право предположить, что в дальнейшем будут созданы новые типы СБ, но продолжится производство старых моделей. Можно предположить, что четвертое поколение будет иметь еще более широкое функциональное применение [5].

Отдельные результаты получены в рамках стипендиальной программы Президента РФ молодым ученым и аспирантам № СП-4607.2021.1

Библиографический список

1. Fonash, S. J., Solar cell device physics 2-е изд./ Stephen J. Fonash. – Includes bibliographical references and index.
2. Селиванов, К. В. Автоматическое позиционирование панели солнечных батарей и слежение за направлением максимального потока света / К. В. Селиванов // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Серия Приборостроение. – 2021. – № 2(135). – С. 115 – 132.
3. Модель элемента солнечной батареи типа CIGS/ М. Р. Гарифулина, А. И. Власов, В. В. Макачук, Н. Адамовик // Инженерный вестник – 2012. – № 8.
4. “Best Research Cell Efficiency Chart”. National Renewable Energy Laboratory. National Renewable Energy Laboratory. – URL : <https://www.nrel.gov/pv/assets/pdfs/best-research-cell-efficiencies-rev220630.pdf>
5. Kirill V. Selivanov, Vadim A. Shakhnov. Analysis of Development Trends of Power Industry Market for Power Consumption Purposes. DEFIN-2021: IV International Scientific and Practical Conference. March 2021. – No. 38. – P. 1 – 6. – URL : <https://doi.org/10.1145/3487757.3490878>

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, КАК БУДУЩЕЕ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

Г. Р. Соломенцев, В. И. Зацепина

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

(e-mail: wolf2071@mail.ru)

Введение. Одной из ведущих отраслей России является теплоэнергетика. Потенциал у этого направления большой, но он имеет и существенные недостатки. Природных источников топлива (газ, уголь, нефть) с каждым годом становится все меньше и меньше. Поэтому не только в России, но и во всем мире стали обращать внимание на возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Их доля в производстве электроэнергии с каждым годом возрастает. А выработка электроэнергии на ТЭС наоборот, сокращается.

Цель – убедиться, смогут ли ВИЭ обеспечить высокий уровень энергосбережения в будущем. **Задачи:** Определение актуальных проблем традиционной энергетики. Выявление достоинств и недостатков ВИЭ. Расчет анализа текущего состояния ВИЭ в России.

Теоретическая часть. Как уже говорилось выше, количество природных источников топлива сокращается. Это значит, что топливные ресурсы когда-нибудь подойдут к концу, что приведет к полной остановке производства любых видов энергии. [1]

Не стоит забывать и про экологическую составляющую. При сжигании топлива вырабатываются токсичные вещества, которые оказывают негативное влияние не только на окружающую среду, но и на организм человека.

Альтернативным способом получения энергии являются возобновляемые ресурсы (энергия ветра и солнца, геотермальная энергия). Одним из главных достоинств ВИЭ, по сравнению с полезными ископаемыми, является его экологичность. Также большим плюсом является неисчерпаемость ВИЭ. Но у возобновляемой энергетики есть значительные недостатки, которые не так и просто устранить.

Первая проблема – это дороговизна энергии при малом КПД, по сравнению с ТЭС. Вторая проблема – это учет внешних факторов (время сезона, погодные условия, время суток) при выработке энергии на ВИЭ-электростанциях. [2]

Результаты. Несмотря на все эти минусы, возобновляемая энергетика в России продолжает развиваться. Уже сейчас энергия солнца и ветра становится доступной в цене, а совокупная установленная мощность электростанций на основе ВИЭ с каждым годом возрастает [3].

Освоение всех возможностей использования возобновляемых ресурсов в России только начинается. Примером для Липецкой области является реализация проекта по использованию пеллет [4].

Выводы. Решение большинства проблем традиционной энергетики возможно, но для этого потребуются значительные затраты и проработки, как с технической, так и с экономической точки зрения. Но будущее энергетики России – это возобновляемая энергетика. Эти ресурсы более экологичны, неисчерпаемы, и их добыча становится все эффективней и эффективней каждый год. Уже сейчас в России введено в эксплуатацию около 800 МВт «зеленых» энергоустановок, в перспективе ожидается их рост до 2000 МВт [5]. Минусы довольно значительны, но рано или поздно технологический прогресс сделает возобновляемые ресурсы доступными.

Библиографический список

1. Ващенко, Д.Д. Проблемы и перспективы теплоэнергетики России / Д.Д. Ващенко // Международная техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г.Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук : сб. докл. Национальной конференции с международным участием. – Белгород, 2022. – С. 123 – 128.
2. Алексеенкова, Г.С. Анализ тенденции развития энергетики России / Г.С. Алексеенкова // Федоровские чтения – 2018 : 48 Междунар. науч.-практ. конф. с элементами научной школы. – М., 2018. – С. 36 – 41.
3. Об отрасли ВИЭ [Электронный ресурс]. – URL : <https://rreda.ru/about-renewable-energy-industry>
4. Липецкая область – один из самых энергоэффективных регионов в России [Электронный ресурс]. – URL : <https://energy48.ru/news/?id=1013>
5. В Липецкой области будут генерировать электричество из солнечного света [Электронный ресурс]. – URL : <https://chr.rbc.ru/chr/freenews/610bd1b29a79473eb1662f43>

УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MICROGRID

А. А. Терехова, Б. С. Дмитриевский

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: terehova.aa@tstu.ru)*

Один из основных применяемых способов управления в электроэнергетических системах, которые работают с системой MicroGrid – это алгоритм отслеживания максимальной мощности.

Алгоритм отслеживания точки максимальной мощности (MPPT) или иногда просто отслеживание точки мощности (PPT) – это метод, используемый с переменными источниками мощности для максимального извлечения энергии при изменении условий. Этот метод чаще всего используется с фотоэлектрическими (PV) солнечными системами, но также может использоваться с ветряными турбинами, оптической передачей энергии и фотоэлектрическими термосами.

Рабочая точка не всегда остается на уровне максимальной мощности, а изменяется в зависимости от нагрузки. Таким образом, система не всегда предоставляет в нагрузку максимально доступную солнечную энергию.

Для решения этой проблемы можно использовать очень простой подход, увеличив количество модулей в системе, что превышает требуемую мощность. Тем не менее, это увеличит стоимость системы и потери энергии. Чтобы решить эту проблему, вводится революционный тип силового электронного устройства MPPT для определения максимальной рабочей точки. Система PV и Wind, которая подключается к контроллеру MPPT, может искать MPP и наилучшим образом использовать возобновляемые источники энергии. При этом фотоэлектрическая система гарантированно будет непрерывно работать с истинной MPPT. Для фотоэлектрических систем были разработаны различные алгоритмы MPPT.

Их можно разделить на традиционные методы и недавние разработки, основанные на стохастическом методе. Первая методика была разработана и показала хорошие результаты для отслеживания МРРТ при однородном солнечном излучении. Однако в условиях быстро меняющейся среды и частичного затенения обычные алгоритмы МРРТ не смогли отследить глобальный пик. Следовательно, были разработаны стохастические методы и методы искусственного интеллекта для извлечения оптимальной мощности из фотоэлектрической и ветровой системы при любых атмосферных условиях, включая частичное затенение. Важным критерием при выборе алгоритма является его способность отслеживать истинную МРРТ среди локальных пиков с учетом стоимости и скорости сходимости и для определения оптимальной рабочей точки ветроустановки, включая алгоритм МРРТ в система, имеет важное значение.

Проанализировав существующие алгоритмы МРРТ ветра можно прийти к выводу, что два описанных метода являются лучшим решением благодаря их возможностям адаптивного отслеживания и самонастройки.

На рисунке 1 представлена блок-схема автономной фотоэлектрической системы с МРРТ. Входная часть преобразователя постоянного тока образована массивом (PV, Wind), а выходная часть – батареями и нагрузкой. Роль МРРТ заключается в обеспечении работы фотоэлектрического генератора на его МЭС, отбирая максимально доступную мощность.

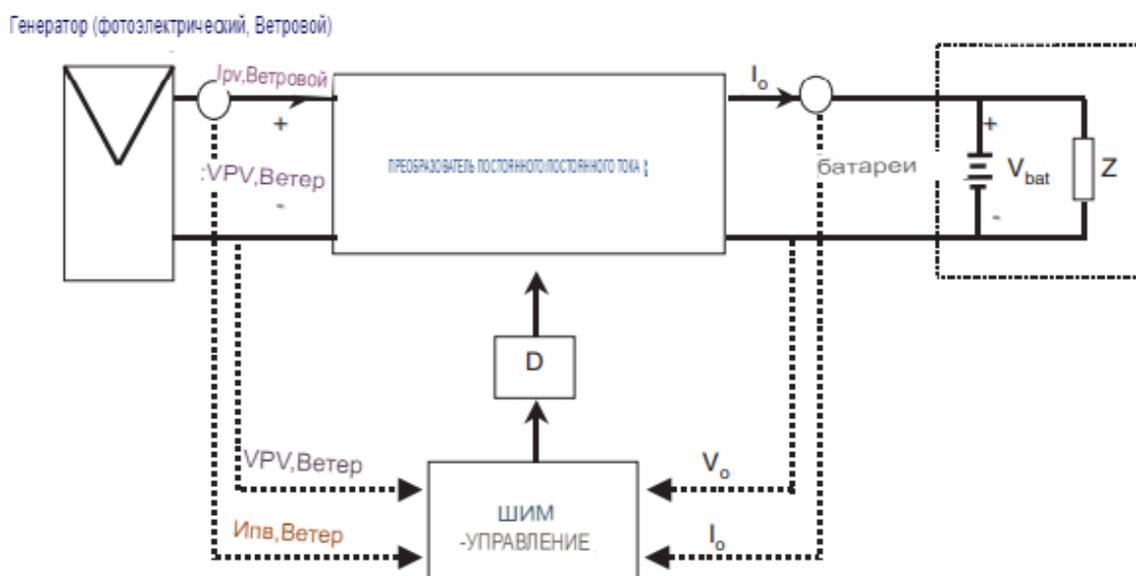


Рис. 1. Общая блок-схема автономной фотоэлектрической системы с МРРТ

Библиографический список

1. Анализ методов представления данных искусственной нейронной сети для управления электроэнергетическими системами / В. Ф. Калинин, Н. М. Зяблов, С. В. Кочергин и др. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2017. – Т. 23. – № 4. – С. 609 – 616.
2. Кобелев, А. В. Вопросы анализа и моделирования развития электроэнергетических систем / А. В. Кобелев, С. В. Кочергин, А. Н. Кагдин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – № S2(52). – С. 83 – 86.

ВЗАИМНАЯ РАБОТА УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ ПОСРЕДСТВОМ КОЛЬЦЕВОЙ ТОПОЛОГИИ

Е. Р. Трофимова, В. И. Зацепина

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия
(e-mail: r.trofimova.e@mail.ru)*

Введение. В настоящее время заводы электроэнергетической аппаратуры выпускают устройства релейной защиты и автоматики с очень гибкой настройкой и большим перечнем функций. Но возможность реализаций этих функций обязана развитию протоколов передачи данных и основанных на нем способы организации взаимной работы большого количества устройств РЗА. Целью данной работы является повысить эффективность функционирования умной сети, путем выбора оптимального решения. Рассмотрим решение кольцевой топологии Ethernet.

Основная часть. Самовосстанавливающаяся кольцевая топология Ethernet представляет собой экономически целесообразную кольцевую сеть связи, управляемую сетевым коммутатором с созданием поддержки протокола (RSTP). Управляемый сетевой коммутатор контролирует непрерывность контура, направляет данные и корректирует поток данных в случае нарушения связи. Интеллектуальные устройства в кольцевой топологии выполняют роль неуправляемых сетевых коммутаторов, направляющих независимые потоки данных. Кольцевая топология сети Ethernet поддерживает подключение большого количества устройств РЗА, в большинстве случаев это 30 устройств. Если необходимо подключить свыше 30 устройств, рекомендуется разделить сеть на несколько кольцевых сетей. На рисунке 1 покажем схематичное изображение самовосстанавливающейся кольцевой топологии Ethernet. Решение с самовосстанавливающейся кольцевой топологией Ethernet позволяет избежать проблем с единственной точкой отказа (компонент, отказ которого приводит к отказу всей системы), а также повышает надежность связи. В современных устройствах РЗ все коммуникационные разъемы размещаются во встроенных модулях связи. Устройства РЗА можно подключать к системам связи, работающим по протоколу Ethernet, с помощью специального разъема или волоконно-оптического разъема.

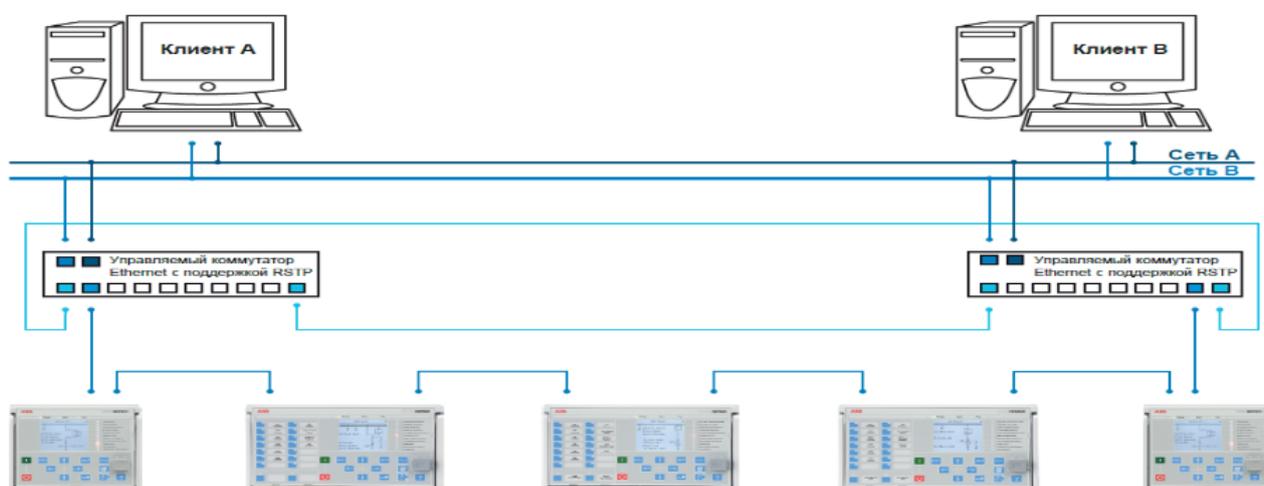


Рис. 1. Самовосстанавливающаяся кольцевая топология Ethernet

Реализация на основе протокола Modbus поддерживает режимы RTU, ASCII и TCP. Помимо стандартных функциональных возможностей Modbus, устройства поддерживают следующие функции: выгрузка событий с метками времени, изменение активной группы уставок, выгрузка файлов регистратора аварийных событий. Если используется подключение Modbus TCP, к устройству могут быть подключены одновременно пять клиентов. Кроме того, Modbus последовательный и Modbus TCP могут использоваться параллельно, и, если требуется, МЭК 61850 и Modbus могут работать одновременно.

Заключение. Выбор оптимального решения по организации взаимной работы устройств РЗА играет важную роль при реализации концепции умных сетей. Кольцевая топология Ethernet в свою очередь удовлетворяет всем современным требованиям и ее применение способствует повышению эффективности функционирования интеллектуальных сетей.

Библиографический список

1. Богдан, Е. Н. Цифровая подстанция как одна из единиц современной электроэнергетики / Е. Н. Богдан, А. В. Масленников / Научные исследования молодых ученых. – 2020. – № 1. – С. 79 – 82.
2. Цифровые подстанции. Опыт реализации / Л. Р. Куш, Н. Р. Горбунова, И. В. Бондарев, В. В. Цыпик // Наука, образование и культура. – 2018. – № 1. – С. 9 – 11.

ГРОЗОПОРАЖАЕМОСТЬ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ И ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК НА ПОДСТАНЦИЯХ ИЗ-ЗА ПАССИВНОЙ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

Е. К. Хатунцев, В. И. Зацепина

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия
(e-mail: evgenyhatuntzev@yandex.ru)*

Введение. Электрооборудование на подстанциях, а также линии электропередач подвержены воздействию атмосферным перенапряжениям из-за прямых ударов молний или индуктивным влиянием близких грозových разрядов. В зависимости от города, среднеквадратичная продолжительность гроз может достигать 100 и более часов. Задачей в работе выступает необходимость модернизация защит на всех подстанциях, независимо от атмосферного региона.

Анализ методов защит на подстанции. По принципу действия молния индуцирует перенапряжение, которое создает бегущий импульс тока и напряжения, распространяющегося по линии подобно импульсам, вызванных прямыми ударами молнии в ЛЭП. Для каждого случая были реализованы различные виды защиты. В нашем случае необходимо рассмотреть два типа защит: активная и пассивная [1]. Особенность активного молниеотвода заключается в его зоне защиты, которая покрывает всю площадь подстанции, имея всего три молниеотвода, как представлено на рис. 1.

Если рассматривать зону защиты у пассивного молниеотвода, то тут даже при наличии 4 молниеотводов наблюдается неспособность качественно обеспечить защиту. На рисунке два мы наблюдаем зону защиты с использованием 4 молниеотводов, синим отображены участки, которые подвержены прямому попаданию молнии из-за пассивной молниезащиты.

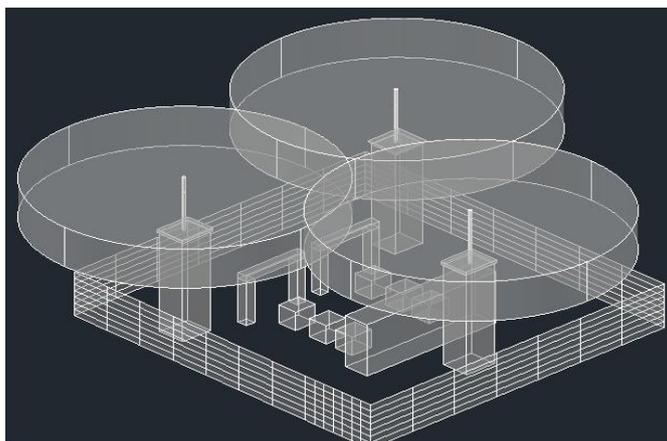


Рис. 1. Зоны защиты активных молниеотводов

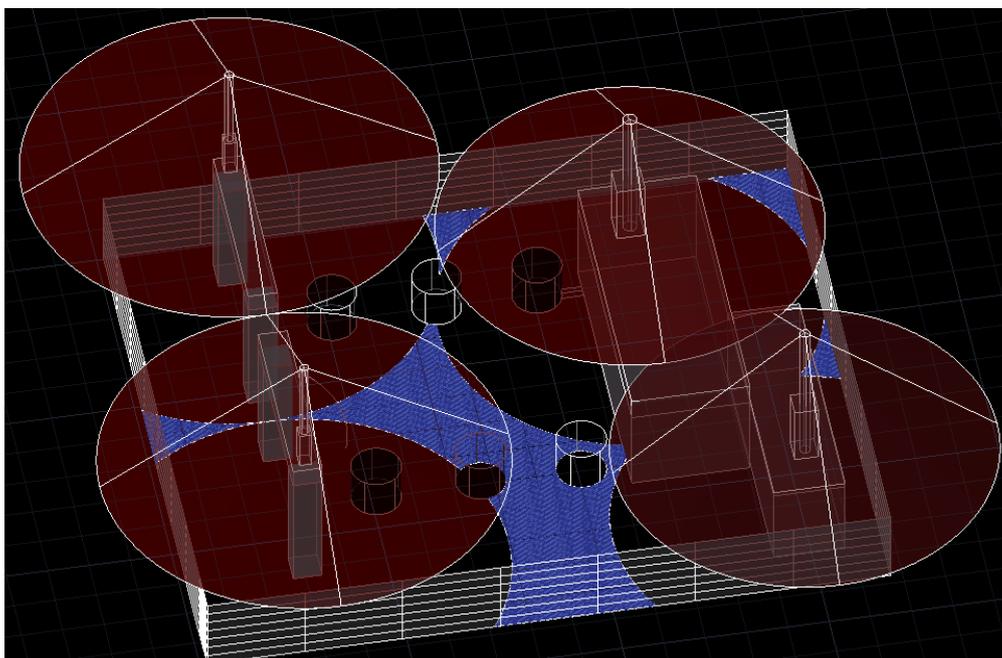


Рис. 2. Зоны защиты пассивных молниеотводов

Остальные особенности и недостатки представлены в табл. 1.

1. Сравнение двух типов защит

Тип молниеотвода	Зона безопасности	Зона защиты	Количество токоотводов и заземлителей	Стоимость	Монтаж
Стержневой молниеотвод (пассивный)	Зона безопасности в 2 раза меньше	Зона защиты в 3-4 раза меньше	От одного до двух	От 70 000 руб.	От 7 до 11 дней
Активный молниеотвод	Зона безопасности в 4 раза больше	Зона защиты в 8-9 раз больше	От двух и больше	От 100 000 руб.	1-2 дня

Вывод. Переход от пассивной молниезащиты к активной способствует обеспечению надежной защите линий электропередач и электроустановок на подстанциях, а также позволит сократить как потери электроэнергии, так и позволит экономить средства на ремонт оборудования.

Библиографический список

1. Руководство по защите электрических сетей 6 – 1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений / под науч. ред. Н. Н. Тиходеева. – СПб. : ПЭИПК Минтопэнерго РФ, 1999.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОЙ КОМПАНИИ

Т. И. Чернышова, М. А. Каменская, С. В. Артемова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия,

МИРЭА-Российский технологический университет, Москва, Россия

(e-mail: Art_mari@bk.ru)

В основе информационно-измерительных систем (ИИС) в электроэнергетике лежит системная организация совместной автоматической работы средств сбора, обработки, хранения, передачи количественной информации. Современная информационная система контроля оборудования электросетевых комплексов представляет собой иерархически построенную ИИС, необходимую оперативно-техническому персоналу для принятия решений по контролю и управлению связанными электрической сетью (ЭС) энергообъектами. Структурная схема ИИС центра управления электрических сетей региональной сетевой компании представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структура ИИС «Россети Центр Тамбовэнерго»

ПС-подстанция на 110кв и 35кв; КП-контролируемый пункт; ОИК-оперативно-информационный комплекс; ЦППС-центральная приемопередающая станция; ДЩ-диспетчерский щит; ПУ-пункт управления; ДП РЭС-диспетчерский пункт района электрических сетей; АСОТУ-автоматизированная система оперативно-технологического управления; ТМ-телемеханика.

Метрологическая надежность информационно-измерительных систем электросетевой компании (ЭК) является основной характеристикой качества таких систем. Для количественной оценки метрологической надежности ИИС ЭК используются два показателя: вероятность сохранения метрологической исправности и метрологический ресурс [1]. Вероятность сохранения метрологической исправности определяется при решении задачи прямого прогнозирования. Данный показатель характеризуется соответствием метрологических характеристик ИИС ЭС допустимым значениям в произвольный момент времени $P_{испр}(t)$. При решении задачи обратного прогнозирования рассчитывается метрологический ресурс, представляющий оценку времени работы исследуемых ИИС без метрологических отказов.

Для оперативного расчета характеристик качества ИИС на этапе их проектирования была создана информационно-аналитическая система оценки метрологической надежности ИИС ЭС, позволяющая на основе внесенных в базу данных наиболее распространенных элементов, проводить расчет математических моделей изменения параметров элементной базы измерительных средств (ИС), входящих в ИИС ЭС, математических моделей функционирования ИС, на основе полученных зависимостей проводится построение математической модели метрологической характеристики исследуемого ИС в зависимости от параметров элементной базы. Отображение в графическом виде данного вида моделей позволяет наглядно отразить значение метрологического ресурса исследуемых измерительных средств, входящего в структуру ИИС электрических сетей.

Информационно-аналитическая система на основе полученных математических моделей изменения во времени метрологических характеристик ИС дает рекомендации по метрологическому обслуживанию на этапе предстоящей эксплуатации. Информационно-аналитическая система реализует алгоритмы расчета величины межповерочных интервалов, а также необходимого числа измерений исследуемых характеристик при проведении проверок.

Применение информационно-аналитической системы для оценки вероятности метрологической исправности и метрологического ресурса как главных количественных показателей метрологической надежности информационно-измерительных систем электросетевой компании дает возможность повысить оперативность принятия решений по проектированию таких систем более чем в 20 раз по сравнению с традиционными методами оценки качества разрабатываемых измерительных средств.

Библиографический список

1. Чернышова, Т. И. Методы и информационно-измерительные системы неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов и изделий : монография / Т. И. Чернышова, В. Н. Чернышов. – СПб. : Экспертные решения, 2016. – 384 с.

НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ С ДОБАВКАМИ МИКРОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ МЕДИ

А. В. Щегольков¹, Н. В. Земцова¹, В. А. Кобелева², А. В. Кобелев¹

¹*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия,*

²*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),*

Москва, Россия

(e-mail: energynano@yandex.ru, natasha_paramonova_68@mail.ru,

viktoriakobeleva2018@yandex.ru, kobelev77@rambler.ru)

Повышение энергоэффективности является важной научно-технической задачей, которая ставится в рамках разработки новых технических систем и функциональных материалов. Достижение высоких показателей энергоэффективности и получение функциональных свойств для различных типов материалов возможно путем использования нанотехнологий [1].

Эффективной полимерной матрицей для электронагревателей на основе углеродных наноструктур являются эластомеры, которые обладают гибкостью и легко формуются [2]. Важное практическое значение имеют нагреватели с эффектом саморегулирования температуры, особенно это касается технологических аспектов создания антиобледенительных материалов [3].

Разработанный нагревательный элемент на основе эластомера с добавками МУНТ [3] может быть улучшен с помощью дополнительных добавок микроструктурной меди.

Для материала нагревателя на основе эластомера с добавками МУНТ и микроразмерной меди (5 мас. %) представлено распределение температурного поля и структурные особенности (рис. 1 (а, б)).

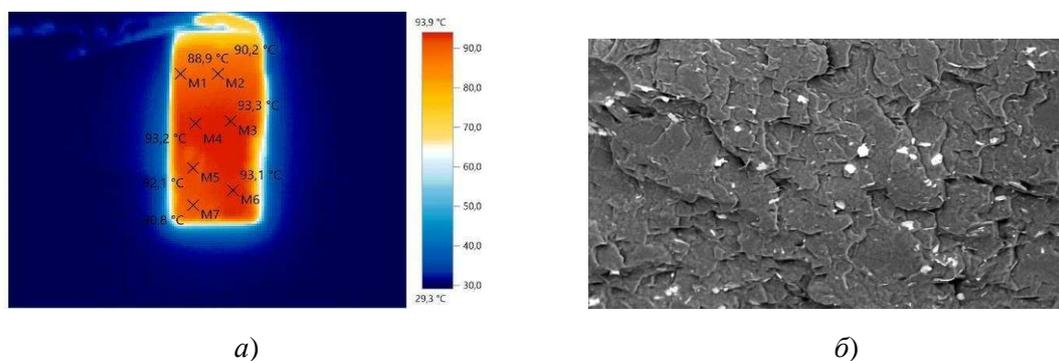


Рис. 1. Электронагреватель на основе эластомера с добавками МУНТ и микроразмерной меди:
а – температурное поле нагревателя; *б* – характер распределения меди

Измерение теплопроводности и температуропроводности для образцов с медью (Cu) представлено в табл. 1, а параметры образца нагревателя с массовой концентрацией меди 5 мас. % – в табл. 2.

Таким образом, материал нагревателя на основе эластомера с добавками МУНТ и микроразмерной меди обладает хорошими энергетическими параметрами и обеспечивает достижение температурного режима равного 98,1 °С при значении напряжения 25,3 В. При этом добавки микроразмерной меди обеспечивают улучшение теплопроводности с 0,3 до 0,384 Вт/(м°С) и температуропроводности с 1,151 E-06 до 7,634 E-07 м²/с.

1. Измерение теплопроводности и температуропроводности для образцов с медью (Cu)

Образец 1 (Силикон + МУНТ 5% + Cu 8%)		Образец 3 (Силикон + МУНТ 3% + Cu 8%)		Образец 5 (Силикон + МУНТ 2% + Cu 8%)	
λ [Вт/(м ² С)]	a [м ² /с]	λ [Вт/(м ² С)]	a [м ² /с]	λ [Вт/(м ² С)]	a [м ² /с]
0,384	7,634 E-07	0,320	6,645 E-07	0,300	1,151 E-06

2. Параметры образца нагревателя при различном напряжении

№ п/п	Напряжение, В	Сила тока, мкА	Температура, °С
1	10,0	17,48	38,3
2	15,8	28,48	45,2
3	20,0	49,08	65,6
4	25,3	80,24	98,1

Библиографический список

1. Wu, Z. P., Wang, J. N. Preparation of large-area double-walled carbon nanotube films and application as film heater // *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, Volume 42, Issue 1, Pages 77-81 (2009).

2. Щегольков, А. В. Исследование тепловыделений в наномодифицированных эластомерах при растяжении и кручении под действием электрического напряжения / А. В. Щегольков, А. В. Щегольков, Н. В. Земцова // *Frontier Materials & Technologies*. – 2022. – № 2. – С. 121 – 132.

3. Щегольков, А. В. Антиобледенительные системы на основе эластомеров, модифицированных углеродными наноструктурами, с эффектом саморегулирования температуры / А. В. Щегольков, А. В. Щегольков // *Природные ресурсы Арктики и Субарктики*. – 2022. – Т. 27. – № 1. – С. 141 – 151.

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ
В ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

**ЭВОЛЮЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ**

А. А. Адамова

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: arinaadamova75@gmail.com)*

Современное производство развивается в условиях сквозной цифровизации, которые направлены на повышение общего качества проектирования продуктов и производственных систем. Внедрение цифровых сервисов позволяет лучше контролировать жизненный цикл продукта и предоставляет широкие возможности для прогнозирования и активного управления на самых ранних стадиях. Реализуя положения «Бережливого производства» вместе с инструментами цифровой трансформации стало возможным перейти к глобальному сокращению издержек и интенсивному обеспечению эффективности производственных систем [1].

Классические модели производственной эффективности базируются на финансовых показателях, без надлежащего внимания к техническим вопросам, непосредственно определяющим финансовые показатели. Разобщенность специалистов экономического и технического состава и относительная сложность инструментария для измерения и мониторинга технической статистики обуславливают сложности комплексной оценки эффективности современного производства. Сбор и обработка значительных объемов технологической статистики, порождаемой как оборудованием, так и производственными процессами, из потока данных в полезные знания является нетривиальной задачей [2].

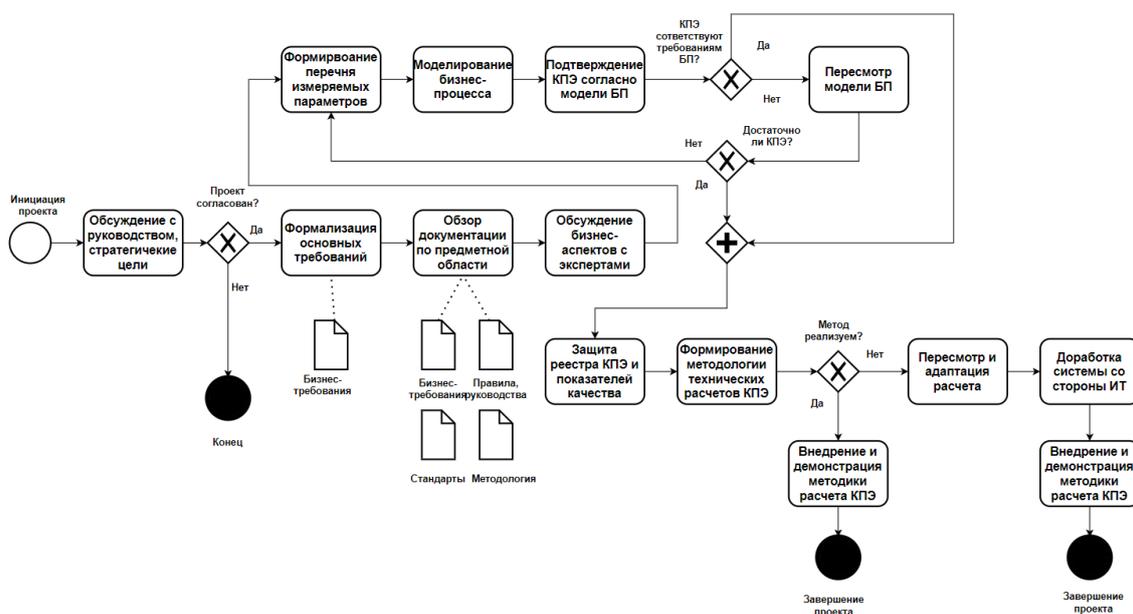


Рис. 1. Эволюционная модель показателей эффективности

Оценка эффективности производственной системы осуществляется посредством КРІ (Key Performance Indicators или ключевые показатели эффективности), которые подвергаются картированию [3]. При этом сами КРІ являются активными элементами производственной модели, они имеют свойство морфинга (изменения). На рисунке 1 представлена модель сбора, хранения и измерения, а значит и управления показателями эффективности.

В начальном шаге обсуждается необходимость внедрения современных методов оценки эффективности, формулируются видение и цели, утверждается проект.

На втором шаге происходит уточнение производственных и оформление технических требований. Формируется список участников проекта (активных элементов модели): заказчиков, методологов, экспертов и др.

Последовательность этапов, приведенных на рис. 1, формирует необходимый перечень технических КРІ, которые применяются для оценки производственного процесса.

После опытной эксплуатации и подтверждения корректности выбранных методик контроля технологичности, производительности и методов расчета показателей формируется задание на проведение мероприятий по обеспечению заданного уровня КРІ с подробным перечислением базовых элементарных измерений PI (Performance Indicator), моделей КРІ и остальных метаданных. Если текущая реализация мероприятий по обеспечению заданного уровня КРІ не позволяет добиться ожидаемого результата, то проводится корректировка модели обеспечения показателей эффективности.

Библиографический список

1. Власов, А. И. Системный анализ «Бережливого производства» инструментами визуального моделирования / А. И. Власов, Ю. М. Ганев, А. А. Карпунин // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2015. – № 4(160). – С. 19 – 24.
2. Адамов, А. П. Дифференциальные коэффициенты оценки технологичности электронных средств и их применение при структурно-функциональном моделировании производственных систем / А. П. Адамов, А. А. Адамова, А. И. Власов // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Серия Приборостроение. – 2015. – № 5(104). – С. 109 – 123.
3. Власов, А. И. Картирование потока создания ценностей в концепции «Бережливого производства» / А. И. Власов, Ю. М. Ганев, А. А. Карпунин // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2016. № 2(162). – С. 23 – 27.

ОТСЛЕЖИВАНИЕ КООРДИНАТ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕРЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ И УГЛА АЗИМУТА

В. С. Аистов, В. В. Маслина, И. А. Некрылов

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: aistov.volk-vovan@mail.ru; nekrylov.ilya@mail.ru; vika.maslina@gmail.com)*

Транспорт является важнейшим звеном в процессах экономики. Он помогает перевозить пассажиров, грузы, обеспечивает бесперебойность производства, а также своевременное получение товаров и услуг потребителями. Таким образом, количество транспорта на доро-

гах ежегодно возрастает. В связи с этим возрастает потребность отслеживания перемещения ТС для обеспечения безопасности на проезжей части. В данной статье будет рассмотрена возможность отслеживания координат для регулирования дорожного движения.

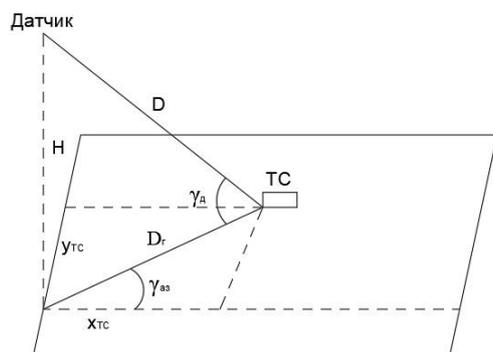


Рис. 1. Расположение датчика

Рассмотрим вариант определения координат ТС в случае, когда датчик настроен на измерение дальности до цели и угла азимута с учетом того что радиолокационный датчик установлен на высоте H и его координаты точно привязаны к наблюдаемому участку местности (рис. 1).

Для наиболее точного определения параметров требуется, чтобы погрешности измерения дальности и угла были примерно равноценны [1, 2]. Для расчета погрешности угломерного канала воспользуемся следующим алгоритмом: определим проекцию ошибки оценки наклонной дальности на плоскость примерно в центре сканируемого участка:

$$\delta D_r = \delta D \cos(\gamma_d).$$

При условии, что линейная погрешность угломерного и погрешность дальномерного каналов должны быть примерно одинаковы, т.е. $\delta D_r = \delta D_\gamma$, выражения для определения параметров антенны можно записать следующим образом:

$$\delta D_\gamma = D \delta \gamma_{\text{рад}} \Rightarrow \delta \gamma_{\text{рад}} = \frac{\delta D_\gamma}{D}.$$

Определив погрешность можно в свою очередь определить расстояние между антеннами (базу фазового измерителя d):

$$\delta \gamma_{\text{рад}} = \frac{\lambda}{\pi q d (\cos \gamma)} \Rightarrow d(\cos \gamma) = \frac{\lambda}{\pi q \delta \gamma_{\text{рад}}}.$$

Однако при заданной базе возникает неопределенность измерения угла, связанная с частотой, допустимой для радаров (порядка 24 ГГц). Для того чтобы избавиться от неопределенности было принято решение произвести модуляцию сигнала по частоте гармоническим сигналом такой длины волны, при которой неоднозначность не проявляется [3].

Вывод. Оценка угловой координаты фазовым методом по модулирующему сигналу, при наличии на ТС ответчика [4, 5] может позволить в условиях многолучевости и наличия отражений от местности определять координаты местоположения ТС на проезжей части.

Библиографический список

1. Синтез алгоритма дальномерного слежения за маневрирующим самолетом с использованием данных о его динамических и кинематических параметрах / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк, С. Н. Данилов, С. П. Москвитин // Journal of Physics: Conference Series, V. 1015, Is. 3, article id. 032111 (2018). – DOI : 10.1088/1742-6596/1015/3/032111. – URL : <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1015/3/032111/pdf>
2. Синтез канального слежения за параметрами случайных процессов при их скачкообразном изменении / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк, С. Н. Данилов, С. П. Москвитин // Journal of Physics: Conference Series. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112 (2018). – DOI : 10.1088/1742-6596/1015/3/032112. – URL : <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1015/3/032112/pdf>

3. Применение калмановской фильтрации для метода динамических весовых коэффициентов в третичной обработке информации / А. И. Рогачев, А. И. Сустин, Ю. Н. Панасюк и др. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2019. – Т. 25, № 1. – С. 47 – 52. – DOI: 10.17277/vestnik.2019.01.pp.047-052, – URL : http://vestnik.tstu.ru/rus/t_25/pdf/25_1_004.pdf

4. Данилов, С. Н. Алгоритм функционирования системы угловой коррекции наземной подвижной антенны, синтезированный на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 55 – 59.

5. Алгоритм дальномерного канала с учетом информации бортовых датчиков воздушных судов / Ю. Н. Панасюк, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, И. В. Князев // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 60 – 63.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МЕТОДА ОЦЕНКИ КООРДИНАТ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

В. С. Аистов, И. А. Некрылов, С. Н. Данилов

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: aistov.volk-vovan@mail.ru; nekrylov.ilya@mail.ru; plabz@mail.ru)*

Благодаря слежению за положением транспортного средства (ТС) на дороге, можно сказать, насколько опасно поведение водителя данного ТС. Для отслеживания углового положения предлагается использовать информационную систему измерения угловых координат наземных подвижных объектов, основанную на фазовом методе измерения. Для реализации такого метода предполагается использование радиолокационных датчиков миллиметрового диапазона. Видеокамеры позволяют выполнять многие функции систем контроля движения ТС, оценивать скорость и расстояние до впереди идущего автомобиля, осуществлять мониторинг полосы и так далее, но их надежность ограничивается погодными условиями и условиями освещения. Радарные системы позволяют обнаруживать, отслеживать объекты не зависимо от времени суток и погодных условий. Уровень развития технологии и снижение себестоимости радаров, стандартизация радиочастот для коммерческих применений (71 – 76 ГГц, 81 – 86 ГГц, 92 – 95 ГГц) обеспечили возможность массового проникновения радарной технологии на автомобильный рынок. Основные области автомобильных применений радаров – обнаружение объектов и слежение, в первую очередь для предупреждения фронтальных аварий. Радарные системы миллиметрового диапазона позволяют обнаруживать и распознавать объекты и определять расстояния в диапазоне 1 – 150 м с разрешением в 1 м, причем также могут быть относительная скорость и азимутальный угол. Радары 77 ГГц имеют апертурный угол порядка 10° .

В проведенном исследовании рассмотрена возможность отслеживания координат ТС для регулирования дорожного движения. Рассмотрены в сравнении три подхода для оценивания координат ТС на участке земной поверхности датчиком, координаты которого привязаны к этой поверхности: измерение полярных координат (дальность, азимут); измерение углов (азимутальный угол и угол места); измерение двух азимутальных углов разнесенными в пространстве датчиками (рис. 1).

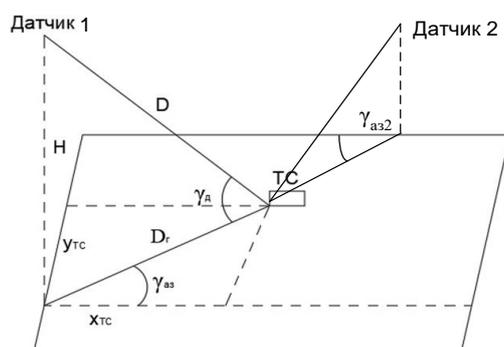


Рис. 1. Расположение датчика (датчиков)

Для наиболее точного определения угловых параметров предполагается использовать фазовые методы в сочетании с установкой на ТС транспондера.

Библиографический список

1. The monitoring channel of the random process parameters with the simplified structure in discontinuous conditions variation / S. N. Danilov, U. R. Naimov, M. P. Belyaev, A. P. Pudovkin, L. G. Varepo, Yu. N. Panasyuk, P. S. Belyaev // Journal of Physics : Conference Series. – 2020. – V. 1441, No. con. 1. – P. 012054.
2. Чернышова, Т. И. Информационная технология оценки метрологической надежности информационно-измерительных систем с учетом влияния внешних факторов / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Материалы VI Междунар. НТК студентов, молодых ученых и специалистов. – 2019. – С. 172-173.
3. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.
4. Synthesis of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк, С. Н. Данилов, С. П. Москвитин // Journal of Physics: Conference Series. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112. – P. 1.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Д. В. Акулов, Е. А. Марон, И. П. Мицул, Э. И. Табеев

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

Всем типам подвижных наземных объектов присуща задача навигации, которая заключается в обеспечении точного перемещения объекта по заданной траектории движения и точного вывода его в заданный пункт в назначенное время наивыгоднейшим для данных условий применением способом. Поэтому в составе оборудования объектов важную роль играют выделяемые в отдельный класс системы навигации. В последнее время широкое распространение получили комплексные системы навигации, под которыми понимают совокупность взаимосвязанных между собой бортовых (находящихся на подвижном наземном

объекте) и наземных (либо только бортовых или наземных) технических средств навигации, работа которых, как правило, основана на различных физических принципах и предназначенных для совместного измерения навигационных параметров (элементов) при решении определенных навигационных задач. Взаимосвязь между навигационными измерителями осуществляется с помощью вычислительной системы, находящейся на подвижном наземном объекте.

Состав измерителей навигационной информации в навигационных системах современных подвижных наземных объектах различного назначения определяется необходимостью решения конкретных навигационных задач: определения местоположения подвижного объекта; определение пространственного положения продольных осей подвижного объекта.

Одним из методов определения местоположения подвижных объектов является метод навигационного счисления пути. Этот метод предполагает оснащение транспортного средства датчиками направления (курса) и пройденного пути, по показаниям которых определяется местоположение объекта относительно фиксированных реперов, которыми могут быть определенные точки на местности, направления на объекты и т.п. Можно выделить несколько приемов для определения пройденного пути, а именно: использование электронных спидометров или одометрических датчиков пути – одометрическое счисление пути; использование инерциальных навигационных систем или акселерометров – инерциальное счисление пути; использование доплеровских измерителей скорости – доплеровское счисление пути.

Для определения курса используются следующие методы: геотехнические, основанные на использовании полей Земли, а также на учете ее собственного вращения (магнитные компасы и гирокомпасы); инерциальные, основанные на учете законов движения тел и заданных систем координат в инерциальном пространстве.

Разработка алгоритмов обработки информации в информационных системах должно осуществляться на принципах, предусматривающих: применение комплексной оптимальной обработки информации; применение методов оптимального оценивания; применение отказоустойчивых алгоритмов, основанных на контроле состояния системы и ее динамической реконфигурации.

В современных комплексных навигационных системах осуществляется совместная обработка информации нескольких измерителей, т.е. комплексирование измерителей [1 – 3]. При этом наибольшего положительного эффекта удастся достичь при объединении радиотехнических и нерадиотехнических измерителей.

При этом всегда предусматривается несколько режимов работы. Так, в системе топографического ориентирования «ТРОНА-1» имеется три режима определения навигационных параметров:

- автономный режим, при котором производится определение текущих координат объекта по информации одометрической навигационной системы;
- режим определения текущих координат объекта по информации спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС и/или NAVSTAR;
- комплексированный режим, при котором производится определение текущих координат объекта по информации одометрической навигационной системы с коррекцией по информации спутниковых навигационных систем.

Это обеспечивает требуемую живучесть комплекса и реконфигурацию его структуры под конкретную ситуацию.

Библиографический список

1. Ivanov, A. V. Quasi-Optimal Algorithms for Detection, Identification, and Adaptive Estimation for Information Processing in Navigation Systems of Mobile Ground Objects Based on Satellite Radio Navigation Systems / A. V. Ivanov, V. O. Surkov, D. V. Komrakov // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2020. – № 6(65). – P. 609 – 618.
2. Ivanov, A. V. Optimal Algorithms of Data Processing in Navigation Complexes of on-Earth Mobile Objects with Autonomous Integrity Monitoring of Navigation Data of Satellite Radio Navigation Systems / A. V. Ivanov, D. V. Komrakov // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2017. – V. 62. – No. 4. – P. 360 – 370.
3. Adaptive Algorithms for Information Processing in Navigation Complexes of Mobile Ground Objects / A. V. Ivanov, V. Yu. Shishkin, D. V. Boikov, A. A. Ivanov, N. A. Lezhneva // Journal of Communications Technology and Electronics – 2021. – № 8(66). – P. 926 – 937.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ОБЛАСТИ ВНИМАНИЯ ОПЕРАТОРА

В. Ю. Алексеев, Я. А. Туровский

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

В условиях работы опасного производства возможны ситуации, когда на некоторые параметры работающей системы, отображаемые на информационных панелях, непроизвольно приходится недостаточное количество внимания оператора. Данная проблема в системе контроля может поспособствовать возникновению внештатных и аварийных ситуаций и должна быть устранена.

Для решения данной проблемы могут быть непосредственно применены различные виды окулографических интерфейсов, которые осуществляют оценку положения зрачка оператора для определения направления взгляда пользователя.

Для решения поставленной проблемы была предложена модификация видеоокулографического интерфейса, который по изображению с монокулярной веб-камеры, с помощью алгоритмов глубокого обучения и оптимизационных методов, считывает направление взгляда пользователя в пространстве и накладывает область поля зрения оператора на объекты заранее задаваемой виртуальной карты местности.

Основным преимуществом данной системы является возможность считывания направления взгляда оператора без ограничения его свободы действий и перемещения на рабочем месте.

Шаги алгоритма:

1. Модуль FaceMesh распознает ключевые точки лица в координатах слабой перспективной проекции, относительно локальной системы координат веб-камеры
2. Приведение ключевых точек лица глобальным координатам
3. Если калибровка системы проведена, перейти к шагу 4. Иначе рассчитать координаты центра глаза пользователя в момент калибровки.
 - 3.1. Поместить оператора прямо перед камерой и смотреть в объектив
 - 3.2. Методом градиентного спуска с опорными точками, находящимися на веках пользователя, рассчитать координаты центра глаза, априорно зная, что средний диаметр глазного яблока взрослого человека равен 2,4 см.

$$Loss(eyeC) = \sum_{p \in KP} (\|eyeC - p\| - 2.4/2)^2,$$

где $Loss$ – оптимизируемая функция; $eyeC$ – искомые координаты центра глаза; KP – ключевые точки на веках, используемые для калибровки

3.3. По 2-м ключевым точкам лица и координатам центра головы составить систему из 3-х неколлинеарных векторов, задающих базис трехмерного пространства и посчитать координаты центра глаза в этом базисе

4. Пересчитать глобальные координаты центра глаза на основе изменения координат точек, использованных в момент калибровки.

5. Рассчитать координаты пересечения луча, построенного из рассчитанного центра глаза через зрачок оператора и трехмерных моделей ключевых объектов местности

Результаты статистических испытаний, представленные в табл. 1, демонстрируют эффективность предлагаемого алгоритма. Данные представлены в градусах, отрицательная ошибка означает отклонение влево расчетного значения угла от действительного, положительная ошибка – вправо. Система работает наиболее точно, когда отклонение головы от оси центра поля зрения камеры минимально. При увеличении отклонения головы алгоритм хуже определяет положение центра глаза, к которому сильно чувствительна функция определения направления взгляда, что и приводит к накоплению ошибки.

1. Погрешности расчета направления взгляда оператора

Угол поворота головы, °	Угол поворота глаз, °				
	-30	-15	0	15	30
-30	-5,2	-4,7	-15,3	-21	23
-15	0,0	-3,4	-2,9	3,1	2,7
0	3,0	-1,2	1,5	1,4	5,7
15	6,5	10,5	7,9	10,3	5,7
30	38,2	38,3	24,9	16,9	4,4

Таким образом, был разработан и протестирован прототип программного обеспечения для контроля области внимания оператора в пространстве. Прототип показал возможность применения предложенного алгоритма для поставленной проблемы, но требует оптимизации для случая сильного поворота головы оператора.

Работа поддержана грантом РФФИ 19-29-01156 офи м.

Библиографический список

1. Туровский, Я. А. Анализ движения глаз человека при управлении самоходным шасси с использованием системы видеоокулографического интерфейса / Я. А. Туровский, С. Д. Кургалин, А. В. Алексеев // Сенсорные системы. – 2017. – Т. 31, № 1. – С. 51 – 58.
2. Оценка особенностей распределения внимания операторов с помощью методики стационарного айтрекинга / А. А. Благинин и др. // Вестник психофизиологии. – 2019. – № 3. – С. 89 – 91.

СОВМЕСТНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ И СКОРОСТИ

Е. А. Антонов, С. Н. Данилов, С. П. Москвитин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: e.a-nov98@mail.ru, plabz@mail.ru, moskvitin.sp@mail.tstu.ru)

Последнее время характеризуется интенсивными исследованиями и разработками в области траекторной обработки радиолокационной информации. Потребность в этой области исследований обусловлена как серьезными изменениями в техническом виде и структуре РЛС, так и теоретическими достижениями в методах цифровой обработки данных.

Одной из наиболее важных частей системы контроля за движением воздушных объектов является измерение параметров движения летательных аппаратов. Радиолокационная система является частью информационно-измерительной системы и предназначена для определения параметров местонахождения цели в каждый момент времени.

Движение объекта, наблюдаемого в радиолокационном диапазоне, приводит к появлению доплеровского смещения частоты принимаемого сигнала, которое используют для определения радиальной скорости объекта.

Синтез дальномерного устройства в пространстве состояний позволяет использовать данные радиолокационного дальномера (РД) (первичное измерение дальности) и данные канала измерения радиальной скорости (КС).

Обычный фильтр вырабатывает оптимальную оценку вектора состояния объекта, находящегося под действием детерминированных и случайных воздействий [1 – 4]. Для увеличения точности и устойчивости оценивания возможно включение в канал слежения информации о радиальной скорости. Но такая мера на самом деле не однозначна.

В этой работе рассмотрены результаты исследования влияния данных КС на результирующую погрешность канала РД. При этом предполагалось, что шумы каналов измерения РД и КС не зависимы друг от друга.

Исследование проводилось на основе тестового сигнала, имеющего два участка: участок медленного изменения дальности (с 1 по 450 шаг времени k модели) и участок интенсивного изменения (с 451 по 1000 шаг).

Фильтр одномодельный. Рассматривались три ситуации: фильтр настроен на медленное изменение дальности (ФМИ); фильтр настроен на быстрое изменение дальности (ФБИ); фильтр настроен на изменение дальности средней интенсивности (ФСИ).

Кроме того, моделирование производилось при трех значениях дисперсии шумов наблюдения канала скорости R и одном для РД. Результаты моделирования представлены в табл. 1.

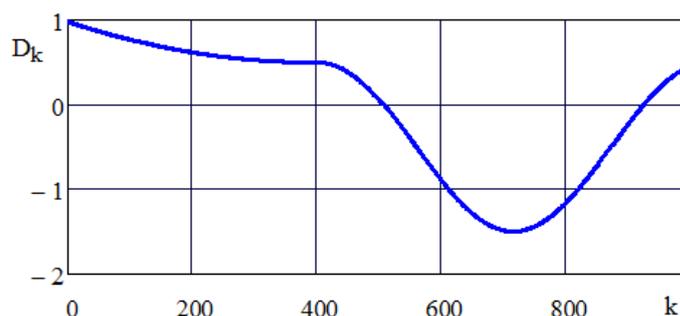


Рис. 1. Тестовый сигнал

Таблица 1

Настройка фильтра и характер движения ЛА		СКО шума КС $\sigma = 0,01$ В	СКО шума КС $\sigma = 1$ В
ФМИ	Маневр	0,193	0,236
	Без маневра	0,245	0,174
	Вся трасса	0,223	0,210
ФБИ	Маневр	0,337	0,175
	Без маневра	0,265	0,188
	Вся трасса	0,300	0,181
Без измерения скорости	Маневр	0,256	0,169
	Без маневра	0,183	0,159
	Вся трасса	0,219	0,164

Выводы. Измерение скорости позволяет уменьшить погрешность измерения дальности, что представляется вполне естественным. Отключение измерителя скорости (при небольшом уровне шума на его входе) приводит к увеличению погрешности дальномера. Но если учесть, что фильтр оптимизирует оценку всего вектора состояния (в данном случае дальности и скорости), то в некоторых случаях точность оценки дальности может понизиться за счет того, что повышается точность оценивания скорости, что видно из данных табл. 1. Для тестового сигнала (рис. 1) такое снижение точности доходит до 20 – 30%.

Библиографический список

1. Чернышова, Т. И. Информационная технология оценки метрологической надежности информационно-измерительных систем с учетом влияния внешних факторов / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Материалы VI Международной НТК студентов, молодых ученых и специалистов. – 2019. – С. 172–173.
2. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.
3. Synthesis of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк, С. Н. Данилов, С. П. Москвитин // Journal of Physics: Conference Series. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112. – P. 1.

ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА МИКРОСХЕМЫ 142ЕН8А

П. Д. Евстафьев, А. П. Пудовкин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: pavel-ev111@yandex.ru)

Входной контроль является дополнительной проверкой компонентов перед использованием их в производстве по параметрам, определяющим их работоспособность и надежность. Это вызвано тем, что отдельные детали могут иметь пониженное качество из-за недобросовестного контроля на выходе, а также возможным продолжительным хранением

готовых изделий на складе, сопровождающимся ухудшением качественных показателей. Кроме того, не исключена возможность повреждения компонентов в процессе транспортировки и т.д. [1].

При входном контроле осуществляется, по крайней мере, визуальная проверка. При наличии у производителя соответствующей тестирующей аппаратуры и программного обеспечения компоненты подвергаются электрической проверке в сочетании с термотренировкой.

При визуальной проверке обращают внимание на наличие на компоненте (или на упаковке, в которой находятся компоненты) указанных и отчетливо видимых сведений о типе, номинале, допуске, технических условиях или сертификате, а также на отсутствие на изделии царапин, сколов, трещин, вмятин, коррозии.

При электрической проверке удостоверяются в соответствии электрических параметров компонентов данным, указанным в пунктах требований и методик технических условий или сертификатов. Компоненты, прошедшие входной контроль, дополнительно маркируются отличительным знаком.

Входной контроль компонентов может быть как 100%-ным, так и выборочным. Надежность входного контроля будет различной в зависимости от его методов и характера. В общем случае вероятность ошибки контроля определяется рядом факторов: методом контроля, скоростью его проведения, сроком службы тестирующей аппаратуры, продолжительностью непрерывной работы оператора [2].

В качестве примера приведем микросхему 142ЕН8А, которая изображена на рис. 1.



Рис. 1. Микросхема 142ЕН8А

На предприятие на входной контроль поступила партия в количестве 159 штук микросхем 142ЕН8А. При помощи визуального осмотра был обнаружен дефект в виде коррозии на корпусе микросхемах в количестве 13 штук из всей партии.

В данном случае микросхемы не прошедшие входной контроль отбраковываются, а продукция, прошедшая входной контроль считается годной, подлежит к выдаче и использованию в производстве.

Библиографический список

1. ГОСТ 24297–87. Входной контроль продукции. Основные положения.
2. Бекишев, А. П. Входной контроль электронных компонентов / А. П. Бекишев, А. М. Медведев // Компоненты и технологии. – 2008. – № 10. – С. 161 – 164.

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПОЗИЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ

В. О. Захарова

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: valeriyashe@yandex.ru)*

Ключевые показатели эффективности KPI (Key Performance Indicators или ключевые показатели эффективности) в киберфизических системах, функционирующих по протоколам GSM, UMTS, HSPA и LTE определяются посредством измерения ключевых параметров входа и выхода внутренней сетевой системы и/или хода технического обслуживания и эксплуатации операций мобильной передачи данных. KPI оцениваются аналитически с использованием усредненных, накопительных и относительных моделей. С их помощью возможно оценить среднее значение на основании выборки или накопленное значение параметра, которое всегда увеличивается или процент возникновения какого-либо события к общему числу событий.

KPI подразделяются на следующие категории [1]: характеристики обслуживания (англ. *Serveability*), характеристики доступа (англ. *Accessibility*), качество сервиса (англ. *Retainability*), целостность (англ. *Integrity*), доступность (англ. *Availability*), надежность (англ. *Reliability*), характеристики техобслуживания (англ. *Maintainability*), использование ресурсов (англ. *Utilization*), мобильность (англ. *Mobility*) и др.

При оценке KPI необходимо учитывать не только показатели качества, но и безопасности [2]. Так например показатель – успешность установления голосового соединения (CSSR – Call Setup Success Rate) для оборудования стандарта UMTS учитывает не только качество соединения, но и его безопасность. CSSR в целом – это термин в телекоммуникациях, обозначающий долю попыток совершения звонков, которые приводят к соединению с вызванным абонентом [3].

Этот KPI описывает соотношение успешных и надежных установлений вызовов. Он основан на показателе успешного установления соединения по протоколу RRC (Radio Resource Control) стандарта UMTS, который обеспечивает соединения сигнализации к верхним уровням с целью поддержания обмена информационными потоками между процессами верхнего уровня, для целей установления вызова и показателе успешного установления RAB для всех типов RAB (Radio Access Bearer – определяет услугу, для передачи пользовательских данных между пользовательским оборудованием и основной сетью). Оба KPI перемножаются. Поскольку счетчики RRC измеряются на уровне соты, для получения этого показателя на уровне RNC необходимо построить сумму по всем ячейкам в пределах одного RNC (Radio Network Controller – контроллер сети доступа сети сотовой связи стандарта UMTS) [3, 4].

$$CSSR_{[по\ соте]} = RabEstabSR * \frac{\sum RRC.SuccConnEstab_{[по\ соте]}}{\sum RRC.AttConnEstab_{[по\ соте]}}$$

где

RRC.AttConnEstab: Счетчик (PI), хранящий количество попыток установления соединения RRC для каждой процедуры соединения, вычисляемое с уровня соты.

RRC.SuccConnEtab: Счетчик (PI), хранящий Число успешных установлений RRC для каждого случая установления.

RabEtabSR: коэффициент успешного установления RAB. Этот KPI описывает отношение всех успешных установлений RAB к общему количеству попыток установления RAB.

В общем случае RabEtabSR является самостоятельным KPI, рассчитываемым по отдельной модели.

Данная методика является удобным инструментом анализа и улучшения процесса передачи данных не только с качественных позиций, но и с позиций безопасности. На основе модели иерархической декомпозиции потенциальных уязвимостей предоставляется возможность контроля параметров нового оборудования с учетом их целевых значений.

Библиографический список

1. Kolychev V. D., Shebotinov A. A. Application of business intelligence instrumental tools for visualization of key performance indicators of an enterprise in telecommunications // Scientific Visualization. – 2019. – Т. 11, № 1. – С. 20 – 37.

2. Власов, А. И. Методы упреждающего прогнозирования состояния широкополосной сети связи / А. И. Власов, В. В. Иванов, И. А. Косолапов // Программные продукты и системы. – 2011. – № 1. – С. 3 – 6.

3. Липинский, А. В. Оптимизация технологии передачи голоса в сетях lte – volte при хорошем качестве и низком уровне энергопотребления мобильными устройствами / А. В. Липинский, // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1(12). – С. 9.

4. Хакимов, Р. И. Использование числовых оценок в задаче повышения качества сети сотовой связи / Р. И. Хакимов // Вестник Таджикского технического университета. – 2014. – № 3(27). – С. 56 – 60.

РАСЧЕТ ПОРОГОВ В ВЕРТИКАЛЬНОМ КАНАЛЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ДОСТОВЕРНОСТИ НАВИГАЦИОННЫХ ДАННЫХ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ НЕВЯЗОК ИЗМЕРЕНИЙ

*А. А. Иванов, Н. А. Лежнева, Д. В. Бойков**

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: andreivanov6898@yandex.ru)*

**Главное организационно-мобилизационное управление ГШ ВС РФ*

При использовании спутниковых радионавигационных систем для определения координат местоположения подвижных наземных объектов и параметров их движения возникает существенная проблема, связанная как с каналом распространения радиосигналов, так и с влиянием объектов, окружающих подвижный наземный объект [1, 2]. Суть проблемы заключается в том, что радиосигналы, приходящие на вход аппаратуры приема сигналов спутниковых радионавигационных систем (СРНС), имеют малое отношение сигнал – шум. В этом случае в канале измерения псевдодальности до искусственного спутника земли может

возникнуть значительная ошибка измерения псевдодальности или происходит аномальное измерение псевдодальности.

Для выявления аномальных измерений в работе [3] предложено использовать невязки измерений – ошибку между значением сигнала на выходе аппаратуры приема сигналов СРНС и значением прогноза этого сигнала, формируемого на основе разработанной модели. Для разработанного в работе [3] алгоритма невязка измерений в вертикальном канале описывается выражением:

$$\varepsilon_{B2}(t_{k+1}) = \xi_2(t_{k+1}) - \mathbf{H}_2(t_{k+1})\Psi_B(t_{k+1}, t_k)\mathbf{W}_B(t_k) - V_2 - \mathbf{H}_2(t_{k+1})\Phi_{xxB}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{X}_B^*(t_k),$$

где $\varepsilon_{B2}(t_{k+1})$ – невязка измерения в вертикальном канале; $V_2 = R_0$ – известная величина; Φ_{xxB} – фундаментальная матрица; Ψ_B – переходная матрица управления; $\mathbf{W}_B = [a_Z^{\text{ИНС}}, g]^T$ – известный вектор управления; $\mathbf{X}_B^*(t_k)$ – оценка вектора состояния в вертикальной плоскости; $\mathbf{H}_2(t_{k+1})$ – матрица наблюдения; $\xi_2(t_{k+1}) = H^{\text{СРНС}}(t_{k+1})$ измеренное значение высоты на выходе аппаратуры приема сигналов СРНС, описываемое выражением [3]

$$\xi_2(t_{k+1}) = \mathbf{H}_2(t_{k+1})\mathbf{X}_B(t_{k+1}) + V_2 + \Gamma_2(t_{k+1})N_2(t_{k+1}),$$

Невязка измерений представляет собой случайную величину распределенную по нормальному закону с нулевым математическим ожиданием и функцией корреляции $M[\varepsilon_{B2}(t_{k+1})\varepsilon_{B2}^T(t_{k+1})]$. Определим функцию корреляции.

$$\begin{aligned} \varepsilon_{B2}(t_{k+1})\varepsilon_{B2}^T(t_{k+1}) &= \xi_2(t_{k+1})\xi_2^T(t_{k+1}) - \xi_2(t_{k+1})\mathbf{W}_B^T(t_k)\Psi_B^T(t_{k+1}, t_k)\mathbf{H}_2^T(t_{k+1}) - \xi_2(t_{k+1})V_2 - \\ &- \xi_2(t_{k+1})\mathbf{X}_B^*{}^T(t_k)\Phi_{xxB}^T(t_{k+1}, t_k)\mathbf{H}_2^T(t_{k+1}) - \mathbf{H}_2(t_{k+1})\Psi_B(t_{k+1}, t_k)\mathbf{W}_B(t_k)\xi_2^T(t_{k+1}) + \\ &+ \mathbf{H}_2(t_{k+1})\Psi_B(t_{k+1}, t_k)\mathbf{W}_B(t_k)\mathbf{W}_B^T(t_k)\Psi_B^T(t_{k+1}, t_k)\mathbf{H}_2^T(t_{k+1}) + \mathbf{H}_2(t_{k+1})\Psi_B(t_{k+1}, t_k)\mathbf{W}_B(t_k)V_2 + \\ &+ \mathbf{H}_2(t_{k+1})\Psi_B(t_{k+1}, t_k)\mathbf{W}_B(t_k)\mathbf{X}_B^*{}^T(t_k)\Phi_{xxB}^T(t_{k+1}, t_k)\mathbf{H}_2^T(t_{k+1}) - V_2\xi_2^T(t_{k+1}) + V_2\mathbf{W}_B^T(t_k)\Psi_B^T(t_{k+1}, t_k)\mathbf{H}_2^T(t_{k+1}) + \\ &+ V_2V_2 + V_2\mathbf{X}_B^*{}^T(t_k)\Phi_{xxB}^T(t_{k+1}, t_k)\mathbf{H}_2^T(t_{k+1}) - \mathbf{H}_2(t_{k+1})\Phi_{xxB}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{X}_B^*(t_k)\xi_2^T(t_{k+1}) + \\ &+ \mathbf{H}_2(t_{k+1})\Phi_{xxB}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{X}_B^*(t_k)\mathbf{W}_B^T(t_k)\Psi_B^T(t_{k+1}, t_k)\mathbf{H}_2^T(t_{k+1}) + \mathbf{H}_2(t_{k+1})\Phi_{xxB}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{X}_B^*(t_k)V_2 + \\ &+ \mathbf{H}_2(t_{k+1})\Phi_{xxB}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{X}_B^*(t_k)\mathbf{X}_B^*{}^T(t_k)\Phi_{xxB}^T(t_{k+1}, t_k)\mathbf{H}_2^T(t_{k+1}). \end{aligned}$$

Так как математические ожидания случайных величин $\xi_2(t_{k+1})$, $\mathbf{X}_B^*(t_k)$ равны нулю и они взаимно независимы в результате осреднения случайной величины $\varepsilon_{B2}(t_{k+1})\varepsilon_{B2}^T(t_{k+1})$ получим

$$M[\varepsilon_{B2}(t_{k+1})\varepsilon_{B2}^T(t_{k+1})] = M[\xi_2(t_{k+1})\xi_2^T(t_{k+1})] + M[\mathbf{H}_2(t_{k+1})\Phi_{xxB}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{X}_B^*(t_k)\mathbf{X}_B^*{}^T(t_k)\Phi_{xxB}^T(t_{k+1}, t_k)\mathbf{H}_2^T(t_{k+1})]$$

Определим корреляционные функции слагаемых:

$$\begin{aligned} M[\xi_2(t_{k+1})\xi_2^T(t_{k+1})] &= M[\mathbf{H}_2(t_{k+1})\mathbf{X}_B(t_{k+1})\mathbf{X}_B^T(t_{k+1})\mathbf{H}_2^T(t_{k+1}) + \mathbf{H}_2(t_{k+1})\mathbf{X}_B(t_{k+1})V_2 + \\ &+ \mathbf{H}_2(t_{k+1})\mathbf{X}_B(t_{k+1})N_2^T(t_{k+1})\Gamma_2^T(t_{k+1}) + V_2\mathbf{X}_B^T(t_{k+1})\mathbf{H}_2^T(t_{k+1}) + V_2V_2 + V_2N_2^T(t_{k+1})\Gamma_2^T(t_{k+1}) + \\ &+ \Gamma_2(t_{k+1})N_2(t_{k+1})\mathbf{X}_B^T(t_{k+1})\mathbf{H}_2^T(t_{k+1}) + \Gamma_2(t_{k+1})N_2(t_{k+1})V_2 + \Gamma_2(t_{k+1})N_2(t_{k+1})N_2^T(t_{k+1})\Gamma_2^T(t_{k+1})] = \\ &= M[\mathbf{H}_2(t_{k+1})\mathbf{X}_B(t_{k+1})\mathbf{X}_B^T(t_{k+1})\mathbf{H}_2^T(t_{k+1})] + M[\Gamma_2(t_{k+1})N_2(t_{k+1})N_2^T(t_{k+1})\Gamma_2^T(t_{k+1})] = \Gamma_2(t_{k+1})\Gamma_2^T(t_{k+1}); \end{aligned}$$

$$M[\mathbf{H}_2(t_{k+1})\Phi_{\text{xxB}}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{X}_B^*(t_k)\mathbf{X}_B^{*T}(t_k)\Phi_{\text{xxB}}^T(t_{k+1}, t_k)\mathbf{H}_2^T(t_{k+1})] = \\ = \mathbf{H}_2(t_{k+1})\Phi_{\text{xxB}}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{P}_B(t_k)\Phi_{\text{xxB}}^T(t_{k+1}, t_k)\mathbf{H}_2^T(t_{k+1}),$$

где $\mathbf{P}_B(t_k)$ – матрица вторых центральных моментов (ковариаций) ошибок оценивания. Выражения получены с учетом, что математическое ожидание случайной величины $N_2(t_{k+1})$ равно нулю. Окончательно получим

$$M[\varepsilon_{B2}(t_{k+1})\varepsilon_{B2}^T(t_{k+1})] = \Gamma_2(t_{k+1})\Gamma_2^T(t_{k+1}) + \mathbf{H}_2(t_{k+1})\Phi_{\text{xxB}}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{P}_B(t_k)\Phi_{\text{xxB}}^T(t_{k+1}, t_k)\mathbf{H}_2^T(t_{k+1}).$$

Так как случайная величина $\varepsilon_{B2}(t_{k+1})$ есть скалярная величина, то полученное выражение представляет собой дисперсию случайной величины, а значения случайной величины с вероятностью 0,997 лежат внутри интервала $[-3\sqrt{M[\varepsilon_{B2}(t_{k+1})\varepsilon_{B2}^T(t_{k+1})]}, 3\sqrt{M[\varepsilon_{B2}(t_{k+1})\varepsilon_{B2}^T(t_{k+1})]}]$. Таким образом, задавая порог можно выявлять аномальные измерения.

Библиографический список

1. Ivanov, A. V. Quasi-Optimal Algorithms for Detection, Identification, and Adaptive Estimation for Information Processing in Navigation Systems of Mobile Ground Objects Based on Satellite Radio Navigation Systems / A. V. Ivanov, V. O. Surkov, D. V. Komrakov // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2020. – № 6(65). – P. 609 – 618.
2. Application of fuzzy logic for control of the integrity of navigation data of satellite radio navigation systems / A. V. Ivanov, D. V. Boykov, S. P. Moskvitin, A. P. Neguliaeva // 2nd International Conference on Control Systems. Mathematical Modeling. Automation and Energy Efficiency (SUMMA) 11 – 13 Nov. – 2020, Lipetsk, Russia.
3. Adaptive Algorithms for Information Processing in Navigation Complexes of Mobile Ground Objects / A. V. Ivanov, V. Yu. Shishkin, D. V. Boikov, A. A. Ivanov, N. A. Lezhneva // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2021. – № 8(66). – P. 926 – 937.

РАСЧЕТ ПОРОГА В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ КАНАЛЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ДОСТОВЕРНОСТИ НАВИГАЦИОННЫХ ДАННЫХ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ НЕВЯЗОК ИЗМЕРЕНИЙ

*А. А. Иванов, Н. А. Лежнева, Д. В. Бойков**

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: andreyivanov6898@yandex.ru)*

**Главное организационно-мобилизационное управление ГШ ВС РФ*

При использовании спутниковых радионавигационных систем для определения координат местоположения подвижных наземных объектов и параметров их движения возникает существенная проблема, связанная как с каналом распространения радиосигналов, так и с влиянием объектов, окружающих подвижный наземный объект [1, 2]. Суть проблемы заключается в том, что радиосигналы приходящие на вход аппаратуры приема сигналов спутниковых радионавигационных систем (СРНС) имеют малое отношение сигнал – шум.

В этом случае в канале измерения псевдодальности до искусственного спутника земли может возникнуть значительная ошибка измерения псевдодальности или происходит аномальное измерение псевдодальности. Для выявления аномальных измерений в работе [3] предложено использовать невязки измерений – ошибку между значением сигнала на выходе аппаратуры приема сигналов СРНС и значением прогноза этого сигнала, формируемого на основе разработанной модели. Для разработанного в работе [3] алгоритма вектор невязок измерений горизонтального канала описывается выражением:

$$\boldsymbol{\varepsilon}_{\Gamma}(t_{k+1}) = \boldsymbol{\Xi}_{\Gamma}(t_{k+1}) - \mathbf{H}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\Phi}_{\text{xx}\Gamma}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{X}_{\Gamma}^*(t_k) - \mathbf{H}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\Psi}_{\Gamma}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{W}_{\Gamma}(t_k),$$

где $\boldsymbol{\varepsilon}_{\Gamma}(t_{k+1})$ – невязка измерения в горизонтальном канале; $\mathbf{H}_{\Gamma}(t_{k+1})$ – известная матрица наблюдения; $\boldsymbol{\Phi}_{\text{xx}\Gamma}$ – фундаментальная матрица; $\boldsymbol{\Psi}_{\Gamma}$ – переходная матрица управления; $\mathbf{X}_{\Gamma}^*(t_k)$ – оценка вектора состояния в горизонтальной плоскости; $\mathbf{W}_{\Gamma}(t_k)$ – вектор управления; $\boldsymbol{\Xi}_{\Gamma}(t_{k+1}) = [x^{\text{СРНС}}(t_{k+1}), y^{\text{СРНС}}(t_{k+1})]^T$ – вектор, включающий сигналы на выходе аппаратуры приема сигналов СРНС, который согласно [3] описывается выражением

$$\boldsymbol{\Xi}_{\Gamma}(t_{k+1}) = \mathbf{H}_{\Gamma}(t_{k+1})\mathbf{X}_{\Gamma}(t_{k+1}) + \boldsymbol{\Gamma}_{\Xi\Gamma}(t_{k+1})\mathbf{N}_{\Xi\Gamma}(t_{k+1}).$$

Невязка измерений представляют собой случайную величину, распределенную по нормальному закону с нулевым математическим ожиданием и функцией корреляции $M[\boldsymbol{\varepsilon}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\varepsilon}_{\Gamma}^T(t_{k+1})]$. Определим функцию корреляции. Для этого сначала определим значение $\boldsymbol{\varepsilon}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\varepsilon}_{\Gamma}^T(t_{k+1})$.

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\varepsilon}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\varepsilon}_{\Gamma}^T(t_{k+1}) &= \boldsymbol{\Xi}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\Xi}_{\Gamma}^T(t_{k+1}) - \boldsymbol{\Xi}_{\Gamma}(t_{k+1})\mathbf{X}_{\Gamma}^{*T}(t_k)\boldsymbol{\Phi}_{\text{xx}\Gamma}^T(t_{k+1}, t_k)\mathbf{H}_{\Gamma}^T(t_{k+1}) - \\ &- \boldsymbol{\Xi}_{\Gamma}(t_{k+1})\mathbf{W}_{\Gamma}^T(t_k)\boldsymbol{\Psi}_{\Gamma}^T(t_{k+1}, t_k)\mathbf{H}_{\Gamma}^T(t_{k+1}) - \mathbf{H}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\Phi}_{\text{xx}\Gamma}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{X}_{\Gamma}^*(t_k)\boldsymbol{\Xi}_{\Gamma}^T(t_{k+1}) + \\ &+ \mathbf{H}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\Phi}_{\text{xx}\Gamma}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{X}_{\Gamma}^*(t_k)\mathbf{X}_{\Gamma}^{*T}(t_k)\mathbf{H}_{\Gamma}^T(t_{k+1})\boldsymbol{\Phi}_{\text{xx}\Gamma}^T(t_{k+1}, t_k) + \\ &+ \mathbf{H}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\Phi}_{\text{xx}\Gamma}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{X}_{\Gamma}^*(t_k)\mathbf{W}_{\Gamma}^T(t_k)\boldsymbol{\Psi}_{\Gamma}^T(t_{k+1}, t_k)\mathbf{H}_{\Gamma}^T(t_{k+1}) - \\ &- \mathbf{H}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\Psi}_{\Gamma}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{W}_{\Gamma}(t_k)\boldsymbol{\Xi}_{\Gamma}^T(t_{k+1}) + \mathbf{H}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\Psi}_{\Gamma}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{W}_{\Gamma}(t_k)\mathbf{X}_{\Gamma}^{*T}(t_k)\boldsymbol{\Phi}_{\text{xx}\Gamma}^T(t_{k+1}, t_k)\mathbf{H}_{\Gamma}^T(t_{k+1}) + \\ &+ \mathbf{H}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\Psi}_{\Gamma}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{W}_{\Gamma}(t_k)\mathbf{W}_{\Gamma}^T(t_k)\boldsymbol{\Psi}_{\Gamma}^T(t_{k+1}, t_k)\mathbf{H}_{\Gamma}^T(t_{k+1}). \end{aligned}$$

Так как математические ожидания случайных величин $\boldsymbol{\Xi}_{\Gamma}(t_{k+1})$, $\mathbf{X}_{\Gamma}^*(t_k)$ равны нулю, и они взаимно независимы в результате осреднения случайной величины $\boldsymbol{\varepsilon}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\varepsilon}_{\Gamma}^T(t_{k+1})$ получим

$$\begin{aligned} M[\boldsymbol{\varepsilon}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\varepsilon}_{\Gamma}^T(t_{k+1})] &= M[\boldsymbol{\Xi}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\Xi}_{\Gamma}^T(t_{k+1})] + \\ &+ M[\mathbf{H}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\Phi}_{\text{xx}\Gamma}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{X}_{\Gamma}^*(t_k)\mathbf{X}_{\Gamma}^{*T}(t_k)\mathbf{H}_{\Gamma}^T(t_{k+1})\boldsymbol{\Phi}_{\text{xx}\Gamma}^T(t_{k+1}, t_k)] \end{aligned}$$

Определим корреляционные функции слагаемых:

$$\begin{aligned} M[\boldsymbol{\Xi}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\Xi}_{\Gamma}^T(t_{k+1})] &= M[\mathbf{H}_{\Gamma}(t_{k+1})\mathbf{X}_{\Gamma}(t_{k+1})\mathbf{X}_{\Gamma}^T(t_{k+1})\mathbf{H}_{\Gamma}^T(t_{k+1}) + \mathbf{H}_{\Gamma}(t_{k+1})\mathbf{X}_{\Gamma}(t_{k+1})\mathbf{N}_{\Xi\Gamma}^T(t_{k+1})\boldsymbol{\Gamma}_{\Xi\Gamma}^T \times \\ &\times (t_{k+1}) + \boldsymbol{\Gamma}_{\Xi\Gamma}(t_{k+1})\mathbf{N}_{\Xi\Gamma}(t_{k+1})\mathbf{X}_{\Gamma}^T(t_{k+1})\mathbf{H}_{\Gamma}^T(t_{k+1}) + \boldsymbol{\Gamma}_{\Xi\Gamma}(t_{k+1})\mathbf{N}_{\Xi\Gamma}(t_{k+1})\mathbf{N}_{\Xi\Gamma}^T(t_{k+1})\boldsymbol{\Gamma}_{\Xi\Gamma}^T(t_{k+1})] = \\ &= \boldsymbol{\Gamma}_{\Xi\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\Gamma}_{\Xi\Gamma}^T(t_{k+1}) M[\mathbf{H}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\Phi}_{\text{xx}\Gamma}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{X}_{\Gamma}^*(t_k)\mathbf{X}_{\Gamma}^{*T}(t_k)\mathbf{H}_{\Gamma}^T(t_{k+1})\boldsymbol{\Phi}_{\text{xx}\Gamma}^T(t_{k+1}, t_k)] = \\ &= \mathbf{H}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\Phi}_{\text{xx}\Gamma}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{P}_{\Gamma}(t_k)\mathbf{H}_{\Gamma}^T(t_{k+1})\boldsymbol{\Phi}_{\text{xx}\Gamma}^T(t_{k+1}, t_k), \end{aligned}$$

где $\mathbf{P}_\Gamma(t_k)$ – матрица вторых центральных моментов (ковариаций) ошибок оценивания размером (6×6) . Выражения получены с учетом, что математическое ожидание случайных величин, входящих в вектор $\mathbf{N}_{\Xi\Gamma}(t_{k+1})$ равны нулю. Окончательно получим

$$M[\boldsymbol{\varepsilon}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\varepsilon}_{\Gamma}^T(t_{k+1})] = \boldsymbol{\Gamma}_{\Xi\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\Gamma}_{\Xi\Gamma}^T(t_{k+1}) + \mathbf{H}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\Phi}_{\text{xx}\Gamma}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{P}_\Gamma(t_k)\mathbf{H}_{\Gamma}^T(t_{k+1})\boldsymbol{\Phi}_{\text{xx}\Gamma}^T(t_{k+1}, t_k).$$

Для задания порога необходимо определить сумму диагональных элементов $\text{tr}\{M[\boldsymbol{\varepsilon}_{\Gamma}(t_{k+1})\boldsymbol{\varepsilon}_{\Gamma}^T(t_{k+1})]\}$. Тогда порог можно выбрать из условия, что значения случайной величины $[\boldsymbol{\varepsilon}_{\Gamma}^T(t_{k+1})\boldsymbol{\varepsilon}_{\Gamma}(t_{k+1})]$ с вероятностью 0,997 лежат внутри интервала

$$[-9.3 \text{tr}\{M[\boldsymbol{\varepsilon}_{\text{B2}}(t_{k+1})\boldsymbol{\varepsilon}_{\text{B2}}^T(t_{k+1})]\}, 9.3 \text{tr}\{M[\boldsymbol{\varepsilon}_{\text{B2}}(t_{k+1})\boldsymbol{\varepsilon}_{\text{B2}}^T(t_{k+1})]\}].$$

Таким образом, задавая порог можно выявлять аномальные измерения.

Библиографический список

4. Ivanov, A. V. Quasi-Optimal Algorithms for Detection, Identification, and Adaptive Estimation for Information Processing in Navigation Systems of Mobile Ground Objects Based on Satellite Radio Navigation Systems / A. V. Ivanov, V. O. Surkov, D. V. Komrakov // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2020. – № 6(65). – P. 609 – 618.

5. Application of fuzzy logic for control of the integrity of navigation data of satellite radio navigation systems / A. V. Ivanov, D. V. Boykov, S. P. Moskvitin, A. P. Neguliaeva // 2nd International Conference on Control Systems. Mathematical Modeling. Automation and Energy Efficiency (SUMMA) 11 – 13 Nov. – 2020, Lipetsk, Russia.

6. Adaptive Algorithms for Information Processing in Navigation Complexes of Mobile Ground Objects / A. V. Ivanov, V. Yu. Shishkin, D. V. Boikov, A. A. Ivanov, N. A. Lezhneva // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2021. – № 8(66). – P. 926 – 937.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

А. А. Карпунин, К. А. Муравьев

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: AlexK811@yandex.ru)*

Для оценки показателей эффективности используется комплексный показатель КРІ (Key Performance Indicators или ключевые показатели эффективности) [1]. КРІ – это количественный показатель, который позволяет оценить, насколько хорошо выполняются операционные и стратегические цели.

Применение КРІ обусловлено необходимостью непрерывного мониторинге эффективности и результативности, а также в быстром и четком анализе текущей ситуации на управляемой системе. КРІ позволяет расширить спектр показателей для всестороннего мониторинга состояния процессов, а также позволяет интегрировать разрозненные данные, обеспечивая совместимость данных в различных подсистемах [2].

Ключевые показатели эффективности – это значения, которые характеризуют критерии достижения успеха в производственной системе. Они являются измерениями критических факторов эффективности, которые могут помочь в определении и достижении целей. Использование КРІ означает наличие способа измерения динамики результатов, а также сравнение результатов с поставленными целями. Сравнивая с целями компании, КРІ дают представление о том, были ли цели достигнуты или нет. Автоматизация расчетов КРІ также создают условия для непрерывного совершенствования одновременно с отслеживанием значений показателей.

Можно выделить два основных способа определения КРІ. Первый позволяет сравнивать целевые показатели с параметрами функционирования непосредственно контролируемого объекта. Второй подход заключается в аналитической оценке КРІ, которая неочевидна при прямом измерении. Прямой подход формирования измерений в большинстве применений рассматривается в качестве КРІ, в то время как второй способ в большей степени соответствует сути КРІ.

Методика оценки показателей эффективности крайне важна, ее можно представить в виде пирамиды дерева решений (рис. 1). На нижнем уровне иерархии РІ (Performance Indicator) располагаются элементарные измерения. На этом уровне осуществляется сбор статистики событий, возникающих непосредственно на оборудовании. Множество элементарных измерений, регистрируемых сетью, могут быть связаны как непосредственно со статистическими фактами поведения оборудования в моменты предоставления услуги, так и с техническими параметрами работы оборудования, описывающими его текущее состояние [3].

Для формирования общего представления по характеристикам оборудования используется «технический КРІ» [1]. Технический КРІ оценивает состояние отдельных факторов, сопутствующих услуге и определяется аналитически.

Для получения масштабных знаний о качестве предоставления услуги в целом КРІ объединяются в КQІ. Они так же рассчитываются аналитически, но в качестве модели используются уже известные КРІ. КQІ – это агрегация КРІ с РІ. Временная модель используется для визуализации информации о физических измерениях, используемых в функциях агрегации.

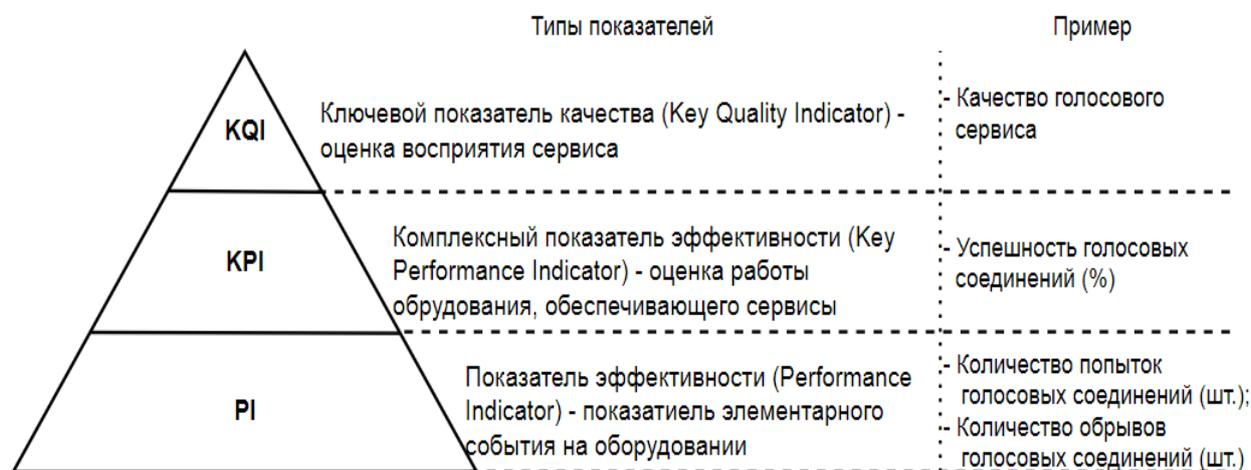


Рис. 1. Иерархическая декомпозиция показателей эффективности

Временные модели визуализируют время начала/остановки конкретных измерений, а также их взаимосвязь с другими физическими измерениями. Модель эффекта можно рассматривать как диаграмму корневых причин. Каждый КРІ имеет свою собственную модель эффекта. Модель эффекта – это картина, которая подчеркивает взаимосвязь между КРІ и его параметрами она позволяет оценить эффективность телекоммуникационных сервисов в комплексе.

Библиографический список

1. Kolychev V. D., Shebotinov A. A. Application of business intelligence instrumental tools for visualization of key performance indicators of an enterprise in telecommunications // Scientific Visualization. – 2019. – Т. 11, № 1. – С. 20 – 37.

2. Власов, А. И. Методы упреждающего прогнозирования состояния широкополосной сети связи / А. И. Власов, В. В. Иванов, И. А. Косолапов // Программные продукты и системы. – 2011. – № 1. – С. 3 – 6.

3. Нестеров, Ю. И. Виртуальный измерительный комплекс / Ю. И. Нестеров, А. И. Власов, Б. Н. Першин // Датчики и системы. – 2000. – № 4. – С. 12 – 22.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ В АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯМИ

Д. В. Комраков, М. М. Ильичев

*Акционерное общество «Конструкторское бюро точного машиностроения
им. А.Э. Нудельмана», Москва, Россия
(e-mail: radist41@bk.ru)*

В настоящее время широкое применение, для определения и контроля координат и параметров движения автомобилей, получили навигационные комплексы [1]. Современное развитие этих комплексов, а также автомобильных электронных систем, таких как автоматической парковки, адаптивного круиз-контроля, удержания автомобиля относительно полосы движения, контроль слепых зон, экстренного автоматического торможения и др. привело к созданию систем автоматического управления автомобилями.

В данный момент все большие автоконцерны, такие как General Motors, Ford, Mercedes Benz, Volkswagen, Audi, BMW, Volvo и пр. занимаются разработкой систем управления автомобилем без участия человека. Это связано с тем, что беспилотные транспортные средства обладают следующими достоинствами:

- возможность перевозки грузов в опасных зонах, во время природных и техногенных катастроф или военных действий;
- снижение затрат на транспортировку грузов и пассажиров;
- снижение затрат на топливо и более эффективное использование пропускной способности дорог за счет централизованного управления транспортным потоком;
- экономия временных ресурсов;
- расширение возможностей использования автомобиля для людей с ограниченными возможностями;
- минимизация ДТП и числа человеческих жертв в них.

В типовой состав беспилотных автомобилей входят следующие системы и датчики:

- аппаратура приема сигналов спутниковых радионавигационных систем;
- инерциальная система;
- датчик LIDAR (служит для формирования двумерной или трехмерной модели окружающего пространства);
- набор видеокамер;
- радары и датчики оценки положения;
- бортовой компьютер.

Все большее распространение в последнее время стали приобретать системы и датчики, основанные на лазерных дальномерах [2], так как их использование позволяет:

- повысить диапазон измерений расстояний (от сотен метров до нескольких сантиметров);
- повысить точность измерения расстояний (до 10 мм);
- уменьшить энергопотребление;
- не зависеть от погодных условий, времени суток и наличия солнца;
- получить хорошую помехозащищенность, так как используется импульсный режим работы лазерных элементов.

Таким образом, применение лазерных систем и датчиков в составе навигационных комплексов для определения и контроля параметров движения транспортных средств позволит повысить эффективность систем управления и контроля параметров движения современных автомобилей.

Библиографический список

1. Комраков, Д. В. Оптимизация обработки информации в навигационных комплексах наземных подвижных объектов с контролем целостности данных спутниковых радионавигационных систем : автореф. дис. ... канд. тех. наук / Д. В. Комраков. – Тамбов, 2017. – 16 с.
2. Комраков, Д. В. Использование лазерных дальнометров в навигационных комплексах для определения координат и параметров движения объектов / Д. В. Комраков // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития [Электронный ресурс] : сб. тр. Шестой Всерос. молодежной науч. кон. / под ред. Д.Ю. Муромцева и др. ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2021. – С. 79 – 81.

СКАНИРОВАНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ НАПЛАВКИ КРОМКИ ЛОПАТКИ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ РЕМОНТА МЕТОДОМ ПРЯМОГО НАНЕСЕНИЯ МЕТАЛЛА

Д. И. Котляр, А. Н. Ломанов, В. С. Корнейчук

*Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева,
Рыбинск, Россия
(e-mail: dm.kotlyar@yandex.ru)*

Современный авиационный газотурбинный двигатель (ГТД) – это технический объект со сложной организацией рабочего процесса, с чрезвычайно высоким уровнем рабочих параметров потока, разветвленной системой автоматического управления контроля и диагностики [1].

В процессе эксплуатации двигатель подвергается влиянию процесса изнашивания, в следствие которого происходит ухудшение технического состояния двигателя и его отдельных конструктивных элементов. Предприятие-изготовитель выполняет ремонт газотурбинных двигателей в качестве меры обеспечения гарантийного обслуживания двигателя и пост-гарантийный (коммерческий) ремонт, который позволяет компенсировать затраты на разработку и изготовление двигателя и в долгосрочной перспективе получить прибыль от изделия в процессе эксплуатации [2]. Совершенствование процессов производства и ремонта авиационных двигателей на всех этапах становления и развития гражданской авиации остается актуальным и востребованным.

Одним из методов восстановления геометрии изношенных деталей является метод наплавки. Современные аддитивные технологии наплавки являются более экономичными и требуют затраты меньшего количества ресурсов на наплавку и дальнейшую обработку изделия [3].

Применение аддитивных технологий в сфере ремонта сложных деталей, таких как лопатки газотурбинных двигателей (ГТД), накладывает дополнительные требования на оборудование и программное обеспечение для автоматической подготовки ЧПУ-программ. Процесс ремонта деталей ГТД состоит из последовательных операций сканирования области интереса, формирование траектории наплавки и непосредственное осуществление наплавки на оборудовании для прямого нанесения металла.

На первом этапе сканирования кромки лопатки осуществляется в прямом направлении. Сканер предоставляет информацию как облако точек в 2D, найденные точки преобразуются к 3D координатам путем сложения их с координатами установки. Найденные точки приводятся к общему виду. Для заданного окна сканирования вычисляется аппроксимирующая прямая линия левой и правой границы кромки и для них вычисляется вектор нормали поверхности. По найденному вектору нормали вычисляется угол коррекции положения установки для выравнивания вектора нормали до вертикального положения. Производится корректирование положения установки до нормали к поверхности, а также приводится датчик профиля к центру кромки лопатки и происходит переход к следующему шагу сканирования. Процесс повторяется до тех пор, пока не будет достигнута точка завершения.

Полученные на этапе прямого сканирования точки левой и правой границы кромки пропускаются через фильтр нижних частот, а затем для полученных новых положений точек вычисляется новый вектор нормали с окном 3 точки. Сканирование кромки лопатки камерой позволяет уточнить реальное положение левой и правой границы кромки лопатки. По отфильтрованной поверхности начиная с конца и в обратном направлении происходит движение установки и фотографирование кромки лопатки в каждой точке. На каждом снимке выделяется граница кромки лопатки в координатах изображения (пикселях), затем с помощью заранее определенной матрицы трансформации координат на изображении трансформируются в 3D, таким образом находятся реальные координаты левой и правой кромки лопатки. Для сегментации кромки лопатки от фона на изображении реализован алгоритм семантической сегментации на основе сверточной нейронной сети ResNet50.

Алгоритм формирования траектории наплавки получает на вход отсканированную поверхность и выполняет развертку сложнопрофильной криволинейной поверхности до 2D представления, формирование траектории в плоскости и обратную свертку полученной траектории наплавки до 3D представления. Полученные на выходе алгоритма точки траектории

наплавки затем могут быть переданы в алгоритм создания ЧПУ-программы или отображены на визуализации. При обработке траектории наплавки на установке 3D координаты и вектор нормали точки преобразуются в положение осей установки с пятью степенями свободы.

В результате выполнения научно-исследовательской работы были предложены и разработаны алгоритм сканирования сложнопрофильной криволинейной поверхности кромки лопатки ГТД в рабочей камере установки прямого нанесения металла с помощью датчика профилометра и фото- видео-камеры; алгоритм, который по заданной криволинейной поверхности (задается точками в 3D и вектором нормали в каждой точке) и заданным параметрам выращивания наплавляемого материала формирует траекторию наплавки для пятиосевой обработки. Выходными данными алгоритма является замкнутая траектория, которая задается точками в 3D и вектором нормали в каждой точке.

Полученная траектория наплавки затем может быть переданы в алгоритм создания ЧПУ-программы. Недостатком предложенного алгоритма является ограниченная возможность формирования наплавляемого объема материала. В дальнейших работах планируется доработать алгоритм таким образом, чтобы повысить гибкость в формировании фигуры для наплавки материала.

Библиографический список

1. Сосунов, В. А. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок / В. А. Сосунов, В. М. Чепкин. – М. : МАИ, 2003.
2. Безъязычный, В. Ф. Анализ и направления совершенствования технологических и организационных проблем ремонта газотурбинных авиационных двигателей / В. Ф. Безъязычный, А. В. Смирнов // Научные технологии в машиностроении. – 2020. – № 8(110). – С. 42 – 48.
3. Бессуднов И. А., Безъязычный В. Ф. Совершенствование технологий ремонта газотурбинных авиационных двигателей с использованием ресурсосберегающих технологий, кандидатская диссертация, РГАТУ имени П. А. Соловьева, Рыбинск, 2014.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ НАВИГАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

И. В. Кулешов, С. П. Москвитин

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: kuleshov.ilja2017@yandex.ru)*

В навигационных системах большинства современных беспилотных транспортных средств для определения координат местоположения применяются приемники глобальных систем спутниковой навигации (ГССН), для большей автономности дополнительно используются блоки инерциальных датчиков пространственной ориентации. Для выполнения поставленных задач беспилотным транспортным средствам работающих в составе с инерционными системами необходим сигнал ГССН.

Точность и скорость определения координат местоположения особенно важна для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), при применении инерционных систем низкой точности, долгое отсутствие сигнала ГССН приводит к росту числа ошибок и возникновению аварийной ситуации, которая может привести к потере БПЛА. Именно по этой причине подавление ГССН рассматривается как основной метод борьбы с БПЛА. Блок автономной навигации для применения в БПЛА должен обладать высокой точностью и малым весом, однако применение высокоточных инерциальных навигационных систем полностью не способно решить проблему из-за высокой стоимости и большого веса даже средних по качеству инерциальных навигационных систем.

Для повышения помехозащищенности разрабатываются системы, работающие на принципе оптического сканирования местности, суть работы видеонавигации заключается в обзоре и скоростной обработке полученных изображений местности, представленный метод аналогичен методу ориентации человека на местности. Подобные системы навигации разрабатываются зарубежными и отечественными компаниями. В России ведущей компанией по разработке систем, не зависящих от сигнала ГССН, занимается группа компаний «Калашников» входящих в госкорпорацию «Ростех». Созданные компанией системы навигации состоят из широкоугольной камеры и производительного, малогабаритного компьютера, обрабатывающего поступающую информацию.

Метод определения координат БПЛА по пеленгационным измерениям на наблюдаемый объект с известными координатами. Ввиду отсутствия прямых измерений дальности до цели, возникает задача определения ее координат только на основе угловых измерений. Следующим этапом является привязка координат цели к карте местности, для чего необходимо точное определение положения самого БПЛА и в целом реализация метода одновременной локализации и картографирования [2, 3].

Привязка к координатам наземных ориентиров необходима БПЛА для определения точных координат собственного местоположения. В качестве земных ориентиров могут выступать характерные особенности местного рельефа с заранее известными координатами или сеть радиовышек, которые способны пеленговать местоположение БПЛА и передавать ему на определенной заранее частоте данные о местоположении.

Наибольшей точности бортовые системы навигации достигают при использовании всех методов в сочетании с инерциальной навигационной системой

Библиографический список

1. Копысов, О. Э. Инерциальные навигационные системы : лекция [Электронный ресурс] / О. Э. Копысов. – 2013. – URL : http://olegkop.ucoz.com/InfIzmYstr/lekcija_22.pdf (дата обращения: 29.09.2022).
2. Купервассер, О. Ю. Система навигации беспилотных летательных аппаратов с помощью видео. [Электронный ресурс] / О. Ю. Купервассер, А. А. Рубинштейн // Методолог. – 2012. 8 декабря. – URL : <http://www.metodolog.ru/node/1570/> (дата обращения: 29.09.2022).
3. Петров, В. Ф. Модель системы автоматического управления беспилотным летательным аппаратом / В. Ф. Петров, А. А. Барунин, А. И. Терентьев // Изв. Тульского государственного университета. Технические науки. – 2014. – № 12-2.

КОНЦЕПЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ МОБИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА В КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ

Н. Т. Кунин

МИРЭА – Российский технологический университет, Россия, Москва

(e-mail: kuninnt@gmail.com)

Задача исследования и моделирования взаимодействия элементов корпоративной сети с мобильным рабочим устройством с точки зрения обеспечения его информационной безопасности является весьма актуальной и практически важной.

В современных подходах к защите информации в корпоративной сети в явном виде отсутствует решение проблематики безопасного использования мобильных устройств в ее составе. В то же время, данный класс устройств составляют многофункциональные медиа-устройства, обладающие вычислительными и коммуникационными ресурсами, необходимыми для обеспечения непрерывности бизнес-процессов организации [1].

В связи с необходимостью контроля программной и аппаратной составляющей мобильного устройства, в рамках предлагаемой концепции, защищенность информации предлагается обеспечивать совокупностью MDM-решений и систем виртуализации.

Общее назначение MDM-систем – управление мобильными устройствами, которые имеют доступ к инфраструктуре предприятия. Приложения MDM имеют ряд прав и возможностей для контроля аппаратной составляющей устройств, таких как модули связи, геолокации, камеры и памяти, а также контроль за функциями иных программ, установленных на мобильные устройства (в частности запрещать или разрешать их использование) [3].

В вопросе безопасности средства виртуализации обладают рядом свойств и преимуществ [2]:

- централизованное хранилище данных в виртуализированной среде предотвращает потери важных данных, если устройство утеряно, украдено или взломано;
- когда виртуальная машина (далее VM) и приложения надежно изолированы, только одно приложение на одной ОС будет подвержено последствиям от атаки;
- при корректной настройке виртуальная среда предоставляет гибкость, которая позволяет иметь общий доступ к системе без необходимости давать доступ к критической информации на системах;
- сокращение технического обеспечения, которое возникает из-за виртуализации, улучшает физическую безопасность, так как присутствует меньше устройств и, в конечном счете, меньше центров обработки данных;
- программное обеспечение гипервизора само по себе малофункциональное и не достаточно сложное – оно предоставляет маленькую область для потенциальной атаки на сам гипервизор.

С учетом всех основных свойств и преимуществ MDM-систем и систем виртуализации, схема их совместного использования в вопросе защиты мобильных устройств представлена на рис. 1.

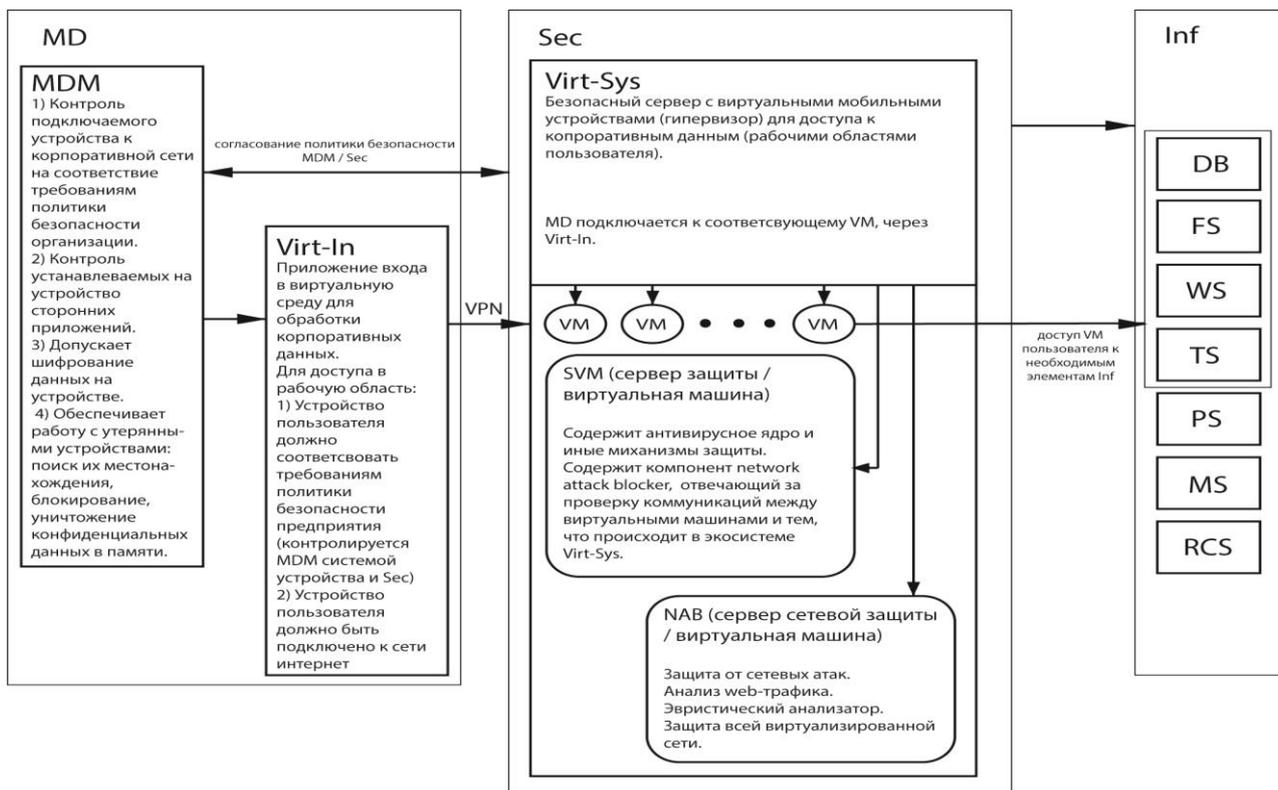


Рис. 1. Общая схема управления безопасностью корпоративного мобильного устройства

Описание работы алгоритма:

- 1) На личное устройство пользователя устанавливается MDM-приложение и приложение входа в виртуальную среду для обработки корпоративных данных;
- 2) Доступ к рабочим VM осуществляется через защищенное VPN соединение;
- 3) Все корпоративные данные хранятся в рамках локальной инфраструктуры организации и защищены с помощью система защиты информации организации. Через VM мобильные устройства получают лишь доступ к данным и возможность их обработки;
- 4) Система защиты гипервизора возможна в разных вариациях и зависит от технического и материального обеспечения организации.
- 5) VM с рабочей областью пользователя имеет доступ к необходимым элементам корпоративной инфраструктуры;

Таким образом в рамках описанного подхода:

- соблюдается концепции BYOD;
- корпоративные данные не хранятся на устройствах сотрудников, доступ к ним возможен за счет средств виртуализации;
- возможна масштабируемости системы контроля защищенности информации благодаря средствам виртуализации;
- возможен дистанционный контроль МУ в рамках соблюдения политики безопасности организации.

К ограничениям представленного подхода управления можно отнести минимальное воздействие на аппаратную составляющую мобильных устройств, что определяется необходимостью соблюдения концепции BYOD, как самой оптимальной для большинства организаций.

Библиографический список

1. Кунин, Н. Т. Анализ требований, предъявляемых к защищенности информации мобильных устройств в составе корпоративной сети, и факторов, влияющих на нее / Н. Т. Кунин, Р. Р. Шатовкин // NovaInfo, 2022. – № 131. – С. 12 – 14. – URL : <https://novainfo.ru/article/19023> (дата обращения: 18.05.2022).
2. Рыжкова, А. Е. Виртуальные частные сети VPN как концепция реализации защищенных корпоративных сетей / А. Е. Рыжкова // Системы управления, сложные системы: моделирование, устойчивость, стабилизация, интеллектуальные технологии. – Елец : Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина, 2021. – С. 248 – 251.
3. Анализ существующих программных средств защиты информации в корпоративной сети предприятия / В. С. Зайцев, Д. А. Наумов, Н. О. Омеляненко, А. П. Панфилов // Междисциплинарность научных исследований как фактор инновационного развития. – Иркутск, 12 октября 2020. – С. 25 – 27.

ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ КАЧЕСТВА В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СФЕРЕ

В. В. Леонидов, К. А. Муравьев

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: vladimir@leonidov.su)*

Классический подход предполагает оценку качества телекоммуникационных услуг основе совокупности ключевых показателей эффективности KPI (Key Performance Indicators или ключевые показатели эффективности). Данные показатели позволяют оценить достижение заявленных целей при улучшении сети передачи данных. Целевые показатели сети служат отправной точкой для формулирования перечня технических целевых KPI и их пороговых значений, представляющих собой описание отслеживаемых технических параметров объектов сети и их вариативный диапазон [1, 2]. На основе этого, шаг за шагом, операторы предлагают услуги передачи данных. На самом общем уровне это, например, голосовое и пакетное соединения. В процессе эксплуатации данные услуги будут оптимизированы по различным KPI, а обнаруженные ошибки будут устранены. Таким образом, отслеживая «эволюцию» базового измерения в рамках стратегии компании посредством измерения производительности достигается устранение неполадок и оптимизация сети по критериям эффективности (см. рис. 1).

Улучшение сервисов сети передачи данных в основном связана с улучшением производительности сети с использованием существующих ресурсов [2]. Основной целью является использование существующих ресурсов для решения текущих и потенциальных проблем и определение возможных решений обеспечения качества для последующего планирования [3]. Посредством применения данной методики (рис. 1) достигается наилучшая отдача от инвестиций, формируется критический взгляд на потребность введения новых объектов сети, являющихся дорогостоящими.

Согласно стандарту ITU-T Rec. E.800, который регламентирует управление производительностью сети (NP) и качество обслуживания (QoS) определяются технические и нетехнические характеристики, относящиеся к QoS и призванные представлять интересы всех

сторон рынка телекоммуникационных услуг, т.е. пользователя, поставщика услуг, производителя и регулятора на уровнях (производительности сетевого элемента – NP (Network Performance), общей производительности сети, сквозная (End-to-End) QoS, QoE (Quality of Experience). В общем случае качество обслуживания (QoS) состоит из набора параметров, связанных с производительностью трафика в телекоммуникационной сети. Определение QoS, содержащееся в ITU-T, звучит следующим образом: «Коллективный эффект производительности услуг, определяющий степень удовлетворенности пользователей услуг».

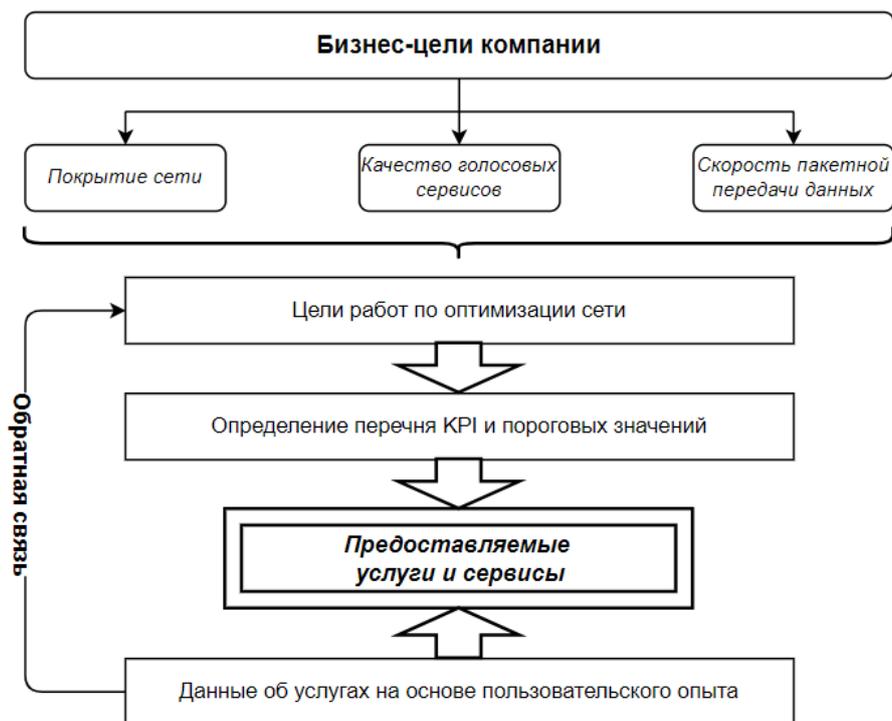


Рис. 1. Маршрут улучшения KPI сети

Телекоммуникационные операторы и поставщики услуг, способные обеспечить лучшее QoS, с большей вероятностью сохранят существующих клиентов и могут снова увеличить отток клиентов конкурирующего оператора. Но лучшее QoS требует больших затрат, т.е. необходимо решать противоречие между QoS и затратами.

Библиографический список

1. Маркелов, В. В. Системный анализ процесса управления качеством изделий электронной техники / В. В. Маркелов, А. И. Власов, Э. Н. Камышная // Надежность и качество сложных систем. – 2014. – № 1(5). – С. 35 – 42.
2. Власов, А. И. Методы упреждающего прогнозирования состояния широкополосной сети связи / А. И. Власов, В. В. Иванов, И. А. Косолапов // Программные продукты и системы. – 2011. – № 1. – С. 3 – 6.
3. Маркелов, В. В. Управление и контроль качества изделий электронной техники. Семь основных инструментов системного анализа при управлении качеством изделий электронной техники / В. В. Маркелов, А. И. Власов, Д. Е. Зотьева // Датчики и системы. – 2014. – № 8(183). – С. 55 – 66.

АЛГОРИТМ УГЛОМЕРНОГО КАНАЛА СО СЛУЧАЙНОЙ СТРУКТУРОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

А. А. Мжельский, В. В. Евтеев, С. В. Панфилов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: mzhelskiya@yandex.ru, bkushb@mail.ru,

mich157a@gmail.commailto:mzhelskiya@yandex.ru)

Для разработки алгоритма функционирования угломерного канала со случайной структурой предлагается использовать трехмерную и двухмерную модели состояния для оценки фазовых координат воздушных судов (ВС) [1]:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_1(k) &= \varphi_1(k-1) + \omega_1(k-1)T + 0,5\beta_1(k-1)T^2; \\ \omega_1(k) &= \omega_1(k-1) + \beta_1(k-1)T; \quad \beta_1(k) = (1 - \alpha_{\varphi_1}T)\beta_1(k-1) + \xi_a(k-1); \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\varphi_2(k) = \varphi_2(k-1) + \omega_2(k-1)T; \quad \omega_2(k) = (1 - \alpha_{\varphi_2}T)\omega_2(k-1) + \xi_{\omega}(k-1); \quad (2)$$

$$\varphi(k) = \sum_{m=1}^2 W_m(k-1)\varphi_m(k-1), \quad m=1, 2; \quad k=1, 2, \dots, \quad (3)$$

где φ, ω, β – азимут, скорость и ускорение изменения азимута; W_m – весовые коэффициенты оценки фильтрации; α_{φ_1} и α_{φ_2} постоянные времени маневра; $\xi_a(k-1)$ и $\xi_{\omega}(k-1)$ гауссовские шумы.

Для обеспечения оценки фазовых координат (1, 2, 3) измеряется азимут ВС φ_n

$$\varphi_n(k) = \varphi(k) + \xi_{\varphi_n}(k). \quad (4)$$

На основании модели состояния (1) – (3), модели наблюдения (4) и с учетом выражений калмановской фильтрации [2, 3] получен следующий алгоритм:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_{10}(k) &= \varphi_{1\vartheta}(k) + K_{1\varphi_{11}}\Delta\varphi_1(k); \quad \omega_{10}(k) = \omega_{1\vartheta}(k) + K_{1\varphi_{21}}\Delta\varphi_1(k); \\ \beta_{10}(k) &= \beta_{1\vartheta}(k) + K_{1\varphi_{31}}\Delta\beta(k); \quad \Delta\varphi_1(k) = \varphi_{1n}(k) - \varphi_{1\vartheta}(k); \\ \varphi_{1\vartheta}(k) &= \varphi_{10}(k-1) + \omega_{10}(k)\tau + \beta_0(k)\tau^2/2; \quad \omega_{1\vartheta}(k) = \omega_{10}(k-1) + \beta_{10}(k)\tau; \\ \beta_{1\vartheta}(k) &= \beta_{10}(k-1); \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} \varphi_{20}(k) &= \varphi_{2\vartheta}(k) + K_{2\varphi_{11}}\Delta\varphi_2(k); \quad \omega_{20}(k) = \omega_{2\vartheta}(k) + K_{2\varphi_{21}}\Delta\varphi_2(k); \\ \Delta\varphi_2(k) &= \varphi_{2n}(k) - \varphi_{2\vartheta}(k); \quad \varphi_{2\vartheta}(k) = \varphi_{20}(k-1) + \omega_{20}(k)\tau; \\ \omega_{2\vartheta}(k) &= \omega_{20}(k-1); \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$\varphi_0(k) = \sum_{m=1}^2 W_{0m}(k-1)\varphi_{0m}(k-1), \quad m=1, 2; \quad k=1, 2, \dots, \quad (7)$$

где $\Delta\varphi(k)$ – невязка измерения; $\varphi_{\vartheta}(k), \omega_{\vartheta}(k), \beta_{\vartheta}(k)$ – экстраполированные значения фазовых координат; $K_d(k)$ – коэффициенты усиления невязок измерения.

Проводилось имитационное моделирование алгоритма (5) – (7). При имитационном моделировании использовался маневр «Большая коробочка» [1].

Результаты моделирования приведены на рис. 1, где представлен график зависимости СКО по азимуту σ_ϕ от времени t между наземной РЛС и воздушным судном для маневра «Большая коробочка»: 1 – в угломерном канале использовалась модель состояния (1); 2 – в угломерном канале использовалась модель состояния (2); 3 – в угломерном канале использовалась совместная модель состояния (1) – (3). Из рисунка 1 видно, что при совместной обработке алгоритма (кривая 3), СКО по азимуту σ_ϕ меньше, чем максимальные значения СКО по азимуту для модели (1) и (2).

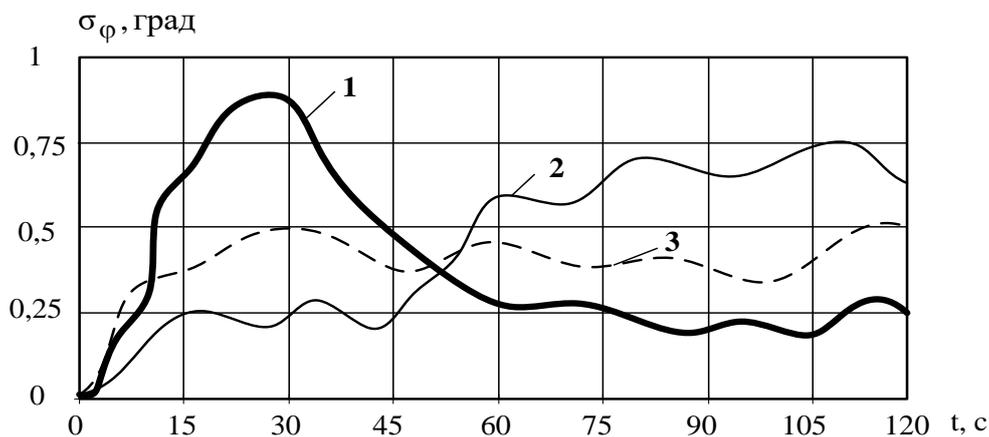


Рис. 1. Зависимость реального СКО азимута от времени

Таким образом, использование одновременно двух фильтров угломерного канала со случайной структурой позволяет улучшить точность и стабильность оценки пространственного положения воздушных судов на всех этапах посадочного маневра «большая коробочка».

Библиографический список

1. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.
2. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu. N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic and Kinematic Parameters // Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 3, article id. 032111. – 2018.
3. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu. N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. Synthesis of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation. – Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 3, article id. 032112. – 2018.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СРЫВА СЛЕЖЕНИЯ И УСТОЙЧИВОСТЬ СИНТЕЗИРОВАННОГО ФИЛЬТРА

У. Р. Наимов, Р. Б. Хамрокулов, Н. Султонов

Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан
(e-mail: umed87-88@mail.ru)

При совершении целью маневра, в ходе которого возникают производные отслеживаемых координат, порядок которых превышает порядок устойчивости следящей системы, увеличиваются динамические ошибки и существенно возрастает вероятность срыва сопровождения [1, 2].

Далее рассматривается только срыв сопровождения по углу, так как вопрос срыва сопровождения в канале дальности достаточно подробно исследован, см. например [3 – 7].

На рисунке 1 изображены результаты моделирования оценки азимутального угла, полученные обычным каналом углового сопровождения современного летательного аппарата и синтезированным фильтром. Из рисунка видно, что синтезированный фильтр дольше обеспечивает сопровождение цели, и срыв слежения у него происходит позже.

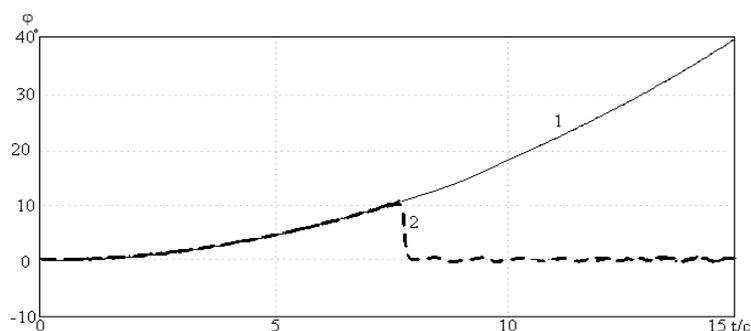


Рис. 1. Оценки углового положения летательных аппаратов

Моделирование показало также, что разброс времени до срыва достаточно большой, поэтому точность невысока.

В таблице 1 приведена усредненная разница времени до срыва слежения для канала углового сопровождения обычной системы и синтезированной следящей системы при различных уровнях дисперсии шума наблюдения R ($R_1 < R_2 < R_3$) для нескольких видов тестовых сигналов.

Из таблицы видно, что с ростом интенсивности шума наблюдения уменьшается разность времени до срыва и точность измерения этого времени из-за большого разброса значений.

Таблица 1

Дисперсия шума наблюдения	Разница времени до срыва слежения, с
R_1	$1,1 \pm 0,03$
R_2	$1 \pm 0,05$
R_3	$0,5 \pm 0,1$

Библиографический список

1. Данилов, С. Н. Алгоритм функционирования системы угловой коррекции наземной подвижной антенны, синтезированный на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 55 – 59.
2. Обрезков, Г. В. Методы анализа срыва слежения : учебное пособие / Г. В. Обрезков, В. Д. Разевич. – М. : Сов. радио, 1972. – 312 с.
3. Наимов, У. Р. Синтез канала слежения за параметрами случайного процесса в условиях их скачкообразного изменения / У. Р. Наимов, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин // Радиотехника. – 2019. – № 2. – С. 84 – 89.
4. The monitoring channel of the random process parameters with the simplified structure in discontinuous conditions variation / S. N. Danilov, U. R. Naimov, M. P. Belyaev, A. P. Pudovkin, L. G. Varepo, Yu. N. Panasyuk, P. S. Belyaev // Journal of Physics : Conference Series. – 2020. – V. 1441, no. con. 1. – pp. 012054.
5. Чернышова, Т. И. Информационная технология оценки метрологической надежности информационно-измерительных систем с учетом влияния внешних факторов / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Материалы VI Международной НТК студентов, молодых ученых и специалистов. – 2019. – С. 172–173.
6. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.
7. Пудовкин А. П., Панасюк Ю. Н., Данилов С. Н., Москвитин С. П. Synthesis of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation // Journal of Physics: Conference Series. Volume 1015, Issue 3, article id. 032112, pp. 1.

СИНТЕЗ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ДАЛЬНОМЕРА С УЧЕТОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА

И. А. Некрылов, А. М. Чепелева, В. С. Аистов, Ю. Н. Панасюк

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: nekrylov.ilya@mail.ru, tchepeleva.sascha@yandex.ru, Aistov.volk-vovan@mail.ru)*

Для синтеза радиолокационного дальномера по повышению его точностных характеристик необходимо в моделях состояния учитывать дополнительные (кинематические) параметры воздушных судов (скорость цели $V_{ц}$, ускорение цели $a_{ц}$, угол наклона θ , угол скорости наклона ω_{θ} , путевой угол φ , скорость путевого угла ω_{φ} , углы линии визирования в вертикальной и горизонтальной плоскостях $\varepsilon_{в}$ и $\varepsilon_{г}$, скорости линии визирования в вертикальной и горизонтальной плоскостях $\omega_{г}$ и $\omega_{в}$). Модель системы радиолокационного дальномера по оценке дальности D , скорости V и ускорения a имеет вид [1, 2]:

$$\left. \begin{aligned} D(k+1) &= D(k) + V(k)\tau + 0,5a(k)\tau^2 \\ V(k+1) &= V(k) + a(k)\tau \\ a(k+1) &= V_u(k)(\cos\theta(k)\sin\varepsilon_B(k)(\omega_\theta(k) - \omega_B(k)\cos(\varphi(k) - \varepsilon_r(k))) + \\ &\quad + \sin\theta(k)\cos\varepsilon_B(k)(\omega_B(k) - \omega_\theta(k)\cos(\varphi(k) - \varepsilon_r(k))) + \\ &\quad + \cos\theta(k)\cos\varepsilon_B(k)\sin(\varphi(k) - \varepsilon_r(k))(\omega_r(k) - \omega_\varphi(k))) + \xi_a(k) \end{aligned} \right\}; \quad (1)$$

$$D_H(k+1) = D(k+1) + \xi_{D_H}(k+1). \quad (2)$$

С учетом уравнений фильтрации Калмана [3, 4] и модели системы (1) и (2), получен алгоритм фильтрации для оценки фазовых координат: дальности, скорости и ускорения:

$$D_o(k+1) = D_o(k) + K_{d11}(k+1)\Delta D(k+1); \quad (3)$$

$$V_o(k+1) = V_o(k) + K_{d21}(k+1)\Delta D(k+1); \quad (4)$$

$$a_o(k+1) = a_o(k) + K_{d31}(k+1)\Delta D(k+1); \quad (5)$$

$$D_o(k+1) = D_o(k) + V_o(k)\tau + 0,5a_o(k)\tau^2; \quad (6)$$

$$V_o(k+1) = V_o(k) + a_o(k)\tau; \quad (7)$$

$$\begin{aligned} a_o(k+1) &= V_{uo}(k)(\cos\theta_o(k)\sin\varepsilon_{bo}(k)(\omega_{\theta_o}(k) - \omega_{bo}(k)\cos(\varphi_o(k) - \\ &\quad - \varepsilon_{ro}(k))) + \sin\theta_o(k)\cos\varepsilon_{bo}(k)(\omega_{bo}(k) - \omega_{\theta_o}(k)\cos(\varphi_o(k) - \\ &\quad - \varepsilon_{ro}(k))) + \cos\theta_o(k)\cos\varepsilon_{bo}(k)\sin(\varphi_o(k) - \varepsilon_{ro}(k)) \times \\ &\quad \times (\omega_{ro}(k) - \omega_{\varphi_o}(k))); \end{aligned} \quad (8)$$

$$\Delta D(k+1) = D_H(k+1) - D_o(k+1). \quad (9)$$

Проводилось имитационное моделирование алгоритма (3) – (9). Для сравнения точностных характеристик алгоритма (3) – (9), проведено имитационное моделирование алгоритмов Зингеровской модели. При имитационном моделировании использовался маневр «Большая коробочка» [1].

Результаты моделирования приведены на рис. 1, где приведен график зависимости СКО по дальности σ_D от времени t между наземной РЛС и воздушным судном для маневра «Большая коробочка». Как видно из рисунка, σ_D значительно меньше при использовании информации кинематических параметров (КП), чем при использовании Зингеровской модели (ЗМ).

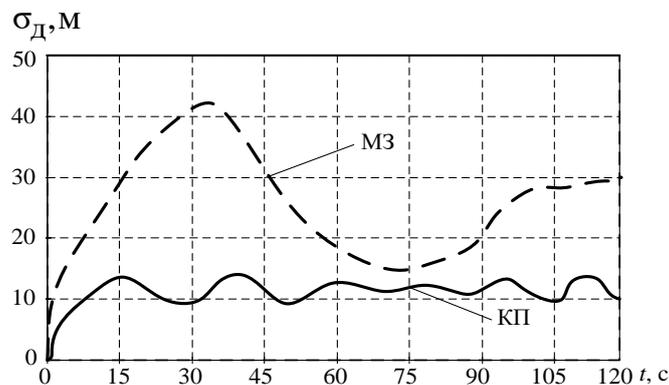


Рис. 1. СКО оценки фильтрации дальности

Применение синтезированных алгоритмов (3) – (9) позволит более эффективно выполнять задачи в процессе управления воздушным движением диспетчером. Это приведет к увеличению пропускной способности воздушных судов в районе аэропорта, при этом будет обеспечиваться заданный уровень безопасности.

Библиографический список

1. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.

2. Danilov, S. N., Moskvitin, S. P., Panasyuk, Y. N., Pudovkin, A. P., Shatovkin, R. R., Varepo, L. G., Nagornova, I. V. Indication of relative motion intensity of aerodynamic object and meters with different physical nature. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series, 1901 – 2021.

3. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu. N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic and Kinematic Parameters // Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 3, article id. 032111. – 2018.

4. Ivanov, A. V. Quasi-Optimal Algorithms for Detection, Identification, and Adaptive Estimation for Information Processing in Navigation Systems of Mobile Ground Objects Based on Satellite Radio Navigation Systems/ A. V. Ivanov, V. O. Surkov, D. V. Komrakov // Journal of Communications Technology and Electronics – 2020.- № 6(65). – pp. 609-618.

ОБНАРУЖЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

И. В. Павлов, В. И. Зацепина

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия
(e-mail: grecha1917@gmail.com)*

Электроэнергетическая система состоит из множества различных сложных и взаимодействующих между собой элементов, которые подвержены различным электрическим неисправностям. Использование электростанций большой мощности, а также концепции сети, т.е. синхронизированных электростанций и географически смещенных сетей, требуют выявления неисправностей и срабатывания защитного оборудования в минимально возможное время, чтобы энергосистема могла оставаться в стабильном состоянии. Неисправности на линиях электропередачи должны быть сначала обнаружены, а затем правильно классифицированы и устранены в кратчайшие сроки.

Искусственная нейронная сеть (ИНС) может эффективно применяться для обнаружения и классификации неисправностей, поскольку это метод программирования, способен легко решать нелинейные задачи. Кроме того, ИНС способны учиться на собственном опыте, т.е. на примерах. Они получили широкое признание и используются в задачах, связанных с обнаружением и классификацией неисправностей благодаря следующим особенностям:

- Возможность выбора конфигураций линий передач, имеются любые возможные в зависимости от протяженности, контура и т.д.
- Наличие множества методов быстрого и надежного моделирования сети с различными условиями энергосистемы;
- Состояние электроэнергетической системы меняется после каждого нарушения. Следовательно, нейронная сеть способна учитывать динамические изменения в энергосистемах.
- Вывод информации у ИНС очень быстрый, надежный и точный в зависимости от степени обучения, потому что его работа зависит от ряда очень простых операций.

Алгоритмы, в которых используется программирование ИНС, имеет множество преимуществ, но также имеет ряд недостатков, которые очень сложны по своей природе. Некоторыми из важных факторов являются выбор типа сети, структуры сети, критерии завершения и т.д. Существуют различные параметры, такие как значения напряжения до и после нарушения и токи соответствующих трех фаз в установившемся режиме, необходимые для точного обнаружения и классификации повреждения.

Значения предаварийного и послеаварийного напряжения и тока соответствующих трех фаз сильно различаются и зависят от типа неисправности. Таким образом, для метода классификации неисправностей требуется нейронная сеть, способная определить тип неисправности по схемам напряжений и токов до и после неисправности, которые генерируются из значений, измеренных в трехфазной линии электропередачи электроэнергетической системы на одном терминале. Нейронная сеть основана на общем количестве шести входов, то есть на напряжениях и токах соответствующих трех фаз. Нейронная сеть обучается с использованием этих шести входных данных. Общее количество выходов нейронной сети равно четырем цифрам, т.е. три фазы А, В, С и четвертая земля трехфазной линии передачи.

Нейронная сеть имеет четыре выхода, каждый из которых соответствует состоянию неисправности каждой из трех фаз, и один выход для линии заземления. Следовательно, выходы равны 0 или 1, что означает отсутствие или наличие неисправности на соответствующей линии. Следовательно, различные возможные перестановки могут соответственно представлять каждую из различных ошибок. Предлагаемая нейронная сеть должна быть способна точно различать не менее десяти возможных категорий неисправностей.

Библиографический список

4. Alanzi EA, Younis MA, Ariffin AM (2014) Detection of faulted phase type in distribution systems based on one end voltage measurement. *Electr Power Energy Syst* 54:288–292.
5. Aziz MS, Abdel MA, Hassan M, Zahab EA (2012) High-impedance faults analysis in distribution networks using an adaptive neuro fuzzy inference system. *Electr Power Compon Syst* 40(11):1300–1318.
6. Bouthiba T (2004) Fault location in EHV transmission lines using artificial neural networks. *Int J Appl Math Comput Sci* 14(1):69–78.

ФИЛЬТРЫ СИММЕТРИЧНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ В КАЧЕСТВЕ УСТРОЙСТВА РЗА

О. А. Покидов, В. И. Зацепина

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Введение. На сегодняшний день в системе электроснабжения используются трехфазные электрические цепи, которые работают в симметричном режиме, так как их системы токов и напряжений одновременно симметричны. Однако часто бывают случаи, когда в системе происходят короткие замыкания (КЗ), характеризующиеся не симметрией. Для разложения несимметричной системы целесообразно использовать фильтры симметричных составляющих токов и напряжений, что делает их актуальными [1].

Цель данной работы предложить программные фильтры для устройства релейной защиты и автоматики (РЗА) с фильтром симметричных составляющих.

Основная часть. Используя соотношения для симметричных составляющих, получаем дискретизированные синусоидальные величины $u_{1A}(nT_d)$, $u_{2B}(nT_d)$, $u_{0C}(nT_d)$, определяющие симметричные составляющие прямой, обратной и нулевой последовательностей. Структура программного фильтра напряжения обратной последовательности, приведена на рис. 1, а. Блоки $Z^{-N/3}$ и $Z^{-2N/3}$ осуществляют сдвиги последовательностей, которые соответствуют повороту векторов на 120° и 240° . На выходе сумматора формируется сигнал $3u_2(nT_d)$, который преобразуется выходным блоком, реализующим алгоритмы измерения синусоидальных величин. На выходе фильтра напряжения обратной последовательности формируются ортогональные составляющие U_{2x} и U_{2y} вектора напряжения обратной последовательности U_2 .

Такая структура с элементами памяти не всегда обеспечивает требуемое быстродействие, из-за того, что имеется инерционность фильтра из-за задержек на время $N_{Td}/3$ и $2N_{Td}/3$ блоками памяти. Дополнительная задержка на время вносится при использовании алгоритма Фурье, поскольку в процессе цифровых преобразований при вычислении параметров вектора он использует все выборки одного периода.

Существенно большее быстродействие можно получить, построив фильтр по структуре, показанной на рис. 1, б. В этой структуре три одинаковых «входных» блока выделяют ортогональные составляющие векторов, соответствующих фазным величинам $u_A(nT_d)$, $u_B(nT_d)$, $u_C(nT_d)$ [2].

«Выходной» блок вычисляет искомые симметричные составляющие, выполняя только арифметические операции с составляющими отдельных векторов, в том числе и операции сдвига векторов по фазе, но без элементов памяти, вносящих запаздывание на несколько циклов дискретизации величин.

Результат. Предложены два вида программных фильтров, которые выделяют соответствующие составляющие при несимметричной системе. Их можно использовать в проектирование микропроцессорных устройств РЗА.

Заключение. Применение фильтров симметричных составляющих позволяет получить устройства релейной защиты и автоматики (РЗА), которые обладают быстродействием, высокой чувствительностью и хорошо отстроенные от токов нагрузки.

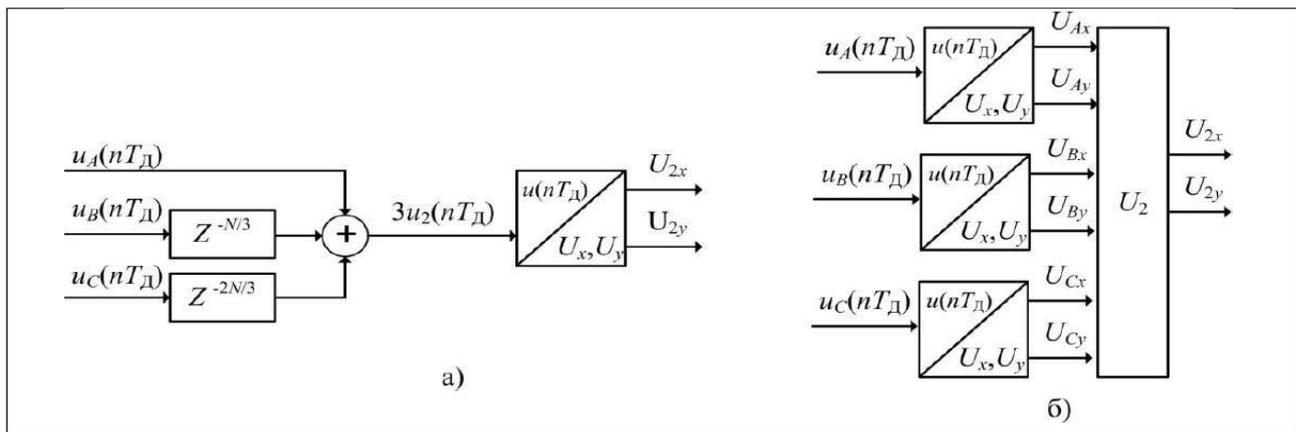


Рис. 1. Структуры программных фильтров симметричных составляющих:
a – с элементами памяти; *б* – на основе арифметических операций

Библиографический список

1. Ушакова, Н. Ю. Метод симметричных составляющих / Н. Ю. Ушакова, Л. В. Быковская. – Оренбург : ИПК ГОУ ОГУ, 2010. – 59 с.
2. Кузьмин, И. Л. Микропроцессорные устройства релейной защиты / И. Л. Кузьмин, И. Ю. Иванов, Ю. В. Писковацкий. – Казань, 2015. – 310 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

А. А. Расюк, О. Д. Хохлунова

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
 (e-mail: rasyuk2@gmail.com)*

Производство печатных плат в электронной промышленности подразумевает не только высококачественное изготовление проводящего рисунка и размещение электронных компонентов с последующей пайкой, но и высокоэффективный контроль качества. В ходе контроля необходимо быстро и точно проверять на соответствие характеристик изготовленного образца требуемым стандартам. В силу масштабности производства необходимо автоматизировать как можно больше этапов контроля [1].

Наиболее быстрым и бюджетным является визуальный контроль печатных плат, так как он является быстро масштабируемым и применим к конвейерному сквозному производству. В настоящее время широко используются системы автоматического визуального контроля как проводящего рисунка, так и размещаемых электронных компонентов. Контроль данными методами подразумевает использование комплексного программного обеспечения.

Программное обеспечение позволяет в режиме реального времени оценивать проводящий рисунок на наличие отклонений от заложенной идеальной модели. Но эвристические методы не всегда могут с необходимой точностью (вероятностью) определить дефекты, поэтому подразумевается постоянное присутствие специалиста, который в ручном режиме оценит качество. Собранная информация может быть применена в дальнейшей аналитике и использована более сложными программными алгоритмами.

Методы машинного обучения позволяют на основании пред обработанной базы данных получить модель, которая будет принимать решения о годности печатной платы эффективнее эвристических алгоритмов.

В работе Zhang, Shi, Li, Zhang, & Liu (2018) предложен улучшенный подход к обнаружению дефектов голых печатных плат путем изучения глубоких дискриминационных признаков. Высокие требования к набору данных об отклонениях значительно снижены, путем добавления некоторых искусственных дефектов и аффинных преобразований для увеличения количества и разнообразия данных. Глубокая предварительно обученная сверточная нейронная сеть используется для изучения высокоуровневых отличительных признаков. В свою очередь базовая модель точно настраивается на расширенном наборе данных, замораживая все сверточные слои и обучая верхние слои. А для финальной локализации дефектов используется подход скользящих окон. Путем сравнения трех дополнительных методов, основанных на неглубоких характеристиках, демонстрируется, что предлагаемый подход более осуществим и эффективен в области обнаружения дефектов печатных плат [2].

Шримани и Пратибха (2016) также представили нейронную сеть глубокого обучения и гибридный генетический алгоритм для обнаружения дефектов печатных плат. Для классификации использовалась нейронная сеть глубокого обучения. А для выбора признаков был применен генетический алгоритм, оптимизирующий процесс уменьшения признаков. Рассмотренная работа сосредоточена на генерации объектов путем применения схемы фильтрации, которая обеспечивает процедуру ранжирования объектов с учетом усиления [3].

Таким образом, использование методов машинного обучения [4] для контроля дефектов печатных плат [5] целесообразно и в дальнейшем позволит повысить эффективность контроля качества, уменьшить временные издержки и повысить надежность и отказоустойчивость создаваемых систем.

Библиографический список

1. Вирясова, А. Ю. Нейросетевые методы дефектоскопии интегральных структур / А. Ю. Вирясова, А. И. Власов, А. А. Гладких // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2019. – № 2. – С. 54 – 67.
2. Improved bare PCB defect detection approach based on deep feature learning. The Journal of Engineering / Zhang C, Shi W, Li X, Zhang H, and Liu H // 2018, P. 1415 – 1420.
3. Automated Detection of Printed Circuit Boards (PCB) Defects by Using Machine Learning in Electronic Manufacturing: Current Approaches / S. S. Zakaria // 2020, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 767 012064.
4. Поляков, А. А. Классификация методов определения точности распознавания в задачах машинного обучения / А. А. Поляков, М. В. Фетисов // Технологии инженерных и информационных систем. – 2022. – № 1. – С. 3 – 11.
5. Макушина, Н. В. Анализ дефектов металлизированных отверстий печатных плат / Н. В. Макушина, М. Д. Сергеева // Проектирование и технология электронных средств. – 2018. – № 1. – С. 3 – 12.

МЕТОД КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПЕЧАТНОГО УЗЛА

В. А. Хомутков, Д. А. Каданцев, М. В. Сизов, А. П. Пудовкин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(email: homutkoff200@gmail.com, dmitryktmb@gmail.com)

В нашем мире для изготовления современных устройств используются печатные платы различной степени сложности с применением интегральных микросхем и SMD-элементов. Монтаж радиоэлементов на готовые печатные платы осуществляется следующим образом. Сначала по трафарету на плату наносится паяльная паста шпателем. Далее элементы размещают на печатной плате при помощи специальной установки с вакуумным пинцетом для SMD-компонентов, которая позволяет полуавтоматом точно установить элементы на посадочные места. Затем печатная плата отправляется в конвекционную печь, где происходит оплавление припоя. Данный метод оплавления позволяет быстро и качественно осуществить монтаж поверхностных радиоэлементов, что благоприятно влияет на производственный процесс при большой серийности производства.

В данной работе рассмотрены различные методы контроля качества печатного узла, применяемые в настоящее время при производстве радиотехнических устройств. На всех стадиях сборки и монтажа выполняются сплошной контроль: входной контроль, операционный контроль, выходной контроль. Обнаруженные дефекты фиксируются в сопроводительной документации на узел для последующего устранения, для статистического учета, а также с целью выявления и устранения причин их появления. Занесение в протокол дефектов в соответствии с программой ведет и автоматическое оборудование.

Самым распространенным способом контроля монтажа является визуальный контроль, который производит оператор с помощью оптического микроскопа, обладающего увеличением кратностью от 2 до 10. Эффективность данного контроля зависит от квалификации работника. Визуальный контроль применяется в лабораторных условиях или опытном производстве.

При серийном производстве на сборочных линиях контроль осуществляют автоматические установки – автоматическая оптическая инспекция (АОИ) [1, 2].

Автоматизированный контроль реализуется в ходе четырех основных этапов технологического процесса: нанесения паяльной пасты, позиционирования компонентов, отверждения паяльной пасты и проверки после пайки.

АОИ позволяет контролировать:

- нанесение паяльной пасты (недостаточное, избыточное, неточное, позиционирование трафарета);
- качество позиционирования компонентов (отсутствие/наличие компонента, точность позиционирования, включая разворот по горизонтали и вертикали, несоответствие полярности или номера вывода, дефект вывода, наличие посторонних предметов);
- качество паяного соединения (короткое замыкание, непропай, несмачиваемость, излишек или недостаток припоя).

Для контроля качества внутренних слоев печатной платы и качества пайки некоторых типов компонентов применяется анализ изображений, полученных с помощью рентгенов-

ских контрольных технологических установок. Изображение внутренних слоев многослойной печатной платы и паяных соединений шариковых выводов корпусов типа BGA, скрытых под корпусом микросхемы, может быть получено благодаря высокой проникающей способности рентгеновских лучей.

При тестировании электрическим методом платы устанавливаются на адаптеры, построенные по принципу «поля контактов». Для обнаружения коротких замыканий и обрывов используется низкое напряжение (10 В). Высоким напряжением (500 В) тестируется изоляция на предмет утечки и пробоя. Наличие тестовых контактов в переходных отверстиях позволяет с высокой точностью локализовать обрывы. Тестирование плат при помощи этого метода занимает несколько секунд. Самой ответственной частью контроля является тестовый контакт, так как именно от качества контактирования зависит достоверность информации.

Из всех рассмотренных методов контроля качества печатного узла наиболее прогрессивным является оптический метод контроля. Он актуален в современном мире, ведь данный способ позволяет контролировать пайку во всех плоскостях.

Библиографический список

1. Симонов, А. Оптические методы контроля электронных сборок [Электронный ресурс] / А. Симонов. – 2020. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42917117>.
2. Курносенко, А. Инспекция качества нанесения паяльной пасты: подходы и варианты реализации [Электронный ресурс] / А. Курносенко. – 2013. – URL : https://www.tech-e.ru/pre_51_6_13_spi_inaction.php.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИДЕОЭНДСКОПОВ В МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ

А. Р. Аветисян, Я. И. Шнякина

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: awetini@gmail.com, scorpio0751@gmail.com)*

Оборудование для эндоскопии прошло через три этапа развития с момента изобретения первого технического решения: ригидный (жесткие эндоскопы), гибкий (волоконно-оптический) и цифровой. На сегодняшний день в медицинской практике [1 – 7] распространено использование эндоскопов с цифровым способом передачи сигнала (видеоэндоскопы). Это обусловлено удобством диагностических процедур, так как изображение наблюдается на дисплее монитора (рис. 1), а не в окуляре прибора.

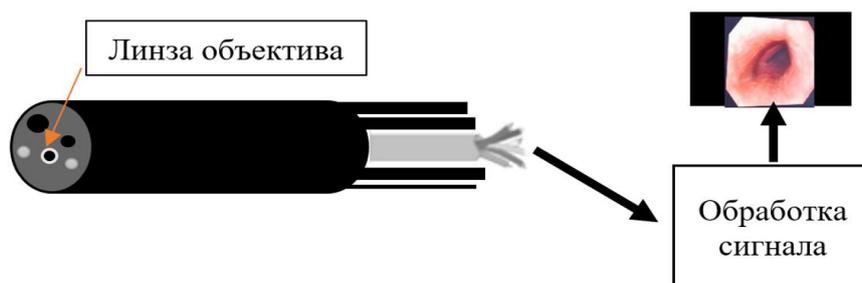


Рис. 1. Вывод диагностического изображения на монитор

В связи с тем, что оптический канал в данном случае цифровой, в отличие от фиброскопа, а ПЗС-матрица (матрица на основе прибора с зарядовой связью) состоит из миллиона пикселей, имеем преимущество в разрешающей способности эндоскопа.

Основными плюсами использования видеоэндоскопов являются:

- высокая точность диагностических, терапевтических и хирургических процедур;
- возможность фиксации результата исследования;
- увеличенное изображение и возможность масштабирования;
- простота эксплуатации (с помощью коннектора эндоскоп подключается к системе, передающей изображение на монитор);
- небольшая нагрузка на зрительный анализатор специалиста (при использовании классического фиброскопа врач ведет наблюдение через окуляр);
- ремонт и обслуживание проще, чем у приборов с волоконной оптикой из-за особенностей устройства.

В систему обработки изображения видеоэндоскопа возможно внедрение различных методов анализа и определения отклонения при диагностике (например, метод сегментации изображения). Таким образом, он является более перспективным с технической точки зрения, так как предполагает постоянное совершенствование технологий прибора.

Библиографический список

1. Фролов, С. В. Приборы, системы и комплексы медико-биологического назначения [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 10 ч. / С. В. Фролов, Т. А. Фролова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017.
2. Фролова, Т. А. Информационные модели для оценки медицинского устройства / Т. А. Фролова, М. С. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 3. – С. 123 – 128.
3. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.
4. Фролова, М. С. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 139 – 145.
5. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.
6. Фролова, М. С. Системы поддержки принятия решений для задач оснащения лечебных учреждений медицинской техникой / М. С. Фролова, С. В. Фролов, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – Специальный выпуск 52. – С. 106 – 111.
7. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.

ОСНАЩЕНИЕ ОТДЕЛЕНИЯ ДИАЛИЗА МЕДИЦИНСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

А. А. Азимуратова

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(e-mail: calamity991@gmail.com)*

Оснащение отделения гемодиализа медицинской организации является сложным и трудоемким процессом. Отделение гемодиализа должно включать в себя технические средства, которые будут соответствовать потребностям современного уровня медицины.

Современный рынок медицинского оборудования разнообразен [1 – 3]. Каждый производитель стремится улучшить свой тип оборудования для получения достоверных и быстрых результатов, что очень важно при диагностике различных заболеваний.

Для улучшения и удержания положительного эффекта от процедуры гемодиализа можно использовать дополнительное очищение сосудов. Для данной процедуры используют специальный аппарат светодиодный Соларис.

Таблица

№ п/п	Наименование	Требуемое количество, шт.
1.	Аппарат «искусственная почка» (гемодиализатор)	не менее 8 и дополнительно 1 резервный аппарат
2.	Медицинское кресло для проведения диализа	по количеству гемодиализаторов
3.	Аппарат для проведения перитонеального диализа	не менее 5
4.	Система водоподготовки для осуществления диализа	по количеству гемодиализаторов
5.	Миксер для приготовления диализного раствора	2
6.	Аппарат по утилизации отработанного одноразового расходного материала (иглы, магистрали, диализаторы) (например, Деструктор игл Nulife DOTS)	не менее 2
7.	Ионометр (натрий, калий, кальций)	1
8.	Набор для оказания реанимационной помощи	1
9.	Укладка для профилактики заражения ВИЧ-инфекцией (например, Сумки-укладки медицинские)	не менее 1
10.	Укладка для оказания помощи при анафилактическом шоке (например, Сумки-укладки медицинские)	не менее 1
11.	Укладка для оказания помощи при шоке (например, Сумки-укладки медицинские)	не менее 1
12.	Медицинские весы напольные (например, Весы медицинские электронные ВМЭН-150-50/100-Д-А)	1
13.	Облучатель бактерицидный (лампа) настенный и/или потолочный (например, Облучатель бактерицидный ОБН 150 2×30 настенный АЗОВ)	по количеству помещений
14.	Электрокардиограф (например, Электрокардиографы)	1
15.	Прикроватный кардиомонитор	1 на 30 больных
16.	Дефибриллятор	1
17.	Инфузомат	1 на 15 больных
18.	Анализатор биохимический (например, Биохимический анализатор и тест-полоски)	1
19.	Анализатор гематологический	1
20.	Тонометр (например, Тонометр CS Medica-110 Premium механический)	по количеству врачей
21.	Фонендоскопы (например, Стетофонендоскоп CS Medica-417)	по количеству врачей

Библиографический список

1. Фролова, Т. А. Информационные модели для оценки медицинского устройства / Т. А. Фролова, М. С. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 3. – С. 123 – 128.
2. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.
3. Фролова, М. С. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 139 – 145.

НЕЙРОСЕТЬ В БИОПРОТЕЗИРОВАНИИ

Ф. Г. Акопян, В. В. Дубровин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(email: akopyanfeliks@yandex.ru)

В настоящее время достижения науки и техники в протезировании позволяют решить проблему потери трудоспособности, связанную с увечьями и ампутацией верхних конечностей. Съём и обработка сигналов электромиографии с ампутированной конечности является одной из главных задач протезирования, так как полученные данные после обработки управляют протезом.

Были рассмотрены активные (бионические) протезы с внешним источником питания, обладающие большим функционалом и микропроцессорным управлением. Качество и скорость обработки ЭМГ напрямую влияют на работу устройства. Предлагается повысить эффективность управления бионическим протезом предплечья путем применения частотно-временного преобразования сигнала с использованием вейвлета [1].

Вейвлет преобразование является более точным методом фильтрации исходного сигнала, что в последствие улучшает управление протезом. Это дает возможность увеличить скорость передачи данных, уменьшая задержку реакции движения протезов.

Структурная схема миоэлектрического протеза кисти приведена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема миоэлектрического протеза кисти

С помощью поверхностных электродов с культи пациента производится регистрация биопотенциалов с мышц предплечья человека. Далее сигнал усиливается и фильтруется с помощью вейвлет преобразования. Отфильтрованный сигнал поступает на нейронную сеть, которая управляет работой протеза.

В качестве примера на рис. 2 и 3 приведены сигнал электромиографии и отфильтрованный сигнал при сжатии безымянного пальца и сжатие кулака.

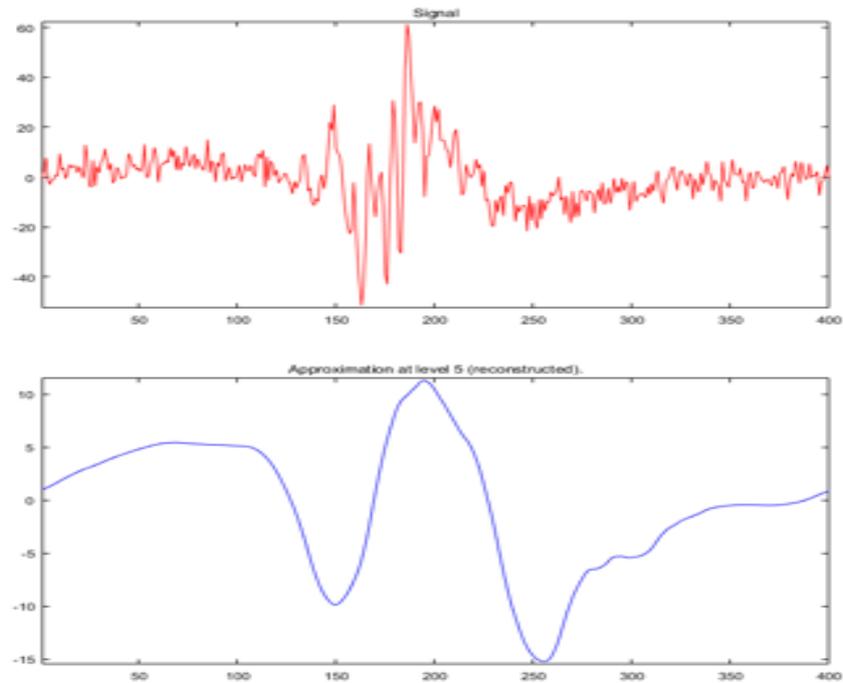


Рис. 2. Исходный и отфильтрованный сигналы сжатия безымянного пальца

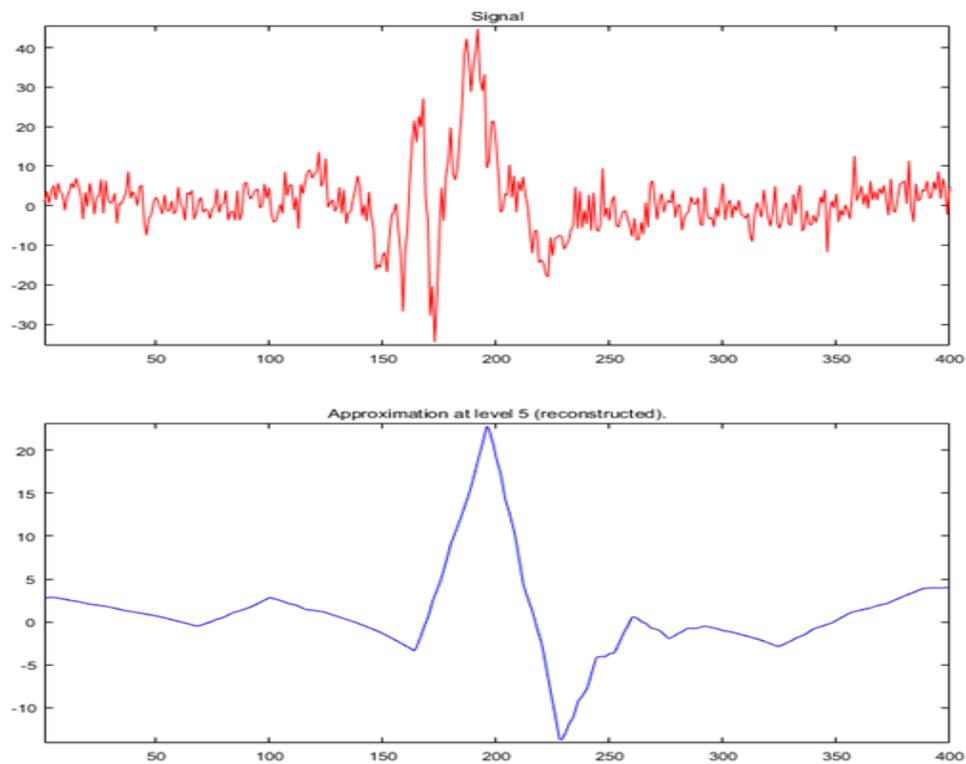


Рис. 3. Исходный и отфильтрованный сигналы сжатия кулака

Библиографический список

1. Судаков, Д. Е. Применение полосовых вейвлет-фильтров для исследования потенциалов зрительной коры головного мозга / Д. Е. Судаков, В. В. Дубровин // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбовский государственный технический университет. – 2020. – С. 285–286.

АНАЛИЗ СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ ПОСТРОЕНИЯ ПИРОМЕТРОВ

Т. К. Гончарова, И. А. Попов, В. М. Строев

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: streltsova.ttanya@yandex.ru)

Пирометры используются для дистанционного измерения температуры различных объектов с неизвестным коэффициентом излучения в различных отраслях, промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, медицинской инженерии, а также при проведении научных исследований и медицинских обследований.

Известен пирометр содержащий оптико-электронный блок измерения температуры, жестко связанный с ним блок подсветки траектории сканирования, блок отображения информации, видеокамеру и мини-ЭВМ, причем выход оптико-электронного блока измерения температуры соединен с первым входом мини-ЭВМ, второй вход которой соединен с выходом видеокамеры, а выход мини-ЭВМ соединен с входом блока отображения информации. При этом блок подсветки траектории сканирования выполнен в виде лазера непрерывного или модулированного по амплитуде излучения, а длина волны излучения лазера расположена вне спектральной области измерения температуры [2].

Данное устройство позволяет производить бесконтактное измерение температуры с возможностью получения информации о температурном профиле на экране блока отображения информации с привязкой его к координатам объекта измерения.

Однако данное устройство не имеет возможности определения коэффициента излучения измеряемой поверхности и получения информации о типе материала, а также о расстоянии до объекта. Кроме того, устройство не позволяет проводить измерения в автоматическом режиме, а оператор не всегда может правильно определить степень необходимой дискретизации и количество измерений, необходимых для получения температурного профиля всего объекта. Все это снижает точность измерения температуры.

При этом устройство не позволяет получать трехмерные картины изменения температуры по всей площади объекта измерения. Наличие системы зеркал снижает уровень чувствительности прибора вследствие потерь из-за отражения сигнала и тем самым снижается скорость и чувствительность при измерении температуры объекта.

Наиболее близким техническим решением является сканирующий пирометр, содержащий оптико-электронный блок измерения температуры, жестко связанный с ним источник света, лазерный дальномер, датчик цвета, блок отображения информации, видеокамеру и мини-ЭВМ, причем выходы оптико-электронного блока измерения температуры и видеокамеры соединены с входами мини-ЭВМ, а выход мини-ЭВМ соединен с входом блока отоб-

ражения информации, при этом выход мини-ЭВМ соединен с входами источника света и датчика цвета, а выходы датчика цвета и лазерного дальномера соединены с входами мини-ЭВМ, а оптико-электронный блок измерения температуры, лазерный дальномер, источник света, датчик цвета и видеокамера жестко установлены на подвижной платформе с возможностью поворота в горизонтальном и вертикальном направлениях с помощью системы позиционирования платформы, вход которой соединен с выходом мини-ЭВМ [3].

Недостатком прототипа является низкое быстродействие измерения температуры по всей площади объекта измерения, обусловленное временными затратами на измерение дальномером дальности до точки измерения температуры.

На основе проведенного анализа был выбран прототип и определены пути его совершенствования. Предполагается производить измерение дальности до точки измерения температуры по диаметру светового пятна от источника света на кадре фотоаппарата с дистанционным управлением спуском и угловым координатам точки измерения.

В результате предлагаемого совершенствования будет повышено быстродействие измерения температуры объекта измерения.

Библиографический список

1. Строев, В. М. Способ визуализации подкожных вен в инфракрасном диапазоне спектра излучения / Строев В. М., Фесенко А. И., заявка № 2013131682/14, 09.07.2013, МПК А61/В 5/01, опубликовано 20.01.2015, бюл. № 2.
2. Пирометр: пат. 35433 Российская Федерация G01J 5/10. № 2003130816/20; заяв. 23.10.2003; опубл. 10.01.2004, бюл. № 1.
3. Сканирующий пирометр: пат. 140031 Российская Федерация G01S 5/10. № 2013151470/28; заяв. 19.11.2013; опубл. 27.04.2014. бюл. № 12.

БЮДЖЕТНАЯ ВИДЕОТЕПЛОВИЗИОННАЯ СИСТЕМА СКРИНИНГА ГЛАУКОМЫ ГЛАЗ

Д. Д. Гречуха

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: Grechuha.darya@yandex.ru)

Глаукома – одно из самых грозных заболеваний глаз, приводящих к потере зрения. Согласно имеющимся данным, глаукомой страдают около 3% населения, а у 15% незрячих людей во всем мире глаукома послужила причиной слепоты.

Актуальность данной темы обусловлена необходимостью контролировать и оценивать прогрессирование стадии первичной глаукомы на ранней стадии в автоматическом режиме.

Проблема. Существующая система контроля требует больших временных затрат и больших денежных вложений и потому не может охватить большое число школьников, медосмотр проводится формально.

Решение. Для медицинского учреждения разрабатывается система скрининг-контроля, которая в отличие от альтернативы будет производить диагностику без прямого участия медперсонала в процессе движения обследуемого перед системой контроля.

В результате сокращается время обследования, и можно использовать одну систему для скрининг-контроля в нескольких учреждениях.

Аналог. Тонometr автоматический бесконтактный Pulsair Desktop Keeler (рис. 1).



Рис. 1. Тонometr автоматический бесконтактный Pulsair Desktop Keeler

В прототипе специально обученный медицинский персонал наводит маркер поочередно на каждый глаз, после наведения нажимает кнопку «Измерение», после чего излучается ударная волна, заданной мощности, и производится измерение мощности, отраженной ударной волны.

Цена аналога: 996 695 руб.

Недостатки: 1. Большая стоимость; 2. Большое время обследования, обусловленное ручным наведением маркера на глаз; 3. Быстрая усталость оператора, обусловленная необходимостью точного наведения маркера на центр глаза; 4. Низкая точность диагностики глаукомы

Предлагается следующая система скрининга глаукомы глаз (рис. 2).

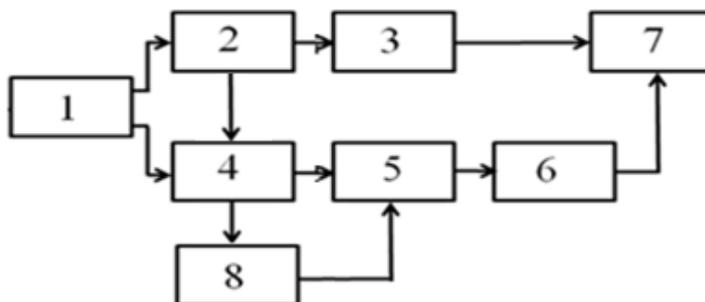


Рис. 2. Схема предлагаемой системы скрининга глаукомы глаз:

- 1 – объект; 2 – ИК – камера; 3 – интерполятор; 4 – фотокамера; 5 – блок фильтраций;
- 6 – блок формирования областей глаз; 7 – блок обработки и визуализации;
- 8 – блок определения момента подхода к рамке; закрытия и открытия глаз

Человек, в нашем случае школьник, подходит к рамке, становится по центру, моргает. С помощью фотокамеры производится непрерывная фотосъемка и выделение области глаз, определяется момент закрытия и открытия глаз, с помощью тепловизора производится измерение температуры глаз в выделенных областях. После прохождения группы школьников, определяется средняя температура глаз для группы и выделяются школьники, у которых

температура глаз ниже среднего в группе. Этих школьников отправляем в поликлинику на углубленный медосмотр с подозрением на глаукому.

Преимущества: 1. Низкая стоимость. 2. Автоматическое выделение области глаз по фото и проецирование ее на тепловизионное изображение. 3. Быстрота проведения скрининга – 1 минута на человека.

Библиографический список

1. Михина, А. В. Видео-тепловизионная система скрининга кожного покрова человека / А. В. Михина, В. М. Строев // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы III Всерос. национальной науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2020. – С. 322 – 324.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРАКТИКИ УЛЬТРАЗВУКА

А. В. Гришина

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: alinkagri2002@gmail.com)*

Ультразвуковое исследование (УЗИ) – неинвазивный метод диагностики организма пациента с помощью ультразвуковых волн [1 – 4].

Основой детекторов ультразвука в аппаратах УЗИ является пьезоэлектрический эффект.

Для расшифровки результатов УЗИ используют понятие эхогенность, являющееся скоростью, с которой ультразвук отражается от различных по плотности тканей. Наибольшая эхогенность отмечается у костей, желчных и мочевых камней. Средняя эхогенность свойственна большинству внутренних органов и мягким тканям. Низкая эхогенность характерна для жидкостей.

Первый современный аппарат появился в 1963 году в США. С этого момента настало время современного УЗИ.

В настоящее время передовыми компаниями в данной отрасли являются General Electric (GE), Philips, Mindray, Samsung, Siemens.

В ходе данной работы была рассмотрена новая система LOGIQ S8 XDclear 2.0+ производителя GE (рис. 1), обеспечивающая экспертное качество визуализации и имеющая в своем составе специализированные программы и режимы для медицинских учреждений с большой нагрузкой.

LOGIQ S8 XDclear 2.0+ – УЗИ аппарат нового поколения, датчики которого предоставляют сверхширокий диапазон частот, увеличенную глубину проникновения луча и высочайшую четкость изображения. Его расширенный функционал включает возможности B-Flow™, B-Flow Color и B-Flow HD, что обеспечивает высокую чувствительность и широкий клинический охват благодаря прямой визуализации эхо-сигналов кровотока в реальном времени без ограничений доплеровской визуализации.

На данный момент новые технологии способны кардинально изменить практику применения ультразвука. К их числу относится эластография, разработки которой велись около двадцати лет.



Рис. 1. Ультразвуковая система LOGIQ S8 XDclear 2.0+

Основной принцип эластографии: все ткани человека имеют определенную эластичность (жесткость). Критерием эластичности является модуль Юнга, который определяется в процессе исследования.

Доброкачественные опухоли имеют высокую эластичность, злокачественные – низкую.

Эластография позволяет использовать УЗИ сканеры, функционирующие в В-режиме, для измерения жесткости тканей.

Данный метод позволяет использовать результаты диагностирования в целях принятия решения о тактике лечения и начинает применяться в хирургии при планировании операций.

Библиографический список

1. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.

2. Фролова, М. С. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 139 – 145.

3. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 553 – 561.

4. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.

ЧТО ЖДЕТ ФОТОМЕТРИЮ ЗАВТРА?

Г. П. Ильин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: gregilyn@mail.ru)

Стандартом современных лабораторных исследований стали максимально простые и доступные методы, чья техническая реализация также отвечает этим запросам: удобство в использовании и обслуживании [1 – 6]. Одним из подобных методов является абсорбционная фотометрия, основанная на избирательном поглощении (абсорбции) видимого света молекулами или сложными ионами вещества в нерассеивающей излучение однородной среде, которая зарекомендовала себя в качестве надежного и универсального анализа, нашедшего применение в пищевой промышленности, металлургии, сельском хозяйстве, а также клинической диагностике.

Основными подвидами оптического абсорбционного метода являются, собственно, фотометрия, фотоколориметрия и спектрофотометрия. В современной практике, особенно в странах СНГ, фотометрия и фотоколориметрия успешно справляются с возлагаемыми на них задачами. Кроме того, их популярности также способствует привычка пользователей, низкая цена и высокая надежность. Однако на современном этапе развития метода оптической абсорбции становится очевидно, что фотометрия и фотоколориметрия достигли своего лимита – прогресс промышленности и науки требует как повышения точности анализа, так и расширения рабочего диапазона приборов. Решением этой проблемы вполне может быть совершенствование спектрофотометрии.

Спектрофотометр производит измерения для каждого отдельного цвета видимого спектра, после чего результат измерения преобразуется в спектральную характеристику. Таким образом, результаты одного измерения цвета могут применяться для расчета спектральной характеристики с использованием другого эталонного источника света. Благодаря этому спектрофотометры точнее колориметров и обладают более широким спектром функций, кроме того, в сравнении со своими предшественниками, спектрофотометр обладает расширенным диапазоном, включая ближний ИК и УФ спектр. Важной особенностью спектрофотометра является применение в нем монохроматора – устройства, содержащего дифракционную решетку или призму, способного выделять узкую полосу спектра до 1 – 3 нм.

Измерение цвета может помочь установить зависимость между спектрами поглощений различных соединений и их химическим строением – то есть для проведения не только количественного, но и качественного анализа. Спектрофотометры могут применяться для исследований крови, например измерения ее сатурации путем замера поглощения света, прошедшего через пробу в различных спектральных диапазонах. Измерения могут проводиться даже проточно.

Будущее фотометрии стоит за дальнейшим развитием технической и программной базы спектрофотометра, его удешевлением, внедрением новых методов обработки информации и регистрации изменений цвета, в частности, диспергирующих устройств.

Библиографический список

1. Шмидт, Вернер. Оптическая спектроскопия для химиков и биологов / В. Шмидт ; под ред. С. В. Савилова ; пер. с англ. Н. П. Ивановский. – М. : Техносфера, 2007. – 363 с.
2. Применение спектральной фототерапии и экспресс-анализа микроэлементов в медицине / В. А. Непомнящих, Е. М. Рукин, С. А. Мигунов, А. В. Творогова // Фундаментальные исследования. – 2009. – № 9. – С. 89 – 91.
3. Фролова, Т. А. Информационные модели для оценки медицинского устройства / Т. А. Фролова, М. С. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 3. – С. 123 – 128.
4. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.
5. Фролова, М. С. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 139 – 145.
6. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.

ИННОВАЦИОННЫЕ ФУНКЦИИ ИНКУБАТОРОВ

О. А. Касулина

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Olya.Kasulina@yandex.ru)*

Отделение реанимации и интенсивной терапии новорожденных является узким профилем в медицине, для которого главным фактором является максимально экстренное и быстрое оказание медицинской помощи [1 – 4].

Новые функции куветов способствуют благоприятному выхаживанию новорожденных и соответствию желаемых потребностей.

Одним из представителей инновационных внедрений является инкубатор-трансформер Babyleo TN500, который

- обеспечивает оптимальную терморегуляцию для новорожденных, как при открытом или закрытом режимах ухода,
- благодаря сочетанию трех синхронизированных источников тепла, обеспечивает условия для роста и развития.

Помимо основных функций включает в себя:

1. Режим «Кенгуру» или Семейный вид.

Данная конструкция, имеет большой диапазон регулировки высоты, обеспечивающая родителям удобный доступ к ребенку, непрерывный мониторинг состояния новорожденного.

Режим «кенгуру» следит за температурой тела новорожденного на руках у родителей и автоматически изменяет ее в инкубаторе для комфортного возвращения в теплую среду. Колпак инкубатора и его компоненты разработаны для обеспечения максимально низкого уровня шума при работе (менее 47 дБ).

2. Кнопка быстрого спуска купола.

Для удобства медицинского персонала, а также для предотвращения огромной потери тепла используется клавиша быстрого спуска купола, после проведения реанимационных мероприятий, манипуляций.

°С	Влажность	Охлаждение
38,5 – 39,0	75 – 85	Не охлаждать
37,8 – 38,0	75 – 85	Не охлаждать
37,8	70 – 75	2 раза по 5 мин.
37,8	65	2 раза по 5 мин.
37,8	50 – 55	2 раза по 10 мин.
37,7	50 – 55	3 раза по 10 мин.
37,4	70	2 раза по 5 мин.

Рис. 1. Режим «Кенгуру»

3. Бесшумная работа.

Разработанный с учетом современных рекомендаций к выхаживанию малышей, Babyleo TN500 работает очень тихо, обеспечивая мониторинг освещенности и шума под колпаком инкубатора. Благодаря этому вы можете получать информацию о таких стресс-факторах, как яркий свет и шум, и принимать необходимые меры. При мониторинге температуры врач может сделать вывод о нарушениях. Это дополнительная клиническая диагностика. Интегрированная функция аудиостимуляции позволяет воспроизводить сердцебиение или голос матери, чтобы успокоить ребенка и стабилизировать его состояние.

Данные функции системы взаимодействуют сложным образом, качество ухода за новорожденным и его здоровое развитие являются неотъемлемым показателем эффективной работы.

Библиографический список

1. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.
2. Фролов, С. В. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Менеджер здравоохранения. – 2013. – № 11. – С. 50 – 61.

3. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 553 – 561.

4. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.

ПРОБЛЕМЫ ОСНАЩЕНИЯ ОТДЕЛЕНИЯ РЕАНИМАЦИИ НОВОРОЖДЕННЫХ

О. А. Касулина, Т. А. Фролова

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Olya.kasulina@yandex.ru)*

Оснащение отделения реанимации и интенсивной терапии новорожденных является сложным и трудоемким процессом. Отделение должно включать в себя технические средства, которые будут соответствовать потребностям современного уровня медицины.

Стандарт оснащения отделения реанимации и интенсивной терапии в соответствии с приказом Минздравсоцразвития РФ от 15 ноября 2012 года N 921н Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи по профилю «неонатология» включает в себя следующие наименования: аппарат искусственной вентиляции легких (далее – ИВЛ) для новорожденных, аппарат для поддержания самостоятельного дыхания новорожденного, передвижной аппарат для ультразвукового исследования у новорожденных, передвижной рентгеновский цифровой аппарат, инкубатор для новорожденных (интенсивная модель), инкубатор для новорожденных (стандартная модель). Рассмотрим оснащение отделения реанимации на примере выбора портативного УЗИ аппарата. Портативные УЗИ-аппараты – отличное решение для отделений интенсивной терапии, предоставляющие возможность оказывать услуги в чрезвычайных ситуациях или не располагающих просторным помещением.



Рис. 1. Портативный УЗИ аппарат

Мобильные переносные приборы, имеющие широкий спектр возможностей и обладающие дополнительными функциями при малых габаритах. Серия General Electric Volusion – известная линия ультразвуковых аппаратов, которые используются во многих отделениях больниц.

Рассмотрев портативные УЗИ аппараты данного производителя, провели сравнительный анализ моделей по основным техническим характеристикам (табл. 1).

1. Сравнительная таблица технических характеристик

Наименование характеристики	Производитель / Модель аппарата		
	Volusion E10	Volusion V8	Voluson E6
Режимы сканирования	В-режим М-режим (ТД) (ЦДК)	В-режим М-режим	В-режим
Риплексный режим	наличие	наличие	–
Частота кадров в секунду.	3000	3000	1500
Напряжение, В:	115/230	100/240	100/230
Частота, кГц	0,15 – 20,5	0,15 – 20,0	0,15
Масса, кг:	100	140	145

Сравнив технические характеристики с техническим заданием на данные аппараты, делаем выбор в пользу General Electric Volusion E10. Данный портативный УЗИ аппарат сочетает в себе наиболее качественные возможности визуализации и функции, увеличивающие эффективность и безопасность.

Проведя обзор и сравнение всех аппаратов для оснащения кабинета отделения реанимации новорожденных нами выбран оптимальный вариант оснащения и проведена оценка его стоимости.

Библиографический список

1. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.
2. Фролов, С. В. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Менеджер здравоохранения. – 2013. – № 11. – С. 50 – 61.
3. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 553 – 561.

МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В МЕДИЦИНЕ

Е. В. Кондаурова, Е. Н. Коровин

*Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Тамбов
(e-mail: condaurowa.katerina@yandex.ru, korovin@saums.vorstu.ru)*

Благодаря увеличению вычислительной мощности, объема памяти, памяти и генерации ошеломляющих объемов данных компьютеры используются для выполнения широкого круга сложных задач с впечатляющей точностью. Машинное обучение – это двигатель, который способствует развитию искусственного интеллекта. Он активно используется как в академических кругах, так и в промышленности для разработки «интеллектуальных продуктов», способных делать точные прогнозы с использованием различных источников данных.

Двумя областями, которые могут извлечь выгоду из применения методов машинного обучения в области медицины (рис. 1), являются диагностика и прогнозирование результатов. Это включает в себя возможность выявления высокого риска неотложных состояний, таких как рецидив или переход в другое заболевание.



Рис. 1. Наиболее популярные алгоритмы машинного обучения, используемые в медицинской практике

Машинное обучение все чаще используется в сочетании с обработкой естественного языка (англ. Natural Language Processing – NLP) для понимания неструктурированных текстовых данных. Объединив машинное обучение с методами NLP, исследователи смогли извлечь новую информацию из комментариев к отчетам о клинических случаях, активности в социальных сетях, отзывов о работе врачей и отчетов пациентов после успешного лечения рака. Автоматически генерируемая информация из неструктурированных данных может быть исключительно полезной не только для получения информации о качестве, безопасности и производительности, но и для ранней диагностики.

Машинное обучение играет фундаментальную роль в развитии обучающихся систем здравоохранения. Обучающиеся системы здравоохранения описывают среду, которая объединяет науку, информатику, стимулы и культуру для постоянного совершенствования и инноваций. В практическом смысле эти системы; которые могут возникать в любом масштабе, от небольших групповых практик до крупных национальных поставщиков, будут сочетать различные источники данных со сложными алгоритмами машинного обучения. Результат – непрерывный источник информации, основанной на данных, для оптимизации биомедицинских исследований, общественного здравоохранения и повышения качества медицинской помощи.

Существующие на сегодняшний день разработки алгоритмов с применением методов машинного обучения обладают высокой точностью прогнозирования и верно распознанных объектов 97 – 99,99%, а при объединении алгоритмов в ансамбль для голосования эффективность прогнозирования значительно повышается.

Все вышесказанное отражает актуальность для разработки собственных алгоритмов, использующих методы машинного обучения, которые могут быть применимы к определенной области медицины – например, исследованию щитовидной железы. Принципы, которые будут заложены в основу разработки, могут быть легко применены и к другим сложным задачам из различных медицинских областей.

ДИАГНОСТИКА СОСТАВА КРОВИ НА ОСНОВЕ ОПТОАКУСТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

Д. А. Кравчук

*Южный Федеральный Университет, Таганрог, Россия,
(e-mail: kravchukda@sfnu.ru)*

Оптоакустический эффект заключается в генерации акустических волн вследствие облучения световой волной короткой длительности. Метод получает широкое распространение в медицинской диагностике под названием лазерная оптоакустика. Физические механизмы оптоакустического эффекта весьма разнообразны, но при низкой интенсивности света основным является тепловой эффект [1, 2], при котором вызванное поглощением света быстрое нагревание отдельных участков среды, вследствие теплового расширения и сжатия среды. Термическое расширение представляет собой процесс поглощения светового излучения в фиксированном объеме с последующей тепловой релаксацией. Рост температуры создает внутренне напряжение, которое распространяется через ткань. Излучение акустической волны сжатия при этом происходит в результате быстрого расширения.

Пример моделирования состава крови на основе моделей эритроцитов с различной степенью агрегации, уровнем гематокрита 45% кислородонасыщением 99% (рис. 1). Моделирование выполнено в среде MathLab. По результатам расчетов при воздействии на модельный участок биоткани лазерным лучом 1064нм длительностью 84 нс были получены акустические сигналы, на основе которых рассчитаны спектральные плотности мощности для рассматриваемых случаев (рис. 2) [3 – 5].

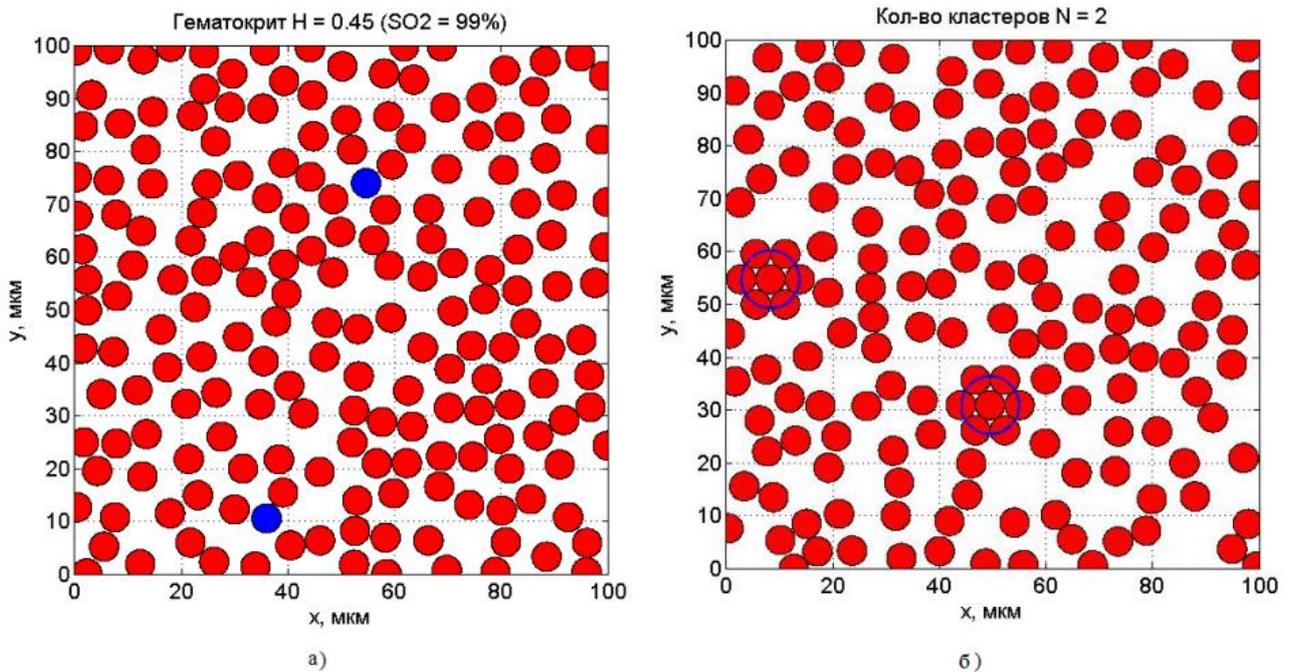


Рис. 1:

a – два вида источников акустического сигнала (темные/красные – оксигенированные эритроциты, серые/голубые круги – дезоксигенированные эритроциты);
б – агрегированные эритроциты (2 агрегата)

Как видно из рис. 2 спектральные плотности мощности для различных уровней кислородонасыщения крови хорошо различимы, что говорит о возможности регистрации уровня кислородонасыщения и определения уровня агрегации оптоакустическим методом.

Многочисленные исследования в области оптоакустики, в том числе результаты экспериментальных исследований [5, 6], и их применение в медицине могут послужить развитию методов, упрощению процедур и повышению точности при диагностировании рака и других болезней. На основе вышеперечисленных статей можно сделать выводы о продуктивности данного направления, а также о необходимости дальнейших исследований этой темы.

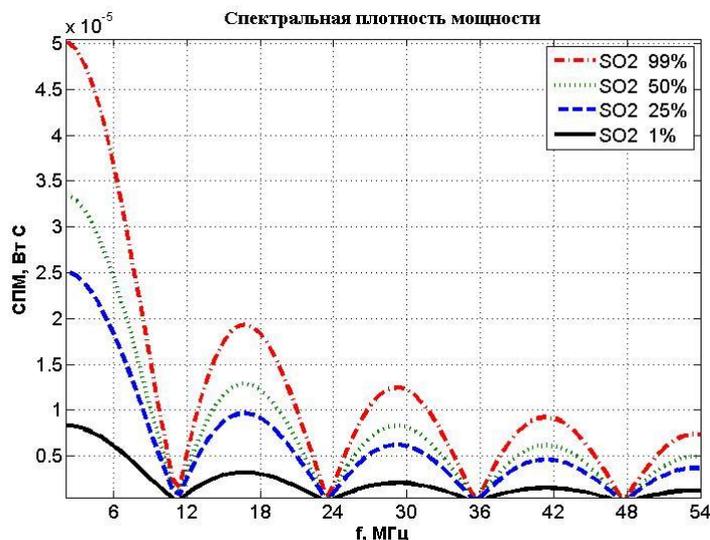


Рис. 2. Спектральная плотность мощности акустического сигнала

Библиографический список

1. Гусев, В. Э. Лазерная оптоакустика / В. Э. Гусев А. А. Карабутов. – М. : Наука, 1991. – 304 с.
2. Хохлова, Т. Д. Методы оптико-акустической диагностики биотканей / Т. Д. Хохлова, И. М. Пеливанов, А. А. Карабутов // Акустический журнал. – 2009. – Т. 4-5(55). – С. 672.
3. Исследование оптоакустических сигналов на моделях эритроцитов в жидкости с контрастными наноагентами / Д. А. Кравчук, И. Б. Старченко, Д. В. Орда-Жигулина, К. А. Воронина // Акустический журнал. – 2021. – Т. 67, № 3. – С. 345 – 348.
4. Кравчук, Д. А. Моделирование восстановления оптоакустического изображения оксигенированных эритроцитов / Д. А. Кравчук // Прикладная физика. – 2021. – № 2. – С. 73 – 77.
5. Кравчук, Д. А. Экспериментальное исследование акустических сигналов при оптоакустическом эффекте в суспензии с полистирольными дисками как моделями эритроцитов. Прикладная физика. – 2020. – № 4. – С. 70 – 73.
6. Кравчук, Д. А. Моделирование процесса агрегации эритроцитов методом Монте-Карло для диагностики оптоакустическим методом / Д. А. Кравчук // Изв. Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2020. – Т. 10, № 2. – С. 118 – 125.

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ ОСНАЩЕНИИ КАБИНЕТА АППАРАТНОЙ КОСМЕТОЛОГИИ

В. В. Крапивина

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов,
(e-mail: krapivina0202@gmail.com)*

Оснащение кабинета аппаратной косметологии является сложным и трудоемким процессом. Кабинет должен включать в себя технические средства, которые будут соответствовать потребностям современного уровня медицины [1 – 5].

Стандарт оснащения кабинета аппаратной косметологии в соответствии с приказом Минздравсоцразвития РФ от 18.04.2012 г. № 381н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи населению по профилю «косметология».

Мировая медицина каждый год совершенствует методы воздействий на организм, и изучает причины возникновения и механизмов развития различных эстетических дефектов внешности. Над разработками трудятся команды ведущих специалистов, которые имеют большой опыт в дерматологии и точно знают, как можно помочь пациенту [2].

Одним из таких инновационных медицинских решений является устройство для стимуляции роста волос и/или предотвращения выпадения волос (см. патент 2686427 РФ, МПК А61N 1/26) – устройство для подкожного, внутрисосудистого и внутримышечного введения лекарственных и других средств в организм человека путем диффузии через кожный покров.

Это способ прямой стимуляции кожи под поверхностью волосистой части головы микроиглами (рис. 1).

Устройство включает множество дисков, каждый из которых включает матрицу стимулирующих элементов, расположенных по окружности.

Каждое прокалывание кожи включает отложение ионов металла в коже. Метод стимуляции по выбору: механическая, вибрационная, ионная, тепловая, инвазивная стимуляция.

Нанесение ран на кожу необходимо для того, чтобы индуцировать реакцию заживления ран, которая регенерирует волосяные фолликулы.

При помощи устройства происходит стимуляция клеток волосяных фолликулов и улучшение микроциркуляцию крови волосистой части головы. Показан эффект у 70% от общего числа испытуемых и у 80% испытуемых с тяжелой алопецией.

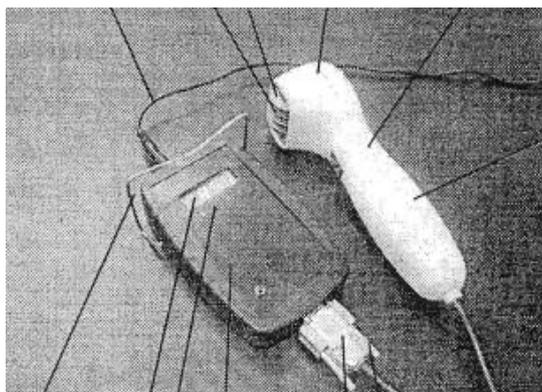


Рис. 1. Устройство для стимуляции роста волос

На сегодняшний день алопеция является распространенным заболеванием. Негативное восприятие своего внешнего вида заставляет пострадавших лиц искать оптимальные варианты диагностики и лечения. Данный метод поможет остановить патологический процесс, восстановить волосяной покров и предупредить рецидивы.

Библиографический список

1. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // *Врач и информационные технологии*. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.
2. Фролов, С. В. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения / С. В. Фролов, М. С. Фролова // *Менеджер здравоохранения*. – 2013. – № 11. – С. 50 – 61.
3. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // *Вестник Тамбовского государственного технического университета*. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 553 – 561.
4. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // *Вестник Тамбовского государственного технического университета*. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.
5. Фролова, М. С. Системы поддержки принятия решений для задач оснащения лечебных учреждений медицинской техникой / М. С. Фролова, С. В. Фролов, И. А. Толстухин // *Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского*. – 2014. – Специальный выпуск 52. – С. 106 – 111.

АППАРАТНАЯ КОСМЕТОЛОГИЯ С УЧЕТОМ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ

В. В. Крапивина, Т. А. Фролова

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: krapivina0202@gmail.com)*

Кожа – это не только самый большой, но и очень уязвимый орган. На нее воздействует огромное количество внешних и внутренних агрессивных факторов. Количество выявляемых ежегодно заболеваний кожи исчисляется миллионами. Так, в России впервые обращаются к дерматологам с различными проблемами порядка 6 млн человек в год.

Среди достоинств инновационных аппаратных методик в аппаратной косметологии можно выделить быстрое и эффективное решение эстетических и косметических проблем, проявляющихся на волосах и кожных покровах.

Рассмотрены четыре инновационные разработки для аппаратной косметологии: прибор для ухода за кожей с высокоинтенсивной сфокусированной ультразвуковой волной (HIFU), устройство лазерно-индуцированного оптического разрушения (LIOB), устройство для ухода за кожей с применением электричества, устройство для стимуляции роста волос.

В ходе работы был проведен анализ сравнения последних инновационных разработок в косметологии, полученные данные приведены в табл. 1.

1. Сравнение инновационных разработок в косметологии

Наименование метода	Косметологический прибор для ухода за кожей с высокоинтенсивной сфокусированной ультразвуковой волной (HIFU)	Способ лазерно-индуцированного оптического разрушения (LIOB)	Устройство для ухода за кожей с применением электричества	Устройство для стимуляции роста волос и/или предотвращения выпадения волос
Характеристика				
Краткое описание	В устройстве HIFU фокусируется энергия высокой интенсивности на целевую фокусную точку тела посредством линейного/вращательного движения преобразователя ультразвуковых волн, который преобразует электрическую энергию в энергию механических колебаний в пределах диапазона ультразвуковых частот	Устройства могут быть использованы для омоложения кожи, обработки морщинок и срезания волос. Мощность и длительность импульса лазера и размер фокального пятна выбирают таким образом, чтобы явление лазерно-индуцированного оптического разрушения (LIOB) воздействовало на кожу для стимуляции возобновления развития тканей кожи	Устройство содержит кожный электрод для контакта с участком кожи пациента. Устройства обеспечивают усиление действия присутствующих в каждом креме активных ингредиентов под действием электрического тока	Устройство включает множество дисков. Каждый из дисков включает матрицу стимулирующих элементов – игл. Каждое прокалывание кожи волосистой части головы включает отложение ионов металла в коже. Метод стимуляции по выбору: механическая, вибрационная, ионная, тепловая, инвазивная стимуляция
Достоинства	портативность устройства	– анализ изображения, для определения уровня изменения цвета – индификация неоднородности тканей	упрощение процесса наложения крема	– стимуляцию роста новых волос – поддержание текущего объема волос, – универсальность

Наименование метода	Косметологический прибор для ухода за кожей с высокоинтенсивной сфокусированной ультразвуковой волной (HIFU)	Способ лазерно-индуцированного оптического разрушения (LIOB)	Устройство для ухода за кожей с применением электричества	Устройство для стимуляции роста волос и/или предотвращения выпадения волос
Характеристика				
Недостатки	отсутствие возможности высокоинтенсивной сфокусированной ультразвуковой волной в домашних условиях	– трудность оценки эффективности LIOB-обработки – возможность повреждения	– правильность дозирования – нерациональное использование крема	– безболезненность – кровотечение – появление синяков

Каждое вышеперечисленное устройство имеет различное физическое воздействие на организм. Ультразвуковой и радиоволновой лифтинг активно используют при начальных признаках гравитационного птоза. Лазерные методы позволяют улучшить цвет кожи и микрорельеф, восстановить гидратацию и эластичность кожных покровов.

Вопросы точной и оперативной диагностики выходят на первый план [1 – 4]. Уменьшить субъективность оценок, повысить точность диагностики, расширить базу знаний врачей-дерматологов помогают различные современные инструменты для диагностики и новые медицинские аппаратные технологии.

Библиографический список

1. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 553 – 561.
2. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.
3. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареа // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16. – № 2. – С. 266 – 272.
4. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.

АВТОВОЛНОВЫЙ МЕХАНИЗМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НОРМАЛЬНОГО ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ R-R ИНТЕРВАЛОВ НА РИТМОГРАММАХ ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ

А. А. Кузнецов

*Владимирский государственный университет им. А. Г. и Н. Г. Столетовых
(e-mail: artemi-k@mail.ru)*

Для определения функции распределения вероятности значений $R-R$ интервалов выбраны три ритмограммы: для малых, характерных и больших значений средних значений $\langle X \rangle$ условно здоровых обследуемых (УЗО): 1 – 3. Первые два момента (среднее значение и стандартное отклонение σ) функции нормального распределения в большей степени отвечают за постоянное в интервале времени записи физическое состояние, а вторые два – в большей степени ответственны за психическое и эмоциональное состояние бодрствования. Для анализа этих спорных положений рассмотрены процессы формирования выборочных значений четырех моментов нормального распределения на графиках, построенных по принципу растущей выборки цифровых данных ритмограммы с дискретным интервалом $n = 50$ отсчетов. Так первое значение любого момента на графиках рассчитано по первым 50 отсчетам ритмограммы, второе – по 100, третье – по 150 и т.д. Последнее значение соответствует выборочному. Оказалось, значение всех моментов для УЗО 1 и 2 выходят на постоянный уровень после 400 – 500 отсчетов в зависимости от самого значения и соответствует 4 – 5 минутам установления стационарного режима по четырем моментам распределения. Левосторонняя асимметрия гистограмм ритмов студентов 1 и 2 показывает, что механизм поиска приводит ритм в режим несоответствия функциональной и физиологической нормы по величине наиболее вероятного значения $\langle R-R \rangle$. Это объясняется разным психоэмоциональным состоянием при регистрации.

Иная динамика у четырех моментов УЗО 3. Этот студент сильно опоздал на регистрацию по объективным причинам, но боялся пропустить регистрацию. Поэтому большую часть пути он бежал и сильно тревожился. Автор начал регистрацию ЭКГ этого студента сразу, как только он появился. Динамика моментов показала сильнейшую и монотонно спадающую тахикардию, но разными режимами нормализации по четырем моментам. Среднее значение $\langle X \rangle$ первую минуту падает, а затем медленно нарастает с постоянной скоростью и не стабилизируется за 20 минут регистрации. Если предположить сохранение скорости нарастания (1 мс/мин) величины $\langle X \rangle$ и далее, то для достижения средне-группового значения потребуется и 4 часа. Динамика изменения $\sigma(n)$ качественно такая же и скорость восстановления 1 мс/мин, но для достижения средне-группового значения $\langle \sigma \rangle$ потребуется около 40 минут. При этом оказалось, что на форму кривой 3 оказывает слабое влияние некий волновой механизм. Это влияние усиливается и становится очевидным для динамики третьего и четвертого момента распределений.

Коэффициент асимметрии (A) и эксцесс (E) «нормализуются» на 2 – 3 минуте. Но затем выявляется несоответствие механизма поиска наиболее вероятного значения стационарного состояния, определенного 3 и 4 моментами и значения первого момента, заданного в стационарном режиме значением $\langle X \rangle$. «Включается» механизм поиска «механизма приведения наиболее вероятного системного ритма сердца», т.е. $\langle R-R \rangle$, не переходного

режима, а физиологического состояния нормы организма. В указанном смысле поиск заканчивается при совпадении физиологического, т.е. системного – абсолютного покоя вне действия любых факторов влияния и функционального – сдвинутого под заданные условия состояний нормы. Поэтому переходные режимы должны нести признаки адаптационной индивидуальности физиологического состояния начала отсчета.

Волновой характер переходного режима поиска для $A(n)$ и $E(n)$ – выделен сильно с акцентами на поиск уровня оптимального начала поиска. При достижении «оптимального» уровня величина A начинает падать до нуля со средней скоростью $0,05 \text{ мин}^{-1}$, а величина эксцесса E – со средней скоростью $4,2 \text{ мин}^{-1}$, т.е. 25 минут и 10 минут, соответственно. Динамика $A(n)$ и $E(n)$ настолько одинакова, что напрашивается вывод об едином системном механизме параметрического поиска стационарного режима ритма по обоим моментам. Установившаяся левосторонняя асимметрия для ритмов студентов 1 и 2 показывает, что механизм поиска переводит ритм в режим функционального несоответствия величин наиболее вероятных значений распределения, соответствующих функциональной и физиологической норме

Для ритма сердца здоровых организмов 1, 2 требуется около 3 минут нивелирования «фактора тревожности» по всем четырем параметрам. Для здорового организма 3 требуется 15 минут до 4-х часов для восстановления, или нормализации ритма сердца. Вероятно, механизм восстановления по параметрам A , E един, и отличный от механизма восстановления по $\langle X \rangle$ и σ . Разные механизмы параметрического восстановления, работающие с запаздыванием относительно друг друга непременно приводят к системному автоколебательному характеру нормализации ритма сердца.

ВОЗМОЖНОСТИ ФАЗОВО-КОНТРАСНОЙ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСКОЙ ТОМОГРАФИИ

В. О. Лычагина

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(e-mail: lychagina1609@rambler.ru)*

Сложная геометрия кровотока и ее взаимосвязь со структурой и функцией камер сердца являются важным, но до сих пор малоизученным направлением физиологии кровообращения.

Для решения данной проблемы и изучения многих артерий в организме используют фазово-контрастную магнитно-резонансную томографию [1 – 4].

Фазово-контрастная магнитно-резонансная томография представляет собой особый тип магнитно-резонансной томографии, используемый в основном для определения скорости потока.

Фазово-контрастная МРТ является одним из основных методов магнитно-резонансной ангиографии (МРА). Это используется для создания изображений артерий (и реже вен), чтобы оценить их стеноз (аномальное сужение), окклюзии, аневризмы (расширение стенки сосуда, риск разрыва) или другие аномалии. МРА часто используется для оценки артерий шеи и головного мозга, грудной и брюшной аорты.

Фазово-контрастный (ФК) метод использует сдвиг фазы прецессии спинов, который возникает, когда спины перемещаются в присутствии градиента поля.

В фазово-контрастной ангиографии фазовые изображения одного и того же среза получают дважды: первый раз с компенсацией движения (биполярный градиент), а второй раз без нее. Затем одно изображение вычитается из другого, в результате остаются МР-сигналы только от движущейся по сосудам крови, так как сигнал от неподвижной ткани на каждом изображении одинаков и вычитается полностью.

Методы фазово-контрастной МР-ангиографии позволяют визуализировать течение крови в плоскости среза, картировать скорость движения крови и измерять скорость кровотока. К достоинствам фазовых методов следует отнести тот факт, что фазовая кодировка скорости движения производится в любом направлении, в том числе и в плоскости среза, который может быть очень тонким.

Фазово-контрастная МРА применима для визуализации быстрого артериального кровотока (скорость движения около 80 см/с), медленного венозного кровотока и медленного движения ликвора (скорость движения около 10 – 20 см/с).

МР-ангиография проводится с контрастированием или без него. Этот метод исследования широко используется у пациентов с противопоказанием к введению контрастного вещества.

На данный момент фазово-контрастная ангиография – хорошо известный, но, пожалуй, недооцененный метод количественной оценки кровотока. Возможности методики постоянно расширяются, и, согласно существующим подходам, измерения кровотока можно проводить как на задержке дыхания, так и при спонтанном дыхании, в про- и ретроспективном режимах. При оценке параметров кровотока с помощью ФК МРА ошибки измерений оказываются менее 10%, что является вполне приемлемым уровнем для рутинного клинического использования.

Библиографический список

1. Исследование геометрии и механических свойств атеросклеротических бляшек на стенках сосудов методами интраваскулярной оптической когерентной томографии / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, Т. А. Фролова, С. Г. Проскурин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2021. – Т. 27, № 1. – С. 42 – 49.

2. Фролов, С. В. Доплеровское картирование кровотока в мягких биологических тканях на основе обработки данных оптической когерентной томографии в режиме реального времени / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов // Медицинская техника. – 2021. – № 2. – С. 1 – 4.

3. Потлов, А. Ю. Численное моделирование миграции фотонов в однородных и неоднородных цилиндрических фантомах / А. Ю. Потлов, С. В. Фролов, С. Г. Проскурин // Оптика и спектроскопия. – 2020. – Т. 128, Вып. 6. – С. 832 – 839.

4. Фролов, С. В. Моделирование пульсирующих потоков крови для офтальмологических задач оптической когерентной томографии / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, Т. А. Фролова, С. Г. Проскурин // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. – 2020. – С. 47 – 55.

РАЗРАБОТКА УМНОЙ ТЕПЛИЦЫ С АВТОМАТИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ РАБОТЫ НА БАЗЕ ЭЛЕКТРОННОГО КОНСТРУКТОРА ARDUINO

В. О. Лычагина, Т. А. Фролова, И. А. Шаталова, Е. С. Ширкина

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: lychagina1609@rambler.ru)*

В течение всего года, а особенно зимой организм человека нуждается в витаминах и минералах, причем далеко не всем нравится покупная зелень, овощи и фрукты – они не всегда отличаются выраженным ароматом и вкусом. С умной теплицей эта проблема будет решена, и на протяжении любого сезона, можно будет наслаждаться свежими плодами.

Биотехническая система или «умная теплица» – это автономный, роботизированный и изолированный от внешних воздействий объект, предназначенный для получения плодово-овощной продукции в автоматическом режиме, максимально минимизирующий участие человека, который помимо всего позволяет проводить различные исследования над растениями.

Умная теплица должна соответствовать следующим требованиям:

1. Внутри конструкции должен автоматически поддерживаться оптимальный температурный режим.
2. Полив растений должен выполняться своевременно и без участия человеческого фактора (дождевание или капельное орошение).
3. Автоматическое управление теплицей должно осуществляться на расстоянии с помощью беспроводных технологий, таких как, GSM/GPRS, для управления с телефона.
4. Удобство применения, прочность и надежность и эстетичность.

Автоматические системы проветривания, отопления и полива теплиц – это активные способы сохранения экосистемы почвы, которые уже давно никого не удивляют. Смысл в том, что в полностью автоматизированной теплице все это работает в комплексе и показывает отличные результаты. Этим и отличаются подобного рода умные теплицы от привычных садовых парников.

Спроектировать такую теплицу предлагается с помощью инструмента для проектирования электронных устройств – конструктора Arduino.

Arduino применяется для создания электронных устройств с возможностью приема сигналов от различных цифровых и аналоговых датчиков, которые могут быть подключены к нему, и управления различными исполнительными устройствами.

Алгоритм реализации данного проекта состоит в следующем. Предлагается использовать специализированные датчики для контроля и управления микроклиматом [1, 2].

1. Датчик освещенности фиксирует количество света, попадающего на растение и при понижении его ниже критической отметки – включает дополнительное освещение, которое представлено светодиодной лентой.
2. Датчики влажности и температуры фиксируют влажность и температуру как воздуха, так и почвы, благодаря чему вовремя происходит проветривание или закрытие теплицы, чтобы урожай не вымерз и не сгорел.
3. Система GSM/GPRS, помогает следить как за состоянием растения, так и вовремя задать требуемый режим или выполнить команду просто отправив смс на устройство.

Система автоматизированного управления теплицей позволяет оставлять слишком требовательное к условиям растения без присмотра на длительный срок. Система анализирует изменения в микроклимате внутри теплицы и реагирует на них, активируя те или иные компоненты системы, что позволяет удерживать условия выращивания продолжительный период времени.

Библиографический список

1. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.
2. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареа // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.

БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, ПРИНОСЯЩАЯ ПЛОДЫ

В. О. Лычагина, Е. С. Ширкина, И. А. Шаталова

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: lychagina1609@rambler.ru)*

Биотехническая система или «умная теплица» – это мини-теплица с системой управления микроклиматом и возможностью проводить эксперименты над растениями различных сортов. К примеру, эксперименты с воздействием света различной частотой и длиной волны.

Проект «умной теплицы» предназначен для выращивания растений в квартире, благодаря которому можно получать экологически чистые продукты, спрос на которые постоянно растет. Для удовлетворения потребностей потребителей необходимо использовать современные тепличные технологии.

Различные инновации в автоматизации и цифровизации помогают решить проблемы потребителей [1 – 4]. Современные технологии предоставляют возможность для изучения различных сортов растений и улучшения условий выращивания, что, в свою очередь, повышает качество плодоовощных культур, увеличивает урожайность, устойчивость к болезням и облегчает сам процесс производства.

На данный момент тепличные технологии развиваются в трех направлениях:

1. Устройство самой теплицы и ее конструктивные особенности.
2. Контроль и управление микроклиматом, герметизации, индивидуальных лотков и систем вентиляции, охлаждения и полива.
3. Развитие гибридов и в целом селекция.

Но наибольший потенциал развития на данный момент заложен в фито-фотонике, то есть в воздействии на различные растения светом разных длин волн и интенсивности. На урожайность овощей различных сортов также напрямую влияет уровень и мощность досвечивания. В качестве основных источников света для досветки растений в настоящее время чаще всего используются натриевые лампы высокого давления HPS.

Досвечивание особенно актуально в зимнее время, так как получить овощи без искусственного освещения в России просто невозможно.

В проекте теплицы в качестве системы досвечивания планируется использовать светодиодную ленту. Специфика светодиодного освещения заключается в подборе уникального спектра света, на который будет реагировать растение.

Например, разные сорта гибридов томата помимо реакции на различный спектр, требуют разной насыщенности света по времени.

Пока что стоимость организации светодиодного освещения выше в 2,5-3 раза идентичного натриевого.

Однако эффективность светодиодного свечения пока ставится под сомнение, но с помощью данной разработки мы сможем доказать или опровергнуть теорию о светодиодном свечении.

Но какие-либо заметные изменения в структуре рынка тепличного освещения произойдут не ранее чем через 4 – 7 лет. Нужно время на «обкатку» и внедрение технологий. Инвесторы, вкладывающие большие деньги в масштабное производство, не готовы брать непроверенные в промышленных объектах технические решения.

Биотехническая система, благодаря своим характеристикам, а также новшествам, которые были внесены в результате автоматизации и цифровизации является прототипом инкубатора для новорожденных детей. После изучения влияния различных полей на растительные клетки, а также подобрав оптимальные режимы работы биотехнической системы, можно сделать следующий шаг, а именно начинать работать над разработкой новой усовершенствованной модели инкубатора.

Библиографический список

1. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.
2. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Макоев, С. В. Семенова, С. Г. Фареа // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.
3. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.
4. Современные тенденции развития медицинских информационных систем мониторинга / С. В. Фролов, М. А. Лядов, И. А. Комарова, О. А. Остапенко // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. – № 2(46). – С. 66 – 75.

КЛАССИФИКАЦИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В МЕДИЦИНЕ

П. Ф. Маслов, И. А. Шаталова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: yack.uk@yandex.ru)

В эру телекоммуникаций и компьютерных технологий произошли серьезные изменения во всех аспектах профессиональной и бытовой жизнедеятельности. Новейшие концепции автоматизированных и робототехнических решений нашли свое применение во многих отраслях промышленности. С недавнего времени роботы в медицине в целом и в хирургии в частности стали неотъемлемой частью повседневной практики. Последние 2-3 года наблюдается резкий скачок в развитии рынка реальных медицинских роботов, поставляемых непосредственно для работы в клиники. Будущее, в котором в больницах работают всевозможные роботы, а также многочисленные инженеры по их технической поддержке, становится все более реальным. Современная персональная медицина, которая, прежде всего, нацелена на индивидуальный подход к каждому пациенту, остро нуждается в современных медицинских роботизированных устройствах, которые бы не только ускоряли процесс лечения больных, но способствовали бы снижению нагрузки, как на самих врачей, так и на вспомогательный медицинский персонал [1, 2].

В настоящее время чрезвычайно популярны протезы различных конечностей, например ноги (рис. 1).



Рис. 1. Роботизированный протез человеческой ноги

Также сегодня, среди всего многообразия медицинских роботов, можно более обоснованно вычлениить те отдельные специализированные направления, опираясь на которые возможна общедоступная классификация медицинских роботов по типу решаемых роботами задач:

1. Робот манипулятор-врач («хирург», «терапевт» и т.п.) – автоматизированные электронно-механические манипуляторы, способные проводить хирургические операции, диагностическое обследование или терапевтическое лечение под непосредственным контролем и управлением со стороны человека-врача.

2. Робот манекен – робот-симулятор анатомического строения, функциональной организации и поведения человека, предназначенный для обучения медработников.

3. Реабилитационный робот – робот, предназначенный для занятий с больным в целях ускорения реабилитации пациентов после различных заболеваний.

4. Роботизированные протезы, включая целые экзоскелеты, – «интеллектуальные» электронно-механические устройства, исполняющие у пациента роль утраченной или потерявшей работоспособность части тела, органа, конечности.

5. Роботы помощники – роботы, запрограммированные самостоятельно выполнять работу низкой и средней квалификации, поддающуюся точной алгоритмизации: отнести документы, подать нужный инструмент хирургу, рассортировать лекарства, взять интервью у больного по определенному шаблону, измерить ему температуру и т.п.

6. Медицинские микро- и нанороботы – роботы малых размеров, способные выполнять различные медицинские задачи внутри организма пациента [1].

Библиографический список

1. Краевский, С. В. Медицинская робототехника: первые шаги медицинских роботов / С. В. Краевский, Д. А. Рогаткин // Технологии живых систем. – 2010. – № 4. – С. 3 – 14.

2. Юрьев, И. С. Медицинские роботы / И. С. Юрьев, А. А. Рукавицына // сборник научных трудов 3-й Междунар. науч.-техн. конф. – Курск, 2021. – С. 307 – 309.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИНКУБАТОРА

А. Д. Мелёхина

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(e-mail: nastya.teslenko.99@list.ru)*

Биотехнические системы медицинского назначения – это неотъемлемая часть современной медицины [1 – 3]. Они помогают контролировать процессы и состояние организма, управлять и стабилизировать эти состояния.

Область применения биотехнических систем весьма разнообразна, и к ним по праву относятся как системы эргатического типа, в которых человек выполняет роль управляющего звена, так и технические системы, управляющие состоянием организма человека и целыми популяциями живых организмов.

Нами была разработана биотехническая система инкубатора. Задачей подобной системы управления является лечение выхаживание недоношенных детей.

Проектирование данной системы включает в себя несколько стадий:

- Анализ показателей, которые свидетельствуют о том, что ребенок нуждается в доразвитии в инкубаторе;
- Установка и регулировка нужных показателей в инкубаторе;
- Анализ проведенного выхаживания в инкубаторе.

Эта система включает в себя не только инкубаторные технологии, но и другие периферийные технологии, такие как вентиляторы, машины для кормления и доставки лекарств, лампы для фототерапии и датчики физиологического мониторинга и дисплеи. В этой системе также должны учитываться лица, осуществляющие уход за детьми. Наконец, среда, в которой осуществляются мероприятия по уходу (например, отделение интенсивной терапии новорожденных), должна рассматриваться как часть системы.

Рассмотрим БТС медицинского назначения на примере инкубационной системы (рис. 1).

Инкубационная БТС система включает в себя две подсистемы: отделение интенсивной терапии и инкубатор. Рассмотрим каждую подсистему в отдельности.

Отделение интенсивной терапии новорожденных – это комплексное отделение, в котором дети с серьезными проблемами со здоровьем или преждевременно родившиеся остаются для получения индивидуального ухода до выписки из больницы. Физическая среда (свет, температура, звук, излучения) в отделении интенсивной терапии это критическая проблема, которая может повлиять на нормальное развитие новорожденного ребенка.

Инкубаторы предназначены для обеспечения контролируемой среды для младенцев, чтобы оставаться в безопасности до тех пор, пока их жизненно важные органы не будут развиты. Они имеют регулируемую окружающую среду, где температура, кислород, свет, звук и влажность могут контролироваться в соответствии с требованиями ребенка. Инкубаторы защищают младенцев от инфекций, аллергенов, воздействий света и звука. Они также используются для проведения различных медицинских процедур, доставка лекарств/крови, постоянный контроль жизненно важных функций, вентиляция легких и специальные лампы для лечения желтухи.

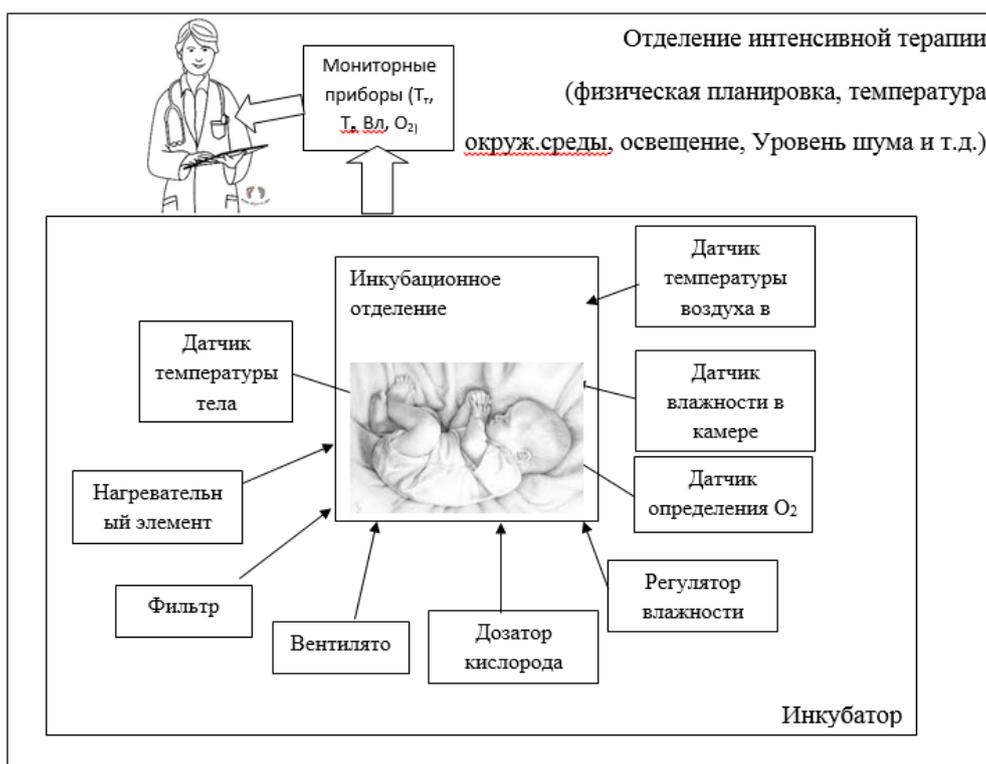


Рис. 1. Биотехническая инкубационная система

Чтобы понять, как можно было бы добиться дальнейших улучшений, мы рассмотрели рассмотреть не только технологию, непосредственно окружающую ребенка, но и более широкую систему, определяемую технологиями, людьми и факторами окружающей среды участвует в уходе за младенцем. Эти компоненты системы взаимодействуют сложным образом, причем качество ухода за младенцем и его здоровое развитие являются неотъемлемым свойством системы.

Библиографический список

1. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.
2. Фролова, М. С. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 139 – 145.
3. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 553 – 561.

ПРОБЛЕМЫ ОСНАЩЕНИЯ КАБИНЕТА ЛФК

А. Д. Мелёхина

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(e-mail: nastya.teslenko.99@list.ru)*

Оптимальное оснащение кабинетов ЛФК влияет на качество и эффективность процедур. Чем более современными будут спортивные тренажеры и оборудование, тем более комфортно будет проходить терапия.

Несмотря на то, что для обеспечения достаточно высокого уровня оснащения кабинета ЛФК не ограничиваются стандартными аппаратами, расширяется охват решений для достижения высокой результативности занятий и создания комфортной обстановки для пациентов [1, 2].

Стандарт оснащения кабинета лечебной физкультуры в соответствии с приказом Минздравсоцразвития РФ от 01.12.2005 N 753 «Об оснащении диагностическим оборудованием амбулаторно-поликлинических и стационарно-поликлинических учреждений муниципальных образований» включает в себя следующие наименования: аппарат для вибрационного массажа, велоэргометр, весы медицинские с ростомером, динамометр ручной и становой, измеритель артериального давления, метроном, механоаппараты блочные, механоаппараты для лечения суставно-мышечной патологии, облучатель бактерицидный, пульсотаксометр, спирометр, угломер для определения подвижности суставов конечностей и пальцев, устройство тракционное аутогравитационное.

Рассмотрим оснащение кабинета ЛФК на примере велоэргометра. Велоэргометр представляет собой разновидность интеллектуального тренажера с расширенным функционалом и автоматизированной системой измерений для определения объема нагрузок, ЧСС, скорости движения, пройденного расстояния. На основе полученных показателей составляется общая картина о состоянии здоровья пациента. Лучшие велоэргометры по доступной цене можно найти в ассортименте таких брендов, как Cardioline, Schiller, Lode.

Рассмотрев велоэргометры данных производителей, провели сравнительный анализ нескольких моделей по основным техническим характеристикам (табл. 1).



Рис. 1. Велоэргометр

1. Сравнительная таблица технических характеристик

№ п/п	Наименование характеристики	Производитель / Модель аппарата вибромассажа		
		Lode (Голландия) Велоэргометр CORIVAL	Cardioline (Италия) Велоэргометр XR-100	SCHILLER (Швейцария) Велоэргометр 911S / 911BP
1	Максимальная нагрузка, Вт.	1000	999	800
2	Шаг нагрузки, Вт.	5	5	5
3	Обороты в минуту	0 – 255	30 – 130	30 – 130
4	Напряжение, В:	115/230	100/240	100/230
5	Частота, Гц	50/60	50/60	50/60
6	Максимальный вес пациента	160	160	150
7	Габариты (ДхШхВ), см:	115×60×114	90×57,5×135	83×40
8	Масса, кг:	56	64	60
9	Цена, руб.	320 000	360 000	460 000

Сравнив технические характеристики с техническим заданием на данные аппараты делаем выбор в пользу Велоэргометра XR-100. Выбор этой модели обусловлен максимальной нагрузкой, напряжением, максимальным весом пациента, а также данная модель имеет измеритель артериального давления.

Проведя обзор и сравнение всех аппаратов для оснащения кабинета ЛФК нами выбран конкретный стандарт оснащения и проведена оценка стоимости кабинета ЛФК [3].

Библиографический список

1. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.

2. Фролов, С. В. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Менеджер здравоохранения. – 2013. – № 11. – С. 50 – 61.

3. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 553 – 561.

4. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.

СПОСОБЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ГЛАУКОМЫ ГЛАЗА

А. С. Мясоедова

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: annete.myasoedova@yandex.ru)*

Наиболее распространенными тестами на глаукому являются – тонометрия, офтальмоскопия и периметрия. Тонометры, включающие тонометры Шютца, аппланационные и бесконтактные тонометры, используются для измерения внутриглазного давления. Точность и надежность тонометрии связаны с выбором прибора, подготовкой врача и особенностями заболевания. Наиболее важной проблемой, связанной с этим тестом, является ограниченная специфичность глазной гипертензивности, которая обычно определяется, как внутриглазное давление, превышающее 21 мм рт. ст. Глазная гипертензивность может предшествовать глаукоме, у 70 – 97% лиц с глазной гипертензивностью глаукома не развивается. Риск возникновения глаукомы увеличивается вместе с высокими уровнями внутриглазного давления, поэтому порог в 35 мм рт. ст. более специфичен, но менее чувствителен при предсказаниях глаукомы. Ограниченная специфичность тонометрии дополняется низкой распространенностью ОУГ и уровнем предсказания, составляющим всего 5%, для бессимптомных лиц, таких, например, как участники программ на обследование на глаукому.

Вторым скрининговым тестом на открытоугольную глаукому является офтальмоскопия. Она может определить аномалии, вызванные глаукомой, черепного зрительного нерва (бледность диска зрительного нерва, кровоизлияние, образование чашеобразных углублений), которые часто предшествуют необратимому сокращению полей зрения. Хотя офтальмоскопия редко применяется для специального выявления глаукомы, она часто является несовершенной по разным причинам. Во-первых, офтальмоскопия имеет низкую чувствительность. Даже в доказанных случаях глаукомы образование чашеобразных углублений и другие аномалии обнаруживаются только в 50 – 60% случаев. Во-вторых, она имеет ограниченную специфичность при определении текущего глаукоматозного снижения зрения; в таких случаях специфичность составляет примерно 15%. В-третьих, эта информация должна проверяться офтальмологами часто с последующим специальным обследованием на глаукому. Врачи на местах получают существенно меньшую точность при определении результатов. В-четвертых, интерпретация полученных данных сильно зависит от исследователя, даже при применении специальных стандартов. Наконец, применение специальной техники,

например, измерение отношения диаметра экскавации к диаметру зрительного нерва и стереоскопическое фотографирование зрительного нерва слишком сложны для использования при первичном общем обследовании.

Третий метод обследования на открытоугольную глаукому – периметрия, измерение полей зрения. Эта процедура отличается большей точностью, чем тонометрия или офтальмоскопия. Проблемы, возникавшие в предыдущие годы при ручном определении полей зрения, сняты в последние годы применением специальных приборов. Последние работы, использующие эти приборы, показывают чувствительность, превышающую 90%, и специфичность 70 – 88%. Несмотря на достоинства, которые проявляет эта технология в руках эксперта, автоматическая периметрия слишком дорога для общего обследования. Кроме того, исследование полей зрения не эффективно для раннего обнаружения глаукомы.

Для проведения оценки прогрессирования стадии первичной глаукомы в автоматическом режиме необходимо решить 2 подзадачи:

- выделение области глаз на тепловизионном изображении;
- уменьшение числа ложных точек при выделении области глаз за счет выравнивания неравномерности чувствительности ячеек ФПЗС.

Тепловизионный метод исследования поверхностной температуры тела используется уже несколько десятков лет. Главным элементом тепловизора является фотоприемник, преобразующий инфракрасное (тепловое) излучение, испускаемое объектом, в серию электрических сигналов, дающих изображение, видимое на экране монитора. Последние достижения микроэлектроники дали возможность отказаться от оптико-механических сканеров благодаря тому, что фотоприемником теперь служит не линейная структура, а двухмерная матрица, содержащая на плоскости свыше 10 000 отдельных чувствительных ячеек. Преимущества систем нового поколения очевидны. Это не только отсутствие постоянно колеблющихся и вращающихся внутренних узлов, снижающих надежность и долговечность любой аппаратуры и являющихся источником дополнительных помех и шума. Наличие неподвижной матрицы позволяет практически все время, которое раньше уходило на механическое сканирование кадра, отдать на накопление информации, переносимой фотонами от исследуемого объекта. Выигрыш в качестве обусловлен тем, что время электронного считывания накопленной информации несоизмеримо меньше времени механического сканирования.

Библиографический список

1. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.
2. Фролова, М. С. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 139 – 145.
3. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 553 – 561.

4. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.

ОПТИМАЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ МЕДИЦИНСКИХ КАБИНЕТОВ

В. К. Обьедков, В. В. Дубровин

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(email: vladilen2001@gmail.com)*

Проблема оптимального оснащения медицинских кабинетов является актуальной в наше время, так как постоянное расширение рынка медицинского оборудования, и рост медицинских профилактических учреждений, ставят вопрос о конкуренции на рынке, и выбор лучшего аппарата в своей категории является приоритетной задачей для врачей и предпринимателей.

Оснащение кабинета медицинского учреждения медицинским оборудованием является сложной задачей, которая требует должного уровня образования и знаний. В решении данного вопроса может помочь система поддержки принятия решений.

Медицинский кабинет должен быть обустроен таким образом, чтобы можно было обеспечивать безопасность и удобство пациентам, а также комфортные условия для работы медперсонала. Для этого предлагается разработать систему поддержки принятия решений (СППР).

Основные процедуры принятия решений приведены на рис. 1.

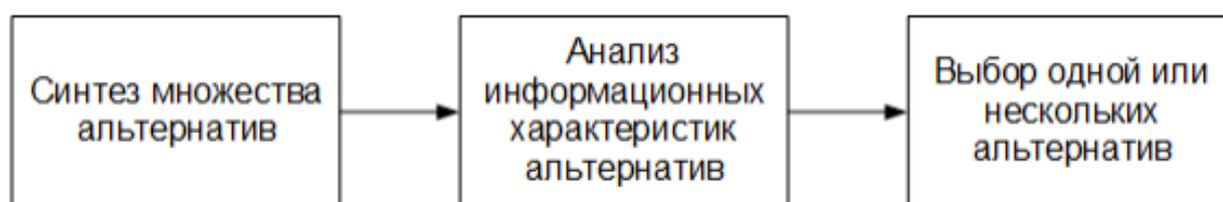


Рис. 1. Схема основных процедур принятия решений

СППР требует большого количества специфической информации и информационных технологий для ее обработки. Информационный объект представляет собой множество альтернатив. Альтернативы могут быть представлены своими информационными характеристиками, на основе которых можно формировать критерии выбора альтернатив с желаемыми свойствами.

Анализ информационных характеристик необходимо проводить по тем или иным критериям. Критерии должны задаваться требованиями, предъявляемыми к оборудованию не только производственными условиями, но и коммерческими условиями рынка.

Коммерческие требования задаются исходя из сложившейся конъюнктуры рынка. Целевые значения параметрических характеристик, так же как и для технических требований, задаются числовыми интервалами или качественным описанием.

В этом случае, технические и коммерческие требования представляются совокупностью целевых значений параметров, каждое из которых рассматривается как вектор локальных требований. Сложность анализа характеристических параметров альтернативных типов оборудования на соответствие требованиям обуславливается большой размерностью векторов и противоречивостью их компонент относительно требований. Для сложного оборудования количество целевых параметров достигает нескольких десятков, а иногда доходит до сотни.

Полученные матрицы сравнения альтернатив по критерию часто имеют собственную ценность. Например, в этом случае, вектор весов критериев может использоваться многократно для разных кабинетов и разных годов. Кроме того, из него можно сделать вывод о малой важности критерия эргономичность и мобильность и исключить его из рассмотрения. В других случаях неоднократно можно использовать матрицу весов альтернатив по критериям.

Проведя анализ особенностей информационного обеспечения СППР, для выбора оборудования было принято решение использовать метод анализа иерархий (МАИ) – математический инструмент системного подхода к сложным проблемам принятия решений.

МАИ не предписывает лицу, принимающему решение (ЛПР), какого-либо «правильного» решения, а позволяет ему в интерактивном режиме найти такой вариант (альтернативу), который наилучшим образом согласуется с его пониманием сути проблемы и требованиями к ее решению.

Относительно выбора медицинского оборудования можно выделить 6 основных этапов в решении задачи:

1. Выделение проблемы. Определение цели.
2. Выделение основных критериев и альтернатив.
3. Построение дерева иерархий: дерево от цели через критерии к альтернативам.
4. Построение матрицы попарных сравнений критериев по цели и альтернатив по критериям.
5. Применение методики анализа полученных матриц.
6. Определение весов альтернатив по системе иерархии.

Пример дерева критериев и альтернатив приведен на рис. 2.

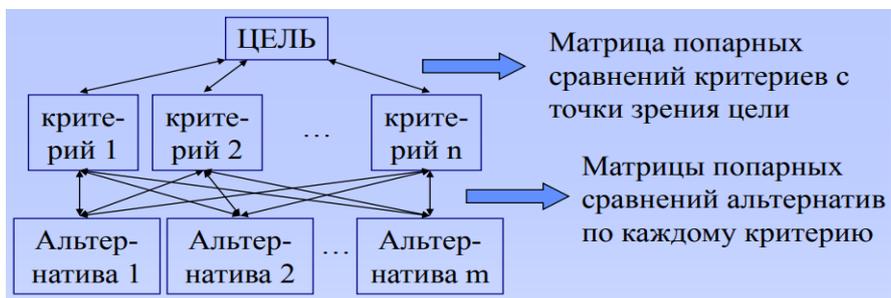


Рис. 2. Дерево критериев и альтернатив

РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА

О. Э. Оdedжоби

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: benty50@yahoo.com)*

Радионуклидная диагностика (РНД) основана на использовании радионуклидов γ -излучателей, входящих в структуру ЛС, называемых радиофармпрепаратами (РФТП), введением их в организм и измерением динамики продвижения радиоактивного вещества в организме или фиксации его в том или ином органе. Пределом энергии γ -излучения (E) для РНД принято считать величину в диапазоне 100 – 200 кэВ. Более низкие, а также более высокие значения E_{γ} нежелательны из-за рассеяния γ -квантов и поглощения низкоэнергетического излучения, а также снижения эффективности детекторов в регистрирующей части аппаратуры. Подробно физические и инженерные вопросы, а также научные и математические основы ОФЭКТ и ПЭТ, включая методики получения изображений, их реконструкцию и анализ, а также клинические и лабораторные приложения. Оптимальный диапазон энергии γ -квантов, в силу ее значимости и технических характеристик регистрирующей аппаратуры, практически не позволяет измерять потери энергии в результате поглощения или торможения γ -квантов тканями человека.



Рис. 1. Принципы детектирования излучения в различных методах РИД

Сцинтиграфия различных органов и систем – метод радионуклидного исследования внутренних органов, основанный на визуализации с помощью сцинтилляционной гамма-камеры распределения введенного в организм радиофармацевтического препарата.

При статической сцинтиграфии получают двухмерное изображение при выполнении одной или нескольких сцинтиграмм для изучения анатомо-топографического состояния внутренних органов и обнаружения в них очагов патологического распределения радиофармпрепарата. Этот метод наиболее часто применяют при заболеваниях щитовидной и паращитовидных желез, почек, печени, легких.

Сцинтиграфия всего тела – получение изображения всего тела с помощью специализированной гамма-камеры с большим полем зрения. Преимуществом этого метода является получение сцинтиграммы всего тела за одно исследование после однократного введения радиофармпрепарата. Наиболее часто используется в онкологии для выявления первичного очага опухоли и поиска отдаленных метастазов, планирования и оценки результатов лечения.

Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) – дает возможность получить послойную картину распределения радиофармпрепарата в органе с последующей реконструкцией его трехмерного изображения. С новой технологией получения изображений связан один из интереснейших аспектов количественной ОФЭКТ – возможность вычисления объема функционирующей ткани органа путем суммирования объемных элементов, формирующих изображения срезов органа. Этот современный метод наилучшим образом применяется в онкологии и кардиологии.

Библиографический список

1. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu. N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic and Kinematic Parameters // Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 3, article id. 032111 (2018).

2. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu. N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. Synthesis of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation. – Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 3, article id. 032112 (2018).

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛОВ

Л. А. Орехова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: ljuba.orehova@yandex.ru)

Автоматизированные системы поддержки принятия врачебных решений (АСППВР) – медицинская информационная система, предназначенная для помощи врачам и иным медицинским специалистам в работе с задачами, связанными с принятием клинических решений (ПКР) [1 – 4].

В настоящее время распространены такие программы, как «М» от компании Schiller, NI LabVIEW Biomedical Toolkit, Программа “ArMaSoft – 12 – Cardio”.

1. Программа измерений «М» от компании Schiller.

Компания Schiller разработала программу измерений “М”, в которой значения автоматических измерений ЭКГ существенно помогают врачу в его повседневной работе. Программа интерпретации экономит время, а результаты измерений являются более точными по сравнению с полученными вручную.

Компанией Schiller разработаны собственные программы. Это позволяет совершенствовать программное обеспечение и дает возможность врачам получать обновленные версии программ после приобретения оборудования. Программа прошла разностороннее тестирование.

Компьютерная интерпретация ЭКГ разработана, чтобы помочь врачу в его работе, однако ни в коей мере не заменяет заключения специалиста. При постановке диагноза врач должен учитывать всю имеющуюся информацию о пациенте.

2. NI LabVIEW Biomedical Toolkit.

LabVIEW Biomedical Toolkit – это дополнение к программному обеспечению, которое предоставляет инструменты, предназначенные для упрощения использования программного обеспечения LabVIEW при сборе физиологических данных, обработке сигналов и изображениях. Надстройка включает в себя многоканальный регистратор данных биосигналов для потоковой передачи биосигналов на диск для воспроизведения и анализа. Другие функции включают в себя средство просмотра файлов, утилиту преобразования файлов для формата потоковой передачи управления техническими данными (TDMS), генератор биосигналов, средство извлечения признаков ЭКГ и многое другое. LabVIEW Biomedical Toolkit можно использовать с набором виртуальных приборов NI Engineering Laboratory Virtual Instrumentation Suite (NI ELVIS), а также с большинством контроллеров и модулей CompactDAQ. Надстройка требует, чтобы на вашем компьютере для разработки также был установлен LabVIEW Advanced Signal Processing Toolkit.

3. Программа “ArMaSoft – 12 – Cardio”.

Областью применения ПО «ArMaSoft-12-Cardio» является регистрация и компьютерная интерпретация электрокардиограмм, зарегистрированных в условиях покоя, в системе 12-ти общепринятых отведений.

«ArMaSoft-12-Cardio» может использоваться с кардиорегистратором КРП-01, а также с любым электрокардиографом, выпускаемым ООО «НПП «Монитор».

При подключении кардиографа к компьютеру обеспечивается высококачественная синхронная регистрация 12-ти отведений ЭКГ.

Разработка и внедрение АСППВР в практику принадлежат к самым главным направлениям развития биомедицинских технологий.

Библиографический список

1. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.

2. Фролова, М. С. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 139 – 145.

3. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 553 – 561.

4. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АППАРАТ ФИЗИОТЕРАПИИ С РЕЖИМОМ ВАКУУМНОЙ ТЕРАПИИ

Д. В. Панькин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: pankin112@bk.ru)

Физиотерапия – это поддерживающие процедуры для восстановления организма после болезней и травм. В таком лечении используются свет, тепло, ультразвук, электрические импульсы [1, 2].

В физиотерапии электрическими импульсами используются электроды, но часто используемые в наше время в медицинской практике электроды для низкочастотной терапии имеют ряд недостатков, в свою очередь вакуумные электроды практически полностью исправляют их. Вакуумные электроды заметно упростят проведение процедур, как пациентам, так и врачам. Создание импортозамещающего аппарата, комбинирующий в себе, низкочастотную, ультразвуковую и вакуумную терапию, с вакуумными электродами, выполняющими роль, крепко держащихся электродов и вакуумной терапии, будет иметь несколько преимуществ:

1. Электроды закрепляются на необходимом участке тела пациента и не спадают с него;
2. Многофункциональный аппарат позволяет улучшить эргономику проведения физиотерапии;
3. Аппарат будет иметь все преимущества и лечебные свойства вакуумной терапии.

Многофункциональный аппарат разработан на основе микроконтроллера, который имеет три порта ввода-вывода (РА, РВ, РС). На вводную часть порта «РА» подается информация с клавиатуры аппарата. Через этот порт так же осуществляется передача данных собранных микроконтроллером на дисплей прибора и подача звукового сигнала.

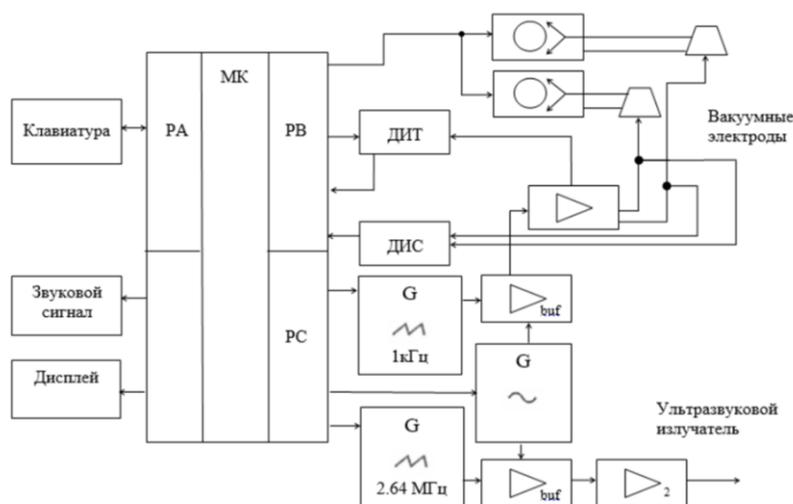


Рис. 1. Функциональная схема многофункционального аппарата физиотерапии с режимом вакуумной терапии

В блоке управления задается сигнал, определяется его периодичность и вид воздействия на организм человека и через порт «РА» ток подается на генераторы, необходимые для обеспечения заданного сигнала, регулировка тока обеспечивается через порт «РВ». Усилитель тока, где врач может задать необходимую силу для того или иного пациента, с помощью

микроконтроллера, генератора и ДИТ. Отслеживать силу тока, который поступает на электроды, позволяет датчик его измерения. Информация о периоде изменения тока выводится на дисплей.

Таким образом, многофункциональный аппарат физиотерапии с режимом вакуумной терапии обладает рядом преимуществ по отношению с подобными узкопрофильными аппаратами и при должной реализации и массовости производства подобного аппарата, может в полной мере проявить свои преимущества.

Библиографический список

1. Фролова, Т. А. Информационные модели для оценки медицинского устройства / Т. А. Фролова, М. С. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 3. – С. 123 – 128.
2. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.

ТЕПЛОВИЗИОННОЕ УСТРОЙСТВО С ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТЬЮ ИЗМЕРЕНИЙ

И. А. Попов

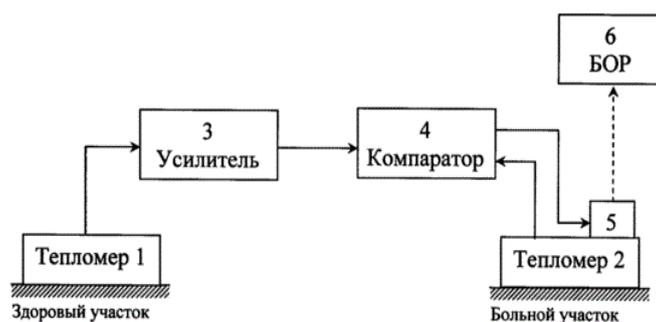
*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: popovigor99@mail.ru)*

Воспалительные заболевания суставов является самым частым нарушением в костно-мышечной системе. Данные заболевания без лечения чреваты осложнениями почти на все внутренние системы и органы: сердечно – сосудистую систему, кожу, глаза, легкие.

В настоящее время актуальным является разработка медицинских устройств для БПЛА. Основной проблемой применением тепловизионных систем, размещенных на БПЛА является сильная зависимость точности измерений от температуры воздуха.

Поэтому необходима разработка тепловизионных систем, производящих измерения температуры с учетом температуры воздуха.

Структурная схема реализации способа представлен на рис. 1.



<https://www1.fips.ru/Archive4/PAT/2016FULL/2016.02.10/DOC/RUNWC1/000/000/002/574/141/00000001.tif>

Рис. 1

В качестве тепломеров 1, 2 предлагается использовать тепловизор собственной разработки на основе датчика AMG8833 и плата Arduino Mega 2560.

После сканирования полученные матрицы температур для дальнейших исследований загружаются в среду Mathcad, в которой над ними будут выполняться необходимые вычисления.

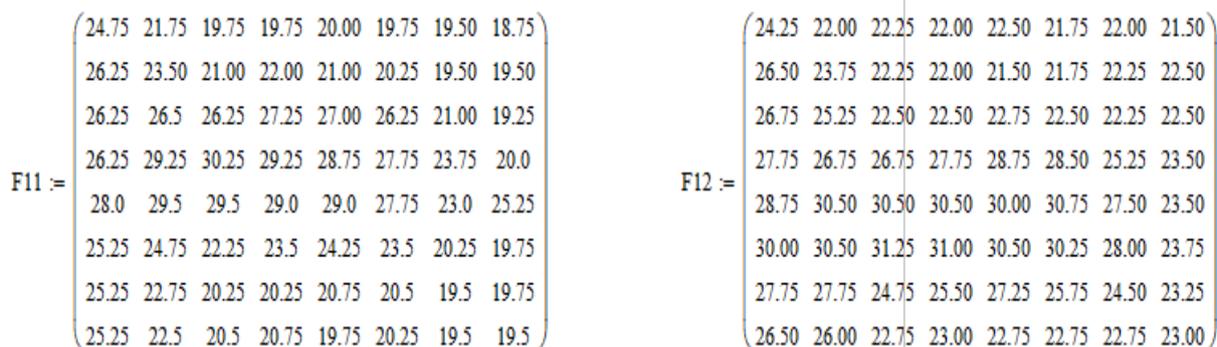


Рис. 2

Следующим шагом является визуализация данных матриц с помощью графика линий и 3D графика и дальнейшее сравнение их с изображениями, полученными с помощью тепловизионного сканирования.

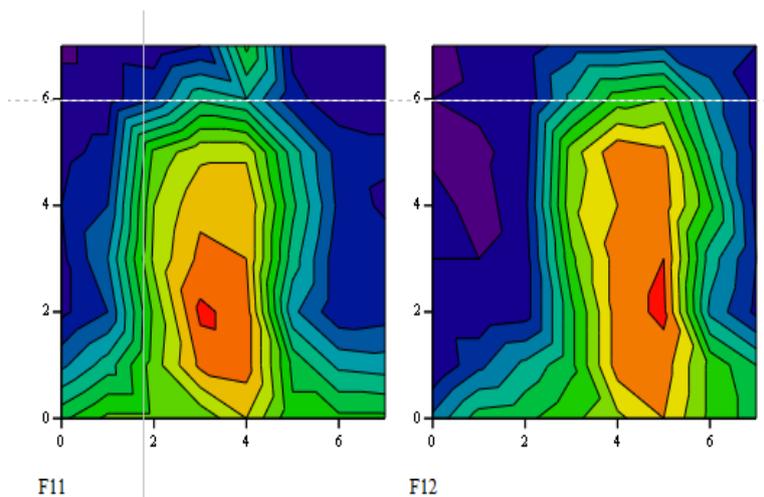


Рис. 3

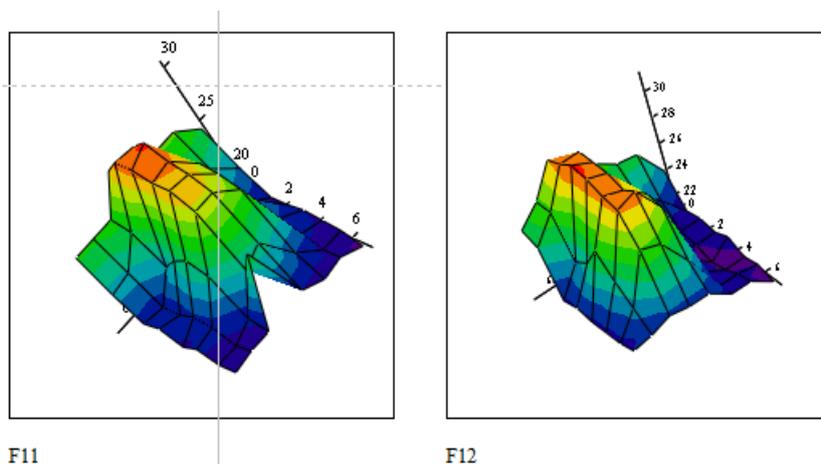


Рис. 4

Разработанный способ и устройство реализации позволяют повысить точность измерения температуры при обнаружении воспалительных процессов за счет учета температуры воздуха.

Библиографический список

1. Строев, В. М. Способ диагностики воспалительных заболеваний костей и суставов / Строев В. М., Фесенко А. И., патент на изобретение RU 2574141 C1, заявка № 2014130400/14 от 22.07.2014; опубликован 10.02.2016, Бюл. № 4.

ОПТИМАЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ

Е. Н. Родина

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: elizawetanika@yandex.ru)

Основная задача нейрохирургического отделения – оказание специализированной нейрохирургической помощи взрослым и детям с черепно- и спинномозговой травмами, экстренной и неотложной нейрохирургической помощи людям с заболеваниями центральной и периферической нервной системы [1].

В нейрохирургическом отделении лабораторная диагностика имеет исключительно важное значение в клинике острых состояний. При любых критических состояниях наиболее быстрые взаимосвязанные изменения происходят с кислородным, кислотно-основным и водно-электролитным гомеостазом. Именно поэтому правильная и своевременная оценка клинических аспектов состояния и регуляции кислотно-основного гомеостаза, включающая знание основных законов, поддерживающих постоянство внутренней среды; оценку причин нарушения гомеостаза; степень компенсаторных реакций организма в экстремальных условиях и т.п., способствуют адекватной оценке состояния больного и выбору необходимых методов лечения.

Для улучшения оказания своевременной и верной медицинской помощи оборудование нейрохирургического отделения предлагается дополнить анализатором кислотно-основного равновесия крови.

Анализаторы кислотно-основного равновесия крови предназначены для измерений содержания ионов Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , а также pH и парциального давления углекислого газа и кислорода (pCO_2 , pO_2) в биологических жидкостях.

Определение уровня глюкозы в крови традиционно использовалось для экспресс-диагностики неотложных состояний у больных сахарным диабетом. Вместе с тем определение уровня глюкозы в крови оказалось важным для многих пациентов – как показатель оценки уровня стресс-реакции организма в критическом состоянии.

При необходимости оценки риска развития гипоксии или «задолженности» тканей по кислороду решающим становится такой современный маркер уровня гипоксии, как уровень лактата в крови. У больных в критическом состоянии он позволяет судить о кислородной задолженности тканей, эффективности проводимой терапии и является прогностическим признаком неблагоприятного исхода.

Дополнительную информацию об уровне нарушения транспорта кислорода к клетке дают параметры КО-оксиметрии – оптической технологии, основанной на методе абсорбционной спектрофотометрии и включенной технологически в современные газоанализаторы.

Примером анализатора кислотно-основного равновесия может служить модель RapidLab 348EX (рис. 1). Полностью автоматическая работа гарантирует получение быстрых и точных результатов с минимальным участием оператора, что позволяет принимать правильные решения, выявляя изменения состояния на ранней стадии.

Измеряемые параметры: газы крови (pH, pCO₂, pO₂), электролиты (Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺ или Cl⁻), гематокрит (HCT). Расчетные параметры: O₂SAT, O₂CT, HCO₃-act, HCO₃-std, ctCO₂, BEb, BEecf, pO₂(A-a), pO₂ (a/A), pO₂/FiO₂, Ca⁺⁺ (7.4).



Рис. 1. Анализатор RapidLab 348EX

Введение данного оборудования в нейрохирургическое отделение позволит прямо в палате, быстро и точно, установить наличие критических состояний, обнаружить взаимосвязанные изменения с кислородным, кислотно-основным и водно-электролитным гомеостазом. В этом случае состояние пациента будет наиболее точно определено, все изменения будут зафиксированы и больному своевременно окажут необходимую помощь, назначат/дополнят/изменяют лечение.

Библиографический список

1. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 553 – 561.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПУЛЬСОВОГО ОКСИМЕТРА

Е. Н. Родина, В. М. Строев

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: elizawetanika@yandex.ru)

Пульсоксиметр – один из незаменимых приборов в медицине, быстро и безболезненно измеряет сатурацию и частоту сердечных сокращений для оценки состояния дыхательной и сердечно-сосудистой систем организма, выявления опасного состояния кислородного голодания.

Так как не всегда есть возможность провести измерения в условиях стационара, важно определить могут ли внешние факторы повлиять на точность измеряемых показателей.

Для исследования воздействия различных температур воздуха на уровень сатурации и частоту пульса человека были проведены измерения при различных температурах. Рассмотрим зависимость на примере измерений у здорового человека возрастом 24 года.

Измерения проводились с использованием пульсового оксиметра Viatom FS20S при температурах 4 °С, 10 °С, 14 °С, 18 °С. В таблице 1 приведены полученные значения.

В помещении при комнатной температуре уровень SPO₂ 100, пульс 90 (рис. 1).

1. Значения SPO₂ и пульса при различных температурах

Температура	SPO ₂	Пульс
4	91	98
10	94	88
14	99	74
18	95	89



Рис. 1. Измерение при комнатной температуре

С понижением температуры воздуха от 14 °С до 4 °С значение уровня сатурации на экране пульсового оксиметра уменьшалось с 99 до 91. При изменении температуры воздуха с 14 °С до 18 °С показатель сатурации также уменьшился с 99 до 95. Зависимость представлена на графике (рис. 2).

Аналогичные изменения происходили со значением частоты сердечных сокращений (рис. 3).

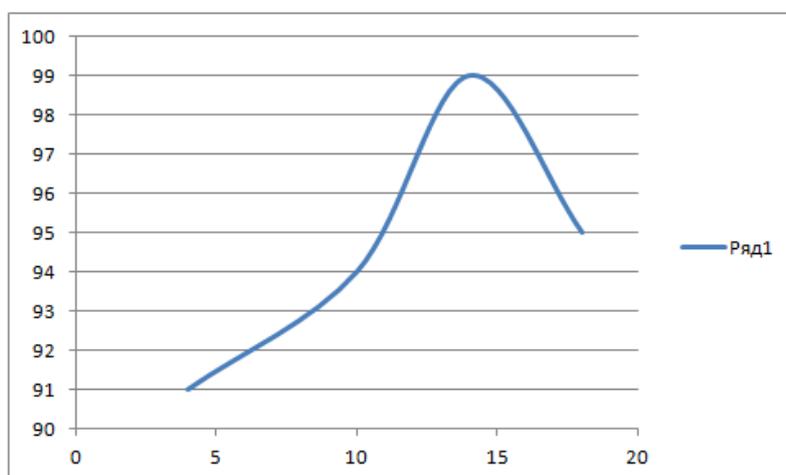


Рис. 2. График зависимости сатурации от температуры воздуха

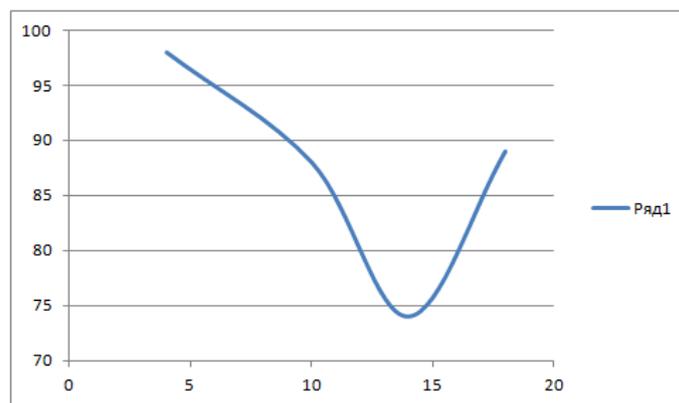


Рис. 3. График зависимости ЧСС от температуры воздуха

Холод сужает сосуды, и кровь по пальцу проходит медленнее. То же самое происходит при сниженном «верхнем» давлении, меньше 80 мм.рт.ст. Кровь просто не успевает доходить до кончиков пальцев с нужной скоростью. Пульсоксиметр не может считать пульсовую волну и выдает неверные результаты.

Библиографический список

1. Шурыгин, И.А. Мониторинг дыхания: пульсоксиметрия, капнография, оксиметрия. / И. А. Шурыгин. – СПб. : Невский Диалект, 2000. – 301 с.

ПНЕВМОПОЧТА В МЕДИЦИНЕ

Э. К. В. Сакоссенге, Т. К. Гончарова

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: eduardosacossengue1995@gmail.com)*

Медучреждения это совершенно сложные системы, с множеством задач, которые нужно решать, и это должно быть срочно, потому что это, в конце концов, здоровье людей. По этой причине транспортные средства, такие как пневматическая почта, являются основными элементами для этого последующего наблюдения, поскольку больницы сталкиваются с большим спросом на дифференцированные услуги, которые перегружают специализированную рабочую силу. Поэтому больницы рассматривают технологии как инструмент для увеличения своих возможностей по уходу без соответствующего увеличения персонала [1 – 3].

Среди материалов, которые можно перевозить по системе пневмопочты, мы можем выделить: Документы, отчеты, файлы пациентов, истории болезней, материалы для проведения анализов, рентгеновские снимки и снимки МРТ, рентгеновские снимки, лекарственные препараты, лабораторные принадлежности, шприцы и инструменты являются одними из наиболее распространенных.

Больничная пневматическая почта представляет собой систему, состоящую из отправляющей и принимающей станций, соединенных сетью труб. Материал загружается в конвейеры, которые благодаря воздушному потоку, создаваемому одним или несколькими воздушными дувками, перемещаются по трубам в полной автономности.

Эта система работает благодаря RFID (радиочастотной идентификации), система однозначно определяет движущихся перевозчиков, гарантируя отслеживание всех отправок. Он может содержать специально разработанную систему идентификации, которая гарантирует максимальный контроль каждый раз при отправке и получении носителей, и может разрешать доступ к системе только уполномоченному персоналу.

Все секторы медучреждения, больницы медицинские центры разных масштабов могут быть связаны системой пневматической почты: неотложная помощь, лаборатории, банки крови, аптеки, хирургические центры, отделения интенсивной терапии, сестринские пункты и другие вспомогательные области. Материалы, которые транспортировались вручную, теперь автоматически достигают места назначения со скоростью до 8 м/с. больничная логистика значительно упрощается (рис. 1).

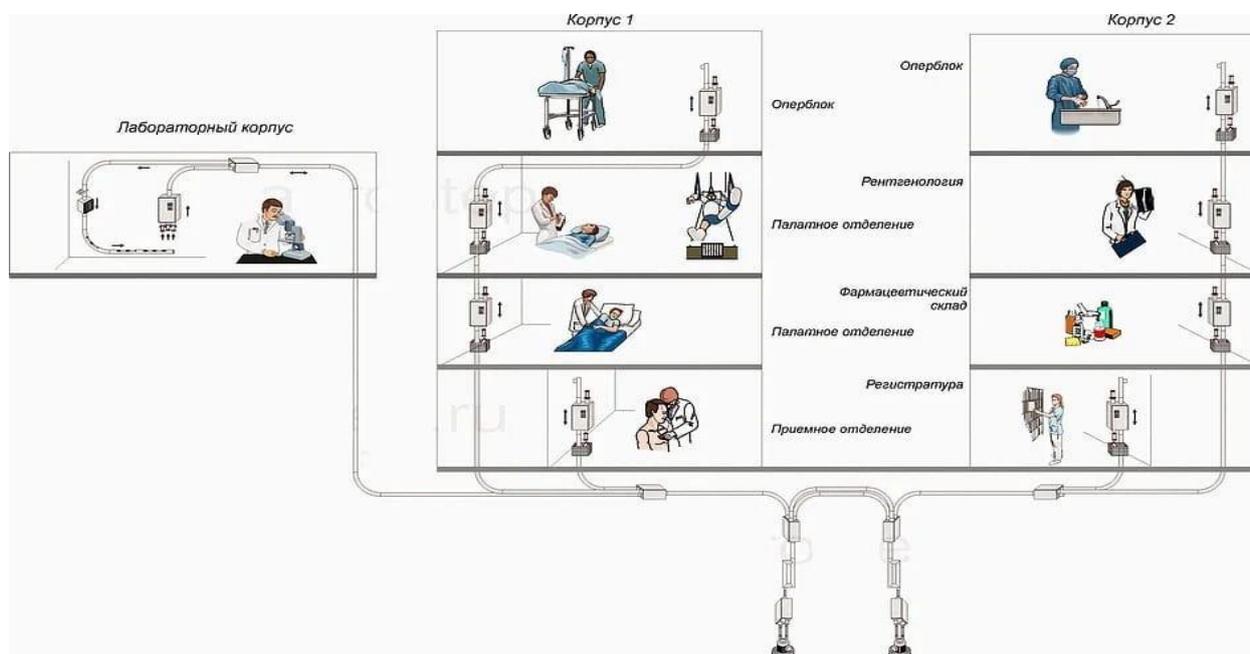


Рис. 1. Пневмопочта между двумя больничными корпусами

Пневматическая почта принесла многочисленные преимущества больничным операциям: Сокращение времени между сбором материала и анализом в лаборатории; Структурная адаптация независимо от больницы; Многоцелевой: быстро отправляет; Улучшите организацию внутренней логистики больницы; Мониторинг и запись: вся система контролируется на 100%, а информация хранится в журналах, к которым можно получить доступ в любое время, что обеспечивает надежность и отслеживаемость; Снижение рисков загрязнения за счет меньшего перемещения людей между секторами и меньшего контакта между людьми и материалами, которые необходимо транспортировать.

Библиографический список

1. Фролова, Т. А. Информационные модели для оценки медицинского устройства / Т. А. Фролова, М. С. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 3. – С. 123 – 128.

2. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.

3. Фролова, М. С. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 139 – 145.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЭПИЛЕПСИИ

Э. К. В. Сакоссенге, Т. К. Гончарова

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: eduardosacossengue1995@gmail.com)*

Эпилепсия – одно из самых распространенных неинфекционных неврологических заболеваний в мире; имеет распространенность около 70 миллионов человек [1 – 3].

Новые технологические устройства очень помогают в нашей повседневной жизни, благодаря этим достижениям они также используются для контроля некоторых заболеваний, таких как эпилепсия.

В последние годы появилось несколько носимых устройств, приложений и имплантатов, которые могут помочь предсказывать эпилептические припадки или создавать системы экстренного оповещения. Некоторые из этих технологии, которые служат для контроля эпилепсия:

Браслеты для выявления эпилептических припадков: Это устройство представляет собой носимое устройство в виде смарт-часов, которое можно приспособить к запястью или лодыжке и которое способно обнаруживать эпилептические припадки путем измерения электрокожной активности пользователя, оно имеет электродермальный датчик, гироскоп, акселерометр и термометр. что они могут совместно обнаруживать физиологические симптомы по пульсу; в тот момент, когда устройство обнаруживает ненормальную активность, оно отправляет сигнал тревоги обслуживающему персоналу, чтобы помочь, предотвратить или смягчить последствия критической ситуации.

Портативные ЭЭГ-устройства: Это портативный электроэнцефалографический прибор, позволяющий постоянно контролировать активность больных эпилепсией.

Наушники для оценки риска эпилептических припадков: Mjn-SERAS – это медицинское устройство, которое посылает предупреждающий сигнал как пациенту, так и его доверенным лицам, когда риск эпилептического припадка высок. mjn-SERAS записывает электрическую активность мозга в режиме реального времени через персонализированный слуховой проход, который находится незаметно за ухом.

Mjn-SERAS – это медицинское устройство, которое посылает предупреждающий сигнал как пациенту, так и его доверенным лицам, когда риск эпилептического припадка высок. mjn-SERAS записывает электрическую активность мозга в режиме реального времени через персонализированный слуховой проход, который находится незаметно за ухом.

Специальные приложения:

SeizAlarm: это приложение, доступное только для iOS, предназначено для уведомления нескольких доверенных лиц, когда у пациента случается эпилептический припадок.

Ежедневный контроль эпилепсии: это решение направлено на мониторинг заболевания, чтобы такие данные, как дата, время кризиса, сигнал тревоги для приема лекарств и т.д.

EpiWatch: это приложение работает через умные часы Apple и является частью исследования с участием исследователей из больницы Джона Хопкинса.

Приложение DCA Epilepsy: это приложение, разработанное студентом Университета Аликанте (UA), которое позволяет выявлять ночные эпилептические припадки у детей с приобретенной черепно-мозговой травмой (ЛПИ).

Abraço: это браслет, разработанный учеными из Массачусетского технологического института (MIT), который служит для мониторинга судорог, который также имеет датчик, который измеряет объем крови, другой, который записывает электродермальную активность, акселерометр, который фиксирует движение, и батарею, которая также записывает периферическая температура кожи.

EpiDiary – Мой дневник эпилепсии: его цель – облегчить мониторинг заболевания и поделиться всеми данными в режиме реального времени с членами семьи и медицинскими работниками.

Epuscare : это проект приложения, который родился на I Health Hackathon и получил награду UCB Epilepsy Self-Care Award.

Библиографический список

1. Frolov S.V., Lyadov M.A., Loskutov S.A. Automated Information System for Monitoring Health of Schoolchildren // Biomedical Engineering. – 2015. Vol. 49(1), – pp. 1-6.
2. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.
3. Фролов, С. В. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Менеджер здравоохранения. – 2013. – № 11. – С. 50 – 61.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

М. В. Суханова

Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева, Орел, Россия

Развитие современного агропромышленного комплекса связано с технологиями точного земледелия, ориентированными на широкое внедрение достижений науки и техники. Наиболее интенсивно здесь развиваются информационные технологии, например, применение беспроводных датчиков, которые располагаются в поле, позволяет контролировать

параметры среды, окружающей растения, и дает возможность измерять уровень влажности почвы, проводить ее биохимический анализ и т.п.

Однако повышение эффективности сельскохозяйственного производства сам факт применения технологий точного земледелия на сегодняшний день не дает. Одним из возможных направлений, способных изменить сложившуюся ситуацию, может быть использование различных датчиков и приборных устройств, контролирующих состояние самих растений, а не окружающей их среды. Применение методов функциональной диагностики в процессе оценки результатов агротехнических мероприятий позволит учесть потребности растительных объектов, оптимизировать технологии их возделывания и сэкономить используемые ресурсы [1].

Контроль влагообеспеченности растений всегда был достаточно сложной задачей, и пока стандартных методик оценки потребности растений в воде не существует. Создание устройства, позволяющего перейти от визуальной диагностики к инструментальной, не только более чувствительной и объективной, предполагает возможность создания на его основе системы (рис. 1), собирающей получаемую информацию, включающей ее в базу данных и корректирующей алгоритм управления участком, контроль которого был произведен.

Растение оказывается включенным в систему с обратной связью, а принятие всех управленческих решений ориентируется на параметры, измеренные в процессе диагностики растительных объектов [2].

Таким образом, в режиме реального времени можно провести неинвазивную функциональную диагностику растений, оценить их влагообеспеченность и скорректировать применяемые для их выращивания агротехнические мероприятия. Введение в широкое использование предложенной биотехнической системы позволяет говорить о дальнейшем развитии технологий точного земледелия, причем не только с точки зрения повышения урожайности, но и с учетом возможной экономии используемых ресурсов, повышения эффективности применяемых подходов, бережного отношения к природе.

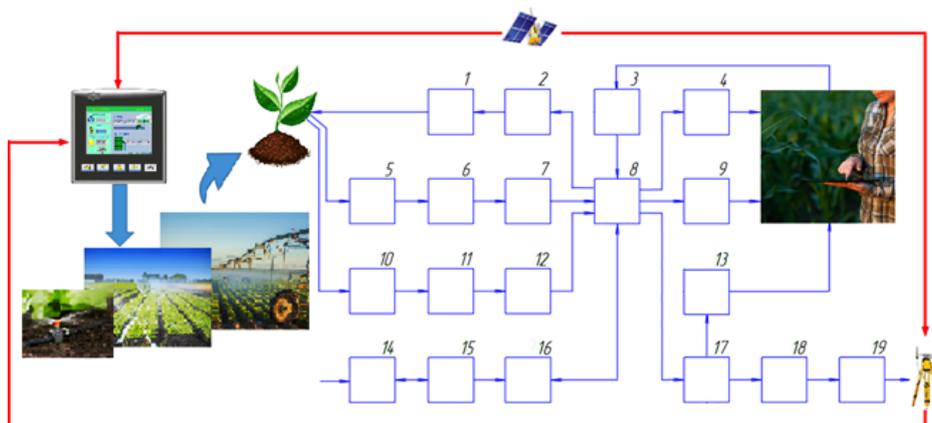


Рис. 1. Биотехническая система контроля влагообеспеченности растительных объектов:

- 1, 5, 10 – оптический канал; 2 – источник излучения (светодиод с длиной волны ближнего инфракрасного излучения); 3 – блок управления; 4 – сигнальный светодиод; 6 – фотоприемник смешанного отраженного излучения; 7, 12 – преобразователь ток-напряжение; 8 – микроконтроллер со встроенным АЦП; 9 – дисплей; 11 – фотоприемник диффузного отраженного излучения; 13 – индикатор передачи сигнала по беспроводному каналу; 14 – преобразователь DC/DC; 15 – аккумулятор; 16 – контроллер заряда; 17 – ZigBee модуль; 18 – схема согласования антенны; 19 – антенна

Библиографический список

1. Суханова, М. В. Измерительное устройство для определения уровня влагообеспеченности листовых растений / М. В. Суханова, Л. А. Бондарева // Автоматизация в промышленности. – № 2. – 2021. – С. 15 – 19.
2. Бондарева Л. А., Суханова М. В. Способ оценки функционального состояния растений для определения их потребностей в воде // Патент РФ №2719788 А01G 7/04, G01N 21/17. – Опубл. 23.04.2020 г., Бюл. № 12.

ПОЛИМЕРНЫЙ КЕРАТОИМПЛАНТАТ ДЛЯ БАРЬЕРНОЙ КЕРАТОПЛАСТИКИ

Е. О. Филиппова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия
(e-mail: bosyheo@tpu.ru)*

Трековые мембраны благодаря наличию сквозных пор обладают хорошим потенциалом для применения в офтальмологии в качестве роговичного имплантата для применения в барьерной кератопластике. Согласно группе стандартов, исследование жизнеспособности клеток путем прямого и непрямого контакта с материалом является одним из первых этапов в определении перспективности и рисков их применения. Цель исследования – определение жизнеспособности клеток при культивировании с полимерным кератоимплантатом из полиэтилентерефталата.

Полимерный кератоимплантат был получен путем облучения на циклотроне ТПУ пленки полиэтилентерефталата тяжелыми ионами $^{40}\text{Ar}^{+8}$ с энергией 41 МэВ, сенсбилизацией ультрафиолетовым светом и щелочного травления в водном растворе 1,5 М NaOH при температуре в диапазоне (72 – 82) °С. Модификация поверхности проводилась путем воздействия низкотемпературной плазмы (температура поверхности 35 – 40 °С, время воздействия – 30 с). Стерилизация кератоимплантата проведена с помощью γ -установки «Исследователь № 52» (НИИ ПП, г. Томск) с источником радионуклида ^{60}Co , доза облучения – 15 кГр. Жизнеспособность клеток оценивали методом проточной цитофлуориметрии с определением процентного соотношения живых и погибших (апоптотических и некротических) клеток и общего количества клеток на проточном цитофлуориметре Guava Easy Cyte Plus (Millipore, США) с использованием программы GuavaVia Count (Millipore, США).

Согласно полученным результатам, воздействие плазмы привело к появлению деструктивных областей высотой 100 нм, увеличила R_a имплантата в 3,8 раз, R_q – в 4,2 раза, R_t – в 4 раза, R_z – в 10 раз. Облучение γ -лучами способствовало образованию дефектов средним размером глубиной $0,5 \pm 0,2$ мкм неправильной формы на поверхности модифицированной в плазме имплантатов, занимающих не более 9% от всей площади материала.

Значение краевого угла смачивания водой имплантата до модификации составило $72,8 \pm 2,2^\circ$. Расчет свободной энергии поверхности показал значение $30 \pm 2,8$ мДж/м², причем вклад поляризационной составляющей значительней дисперсионной. Воздействие на поверхность кератоимплантата низкотемпературной плазмы привело к возрастанию степени гидрофильности поверхности и снижению на ~57%, среднее значение – 29° . Значение энер-

гии после модификации плазмой $\gamma = 135,7 \pm 10,3$ мДж/м², что больше исходной в 4,5 раз, причем вклад поляризационной составляющей также значительней дисперсионной. Облучение γ -лучами на 22 – 28% увеличило значения угла смачивания и на 20% уменьшило энергию поверхности модифицированных в плазме имплантатов.

В результате проведенных цитологических испытаний кератоимплантата из полиэтилентерефталата на цитотоксичность до и после плазменного воздействия установлено, что разработанные мембраны не оказывают цитотоксического действия на культуру мононуклеарных клеток, обеспечивая их жизнеспособность 95%. Результаты *in vitro* реакции культуры фибробластоподобных клеток на клеточно-молекулярную биосовместимость имплантатов свидетельствуют об их относительной биоинертности в отношении стромальных клеток человека.

Вывод. В результате проведенных исследований было установлено, что разработанные кератоимплантаты из полиэтилентерефталата не оказывают цитотоксического действия на культуру клеток, обеспечивая их жизнеспособность 95%.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-08-00648.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ОКТ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГАММА-РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ПИКСЕЛЕЙ

В. О. Черешнев, С. Г. Проскурин

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: vitaliy-cha1999@yandex.ru)*

ОКТ основана на регистрации отраженного назад зондирующего излучения на оптических неоднородностях с измерением соответствующей задержки и построении на этих данных объемного изображения.

Для увеличения глубины когерентного зондирования и увеличения коэффициента сигнал/шум в оптических системах необходимо выявить основополагающие явления, играющие определяющую роль в этом процессе. При формировании оптического изображения не происходит поглощения световой энергии с преобразованием в электрическую, химическую, тепловую или другие виды энергии, определяющую роль при формировании изображения играют дифракционные явления, а значит, методы волновой оптики должны быть основой для адекватного моделирования этого явления.

Наиболее часто при моделировании ОКТ изображений используется метод, в котором реализуется полигон сетки, представляющий распределение оптических свойств для моделирования методом Монте-Карло. Слабым местом этого метода является большое число ячеек, необходимых для представления объекта и, следовательно, большое количество облучения границ пересечений, которые требуют слежение за траекторией миграции фотонов в ткани.

Чтобы сделать моделирование одного А-скана для реконструкции ОКТ-изображений с использованием метода Монте-Карло требуется использовать $10^7 - 10^9$ пакетов фотонов. Поэтому время моделирования может быть значительно увеличено, особенно в случае, если количество получаемых А-сканов имеет важное значение.

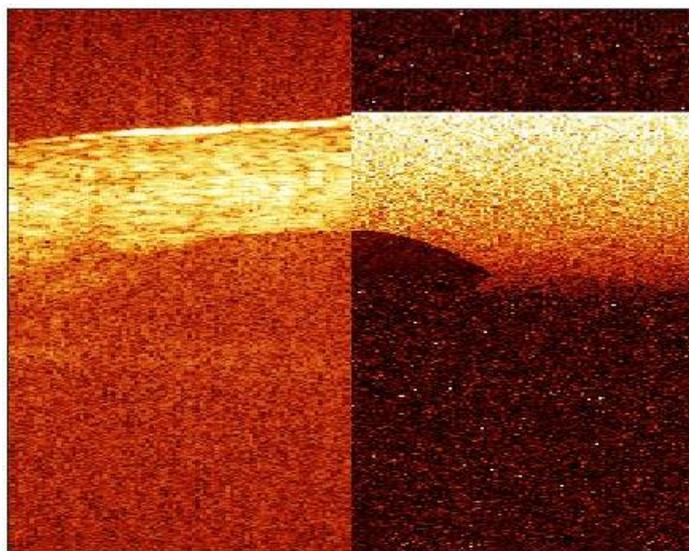


Рис. 1. Экспериментальный В-скан (2D структурное ОКТ изображение) кровеносного сосуда человека *in vivo* (слева) и результат моделирования структурного ОКТ-изображения (справа)

Модернизация этого подхода была осуществлена с помощью функции определенной плотности вероятности для первого рассеяния, которое перенаправляет фотон в направлении положения детектора. Для расчета дальнейшей траектории движения, рассеяния фотонов определяется заранее с некоторой заданной вероятностью и также может направляться к детектору. В качестве распределения вероятностей использовались гамма-распределения, параметры которых получены в результате исследования вариационной матрицы ОКТ изображений [1, 2]. Полученные результаты представлены на рис. 1.

Применение этого метода позволило существенно увеличить скорость моделирования, что позволяет намного быстрее строить не только модели ОКТ изображений высокого разрешения, но и моделировать изменения положения биологических тканей во времени как, например, движение потока крови в кровеносном сосуде [3].

Библиографический список

1. Дифференциация структур кожи, кровеносных сосудов и крови посредством построения вариационной матрицы ОКТ изображения / В. О. Черешнев, И. М. Романенко, И. В. Кулешов, С. Г. Проскурин // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 10 (часть 2) – С. 319 – 323.
2. Черешнев, В. О. Исследование отраженных и многократно рассеянных фотонов посредством построения матрицы дисперсий ОКТ изображений / В. О. Черешнев, С. Н. Абдулкарим, С. Г. Проскурин // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 12-1. – С. 118 – 122.
3. Построение ОКТ изображений биологических тканей на основе анализа интенсивности пикселей / В. О. Черешнев, С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, С. Г. Проскурин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2019. – № 3(31). – С. 104 – 112.

АНАЛИЗ РЫНКА РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

И. А. Шаталова, В. О. Лычагина, Е. С. Ширкина

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: shatalova.02@mail.ru)

Рентгеновский аппарат – это оборудование, которое используется в медицине для получения аналитических данных состояния пациента. Благодаря рентгеновскому излучению формируется изображение, позволяющее оценить состояние внутренних органов, состояние костной и мышечной ткани и найти патологические изменения.

В соответствии с условиями эксплуатации, рентгеновский аппарат может быть стационарным, передвижным (палатным), портативным. Область использования последних крайне мала из-за их низкой мощности: они используются в основном бригадами скорой помощи, на дому у пациентов. Мощность палатных находится в пределах от 12,5 кВт до 32 кВт, тогда как мощность стационарных аппаратов начинается с 40 кВт.

Аппараты разделяют по области использования: ангиографы, С-дуги, маммографы, флюорографы и т.д.

Наибольший интерес представляют аппараты вида С-дуга, названные так из-за штатива в форме буквы С, который позволил уменьшить занимаемое аппаратом место и предоставил возможность быстро изменять положение штатива (рис. 1). Такое строение упрощает доступ к пациенту, позволяет проводить непрерывную рентгеноскопию во время хирургических операций. Используемый в С-дугах тонкий детектор оснащается системой регулировки излучения, калибровкой изображения. Моноблок, состоящий из рентгеновской трубки, генератора, вращающегося анода, системы охлаждения. У современных аппаратов также есть режим импульсной экспозиции, уменьшающий воздействие излучения на пациента и подавляющий артефакты движения, как, например, в С-дуге OPESCOPE ACTENO фирмы Shimidzu.

Опциональным является штативный монитор, позволяющий наблюдать изображение с разных ракурсов, не препятствуя наблюдению за пациентом; по умолчанию монитор устанавливается на основном блоке. Экраны управления С-дугой сенсорные, с возможностью отображения дозы облучения в реальном времени.

Многие современные С-дуги представляют собой комплекс из рентген-аппарата и УЗИ-аппарата. Иные позволяют работать с изображениями других типов: компьютерной томографии, магнитно-резонансной томографии и другими, а также объединять трехмерные данные, полученные разными методами исследования, в трехмерные изображения [1 – 4].



Рис. 1. С-дуга OPESCOPE ACTENO производителя Shimadzu

Среди новых возможностей также создание архива изображений и подключение к информационным системам медцентра. Наиболее современные аппараты, как, например, Arcadis Orbic 3D фирмы Siemens, имеют собственные пользовательские интерфейсы с обилием функций, упрощающих работу врачей: «виртуальное тело пациента» (VPA), позволяющее выбрать программу щелчком на исследуемом участке «виртуального тела»; «карточки задач», рационализирующие работу врачей; поддержка до 200 программ работы.

Аппарат ОЕС 9900 Elite фирмы General Electric использует технологии с динамическим диапазоном изображения, улучшая его параметры, причем для каждой анатомической зоны создана своя программа обработки; технология исключения эффекта движения и раздельного анализа изображений костей и сосудов.

Библиографический список

1. Фролова, Т. А. Информационные модели для оценки медицинского устройства / Т. А. Фролова, М. С. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 3. – С. 123 – 128.
2. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.
3. Фролова, М. С. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 139 – 145.
4. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.

АНАЛИЗ РЫНКА ЭНДСКОПИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

И. А. Шаталова, П. Ф. Маслов

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: shatalova.02@mail.ru, yack.uk@yandex.ru)*

Одним из важнейших методов диагностики и лечения различных заболеваний является эндоскопия. С помощью эндоскопической техники проводятся визуальный осмотр внутренних полостей организма человека, биопсия, хирургическое и терапевтическое воздействие на биологические ткани лазерным излучением, промывание полости и наполнение ее воздухом или жидкостью, введение лекарственных растворов, удаление новообразований и инородных тел и т.д. Кроме визуального наблюдения, может проводиться фото- и ТВ-документирование отдельных этапов эндоскопии.

Основой медицинского эндоскопа является оптическая система, позволяющая получить изображение биологического объекта, наблюдение которого невооруженным глазом невозможно в силу особенностей строения организма человека. Современные эндоскопы представляют собой сложные оптико-механические и оптико-электронные приборы [1].

Новейшие эндоскопы характеризуются высоким качеством изображения.

Так, например, компания Pentax успешно развивалась и в разные годы предлагала различные инновации в эндоскопической технике, как, например, в 1988 первый в мире видеобронхоскоп EB-1900. Видеобронхоскопы – это эволюционный этап развития технически совершенных бронхоскопов Pentax.

Видеобронхоскопы, сохраняя все достоинства фибробронхоскопов, вывели качество получаемой диагностической информации на принципиально иной уровень. Цифровое изображение высокой четкости позволяет увидеть как мельчайшие детали слизистой, так и начальные изменения сосудистого паттерна, что в сочетании с технологией усиления изображения i-scan позволяет активно использовать данный инструмент при диагностике опухолевых новообразований.

Немецкая компания Karl Storz имеет модульную видеоплатформу IMAGE1 S (рис. 1) [2], объединяющей в одной системе различные технологии (например, жесткую, гибкую и 3D-эндоскопию) и обладающей возможностью индивидуальной конфигурации в соответствии с потребностями заказчика. Кроме того, данная видеоплатформа допускает использование ближнего инфракрасного диапазона (NIR/ICG) для флуоресцентной визуализации, интеграцию операционных микроскопов, а также применение экзоскопов VITOM. Таким образом, в распоряжении хирурга одна система для всех процедур [2].



Рис. 1. Модульная видеоплатформа IMAGE1 S

Сейчас эндоскопы совершенствуются в сторону уменьшения размеров – эндоскопическая капсула; внедрение искусственного интеллекта и дистанционного управления. Создаются эндоскопические системы, помогающие врачам выявлять нарушения в тканях и даже помогающие обучать молодых врачей.

Будущее эндоскопии – это повышение возможностей диагностической эндоскопии за счет усовершенствования эндоскопических приборов с увеличением изображения в 100 и более раз, а также расширение показаний к раннему применению лечебно-оперативных эндоскопических способов во избежание осложнений и в целях сокращения количества открытых оперативных вмешательств.

Библиографический список

1. Фролов, С. В. Приборы, системы и комплексы медико-биологического назначения [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 10 ч. / С. В. Фролов, Т. А. Фролова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017.
2. Кирин, И. Г. Перспективные способы построения компактных осветительных систем медицинских эндоскопов / И. Г. Кирин. – // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2020. – С. 2204 – 2207.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ АНАЛИЗАТОРОВ

И. А. Шаталова, Е. С. Ширкина

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: shatalova.02@mail.ru)*

Биохимический анализатор – высокоточный лабораторный прибор для определения параметров крови, плазмы, мочи и других биологических материалов. Позволяет выявлять наличие и концентрацию электролитов, ферментов, липидов, другие медицинские показатели. В процессе анализа используются разные методы определения параметров: механические, компьютерные, оптические. Практически все современные модели проводят исследования по конечным точкам, регистрируют динамику ферментно-субстратного взаимодействия, точно определяют другие параметры – номинальные либо данные калибровочных кривых [1 – 3].

Большинство биохимических анализаторов оснащены интегрированными компьютерными программами для подсчета результатов, оценки их корректности, вывода данных. При необходимости приборы позволяют проводить повторные проверочные тесты.

Биохимические анализаторы делятся на: спектрофотометры, полуавтоматические анализаторы и автоматические анализаторы (рис. 1).



Рис. 1. Автоматический биохимический анализатор Architect 8000c

Принцип работы современных биохимических анализаторов основан на фотометрии. Перспективными направлениями развития этой отрасли техники являются:

- ускорение процесса анализа проб без ухудшения качества результатов анализа;
- уменьшения расхода реагентов на каждую пробу, особенно в случае с анализаторами закрытой системы;
- упрощение интерфейса для лучшего их понимания врачами и лаборантами;
- развитие системы помощи принятия решений, когда система в результатах анализа отмечает несоответствие их норме;
- дальнейшая автоматизация процесса анализа, заключающаяся в том, чтобы при возникновении частых и распространенных ошибок, связанных с подготовкой пробы для анализа, как то: наличие комочков в пробе, неверное соотношение и т.д., система могла автоматически подготовить пробу заново (частично реализовано в серии Architect от Abbot);
- увеличение количества единовременных анализов: возможность загружать больше проб для разных тестов с использованием большего количества реактивов;
- развитие гибкости меню анализов с возможностью добавления большего количества пользовательских тестов.

Также одним из перспективных направлений развития является создание компактных, удобных в транспортировке анализаторов, способных за достаточно короткое время провести анализ определенного количества проб. Подобные анализаторы будут полезны и в местах со вспышками инфекционных и других заболеваний.

Библиографический список

1. Durner J. Clinical chemistry: challenges for analytical chemistry and the nanosciences from medicine // *Angewandte Chemie (International ed. in English)* vol. 49,6 (2010)
2. Melanson, S. E., Lindeman, N. I., & Jarolim, P. Selecting automation for the clinical chemistry laboratory. // *Archives of pathology & laboratory medicine* vol. 131,7 (2007)
3. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // *Вестник Тамбовского государственного технического университета*. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.

ПОНЯТИЕ И ЗАКОНЫ СПЕКТРОФОТОМЕРИИ

Е. С. Ширкина, И. А. Шаталова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: shirkina_ek@mail.ru)

Спектрофотометрия – метод исследования и анализа, основанный на измерении спектров поглощения в оптической области электромагнитного излучения. Спектрофотометрия широко применяется для исследования органических и неорганических веществ, для качественного и количественного определения различных веществ, для контроля технологических процессов и окружающей среды.

По типам изучаемых систем спектрофотометрию обычно делят на атомную и молекулярную. Спектры возникают при переходе системы из одного стационарного состояния в другое. При этом система поглощает или испускает энергию в виде кванта, величина которого равна разности энергии двух состояний:

$$h\nu = E_2 - E_1,$$

где h – постоянная Планка; ν – частота кванта света.

В свою очередь, энергетическое состояние определяется свойствами электронных оболочек атомов и молекул, колебаниями атомных ядер в молекулах и вращением молекул. Различают спектроскопию в инфракрасной (ИК), видимой и ультрафиолетовой (УФ) областях спектра.

Съемка молекулярных спектров основывается на следующем законе: молекула поглощает электромагнитное излучение только таких длин волн, какие она может излучать. При пропускании пучка лучей, имеющего сплошной спектр, сквозь слой определяемого вещества последнее поглощает лучи определенных длин волн. По спектральному составу света, поглощаемого молекулами данного вещества, можно судить о природе этих молекул. На этом основаны качественная и структурная спектроскопия. Применение спектроскопии в УФ и видимых областях спектра основано на поглощении электромагнитного излучения соединениями, содержащими хромофорные и ауксохромные группы.

Количественный спектральный анализ основан на том, что количество поглощаемой энергии зависит от числа молекул, принимающих участие в этих процессах. Основным законом, на котором основан количественный спектрофотометрический анализ, является закон Бугера-Ламберта-Бера.

Вывод закона Бугера-Ламберта-Бера: в толще раствора мысленно выделим элементарный слой сечением 1 см^2 и толщиной dx см. Объем этого слоя равен $dx \text{ см}^3$. Если концентрацию раствора выразить через число ионов растворенного вещества в 1 см^3 , то их количество в элементарном слое равно Ndx . Направим на элементарный слой, перпендикулярно к нему поток излучения с длиной волны и интенсивностью I (интенсивность равна энергии излучения, падающего на единицу поверхности в единицу времени). Предположим, что монохроматическое излучение с длиной волны λ поглощается только молекулами растворенного вещества и притом в равных количествах. Тогда уменьшение интенсивности излучения при прохождении через элементарный слой будет пропорционально числу поглощающих молекул и интенсивности падающего излучения:

$$-dI = \epsilon N I dx.$$

Закон Ламберта справедлив при любой толщине слоя, если свет является монохроматическим, т.е. характеризуется только одной определенной частотой колебаний. Несоблюдение условия монохроматичности света приводит к нарушению этого закона, так как коэффициент поглощения зависит от длины волны.

Область применения закона Бера является значительно более узкой, так как он предполагает независимость коэффициента поглощения от концентрации. Однако в растворах небольших концентрации коэффициент поглощения изменяется с ростом концентрации, так как при этом изменяется состояние вещества в растворе (вследствие ассоциации, диссоциации, полимеризации и т.д.).

Библиографический список

1. Кочетова, А. В. Фотометрические методы анализа / А. В. Кочетова. – Белгород : НИУ «БелГУ», 2019 – 120 с.
2. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.
3. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 553 – 561.

ВОЗДЕЙСТВИЕ СПЕКТРА СВЕТА НА РОСТ РАСТЕНИЙ

Е. С. Ширкина, И. А. Шаталова, В. О. Лычагина

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: shirkina_ek@mail.ru)*

Растения, как и вся живая природа, нуждаются в энергии, обеспечивающая их рост, развитие, размножение и плодоношение. Основным источником энергии является солнечный свет, который поглощается хлорофиллом в листьях. Под воздействием света происходят процессы фотосинтеза, фотоморфогенеза и фотопериодизма.

Свет – это форма излучения, которая принимает форму электромагнитных волн, проходящих через воздух или вакуум, которая описывается тремя физическими свойствами: интенсивность (или амплитуда), частоты (или длина волны) и поляризация.

Наиболее важным параметром света для растений является его длина волны; чем короче длина волны, тем выше содержание энергии. Человеческое зрение различает спектральный участок 380 – 750 нм (нанометров), но диапазон, воздействующий на растения может быть более 1000 нм (инфракрасное излучение).

Рассмотрим подробнее, как влияет на растения излучение на различных участках светового спектра (рис. 1).

Ультрафиолетовое излучение может быть опасно для растений, однако малые дозы ультрафиолета-А (380 – 430 нм) поглощаются в процессе цветения и созревания плодов, а также влияют на цвет и биохимический состав (вкус). Как правило, дозы, получаемые растением под воздействием естественного света, достаточно для поддержания этих процессов.

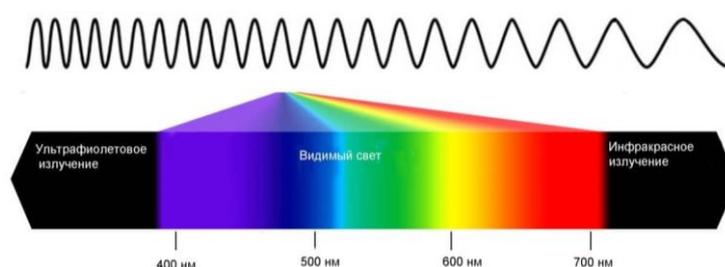


Рис. 1. Световой спектр

Синяя часть спектра хорошо поглощается большинством основных пигментов растения. Этот диапазон спектра может влиять на морфологию растения: размер и форму куста/листьев, длину стебля. Синий свет способствует открытию устьиц, увеличению количества белка, синтезу хлорофилла, делению и функционированию хлоропластов, сдерживанию роста стебля.

Красный и оранжевый участок спектра (550 – 700 нм) вносят максимальный вклад энергии в протекание фотосинтеза. Способствуют увеличению биомассы, ускорению прорастания, цветения, плодоношения.

Все излучения инфракрасном диапазоне (850 нм и выше) конвертируется в тепло и дополнительно влияют на температуру растения.

Знания о световом спектре и воздействии его на растения способствуют увеличению исследований в данной области, что приводит к эффективности агропромышленных комплексов.

Библиографический список

1. Курьянова, И. В. Оценка влияния различных спектров светодиодного светильника на рост и развитие овощных культур / И.В. Курьянова, С.И. Олоница // Вестник НГИЭИ. – Н. Новгород : Изд-во НГИЭИ, 2017. – Вып. 7. – С. 158 – 160.

2. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.

3. Фролов, С. В. Мировые проблемы при выборе медицинского изделия для учреждения здравоохранения / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Менеджер здравоохранения. – 2013. – № 11. – С. 50 – 61.

4. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 553 – 561.

5. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.

6. Фролова, М. С. Системы поддержки принятия решений для задач оснащения лечебных учреждений медицинской техникой / М. С. Фролова, С. В. Фролов, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – Специальный выпуск 52. – С. 106 – 111.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ

Я. И. Шнякина, А. Р. Аветисян

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: scorpio0751@gmail.com, awetini@gmail.com)*

Обучение специалистов по ремонту и обслуживанию медицинской техники предполагает получение практических навыков в процессе работы [1 – 4]. В случае отсутствия доступа к какому-либо виду оборудования может быть использована виртуальная модель.

Виртуальная модель медицинской техники дает возможность ознакомиться с: внешним видом изделия в разных проекциях; основными элементами, блоками и их назначением; принципом работы и особенностями эксплуатации различных приборов, аппаратов, систем и комплексов.

Примером подобной модели может служить интерактивная платформа от компании Dräger, разработанная для наркозно-дыхательного аппарата Apollo. Она предоставляет доступ к обзору аппарата и его составных частей (при наведении курсора на какой-либо элемент можно ознакомиться с его краткой характеристикой), сведениям об основных режимах вентиляции, разделу с диаграммой потока газа в контуре, а также к симулятору запуска и режима самотестирования.

Раздел «Guided Simulation» включает в себя прохождение этапов: проверки/самопроверки устройства, настройки режимов ручной вентиляции и вентиляции с контролем по объему, экстренного запуска аппарата для поддержки дыхания пациента (рис. 1).

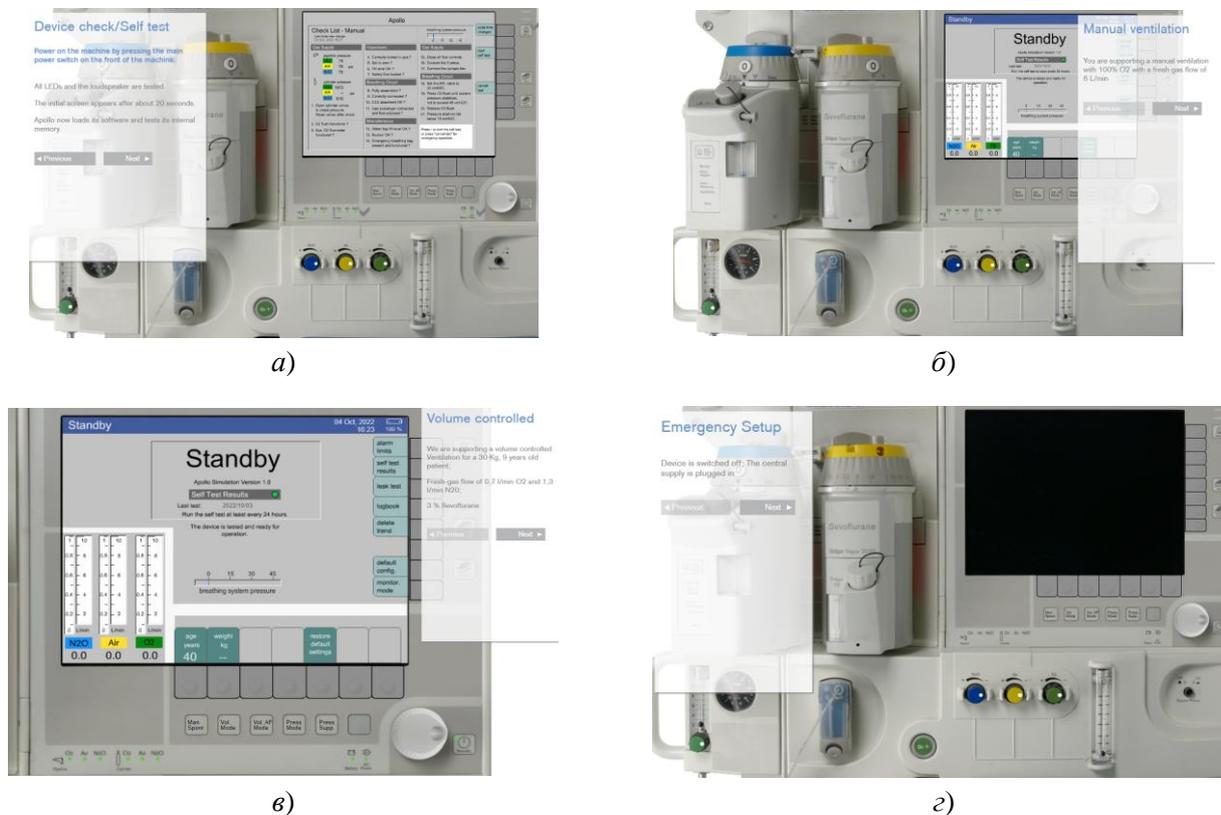


Рис. 1. Раздел интерактивной платформы для знакомства с наркозно-дыхательным аппаратом Dräger Apollo:

a – Device check/Self-test, б – Manual ventilation, в – Volume controlled, г – Emergency Setup

Таким образом, использование виртуальных моделей медицинской техники дает возможность для более глубокого изучения устройства и принципов работы, режимов использования, правил эксплуатации с имитацией реальных откликов системы, а также способно повысить эффективность изучения материала в процессе обучения.

Библиографический список

1. Фролова, Т. А. Информационные модели для оценки медицинского устройства / Т. А. Фролова, М. С. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 3. – С. 123 – 128.

2. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.

3. Фролова, М. С. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 139 – 145.

4. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.

РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА ДЕФИБРИЛЛЯТОРОВ

В. В. Юмашева

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: yumasheva2014@mail.ru)

В наше время интернет-магазин является удобным инструментом для выбора и покупки любых товаров [1 – 4]. Сайты предоставляют подробную информацию о товаре для потенциальных покупателей. Интернет-магазин по продаже дефибрилляторов разработан в среде WIX.COM.

Дефибриллятор – прибор, использующийся в медицине для электроимпульсной терапии нарушений сердечного ритма. Основные показания к дефибрилляции: фибрилляция желудочков, аритмия.

Основные разделы разработанного интернет-магазина «DefShop»:

1. Главная страница;
2. Каталог продукции;
3. Вакансии;
4. Партнеры;
5. О компании;

6. Сертификаты;

7. Контакты.

Главная страница – это лицо компании, самое первое, куда попадает потенциальный заказчик (рис. 1). Как правило, на главной странице располагается вся информация, но в сжатом виде. Необходимо заполнить магазин соответствующими товарами, в нашем случае это двадцать дефибрилляторов разных фирм производителей. Каждый товар имеет описание, где содержится общая информация о данном типе дефибриллятора. Большинство крупных фирм, которые занимаются продажей медицинского оборудования, стараются также охватить спектр услуги связанных с их обслуживанием и ремонтом. В разделе «Контакты» располагается вся контактная информация для связи с компанией: контактный телефон, почтовый адрес и юридический адрес. Как правило, в любой крупной фирме есть открытые вакансии. Для большего спроса на места их вывешивают в специальном разделе на сайте фирмы или в соответствующем разделе интернета-магазина.



Рис. 1. Главная страница интернет-магазина

В интернет-магазине представлена новинка дефибриллятор – монитор ДКИ-Н-11.

Дефибриллятор-монитор ДКИ-Н-11 «Аксион» предназначен для реанимации и электроимпульсной терапии острых и хронических нарушений сердечного ритма, определения насыщения кислородом гемоглобина крови и артериального давления, а также для проведения наружной, чреспищеводной, эндокардиальной электрокардиостимуляции. Дефибриллятор-монитор ДКИ-Н-11 «Аксион» используется в медицинских стационарах, кардиологических диспансерах, для оснащения бригад скорой и неотложной медицинской помощи.

Библиографический список

1. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.

2. Фролова, М. С. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 139 – 145.

3. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 553 – 561.

4. Фролова, Т. А. Информационные модели для оценки медицинского устройства / Т. А. Фролова, М. С. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 3. – С. 123 – 128.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

<i>Р. Л. Исьемин, С. Н. Кузьмин, А. В. Небываев, В. С. Кох-Татаренко, Ю. С. Теплицкий</i> Производство биоугля из биоотходов методом низкотемпературного пиролиза с использованием, в том числе, технологии кипящего слоя	3
<i>А. А. Коробов, С. В. Фролов</i> Система поддержки принятия врачебных решений для диагностики и терапии кардиологических больных	12
<i>В. И. Павлов, Т. Ю. Дорохова, С. В. Артемова</i> Раннее обнаружение постепенных отказов в технических системах	16
<i>А. И. Сустин, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк</i> Информационно-измерительная система с применением третичной обработки информации для повышения точности оценки дальности воздушных судов	23

Секция 1

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

<i>А. И. Власов</i> Визуальное моделирование эффективности сервисов киберфизических систем	26
<i>А. Ю. Дмитриевцев, Ю. Т. Зырянов, Н. А. Н. Нури</i> Оптимизация контроля определяющих параметров телекоммуникационной информационно-измерительной и управляющей системы	27
<i>А. Ю. Дмитриевцев, Ю. Т. Зырянов, И. Е. Попов</i> Формирование базы данных на основе комбинационной таблицы для технической диагностики электронных средств	29
<i>Н. В. Заходякин, Д. А. Караваев, Р. Д. Карих, И. Н. Кочетов</i> Особенности построения многолучевой антенной решетки для микроволнового радиолокатора	31
<i>Р. В. Казюлин</i> Цифровая электроэнергетика	32
<i>Д. А. Караваев, Р. Д. Карих, Н. В. Заходякин, И. Н. Кочетов</i> Особенности применения РЛС для систем постановки пространственных радиобарьеров	34
<i>Р. Д. Карих, Н. В. Заходякин, И. Н. Кочетов, Д. А. Караваев</i> Особенности построения фар для голографического радиолокатора	35
<i>И. Н. Кочетов, Д. А. Караваев, Д. В. Помещиков, А. В. Стариков</i> Применение программно-определяемых радиоплатформ при построении микроволновых радиолокаторов систем постановки пространственных барьеров	36
<i>Н. В. Кузьмина, И. И. Савенков, С. В. Кузьмина</i> Применение фреймовой модели представления знаний при проектировании информационной системы сопровождения жизненного цикла электронной аппаратуры	37
<i>Д. Д. Москвитина</i> Автоматизированные информационные системы учета электроэнергии и принцип их работы	39

<i>К. А. Муравьев, А. А. Демин, А. А. Карпунин</i> Вопросы обеспечения качества программных систем	41
<i>О. Э. Одеджоби</i> Ультразвуковые эхо-методы	42
<i>К. С. Сайфуллозода, Е. М. Николюкина, О. С. Якушов</i> Интеллектуальные источники питания в телекоммуникационных системах	44
<i>К. С. Сайфуллозода, О. С. Якушов, П. А. Таенков</i> Причины нарушения электромагнитной совместимости телекоммуникационных систем	45
<i>К. С. Сайфуллозода, О. С. Якушов, П. А. Таенков</i> Построение нейронной сети для ИИС мониторинга с помощью программного пакета Stat Soft Statistica	46
<i>Н. А. Сергеева, Н. В. Макушина</i> Методика интегральной оценки бережливого производства в модели общей технологичности	48
<i>К. В. Скоморохов, З. М. Селиванова</i> Метод определения теплопроводности теплоизоляционных материалов с элементами искусственного интеллекта	49
<i>А. О. Смирнов, А. А. Тришаков, О. А. Белоусов, С. А. Свинцов</i> Разработка алгоритмического обеспечения с использованием фреймворков глубокого обучения для автономных систем радиовидения	51
<i>П. А. Титова, В. Н. Шамкин</i> Минимизация энергопотребления в условиях быстрого роста стоимости ресурсов	53
<i>А. А. Тришаков, А. О. Смирнов, Д. Ю. Потлов, О. А. Белоусов</i> Особенности применения технологий искусственного интеллекта при построении ГИС на основе радиоголографических изображений для цифровых систем точного земледелия	55
<i>И. А. Филлин, В. П. Жалнин</i> Прототипы модулей системы стенда для измерения параметров мемристорных структур	56

Секция 2

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ И ТЕПЛОТЕХНИКИ

<i>Д. С. Баршутина, А. Н. Никитин, С. Н. Баршутин</i> Метод определения геометрических параметров реакционной камеры МГД генератора	58
<i>Д. С. Баршутина, А. Н. Никитин</i> Метод повышения ионизации пламени в МГД-генераторах	59
<i>А. Н. Грибков, Н. Ю. Залукаева</i> Концепция применения мультиагентного подхода в информационно-управляющей системе процессом распределения топливных пеллет	60
<i>В. В. Ерёмин, Д. С. Баршутина, С. Н. Баршутин</i> модель распределения дрейфовой скорости электронов в пламени	62
<i>В. В. Ерёмин, Д. С. Баршутина</i> Закономерность распределения кинетической энергии электронов в пламени	63
<i>Д. В. Корпусов</i> Контроль микроклимата в тепловых камерах тепловых сетей	65
<i>Н. Н. Лебедева, А. А. Балашов</i> Оптимизационный способ гидравлического расчета тепловых сетей	66

Секция 3
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

<i>И. В. Артамонов, В. И. Зацепина</i> Роботизированная система как наиболее эффективное средство осмотра электрооборудования на подстанциях	68
<i>М. В. Бородин, С. Ю. Лобанов, И. В. Сороковых, Я. В. Ельцов</i> Актуальность дифференциации учета электрической энергии за общедомовые нужды ...	69
<i>М. В. Бородин, Е. В. Попрядухин, И. Д. Родичев, Я. В. Ельцов</i> Актуальность проверки электроприемников на искажения ПКЭ	71
<i>Д. Е. Васильев, В. И. Зацепина</i> Несимметрия напряжения в распределительных сетях	72
<i>В. М. Волков, В. И. Зацепина</i> Целесообразность применения резистивного защитного заземления в сетях 3 – 35 кВ	73
<i>М. С. Воронин, В. И. Зацепина</i> Компенсация емкостных токов электрической сети	75
<i>В. С. Деревнина, В. И. Зацепина</i> Повышение надежности высоковольтных линий электропередач	76
<i>О. А. Дыбова, Д. П. Андрианов</i> Гармонический анализ электрических цепей переменного тока с нелинейными элементами	78
<i>В. В. Ефремов, В. И. Зацепина</i> Экономическая неэффективность использования источников бесперебойного питания в прокатных цехах	79
<i>Н. В. Земцова, В. А. Кобелева</i> Аспекты реализации электроактивных материалов на основе эластомеров, модифицированных углеродными нанотрубками	82
<i>К. Б. Каверза, В. И. Зацепина</i> Увеличение пропускной способности ЛЭП	83
<i>Н. С. Касимов, В. И. Зацепина</i> Перекас фаз в трехфазной цепи	85
<i>В. Е. Кожевников, В. И. Зацепина</i> Проблема определения повреждения на сложных распределительных линиях	86
<i>Ю. А. Козлова</i> Актуальные проблемы и актуальные направления модернизации электроэнергетики	87
<i>А. Е. Кудрявцев, В. И. Зацепина</i> Концепция «Умного дома» со схемой электроснабжения на базе сети постоянного тока	89
<i>В. Н. Минина, В. И. Зацепина</i> Проверка соблюдения требования селективности токовых защит при модернизации релейной защиты и автоматики на ПС 110 кВ ГПП-9 ПАО «НЛМК»	90
<i>Е. М. Николюкина, К. С. Сайфуллозода</i> Энергоснабжение систем телекоммуникации в образовательных организациях	92
<i>А. Ю. Петрукович, В. И. Зацепина</i> Компенсация реактивной мощности на промышленных предприятиях	94
<i>Н. Ж. Санксарян, В. И. Зацепина</i> Увеличение пропускной способности ЛЭП	95

<i>К. В. Селиванов, А. Т. Мадаминов, В. В. Прядильщиков</i> Сравнительная характеристика инверторов для организации сетей электрогенерирующих комплексов на базе возобновляемых источников энергии	97
<i>К. В. Селиванов, А. П. Радчук, И. О. Яковлев</i> Использование эффекта квантовых точек в солнечных батареях	98
<i>К. В. Селиванов, А. И. Сусликов</i> Виды солнечных батарей	100
<i>Г. Р. Соломенцев, В. И. Зацепина</i> Возобновляемые источники энергии, как будущее энергетики России	102
<i>А. А. Терехова, Б. С. Дмитриевский</i> Управление режимами работы электроэнергетических системам с использованием MicroGrid	103
<i>Е. Р. Трофимова, В. И. Зацепина</i> Взаимная работа устройств релейной защиты и автоматики посредством кольцевой топологии	105
<i>Е. К. Хатунцев, В. И. Зацепина</i> Грозопоражаемость линий электропередач и электроустановок на подстанциях из-за пассивной молниезащиты	106
<i>Т. И. Чернышова, М. А. Каменская, С. В. Артемова</i> Прогнозирование метрологической надежности информационно-измерительных систем электросетевой компании	108
<i>А. В. Щегольков, Н. В. Земцова, В. А. Кобелева, А. В. Кобелев</i> Нагревательные элементы на основе наномодифицированных эластомеров с добавками микроразмерных частиц меди	110

Секция 4

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ В ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

<i>А. А. Адамова</i> Эволюционная модель показателей эффективности производственных систем	112
<i>В. С. Аистов, В. В. Маслина, И. А. Некрылов</i> Отслеживание координат транспортного средства с помощью измерения дальности и угла азимута	113
<i>В. С. Аистов, И. А. Некрылов, С. Н. Данилов</i> Обоснование выбора метода оценки координат транспортного средства	115
<i>Д. В. Акулов, Е. А. Марон, И. П. Мишул, Э. И. Табеев</i> Принципы построения и методы обработки информации в навигационных системах подвижных объектов	116
<i>В. Ю. Алексеев, Я. А. Туровский</i> Система контроля области внимания оператора	118
<i>Е. А. Антонов, С. Н. Данилов, С. П. Москвитин</i> Совместное измерение дальности и скорости	120
<i>П. Д. Евстафьев, А. П. Пудовкин</i> Входной контроль качества микросхемы 142ЕН8А	121
<i>В. О. Захарова</i> Оценка показателей эффективности киберфизических систем с позиции безопасности ...	123

<i>А. А. Иванов, Н. А. Лежнева, Д. В. Бойков</i> Расчет порога в вертикальном канале для контроля достоверности навигационных данных спутниковых радионавигационных систем методом невязок измерений	124
<i>А. А. Иванов, Н. А. Лежнева, Д. В. Бойков</i> Расчет порога в горизонтальном канале для контроля достоверности навигационных данных спутниковых радионавигационных систем методом невязок измерений	126
<i>А. А. Карпунин, К. А. Муравьев</i> Методика оценки ключевых показателей эффективности телекоммуникационных систем	128
<i>Д. В. Комраков, М. М. Ильичев</i> Использование лазерных датчиков для контроля параметров движения в автоматических системах управления автомобилями	130
<i>Д. И. Котляр, А. Н. Ломанов, В. С. Корнейчук</i> Сканирование и формирование траектории наплавки кромки лопатки газотурбинного двигателя для ремонта методом прямого нанесения металла	131
<i>И. В. Кулешов, С. П. Москвитин</i> современные методы навигации беспилотных транспортных средств	133
<i>Н. Т. Кунин</i> Концепция управления безопасностью мобильного устройства в корпоративной сети	135
<i>В. В. Леонидов, К. А. Муравьев</i> Подходы к анализу качества в телекоммуникационной сфере	137
<i>А. А. Мжельский, В. В. Евтеев, С. В. Панфилов</i> Алгоритм угломерного канала со случайной структурой информационно-измерительной системы	139
<i>У. Р. Наимов, Р. Б. Хамрокулов, Н. Султонов</i> Особенности моделирования срыва слежения и устойчивость синтезированного фильтра	141
<i>И. А. Некрылов, А. М. Чепелева, В. С. Аистов, Ю. Н. Панасюк</i> Синтез радиолокационного дальномера с учетом дополнительной информации движения воздушного судна	142
<i>И. В. Павлов, В. И. Зацепина</i> Обнаружение и классификация неисправностей в системах электроснабжения с использованием искусственных нейронных сетей	144
<i>О. А. Покидов, В. И. Зацепина</i> Фильтры симметричных составляющих в качестве устройства РЗА	146
<i>А. А. Расюк, О. Д. Хохлунова</i> Использование методов машинного обучения для визуального контроля печатных плат ...	147
<i>В. А. Хомутков, Д. А. Каданцев, М. В. Сизов, А. П. Пудовкин</i> Метод контроля качества печатного узла	149

Секция 5

ЭФФЕКТИВНЫЕ БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

<i>А. Р. Аветисян, Я. И. Шнякина</i> Преимущества использования видеоэндоскопов в медицинской практике	151
<i>А. А. Азимуратова</i> Оснащение отделения диализа медицинской организации	152
<i>Ф. Г. Акопян, В. В. Дубровин</i> Нейросеть в биопротезировании	154

<i>Т. К. Гончарова, И. А. Попов, В. М. Строев</i> Анализ схемных решений построения пирометров	156
<i>Д. Д. Гречуха</i> Бюджетная видеотепловизионная система скрининга глаукомы глаз	157
<i>А. В. Гришина</i> Новые технологии применения практики ультразвука	159
<i>Г. П. Ильин</i> Что ждет фотометрию завтра?	161
<i>О. А. Касулина</i> Инновационные функции инкубаторов	162
<i>О. А. Касулина, Т. А. Фролова</i> проблемы оснащения отделения реанимации новорожденных	164
<i>Е. В. Кондаурова, Е. Н. Коровин</i> Методы машинного обучения в медицине	166
<i>Д. А. Кравчук</i> диагностика состава крови на основе оптоакустического эффекта	167
<i>В. В. Крапивина</i> Инновационные подходы при оснащении кабинета аппаратной косметологии	169
<i>В. В. Крапивина, Т. А. Фролова</i> Аппаратная косметология с учетом инновационных решений	171
<i>А. А. Кузнецов</i> Автоволновый механизм восстановления нормального закона распределения R-R интервалов на ритмограммах здоровых людей	173
<i>В. О. Лычагина</i> Возможности фазово-контрастной магнитно-резонансной томографии	174
<i>В. О. Лычагина, Т. А. Фролова, И. А. Шаталова, Е. С. Ширкина</i> Разработка умной теплицы с автоматическим режимом работы на базе электронного конструктора Arduino	176
<i>В. О. Лычагина, Е. С. Ширкина, И. А. Шаталова</i> Биотехническая система, приносящая плоды	177
<i>П. Ф. Маслов, И. А. Шаталова</i> Классификация робототехнических систем в медицине	179
<i>А. Д. Мелёхина</i> Проектирование биотехнической системы инкубатора	180
<i>А. Д. Мелёхина</i> Проблемы оснащения кабинета ЛФК	182
<i>А. С. Мясоедова</i> Способы обнаружения глаукомы глаза	184
<i>В. К. Обьедков, В. В. Дубровин</i> Оптимальное оснащение медицинских кабинетов	186
<i>О. Э. Оdedжоби</i> Радионуклидная диагностика	188
<i>Л. А. Орехова</i> Программное обеспечение для анализа и интерпретации электрокардиосигналов	189
<i>Д. В. Панькин</i> Многофункциональный аппарат физиотерапии с режимом вакуумной терапии	191

<i>И. А. Попов</i> Тепловизионное устройство с повышенной точностью измерений	192
<i>Е. Н. Родина</i> Оптимальное оснащение нейрохирургического отделения	194
<i>Е. Н. Родина, В. М. Строев</i> Исследование точности измерения пульсового оксиметра	195
<i>Э. К. В. Сакоссенге, Т. К. Гончарова</i> Пневмопочта в медицине	197
<i>Э. К. В. Сакоссенге, Т. К. Гончарова</i> Технологические устройства для контроля эпилепсии	199
<i>М. В. Суханова</i> Система контроля влагообеспеченности растительных объектов для повышения эффективности технических систем агропромышленного комплекса	200
<i>Е. О. Филиппова</i> Полимерный кератоимплантат для барьерной кератопластики	202
<i>В. О. Черешнев, С. Г. Проскурин</i> моделирование структурных ОКТ изображений на основе гамма-распределений интенсивности пикселей	203
<i>И. А. Шаталова, В. О. Лычагина, Е. С. Ширкина</i> Анализ рынка рентгенографических аппаратов	205
<i>И. А. Шаталова, П. Ф. Маслов</i> Анализ рынка эндоскопических аппаратов	206
<i>И. А. Шаталова, Е. С. Ширкина</i> Перспективы развития биохимических анализаторов	208
<i>Е. С. Ширкина, И. А. Шаталова</i> Понятие и законы спектрофотометрии	209
<i>Е. С. Ширкина, И. А. Шаталова, В. О. Лычагина</i> Воздействие спектра света на рост растений	211
<i>Я. И. Шнякина, А. Р. Аветисян</i> Использование виртуальных моделей медицинской техники в процессе обучения	213
<i>В. В. Юмашева</i> Разработка интернет-магазина дефибрилляторов	214

Научное электронное издание

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Материалы IX Всероссийской научно-технической конференции
с международным участием
для студентов, молодых ученых и специалистов

19 октября 2022 г.

Графический и мультимедийный дизайнер Т. Ю. Зотова

ISBN 978-5-8265-2533-3



Подписано к использованию 30.11.2022.

Тираж 100 шт. Заказ № 95

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14.

Телефон (4752) 63-81-08.

E-mail: izdatelstvo@tstu.ru