

**ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**  
**INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE**



## **Перспективы развития технических наук**

### **Выпуск VI**

**Сборник научных трудов по итогам  
международной научно-практической конференции  
(11июля 2019 г.)**

**г. Челябинск**

**2019 г.**

**Издатель Инновационный центр развития образования и науки  
(ИЦРОН), г. Нижний Новгород**

**Перспективы развития технических наук./** Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 6, г. **Челябинск**, – НН: ИЦРОН, 2019. 32 с.

**Редакционная коллегия:**

канд. техн. наук., доцент Ананченко И.В. (г. Санкт-Петербург), д-р. техн. наук, профессор Аракелян Э.К. (г. Москва), канд. техн. наук Белоусов М.В. (г. Екатеринбург), д-р. физ.-мат. наук, профессор Будагян И.Ф. (г. Москва), д-р техн. наук Бунаков П.Ю. (г. Коломна), канд. техн. наук Валеев А.Р. (г. Уфа), д-р техн. наук, профессор Высоцкий Л.И. (г. Саратов), д-р техн. наук Галкин А.Ф. (г. Санкт-Петербург), канд. техн. наук, доцент Горюнова В.В. (г. Пенза), канд. техн. наук, доцент Грибанов А.С. (г. Москва), канд. пед. наук Давлеткиреева Л.З. (г. Магнитогорск), д-р техн. наук, профессор Дадашев М.Н. (г. Москва), канд. техн. наук, доцент Демяненко Н.А. (г. Гомель), д-р техн. наук, профессор Денисов В.Н. (г. Санкт-Петербург), канд. техн. наук, доцент Денисова Ю.В. (г. Белгород), канд. техн. наук Егоров А.Б. (г. Харьков), д-р техн. наук, профессор Жуманиязов М.Ж. (г. Ургенч), д-р техн. наук Завидей В.И. (г. Москва), д-р техн. наук, профессор, Заднепровский Р.П. (г. Волгоград), канд. техн. наук Иванов В.И. (г. Москва), канд. техн. наук Ключева И.В. (г. Новосибирск), канд. техн. наук, доцент Корниенко В.Т. (г. Ростов-на-Дону), канд. техн. наук, профессор Куберский С.В. (Украина, г. Алчевск), д-р техн. наук, доцент Курганова Ю.А. (г. Москва), канд. физ.-мат. наук Лапушкин Г.И. (г. Москва), д-р техн. наук Лысенков П.М. (г. Санкт-Петербург), канд. техн. наук, доцент Малышев А.В. (г. Курск), канд. техн. наук Мостовой А.С. (г. Энгельс), д-р техн. наук, профессор Мухуров Н.И. (г. Минск), канд. техн. наук, доцент Никулин В.В. (г. Саранск), канд. техн. наук, профессор Охрименко О.В. (г. Вологда-Молочное), д-р техн. наук, профессор Пачурин Г.В. (г. Нижний Новгород), канд. техн. наук Полонский Я.А. (г. Волгоград), канд. техн. наук Решетняк С. Н. (г. Москва), аспирант Рычков Е.Н. (Франция, г. Пуатье), канд. техн. наук, доцент Федорова Н.В. (г. Новочеркасск), д-р хим. наук Хентов В.Я. (г. Новочеркасск), канд. техн. наук Щемелева Ю.Б. (г. Геленджик)

В сборнике научных трудов по итогам VI Международной научно-практической конференции «**Перспективы развития технических наук**», г. **Челябинск** представлены научные статьи, тезисы, сообщения студентов, аспирантов, соискателей учёных степеней, научных сотрудников, докторантов, специалистов практического звена Российской Федерации, а также коллег из стран ближнего и дальнего зарубежья.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных, не подлежащих открытой публикации. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с мнением авторов. Материалы размещены в сборнике в авторской правке.

Статьи, принятые к публикации, размещаются в полнотекстовом формате на сайте eLIBRARY.RU.

## Оглавление

<b>СЕКЦИЯ №1. ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)</b> .....	5
<b>СЕКЦИЯ №2. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)</b> .....	5
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ АДАПТИВНОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ НА СЕТЯХ СВЯЗИ Мастюгин М.Ю. ....	5
<b>СЕКЦИЯ №3. ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)</b> .....	8
<b>СЕКЦИЯ №4. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)</b> .....	8
<b>СЕКЦИЯ №5. ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)</b> .....	8
ОБОРУДОВАНИЕ КВАРТИРЫ СИСТЕМОЙ «УМНЫЙ ДОМ» Корзанова О.О., Шкатова М.В. ....	8
INTEGRATION OF THE "SMART HOME" SYSTEM INTO THE APARTMENT Korzanova O.O., Shkatova M.V. ....	8
КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ И ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЕВОЙ ВЕТРОЭНЕРГОУСТАНОВКИ Шпаковский А.Ф., Шишкин Н.Д., Ильин Р.А. ....	11
<b>СЕКЦИЯ №6. ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)</b> .....	14
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ ПРИ СОЕДИНЕНИИ КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ СО ШТАМПОВАННЫМИ ДЕТАЛЯМИ Парамонов С.С., Булычёв В.В. ....	15
<b>СЕКЦИЯ №7. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)</b> .....	18
<b>СЕКЦИЯ №8. ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00)</b> .....	18
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТНОСТИ СТЫКОВОГО СВАРНОГО ШВА НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ВИЗУАЛЬНО- ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО И РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ С ДЕФЕКТАМИ НЕТРЕЩИНОПОДОБНОГО ТИПА Нгуен З.Л. ....	18
<b>СЕКЦИЯ №9. АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10)</b> .....	21
<b>СЕКЦИЯ №10. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)</b> .....	21

<b>СЕКЦИЯ №11.</b>	
<b>ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)</b> .....	21
<b>СЕКЦИЯ №12.</b>	
<b>ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)</b> .....	21
<b>СЕКЦИЯ №13.</b>	
<b>ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)</b> .....	21
<b>СЕКЦИЯ №14.</b>	
<b>ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)</b> .....	21
<b>СЕКЦИЯ №15.</b>	
<b>ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)</b> .....	21
<b>ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СИСТЕМНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ</b> <b>ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН</b> <b>В АЛМАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ</b> Шевчук В.А. ....	22
<b>СЕКЦИЯ №16.</b>	
<b>БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА,</b> <b>ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)</b> .....	28
<b>СЕКЦИЯ №17.</b>	
<b>ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)</b> .....	28
<b>СЕКЦИЯ №18.</b>	
<b>ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ</b> <b>УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)</b> .....	29
<b>СЕКЦИЯ №19.</b>	
<b>НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)</b> .....	29
<b>СЕКЦИЯ №20.</b>	
<b>ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)</b> .....	29
<b>ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2019 ГОД</b> .....	30

## **СЕКЦИЯ №1.**

### **ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)**

## **СЕКЦИЯ №2.**

### **ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)**

#### **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ АДАПТИВНОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ НА СЕТЯХ СВЯЗИ**

**Мастюгин М.Ю.**

РУТ(МИИТ), РФ, г. Москва

Важным аспектом построения современной производительной сети, является правильный выбор маршрута следования пакета от источника к приемнику. Отсутствие проводов дает возможность свободного перемещения устройств, однако в связи с физическими особенностями передачи сигнала данное движение ограничено определенным радиусом действия. В некоторые моменты времени доступность узла может быть утеряна, вследствие чего, построение точной топологии сети практически невозможно. Для поддержания QoS при передаче информации требуется применение современных методов, способных подстраиваться под предлагаемые условия работы и решать задачи маршрутизации при неверных, неполных или противоречивых выходных параметрах.

Повышение безопасности и производительности сети с уменьшением сложности инфраструктуры возможно благодаря использованию сетей с гибкой архитектурой, что свойственно адаптивным сетям передачи данных. Работа адаптивных протоколов маршрутизации основана на распределенном принципе. Подразумевается, что агрегация топологической информации происходит не на выделенных маршрутизаторах, а равномерно по всей сети. На сетевых узлах происходит анализ принимаемых пакетов, направленный на выявление адреса назначения пакета, после чего происходит определение соответствующей линии связи для дальнейшего следования пакета. Выбор линии связи осуществляется по принципу обеспечения минимальной задержки доставки пакета на адрес назначения, данный параметр определяется при помощи анализа хранимой локально служебной информации о состоянии сети. На выбор маршрута может повлиять достижимость, частота ошибок и величина задержки при передаче данных.

Для преодоления поврежденных линий или узлов на пути следования пакетов, методы маршрутизации допускают определенный уровень адаптации и поиска обходных путей. Постоянно происходит обновление критерия маршрутизации с учетом величины очередей на линиях связи и работоспособности сети. Решение по корректировке маршрута принимается мгновенно, что может привести к тому, что два пакета одного и того же сообщения могут пойти по разным маршрутам до точки следования.

Адаптивная маршрутизация имеет ряд недостатков, не смотря на свою привлекательную способность приспосабливаться к изменениям топологии и нагрузки в сети. Одним из них является возможность неупорядоченности пакетов, принимаемых приемником после прохождения по сети, что связано с тем, что пакеты могут следовать разными путями. Однако для решения данной проблемы пакеты могут быть пронумерованы, что опять же добавляет сложности, из-за того, что принимающее устройство не знает, потерян ли или же просто задерживается недостающий пакет.

Еще один недостаток связан с тем, что возможны колебания при выборе маршрута. Выделение слишком малой доли пропускной способности, на обновление алгоритмов управления выбором маршрута, может привести к непосильной нагрузке на мало загруженный узел, до момента получения соседними узлами об изменении потока нагрузки. В такой ситуации возможен возврат пакета на узел-источник.

Адаптивная маршрутизация связана с определёнными трудностями в организации управления потоками. Как только сеть оказывается сильно перегруженной, прекращается установление соединения по обходным направлениям, так как обходные пути требуют больших ресурсов.

С увеличением размера сети, появляются трудности при реализации алгоритмов маршрутизации и управления интенсивностью потоков, что обусловлено следующими факторами: рост доли служебного трафика, вследствие чего уменьшение производительности сети. Раздутые маршрутные таблицы, что

усложняет реализацию узлов коммутации сети. Увеличенное время доставки служебной информации, вследствие чего, в работе используется недостоверные сведения о ситуации в сети в данный момент времени.

Сбор служебной информации во время мониторинга сети, а именно: скорости передачи, времени задержки, надежности: является основанием для определения маршрутов между узлами с требуемыми вероятностно-временными характеристиками (ВВХ). Построенные маршруты заносятся в таблицу маршрутизации ранжированными по предпочтительности выбора.

Для получения возможности определения маршрутов между любой парой узлов, необходимо наличие таблицы маршрутизации на каждом узле сети. Совокупность всех таблиц маршрутизации сети называется планом распределения информации (ПРИ). На практике реализация таблиц маршрутизации сводится к двум вариантам: пошаговая таблица маршрутизации и таблицы маршрутизации от источника. Формирование плана распределения информации первоначально производится администрацией.

В процессе эксплуатации сети могут возникнуть ситуации, при которых необходимо скорректировать ПРИ, как правило, это происходит в фиксированные временные промежутки с определенным интервалом. Однако заявка на установление соединения может поступить в произвольный момент времени, что говорит о том, что информации в таблице маршрутизации не отражает реальную ситуацию в момент данного события. При использовании динамического плана распределения информации происходит автоматическое переоформление плана в процессе эксплуатации сети связи.

#### **Современные методы маршрутизации в мультисервисных сетях связи**

«Лавинный» метод распределения информации подразумевает, что через определенные промежутки времени, на каждом узле сети формируются зонд-сигналы, пересылаемые по всем смежным узлам, где эта процедура повторяется, генерируя лавинное распространение служебной информации по всей сети. По мере продвижения по сети зонд-сигналы анализируют ВВХ и по окончании зондирования собранная характеристика попадает в базу данных, анализируется и используется для расчета маршрутных таблиц.

Основным недостатком данного метода формирования ПРИ, является необходимость предоставления некоторого ресурса для передачи зонд-сигналов. Протоколы маршрутизации RIP, IGRP, EIGRP, IS-IS, OSPF.

Другой метод формирования ПРИ называется «статистический». Данный ПРИ предполагает формирование плана по накопленной статистике установления соединения между парой узлов. Перед стартом функционирования сети устанавливается начальный ПРИ, который представлен в виде матрицы из набора таблиц маршрутизации. Каждое значение матрицы имеет весовой коэффициент, из чего формируется таблица весовых коэффициентов.

Определение маршрута и формирование ПРИ происходит по следующему сценарию. Начиная с исходящего узла, во всех транзитных узлах при поиске маршрута к *i*-ому узлу, производится обращение к *i*-м строкам матриц маршрутизации. В этих строках выявляется максимальный весовой коэффициент. После чего формируется исходящий тракт передачи из текущего узла для организации маршрута к узлу назначения. В результате маршрут между узлами будет сформирован, либо будет дан отказ. В случае, когда произошло удачное формирование маршрута, все исходящие тракты на пути следования – поощряются посредством увеличения их весовых коэффициентов. В другом случае коэффициенты уменьшаются.

«Статистический» метод формирования ПРИ за счет использования весовых коэффициентов, как вероятностей выбора соответствующих исходящих трактов, решает задачу глобальной оптимизации ПРИ по критерию вероятности установления соединения между парой узлов.

Несомненным достоинством данного метода является циркуляции минимального количества служебной информации для формирования ПРИ. Однако за счет инертности, при выходе из строя элементов сети понадобится время для переформирования ПРИ. Еще одним недостатком является неопределенность в выборе ПРИ после добавления в сеть новых узлов. Такой метод используется в MPLS.

Еще один метод формирования ПРИ – «логический». Данный метод подразумевает наложение на сеть системы координат, после чего каждому узлу присваивается определенный адрес согласно координатам. Начиная от источника и до узла-назначения в каждом транзитном узле, происходит сопоставления адреса текущего узла с узлом-назначения. После чего рассчитывается геометрическое направление из текущего узла к узлу-назначения. Далее определяется исходящий тракт, имеющий наибольшее совпадение с ранее рассчитанным геометрическим направлением. Если ближайший по направлению исходящий тракт не доступен, то выбирается следующий по предпочтительности тракт.

Достоинством данного метода является простота и отсутствие движения служебной информации. Отсутствие таблиц маршрутизации сокращает объем оперативной памяти узла, упрощает ввод в эксплуатацию новых узлов и процедуру маршрутизации. Однако данный ПРИ не является динамическим.

#### **Методы выбора исходящих трактов в мультисервисных сетях связи**

Различают последовательный и параллельный выбор исходящих трактов в зависимости от количества одновременно устанавливаемых маршрутов между двумя узлами. Последовательный подразумевает на каждом узле выбор только одного исходящего тракта. В результате формируется один постепенно наращиваемый маршрут от источника к приемнику. В отличие от последовательного, параллельный выбор подразумевает поиск маршрута одновременно по всем исходящим трактам в определенной зоне сети.

Выделяется три основных класса последовательных алгоритмов выбора исходящих трактов передачи сообщений. Градиентный подразумевает, что на пути следования к приемнику участие принимает лишь часть, наиболее предпочтительные исходящие тракты. При недоступности исходящих трактов в одном узле, в данной заявке отказывается. Формирование маршрута будет происходить вдоль геометрического направления к приемнику. Данный метод позволяет организовать кратчайшие маршруты.

Диффузный выбор подразумевает возможность формирования маршрута и в противоположном направлении. В данном случае возможен выбор любого доступного исходящего тракта. Диффузный метод обладает увеличенной средней длиной маршрута по сравнению с градиентным, однако при этом имеет большую гибкость при обходе поврежденных маршрутов.

Существует также градиентно-диффузный метод, который сочетает свойства двух предыдущих методов.

Кроме того, процедура выбора исходящего тракта может осуществляться однозначно по максимальному значению одного из элементов вектора (детерминированный), либо в результате случайного розыгрыша (стохастический). Исходящие тракты с большими значениями имеют большую вероятность выбора.

Существует множество комбинаций последовательных алгоритмов выбора исходящих трактов. Наиболее широкое применение из последовательных методов на сегодняшний день нашел «диффузно детерминированный».

#### **Заключение**

Выполнение маршрутизации при недостаточно полной информации, является основной проблемой представленных алгоритмов. Отказ отдельных каналов связи или самих маршрутизаторов может являться следствием неправильной работы системы маршрутизации. При отсутствии информации для выбора оптимального маршрута, пересылка данных осуществляется по заранее определенным стандартным маршрутам.

Системой маршрутизации данные могут быть отправлены за пределы локальной автономной системы, после чего данные вернутся обратно и может произойти заикливание трафика. Отказ каналов обеспечивающих статические резервные маршруты передачи данных приводит к полной остановке сети. Использование аппроксимирующих способностей нейронных сетей может обеспечить поддержание функционирования сети в то время, когда стандартные протоколы маршрутизации работают нестабильно.

#### **Список литературы**

1. Лавренков Ю.Н., «Исследование и разработка комбинированных нейросетевых технологий для повышения эффективности безопасной маршрутизации информации в сетях связи» – диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – 208с. – 2014.
2. Новиков О.П., Новиков М.О., «Анализ эффективности методов маршрутизации видеoinформации в сетях интернет» – Научный журнал «Транспортное дело России» № 6 – 152-153с. – 2013.
3. Новиков С.Н., Буров А.А., «Анализ влияния служебной информации методов маршрутизации на объем доступных сетевых ресурсов» – Научный журнал «Телекоммуникационные системы и компьютерные сети» – 41-46с. – 2009.
4. Павлов А.А., Датьев И.О., «Протоколы маршрутизации в беспроводных сетях» - Труды Кольского научного центра РАН – 64-75с. – 2014.

5. Поздняк И. С., «Разработка и исследование алгоритмов адаптивной маршрутизации в мультисервисных сетях связи» – диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – 131с. – 2009.
6. «Перераспределение протоколов маршрутизации» [электронный ресурс] – Cisco support – 11с. – 2014.

**СЕКЦИЯ №3.  
ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)**

**СЕКЦИЯ №4.  
МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)**

**СЕКЦИЯ №5.  
ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)**

ОБОРУДОВАНИЕ КВАРТИРЫ СИСТЕМОЙ «УМНЫЙ ДОМ»

**Корзанова О.О., Шкатова М.В.**

(Корзанова О.О. - гр. М-ПЗ-18, Шкатова М.В. - асс. каф. архитектуры)

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»  
инженерно-строительный факультет

INTEGRATION OF THE "SMART HOME" SYSTEM INTO THE APARTMENT

**Korzanova O.O., Shkatova M.V.**

(Korzanova O.O. - gr. M-PZ-18, Shkatova M.V. - assistant department of architecture)

FEDERAL VO "Lipetsk State Technical University»  
Faculty of civil engineering

**Аннотация:** в статье рассмотрен вариант внедрения системы «Умный дом» на базе трехкомнатной квартиры. Приводится понятие системы «Умный дом»; расчет и анализ нагрузок, формируемых потребителями, на электросеть; подбор оборудования. Предложен рациональный вариант решения разгрузки сети для оптимального энергообеспечения «умного дома».

**Ключевые слова:** «Умный дом», система, энергообеспечение, электросеть, энергопотребление, мощность, электроснабжение, потребители, нагрузка.

**Abstract:** the article considers the implementation of the system "Smart home" on the basis of a three-room apartment. The concept of "Smart home" system is given; calculation and analysis of loads generated by consumers on the power grid; selection of equipment. The rational variant of the solution of unloading of a network for optimum power supply of "smart house" is offered.

**Keywords:** "Smart home", system, power supply, power grid, power consumption, power supply, consumers, load.

В последнее время всё больше просматривается тенденция увеличения сложности оборудования, которое устанавливается в многокомнатных квартирах. Применяемое электрооборудование имеет значительную мощность, что приводит к существенному росту энергопотребления. Поэтому для повышения надежности работы энергообеспечения квартиры требуется система, которая может взять управление параметрами на себя[1].

Такая система автоматизированного контроля и управления жизнеобеспечения жилых помещений, получила название «Умный дом». Её основное предназначение отражается в автоматизации операций по управлению различными инженерными системами в квартире.

Отсюда, основное требование к системе: обеспечение комфорта, безопасности, ресурсосбережения и выполнения рутинных операций по управлению параметрами энергетического и электромеханического оборудования в квартире. При этом режимы работы остальных элементов (приборов охранной сигнализации, системы видеоконтроля, передачи информации по каналам связи и т.д.), так или иначе, зависят от работы системы электроснабжения[1].

Таким образом, для надежного функционирования должен быть реализован комплексный подход в работе системы управления домом.

В систему «Умного дома» должны быть интегрированы такие инженерные системы как: система освещения, система охраны и безопасности, система климат-контроля и теплоснабжения, система мультимедиа (управления и связи).

Также, для надежного функционирования системы электроснабжения и всего «умного дома» в целом, необходимо правильно определить нагрузки на электросеть, для дальнейшего рационального их распределения. Поэтому требуется анализ потребления электроэнергии в рассматриваемой квартире.

Для этого были собраны показания расходов электроэнергии за годовой период, и они составили следующие средние значения, [кВт\*ч]: в сутки – 6,6; в месяц – 197,8; в год – 2373,8. Далее детально было рассмотрено энергопотребление каждым имеющимся в квартире электроприбором и его характеристики (мощность потребления и сила тока). Суммарная нагрузка на каждое помещение составила: кухня – 7265 В и 33 А; зал – 147 Вт и 0,67 А; комната1 – 181 Вт и 0,83 А; комната2 – 1070 Вт и 4,87 А; санузел – 3900 Вт и 17,73 А.

Для выбора сечения вводного кабеля производим следующие вычисления:

- 1) суммарная мощность потребления всех имеющихся электроприборов:

$$P_{\text{общ. приб.}} = \Sigma P = 15603 \text{ Вт} = 15,6 \text{ кВт},$$

- 2) общая сила тока приборов:

$$I_{\text{общ. приб.}} = P_{\text{общ. приб.}} / U = 15603 / 220 = 70,92 \text{ А}.$$

- 3) суммарная мощность потребления освещения:

$$P_{\text{общ. осв.}} = 337 \text{ Вт}, \text{ тогда } I_{\text{общ. осв.}} = 1,53 \text{ А}.$$

- 4) Таким образом,  $I = I_{\text{общ. приб.}} + I_{\text{общ. осв.}} = 70,92 + 1,53 = 72,45 \text{ А},$

$$P = P_{\text{общ. приб.}} + P_{\text{общ. осв.}} = 15603 + 337 = 15940 \text{ Вт} = 15,94 \text{ кВт}.$$

- 5) Вычисляем нагрузку на вводной кабель:

$$I * k_o = 72,45 * 0,75 = 54,34 \text{ А}, \quad P * k_o = 15,94 * 0,75 = 11,955 \text{ кВт},$$

где  $k_o$  – коэффициент одновременности.

Исходя из получившихся значений, выбираем медную проводку сечением 10 мм<sup>2</sup> — оно способно пропустить ток 70А и мощность 15,4кВт.

Далее производим подбор автоматов в общий электрощиток, расположенного в тамбуре на две квартиры. Было принято решение разделить нагрузку на два автомата – с одной группы помещений квартиры и со второй.

*Группа №1: кухня, санузел, зал, коридор2*

Суммарная мощность (вкл. розеточные группы и освещение) –

- 14,452 кВт  $\approx$  14,5 кВт.

Суммарная сила тока – 64,8А.

=> выбираем Автомат 70А (подключение трёхфазное треугольником, автомат трёхполюсный, напряжение питания – 380 В, max мощность – 15,4 кВт)

*Группа №2: комната1, комната2, коридор1*

Суммарная мощность (вкл. розеточные группы и освещение) –

- 4,453 кВт  $\approx$  4,5 кВт

Суммарная сила тока – 19,52А

=> выбираем Автомат 25А (подключение трёхфазное треугольником, автомат трёхполюсный, напряжение питания – 380 В, max мощность – 5,9 кВт)

Аналогичный подбор автоматов и УЗО, но уже во внутриквартирный электрощиток, совершается для каждого помещения – автоматы для освещения, автоматы для розеточных групп и отдельно, если требуется,

автоматы для энергозатратных мощных электроприборов, таких, как стиральная машина, духовой шкаф, теплый пол.

Проанализировав, в какое время происходит львиная часть потребления электроэнергии в рассматриваемой квартире, принято решение, что следует установить трёхфазный двухтарифный счётчик («день/ночь»), что будет способствовать дальнейшей экономии материальных ресурсов потребителей.

Далее, систематизировав полученные данные в ходе анализа, расчетов и подбора, приводим данные к виду схемы, показанной на рисунке 1.

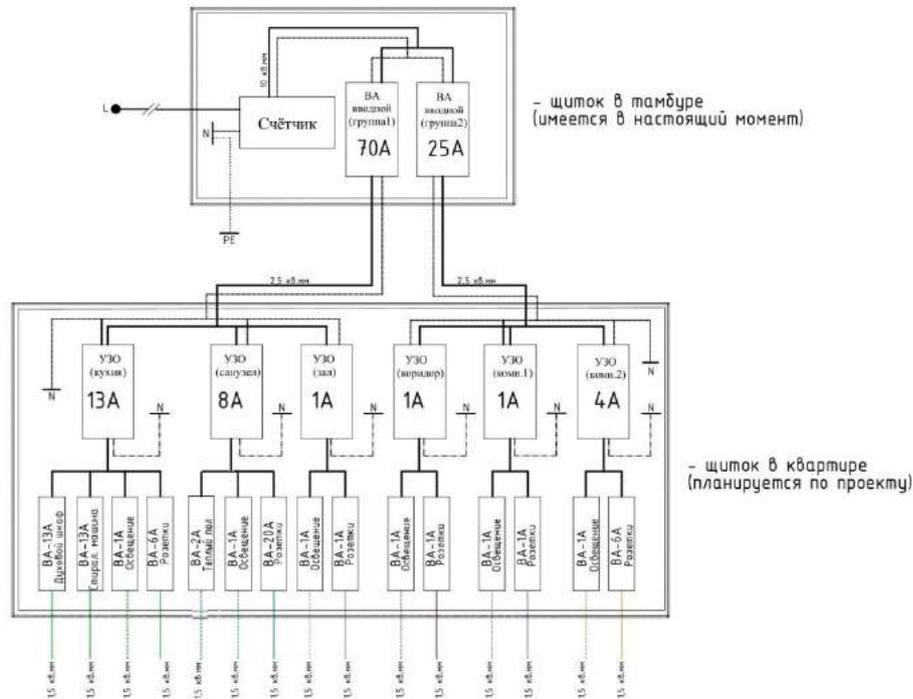


Рисунок 1 – Схема электрощитков

Ниже, на рисунке 2, приводится общий план электропроводки с освещением и размещением распределительных коробок во всех помещениях.

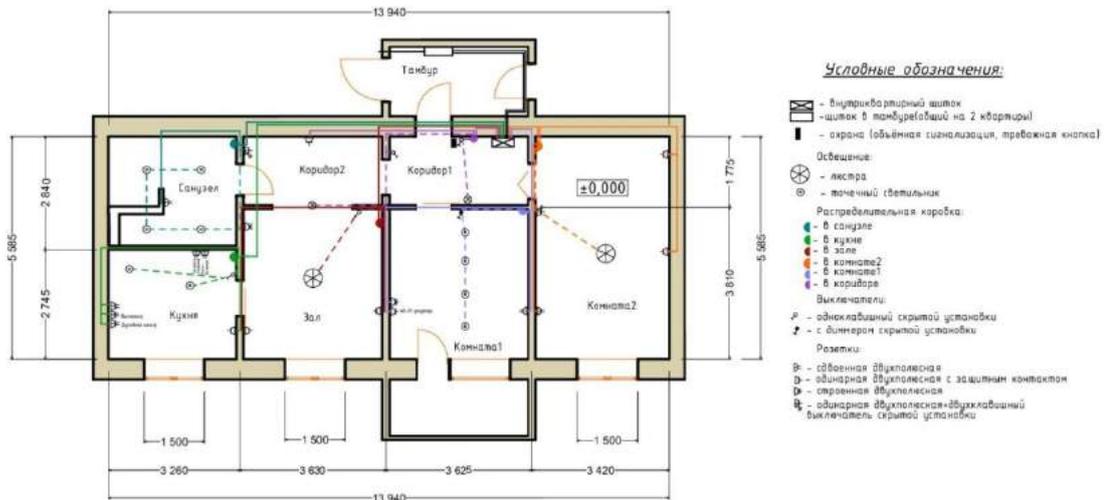


Рисунок 2 – План электропроводки и освещения

Но «Умный дом» не ограничивается только системой электроснабжения, но и необходимо интегрировать другие инженерные системы.

Так, в рассматриваемой квартире, в целях снижения потребления электроэнергии, в системе теплоснабжения применяются для отопления радиаторы и теплый пол, оснащенные терморегуляторами, что дает возможность экономии до 40%. Помимо этого, в системе климат-контроля, для поддержания благоприятных условий в помещениях, предусмотрена установка домашней метеостанции с внутренним и наружным датчиками температуры и влажности и возможностью их контроля с помощью сплит-системы и

ультразвуковых увлажнителей. Связь между собой которых обеспечивает непосредственно система «умного дома» за счет протокола связи «Z-Wave».

Кроме выше перечисленного, также интегрируется охранная система, представляющая собой камеры видеонаблюдения с прямой трансляцией через сеть Интернет на устройство хозяина и функцией записи на флеш-накопитель, при срабатывании беспроводных датчиков целостности периметра (окон, дверей), и передачи сигнала на пульт охраны с последующим вызовом группы реагирования. Помещения кухни и санузла оснащаются беспроводными датчиками контроля утечки воды, при срабатывании которых издается звуковой сигнал, а при отсутствии в доме хозяев, отправляется им оповещение о проблеме на мобильное устройство.

Для осуществления связи и управления вышеперечисленными возможностями, в квартиру также интегрируется система мультимедиа, которая дает возможность управлять домом с помощью блока управления, расположенного, в данном случае, в коридоре/мобильного устройства/планшета/ноутбука. Но такая система не ограничивается лишь связью и управлением, но и включает себя функции развлечений. С этой целью в квартире предусматривается проектирование помещения гостиной, оснащенной системой домашнего кинотеатра на основе встроенных акустических систем, и монтаж шумоизолирующего подвесного потолка.

### Список литературы

1. Карницкий В.Ю., Ершов С.В., Рюмов А.Ю. Особенности энергообеспечения системы «Умный дом» [Электронный ресурс] // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2017. – Ч.1№12. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-energoobespecheniya-sistemy-umnyy-dom>, свободный.

### References

1. Karnitski V. Yu., Yershov, S. V., Remov A. Y. features of the energy system "Smart house" [Electronic resource] // Izvestiyatulgu. Technical science. - 2017. - Part 1№12. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-energoobespecheniya-sistemy-umnyy-dom>, свободный.

## КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ И ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЕВОЙ ВЕТРОЭНЕРГОУСТАНОВКИ

**Шпаковский А.Ф., Шишкин Н.Д., Ильин Р.А.**

АГТУ, г. Астрахань

Важным направлением развития энергетики в настоящее время является необходимость существенного повышения внедрения возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Современное развитие энергетики в России характеризуется ростом стоимости производства энергии.

Мировая тенденция роста тарифов на электроэнергию, которая связана с постоянным удорожанием топливно-энергетических ресурсов планеты (природного газа, нефти, угля) приводит к необходимости использования альтернативной энергетики. Среди ВИЭ наиболее широкого применения может достичь неиссякаемая энергия солнца и ветра.

Однако комплексное их применение в промышленности или частном секторе – намного эффективней, нежели применение этих энергоресурсов порознь. Исходя из таких соображения, на свет и родилась идея создания систем комплексного энергоснабжения на основе ВИЭ для малоэтажного дома.

Актуальность работы заключается в разработке системы комплексного энергоснабжения на основе ВИЭ, для обеспечения автономной системы энергоснабжения жилого дома.

Целью данной работы является разработка системы для автономного обеспечения энергоснабжением жилого дома. Основными задачами для достижения данной цели являются: разработка конструкции для комбинирования ВИЭ различного типа, оценка и технологических параметров полученной системы.

Одним из принципов функционирования автономных систем электроснабжения является поочередное использование двух аккумуляторных батарей (АКБ), из которых одна предназначена только

для заряда аккумулятора, а другой только для разряда, то есть питания электрической нагрузки и заряда другой.

Поочередное использование двух аккумуляторов позволяет увеличить время автономной работы. В качестве примера служит автономная система электроснабжения. В качестве ВИЭ могут быть использованы, как и в работе, солнечная и ветровая энергия. Предлагаемая авторами система для автономного энергоснабжения жилого дома приведена на рис. 1.

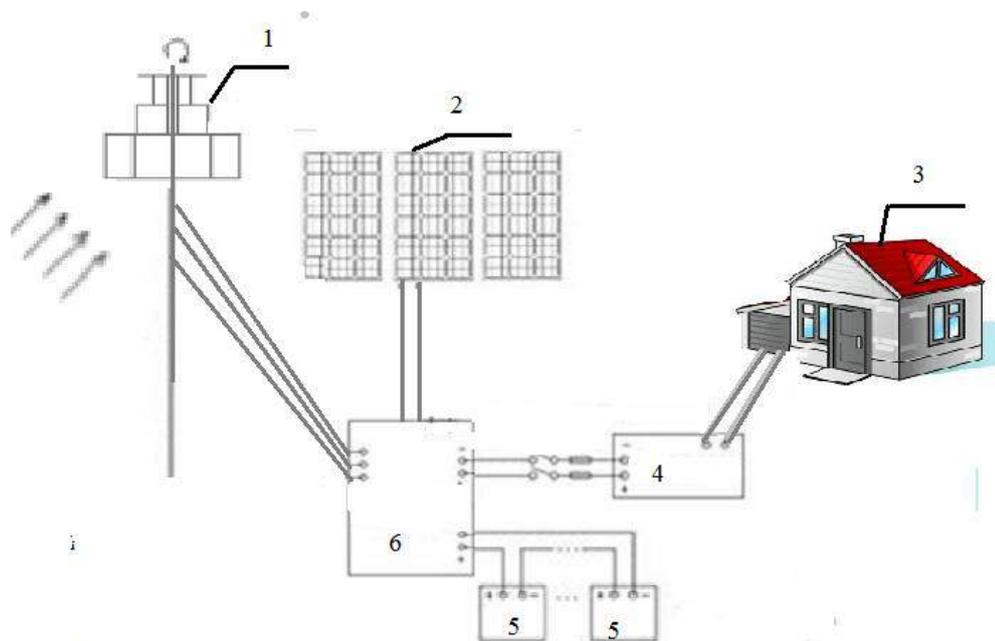


Рисунок 1. Вариант использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии для автономного энергоснабжения дома: 1-ветродвигатель, 2-солнечные батареи, 3-потребитель, 4-инвертор, 5 – аккумуляторы, 6 –гибридный контроллер

На рис. 1 показано устройство гибридной ветро-солнечной системы: ветрогенераторы служат преобразователями кинетической энергии воздушных потоков в электрическую энергию. Показана схема ветродвигателя 1 на основе ротора Н-Дарье и Савониуса 1 и солнечных батарей 2. Преимуществами роторов Н-Дарье является их быстроходность, а недостатком, невозможность самозапуска из-за малого пускового момента. Преимуществами роторов Савониуса является возможность их самозапуска из-за большого пускового момента, а недостатком - меньшая скорость вращения ротора. Двигатель Савониуса обеспечивает работу на низких скоростях и обеспечивает запуск двигателя Дарье. Кроме того, в отличие от двигателей с горизонтальной осью вращения роторы Дарье и Савониуса не нуждаются в механизме ориентации по направлению ветрового потока. Фотоэлектрическая система, состоящая из солнечных модулей, соединенных параллельно и (или) последовательно, преобразует лучистую энергию Солнца в электрический ток постоянного напряжения. Ветрогенераторы служат преобразователями кинетической энергии воздушных потоков в электрическую энергию. Гибридный контроллер 6 преобразует напряжение, поступающее от солнечной батареи и ветрогенератора в адаптированное к аккумуляторной батарее напряжение. Аккумуляторные батареи 5 состоят из одного или нескольких блоков, образующих аккумуляторную батарею необходимой емкости и напряжения. Инвертор 4 служит преобразователем постоянного напряжения аккумуляторной батареи в переменное.

Гибридная ветросолнечная система рассчитывается согласно данным по потребляемой мощности, а также солнечному и ветровому потенциалу местности, должна быть способна на обеспечение энергией потребителей 220В/50 Гц.

Электрические нагрузки от оборудования, находящегося в помещениях приведены в табл. 1. В этой же таблице указано количество оборудования, его номинальная мощность, время работы в течение дня, а также суммарное количество потребленной энергии в сутки для летнего и осенне-весеннего периода. Общая мощность всех электрических приборов составляет 22,921 кВт.

Результаты расчета потребления и выработки электроэнергии коттеджем сведены в табл. 1.

Табл. 1- Электрические нагрузки коттеджа

№ п/п	Наименование потребителя	п, шт	Рном, кВт	t, мин/сут	Лето, кВт*ч/сут	Осень-зима-весна, кВт*ч/сут
1.	Микроволновая печь	1	1.3	10	0.217	0.217
2.	Чайник	1	1.5	6	0.15	0.15
3.	Холодильник	1	0.35	180	2.1	2.1
4.	Телевизор	1	0.8	240	3.2	3.2
5.	Компьютер	1	0.5	120	1	1
6.	Пылесос	1	1.8	20	0.6	0.6
7.	Кухонная вытяжка	1	0.3	120	0.6	0.6
8.	Стиральная машина	1	1.5	60	1.5	1.5
9.	Утюг	1	1.4	20	0.467	0.467
10.	Фен	1	2	20	0.667	20.01
11.	Кондиционер	1	1	240	4	0
12.	Комнатные светодиодные лампы	8	0.007	300	0.28	0.28
13.	Уличные светодиодные лампы	6	4	240	8	8
14.	Электрическая плита	1	0.75	10	0.125	0.125
15.	Принтер	1	0.045	20	0.015	0.015

Расчетная мощность определяется исходя из коэффициента спроса, который для бытовых приборов составляет 0,6 .

$$P_{расч} = P_H * 0.6 = 13.75$$

На рис. 2 и 3 показаны летний, осенне-весенний суточный график электрических нагрузок.

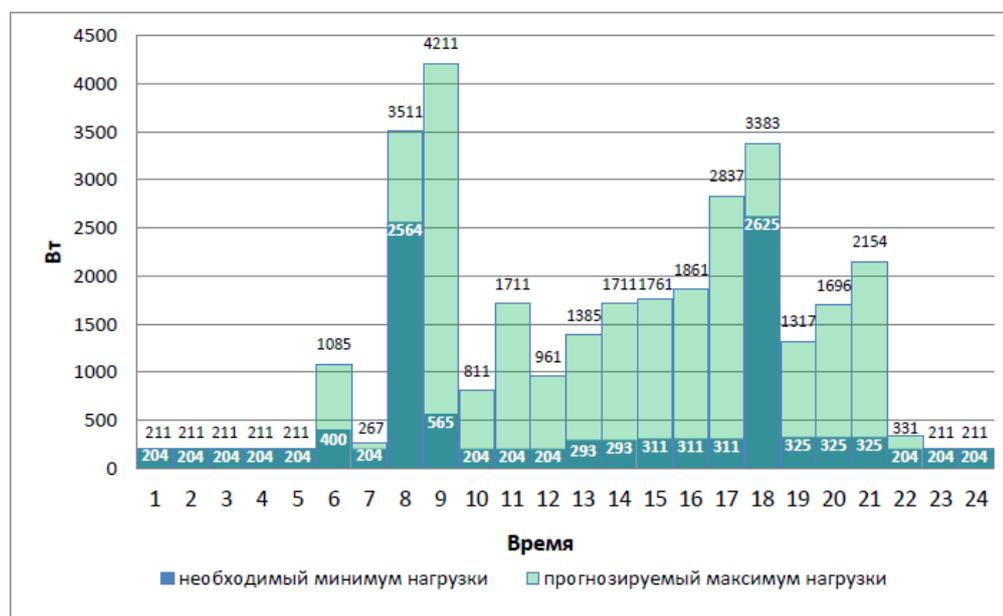


Рис.2. Летний суточный график электрических нагрузок

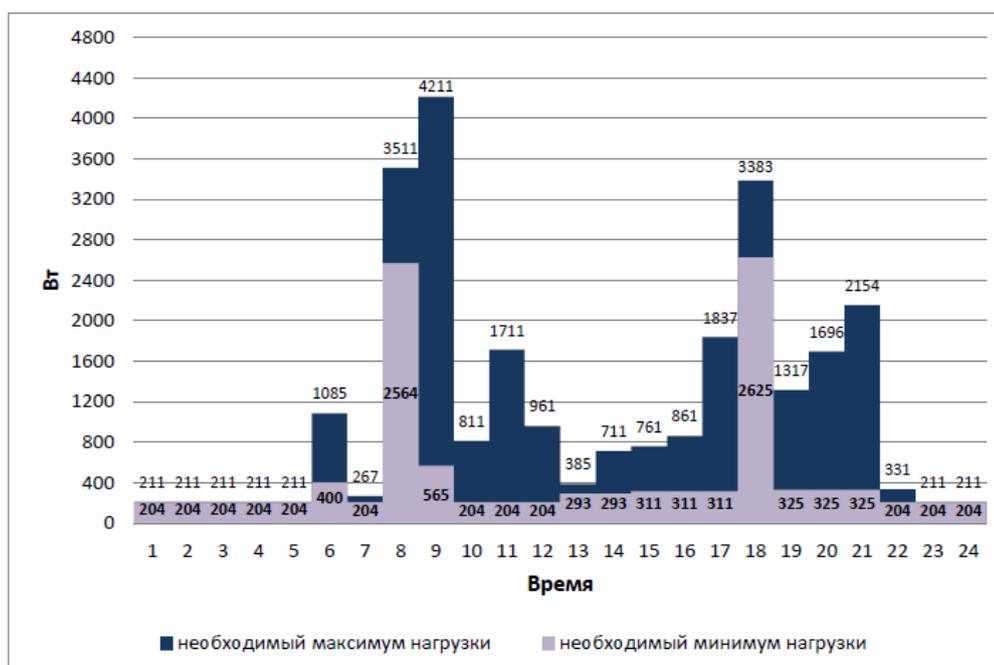


Рис. 3. Осенне-весенний суточный график электрических нагрузок

Из рис.2 и 3 следует, что максимальный пик электрических нагрузок приходит на период с 8 до 9 и с 17 до 18 часов, в этот промежуток времени требуется наибольшее количество выработанной энергии.

Таким образом, ветро-солнечные системы позволяют максимально полно использовать ВИЭ, поскольку их комбинация увеличивает генерируемую энергию вдвое, а также они способны взаимозаменять друг друга – когда нет ветра, есть солнце и наоборот. Основным источником энергии в гибридной системе является ветряной двигатель, а фотоэлектрические солнечные панели являются вспомогательными, которые вырабатывают энергию в периоды длительного «штиля», так как они способны работать постоянно и снижать разряд аккумуляторов, что продлевает их ресурс.

### Список литературы

1. Горелов Д.Н. Аэродинамика ветроколес с вертикальной осью вращения / Омский филиал института математики им. С. Л. Соболева СО РАН – Омск: Полиграфический центр КАН, 2012. – 68 с.
2. Двигатель Дарье // Ветродвиг [Офиц. сайт]. URL: <http://vetrodvig.ru/dvigatel-dare/> (Дата обращения 5.04.2019).
3. Сысоев В.В. Автономная система электроснабжения. Режим доступа: <http://www.ntpo.com/investicii-v-innovacii/alternativnye-inetradicionnye-istochniki-jenergii/39085-avtonomnaya-sistema-elektrosnabzheniya.html>
4. Шишкин Н. Д. Малые энергоэкономичные комплексы с возобновляемыми источниками энергии. Монография. Москва: Готика, 2000. — 236 с.
5. Шишкин Н.Д., Ильин Р.А. Разработка и оценка параметров комбинированной ветроэнергетической установки на основе роторов Н-Дарье и Савониуса // Промышленная теплоэнергетика. – 2018. - № 8. – С. 51 – 56.
6. Шкрабец Ф.П. Основы электроснабжения [Текст] / Шкрабец Ф.П – Д: Национальный горный университет, 2012 – 465 с.

### СЕКЦИЯ №6.

### ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ ПРИ СОЕДИНЕНИИ КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ СО ШТАМПОВАННЫМИ ДЕТАЛЯМИ

Парамонов С.С., Булычёв В.В.

КФ МГТУ им. Баумана, РФ, г. Калуга

В связи с высокими производственными объёмами современное автомобилестроение выдвигает высокие требования к технологическим системам. В частности, для процессов сборки основными требованиями являются простота автоматизации, малые энергозатраты, высокая надёжность соединений и короткий срок обучения рабочего и обслуживающего персонала. Процесс рельефной контактной сварки соответствует данным требованиям и широко применяется в области изготовления автокомпонентов. В исследуемом случае рассматривается процесс приварки гайки с резьбой М8 к штампованной детали (внутренняя панель крыла автомобиля) выполненной из оцинкованной стали. В изделии применена гайка М8 круглого сечения с лыской и тремя сферическими рельефами, диаметр которых составляет 4 мм. Сварка производится на машине контактной сварки с инверторным источником питания Bosh, оснащённым цифровым блоком управления, позволяющим тонко настроить параметры режима сварки и установить многоэтапный цикл сварки [2]. В применяемой технологии для точного позиционирования гаек относительно заготовки применяется приспособление, фиксирующее штампованную деталь по базовым отверстиям, а также нижний электрод с керамическим центратором (рис. 1). Центратор выступает за поверхность электрода и позволяет точно позиционировать отверстие на детали. Сферический наконечник центратора предназначен для установки на него гайки (для гаек разного диаметра резьбы применяются центраторы с разным диаметром сферы). Центратор в выдвинутом состоянии поддерживается пневматической системой контактной машины. В процессе сварки верхний электрод прижимает гайку к заготовке, точно её позиционируя, при этом центратор убирается внутрь нижнего электрода и возвращается в исходное положение только после снятия готовой детали с приспособления.

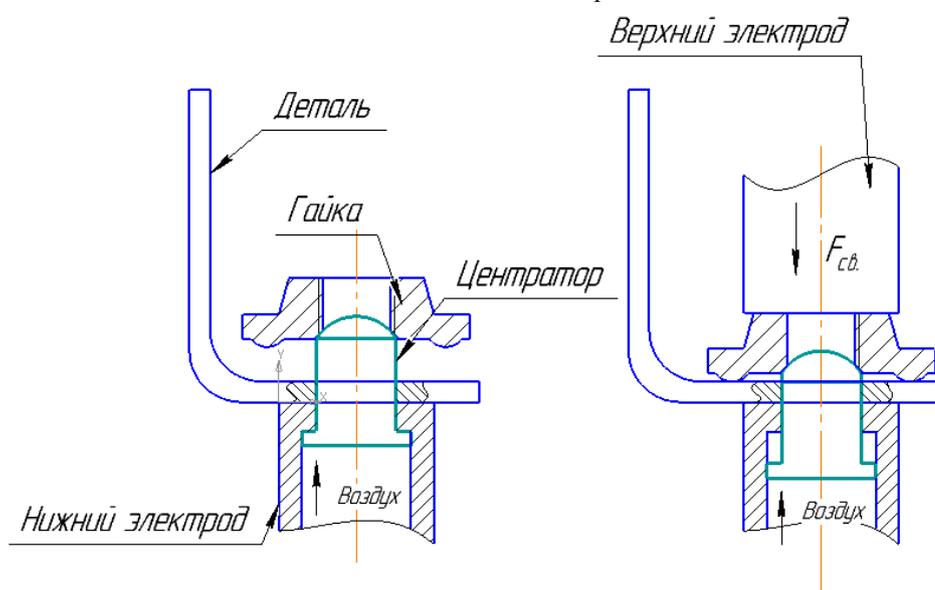


Рис. 1 Конструкция электродов сварочной машины

В ходе производства больших объёмов продукции с малым временем цикла наблюдается деформация и выход из строя верхнего электрода, что является причиной потери времени и дополнительных затрат на расходные материалы. Также в процессе сварки наблюдаются значительные выплески, которые оказывают отрицательное влияние на качество изделия (риск нарушения резьбы и коррозионной стойкости детали), а также снижают безопасность технологического процесса.

Целью работы было совершенствование технологии рельефной приварки гаек к листовым заготовкам с целью снижения энергозатратности процесса и частоты обслуживания производственного оборудования.

В базовой технологии контакт между верхним электродом и деталью осуществляется по торцу гайки. Однако из расчетов в программной среде Elcut (рис. 2) видно, что при подведении тока к периферийной части гайки при одной и той же мощности его плотность оказывается на порядок выше за счет снижения электрического сопротивления вторичного контура [5]. Опираясь на эти данные можно сделать вывод о том, что замена контактной поверхности гайки положительно скажется на процессе формирования соединения за счет возросшего энерговложения в зону соединения.

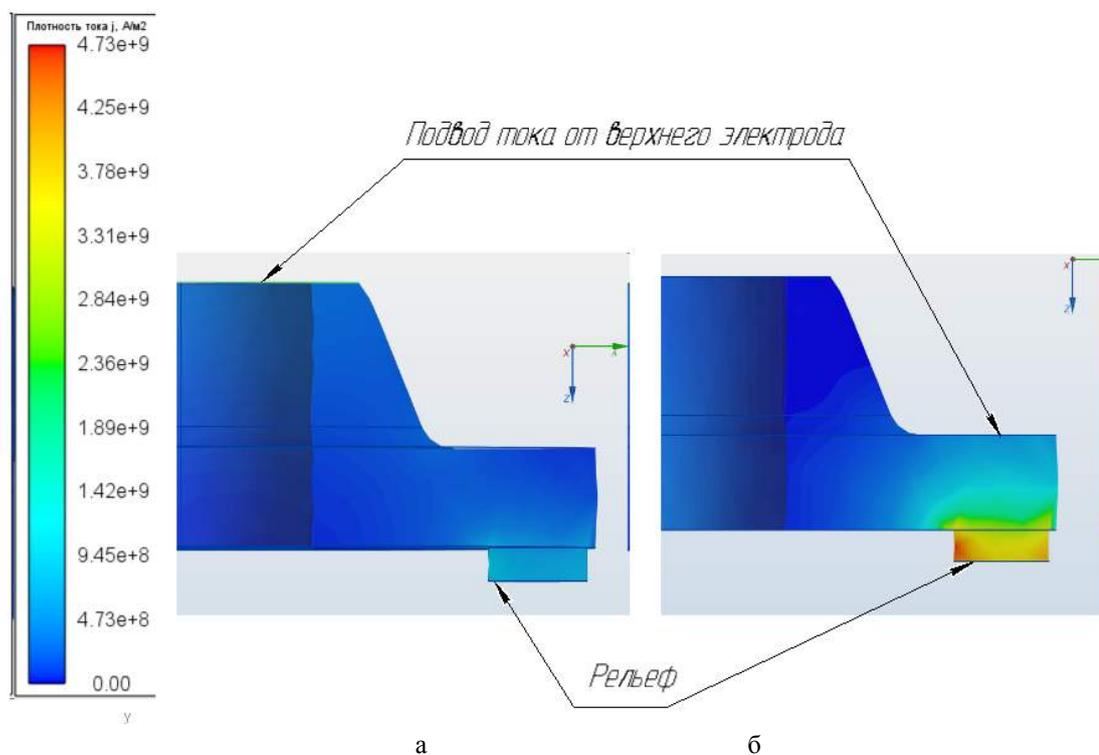


Рис. 2 Распределение тока в объеме гайки при верхнем токоподводе (а); токоподводе к периферийной части (б)

Для экспериментальной проверки выдвинутого предположения был изготовлен модифицированный электрод с проточкой для размещения верхней части гайки и обеспечения контакта с периферийной частью гайки.

При испытаниях модифицированной оснастки на серийных режимах сварки наблюдалось большее проплавление штампованной детали, выражающееся более отчетливыми следами на обратной стороне изделия. В ходе тестового производства наблюдался незначительный износ рабочей поверхности верхнего электрода в связи со снизившимся сопротивлением контакта. Меньшее влияние металла гайки на сопротивление цепи упрощает процесс подбора режима сварки обеспечивающего снижение выплеска материала покрытия и повышения экономичности процесса.

С целью предотвращения явления выплеска, в особенности при приварке гаек к оцинкованной листовой заготовке, предложено реализовать двухступенчатый режим сварки с предварительным подогревом. Благодаря этому должен быть обеспечен более плавный нагрев зоны сварки, предотвращающий взрывообразное плавление металла контакта. При приварке гаек к оцинкованным заготовкам данный технологический прием должен способствовать оттеснению из контакта более легкоплавкого цинкового покрытия при пластическом деформировании выступов гайки [3, 4].

Исследование особенностей процесса рельефной сварки гаек с оцинкованными заготовками выполнили по методу планирования эксперимента [1]. В качестве факторов эксперимента были приняты время предварительного подогрева  $t_{предв}$  (мс), ток предварительного подогрева  $I_{предв}$  (кА), время сварки  $t$  (мс) и ток сварки  $I$  (кА). На основании предварительных опытов по подбору параметров сварки приняли диапазоны варьирования силы тока предварительного подогрева и сварки 5...10 кА и 15...20 кА соответственно. Диапазоны варьирования продолжительности предварительного подогрева и сварки составили 0...30 мс и 20...50 мс соответственно. Уровни факторов и интервалы варьирования для эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1. План эксперимента

Фактор	Уровни факторов			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
$t_{предв}$	0	15	30	15
$I_{предв}$	5	7,5	10	2,5
$t$	20	35	50	15
$I$	15	17,5	50	2,5

В результате проведения эксперимента, была получена зависимость (1), диаметра литого ядра от значений вышеуказанных параметров, анализ которого показал, что основное влияние на размер литого ядра оказывают время протекания тока сварки, его величина и двойное взаимодействие тока и времени сварки.

$$y = -3,377 + 0,088t_{предв} + 0,013I_{предв} + 0,145t + 0,3872I + 0,01t_{предв} \cdot I_{предв} - 0,00088t_{предв} \cdot t - 0,00718t_{предв} \cdot I + 0,000027I_{предв} \cdot t - 0,00016I_{предв} \cdot I - 0,00735tI - 0,0003834t_{предв} \cdot I_{предв} \cdot t + 0,000082t_{предв} \cdot t \cdot I - 0,00037t_{предв} \cdot I_{предв} \cdot I - 0,000064I_{предв} \cdot t \cdot I + 0,0000184t_{предв} \cdot I_{предв} \cdot t \cdot I \quad (1)$$

Анализ полученного выражения показал, что максимальное влияние на диаметр литого ядра оказывает время протекания тока сварки, значение сварочного тока и их двойное взаимодействие. Значение и время протекания тока предварительного подогрева и их взаимодействия оказывают незначительное влияние на результат сварки, однако с увеличением энергозатрат во время данного цикла диаметр литого ядра уменьшается.

При проведении опытов также оценивался выплеск во время сварки и было выявлено, что минимальные выплески наблюдаются при минимальном токе предварительного подогрева, который протекает в течение максимального времени. В случае использования цикла предварительного подогрева, значения параметров сварки не оказывают влияние на возникновения выплеска.

Исходя из результатов эксперимента, оптимальными были приняты параметры с минимальным током сварки 20кА и временем его протекания не менее 40мс. Для серийного процесса были выбраны следующие параметры сварки: время предварительного подогрева 30мс; ток предварительного подогрева 5кА; время протекания основного тока сварки 50мс, основной ток сварки 20кА

На основании проведенных работ можно сделать следующие выводы:

1. Для определения наиболее оптимального токоподвода к привариваемому компоненту был произведен и опробован верхний электрод, обеспечивающий контакт с привариваемой гайкой по поверхности с большей площадью. Данное решение позволило повысить стойкость оснастки более чем в 2 раза.
2. В результате проведения эксперимента и расчетов была выявлена функциональная зависимость диаметра литого ядра и величины выплеска от параметров сварки, на основе которой были выбраны диапазоны значений параметров сварки для получения сварного соединения, удовлетворяющего требованиям конструкторской документации и обеспечивающим процесс сварки с минимальным выплеском.

### Список литературы

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий - М.: Наука, 1976. - 280 с.
2. Гилевич В. А. Технология и оборудование рельефной сварки. – Л.: Машиностроение, 1976. – 152с.
3. Гилевич В. А. Особенности образования соединения при рельефной сварке // Автоматическая сварка. 1968. № 12. С. 35 - 38.
4. Емельянов С. Н., Попковский В. А., Катькало А. А., Коротеев А. О. О выборе параметров режима при контактной точечной сварке оцинкованных сталей с сохранением покрытия // Вестник Белорусско-Российского университета. 2011. №2
5. Ерофеев В.А., Логвинов Р.В. Компьютерная имитация контактной точечной сварки листов с покрытиями // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2008. Вып. 3. С. 63-70.

## **СЕКЦИЯ №7.**

### **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)**

## **СЕКЦИЯ №8.**

### **ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00)**

#### **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТНОСТИ СТЫКОВОГО СВАРНОГО ШВА НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ВИЗУАЛЬНО- ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО И РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ С ДЕФЕКТАМИ НЕТРЕЩИНОПОДОБНОГО ТИПА**

**Нгуен З.Л.**

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань

В случае обнаружения дефектов нетрещиноподобного типа (ДНТ) в стыковом сварном шве на основе результатов рентгенографического контроля (РГК) согласно требованиям Правил Российского Морского Регистра (РМРС) [7] в части безопасной эксплуатации стальных судовых корпусов, необходимо убедиться, что суммарное размер и количество обнаруженных дефектов не превышает нормативных значений. В случае, если количество и размер обнаруженных дефектов превышает нормативные значения, то дефекты устраняют с последующим РГК сварного соединения.

Установленные нормативные значения в РМРС базируются на анализе результатов РГК и допустимых границ прочности стыкового сварного шва, где наличие ДНТ является технологическим внутренним концентратором напряжения. Данные, полученные в результате РГК [5], который проводится в плоскости сварного шва, не позволяет произвести качественную оценку допустимых границ прочности стыкового сварного шва из-за низкой точности обнаруживаемых дефектов типа ДНТ.

В этом случае, предлагается использовать методику для определения дефектности стыкового сварного шва, разработанная на примере стыковой сварной пластины, представленной на рисунке 1 (а), которая выполнена из стали D36 при помощи многослойного продольного сварного шва (С17/) ручной дуговой сваркой (РДС) с искусственно созданными ДНТ гладкой формы (единичные поры и группы пор). Образец сварного шва на рисунке 1 (б) был подвергнут РГК для получения данных, определяющих количественные и качественные статистические признаки и показатели дефектности [2] сварного шва.

Для статистической оценки значимости выявленных признаков дефектности сварного шва с ДНТ (одиночных пор и скопления пор (тип 2011, 2012, 2013 [7])) представленных на рисунке 1 (г), снимок РГК был подвергнут компьютерной обработке (см. рис. 1, (г)). Компьютерная обработка снимка была выполнена на основе авторской методики [5, 4], разработанной для анализа статистически значимых признаков ДНТ в сварном шве. В соответствии с авторской методикой на рисунке 1 (д, е), область сварного шва с выявленными дефектами ( $L \leq 100$  мм), распускается механическим способом на планки (37 шт.), толщина которых много меньше двух других ее размеров согласно рекомендациям [6, 3].

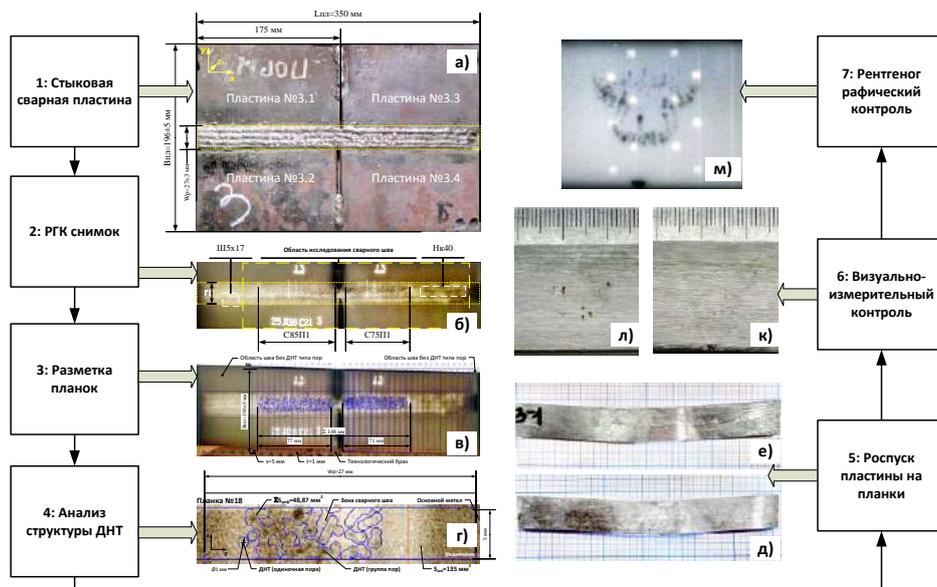


Рис. 1 – Методика определения дефектности стыкового сварного шва с ДНТ

При изготовлении планок были учтены основные требования ГОСТ 6996-66 [1] в части получения образцов для испытания на растяжения для одноосной схемы нагружения.

В соответствии с рисунком 1 (л, к), наличие ДНТ в сварном шве определяется визуально-измерительным контролем (ВИК) и РГК. РГК сварного шва планки расположен перпендикулярно РГК пластины (см. рис. 1, (б), что позволяет при соблюдении геометрических условий соотношения сторон провести теоретическое исследование напряженного состояние сварного шва с ДНТ типа поры в рамках существующего решения плоской задачи теории упругости (одноосная, двuosная схемы нагружения).

В соответствии с рисунком 1 (л, к), в плоскости реза были обнаружены ДНТ в виде одиночных и групповых пор. На рисунке 2 отражены основные геометрические параметры, которые учитываются при анализе ДНТ планки перед ее растяжением для определения прочностных свойств соединения.

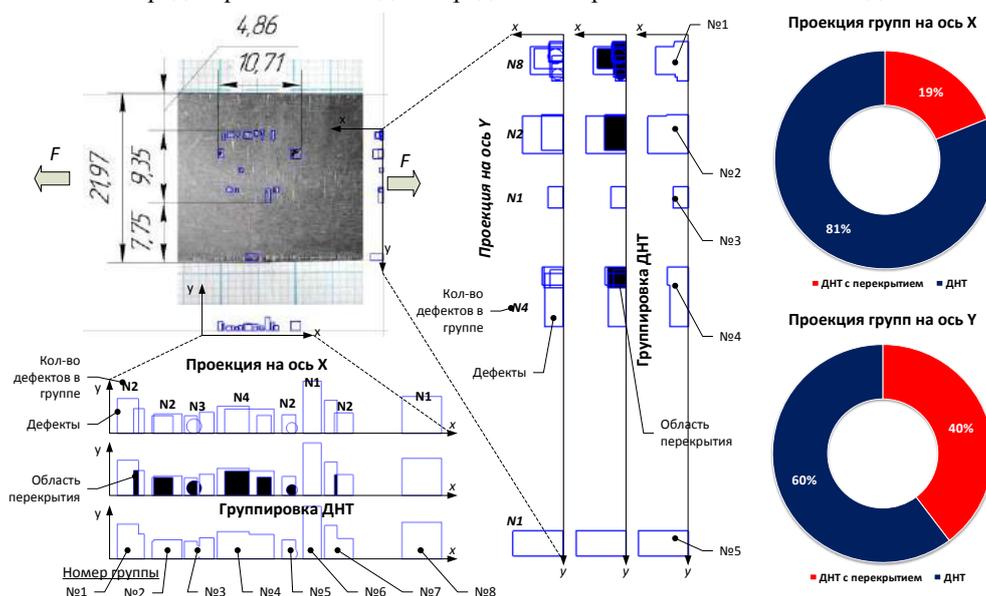


Рис. 2 – Плоскость А планки №2 с ДНТ

В соответствии с рисунком 2, обнаруженные ДНТ на планке для плоскости А были спроецированы на ось X и Y, что позволило определить параметры ослабления плоски сварного шва и выявить области возможного наложения ДНТ при РГК в плоскости сварного шва (проекция на ось X). В результате, 19%

ДНТ при проекции на ось X и 40% на ось Y не учитывают при принятии решения о величине дефектности сварного шва на основе данных РГК (при использовании РГК, зоны с перекрытием отображаются более темным цветом, что позволяет сделать вывод о наличии множестве ДНТ на одном месте). Для плоскости Б, 5% ДНТ при проекции на ось X и 29% на ось Y не учитывают при принятии решения о величине дефектности сварного шва.

Для определение суммарного количества ДНТ (видимых и внутренних) был использован РГК. В соответствии с рисунком 3 (а), обнаруженные при помощи РГК дефекты расположены на внешних сторонах и внутри планки. На рисунке 3 (б) показано расположение ДНТ в сварном шве и обнаруженные ВИК дефекты в плоскости. Соотношение  $(S_{\text{ДНТ}_A} + S_{\text{ДНТ}_B})/S_{\text{ДНТ}}$  составляет 6,7%. Таким образом внутренние дефекты будут оказывать большее влияние на прочность планки, чем ДНТ в плоскости реза планки.

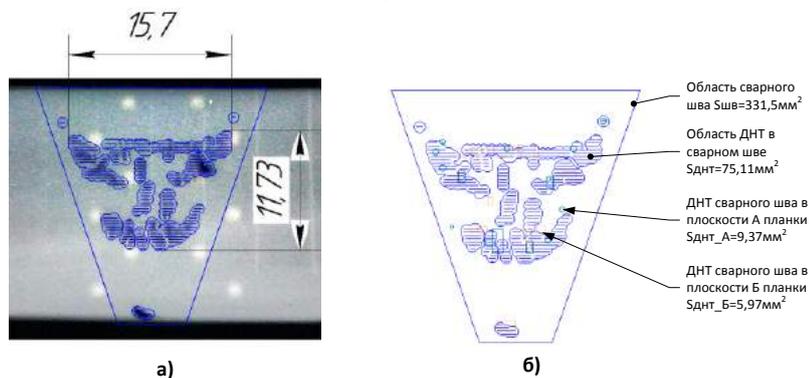


Рис. 3 – РГК планки №2

Полученное РГК значение дефектности сварного шва -  $S_{\text{ДНТ}}$  превышает допустимое значения согласно требованиям РМРС [7]. При проведении испытаний на растяжение планки №2, образец разрушился по основному металлу, что свидетельствует о более высокой прочности сварного шва по отношению к основному металлу.

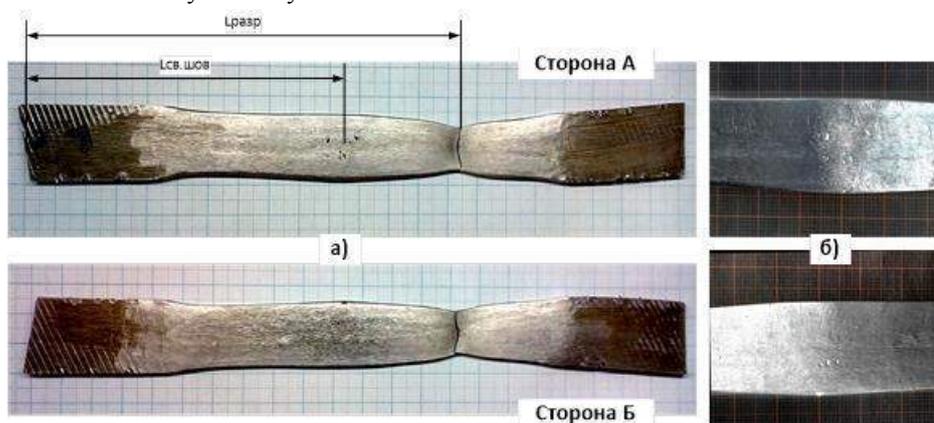


Рис. 4 – Результаты испытания планки №2 на растяжение

В соответствии с результатами, полученным автором [4, 5] при исследовании стыковых сварных швов с ДНТ и результатов статистического анализа механических испытаний планок, были получены данные, свидетельствующие о необходимости уточнить требования РМРС по отношению к ДНТ в сварных швах. Это связано с тем, что при получении сваркой шва, его прочность выше, чем у основного металла, а наличие ДНТ не оказывает критического влияние на прочность соединения.

#### Список литературы

- ГОСТ 6996-66 Сварные соединения. Методы определения механических свойств. – М.: Стандартиформ, 2006. – 44 с.

2. Контроль качества сварки: учебное пособие для машиностроительных вузов / под. ред. В.Н. Волченко – М.: Машиностроение, 1975. – 328 с.
3. Мухелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Изд-во АН СССР. – 1954. – 648 с.
4. Нгуен З.Л. Анализ и разработка метода оценки прочностной надежности сварного соединения с дефектами нетрещиноподобного типа /З.Л. Нгуен, Е.Д. Кожухарь, А.Р. Рубан, Р.В. Гусейнов, И.М. Абачараев // Морские интеллектуальные технологии. - М.: НИЦ «МОРИНТЕХ». – 2019. – № 1 (43), т. 4. – С. 44 – 49.
5. Нгуен З.Л. Определение прочности сварного шва корпуса судна с дефектами нетрещиноподобного типа на основе элементов теории упругости и разрушения /З.Л. Нгуен, Е.Д. Кожухарь, А.Р. Рубан, Р.В. Гусейнов, И.М. Абачараев // Морские интеллектуальные технологии. - М.: НИЦ «МОРИНТЕХ». – 2019. – № 1 (43), т. 4. – С. 37 – 43.
6. Прикладная механика твердого деформированного тела / А.П. Филин. – Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1975. – Т.1 – 832 с.
7. Российский морской Регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Сварка. - СПб.: ФАУ «РМРС», - 2018. - Т.14. - 105 с.

#### **СЕКЦИЯ №9.**

#### **АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10)**

#### **СЕКЦИЯ №10.**

#### **СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)**

#### **СЕКЦИЯ №11.**

#### **ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)**

#### **СЕКЦИЯ №12.**

#### **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)**

#### **СЕКЦИЯ №13.**

#### **ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)**

#### **СЕКЦИЯ №14.**

#### **ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)**

#### **СЕКЦИЯ №15.**

#### **ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)**

# ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СИСТЕМНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН В АЛМАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Шевчук В.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

В алмазодобывающей промышленности горное оборудование наиболее сильно подвержено отказам поскольку эксплуатация происходит шахтным способом в достаточно агрессивных условиях (запылённость, влажность, сильные колебания температуры). Вместе с этим многолетне-мёрзлые породы оказывают дополнительное влияние на бурильные части проходческого оборудования, поскольку нормативных документов по разработке подземных месторождений в условиях многолетней мерзлоты нет и необходимые расчёты по надёжности оборудования производятся на основании производственного опыта. Юридической основой обеспечения промышленной безопасности служит Постановление Правительства РФ от 28.03.2001 № 241 О мерах обеспечения на территории РФ промышленной безопасности опасных производственных объектов (с изменениями от 1 февраля 2005 г. и 22 апреля 2009 г.). Внеплановая остановка технологического процесса в связи с отказами оборудования повышает риск техногенной аварии и влечёт за собой экономические потери. Поэтому обеспечение должного уровня эксплуатационной надёжности электрических машин (ЭМ) горного оборудования является одной из приоритетных задач алмазодобывающего комплекса и требует постоянного совершенствования и применения новых решений. Обеспечить промышленную безопасность опасного производственного объекта, имеющего в своем составе электропривод, возможно на основе обеспечения живучести с применением различных видов резервирования [6-15, 24].

Данная задача является сложной, так как для разных этапов жизненного цикла оборудования характерны разные методы её решения. Одним из решений является поэтапная систематизация данной задачи, охватывающая весь жизненный цикл ЭМ. В алмазодобывающей промышленности задачу обеспечения эксплуатационной надёжности предлагается рассматривать как упорядоченную иерархическую структуру критериев для достижения необходимого уровня надёжности. Существует несколько вариантов представления задачи обеспечения эксплуатационной надёжности электрических машин для алмазодобывающей промышленности — это:

- иерархическая структура, состоящая из мероприятий по техническому обслуживанию, ремонту и диагностике;
- дерево отказов, элементами которого являются отказы ЭМ того или иного горного оборудования.

В данном случае использование системного анализа позволяет решить поставленную задачу вследствие наличия большого количества переплетающихся между собой связей элементов систем, а также определить полный комплекс мероприятий, необходимых для её решения.

Системный анализ - процесс изучения проблемы с целью определения критериев и подцелей, которые позволяют достичь их эффективным способом. Системный анализ нашёл своё применение среди исследования искусственных систем (социальных, технических, экономических и др.), то есть в системах, где важную роль играет человек. Однако наиболее широкое распространение получил в области управления, связанным с принятием и обоснованием решений в проектировании, создании и управлении многокомпонентными искусственными системами [17, 18, 23, 26].

В системном анализе должны соблюдаться следующие правила [23, 19]:

- при принятии решений необходима чёткая формулировка конечных целей;
- анализировать альтернативные способы решения задачи;
- задача должна быть рассмотрена как единая система с возможностью определения последствий частных решений;
- подцели отдельных подразделений не должны противоречить подцелям других.

Методы системного анализа сочетают в себе экспертные знания и формальные методы [23]. Экспертные знания позволяют находить альтернативные пути решения задачи, что позволяет совершенствовать модель принятия решений, однако это может привести и к трудноразрешимым противоречиям. Методы системного анализа делят группы [19]:

- комплексные методы;

- формализованные методы;
- экспертные методы, которые применяют знания экспертов.

Экспертные методы позволяют обеспечить возможность долгосрочного прогнозирования, поскольку отсутствуют дополнительные требования к исходной информации в сравнении с математической моделью, что является главным достоинством при решении задачи обеспечения эксплуатационной надёжности ЭМ в алмазодобывающей промышленности перед остальными группами методов [22]. В связи с большим парком машин в алмазодобывающей промышленности, начиная от конвейеров и заканчивая большими мельницами измельчения и промышленными комбайнами, необходим такой подход системного анализа, процесс которого возможно автоматизировать или представить в виде программного обеспечения [5, 21].

К широко применяемым экспертным методам относят: методы экспертных оценок, методы типа "дерева целей", морфологический метод, методы "мозговой атаки", метод типа "Дельфи", метод типа "сценариев" и другие [19, 22]. Рассмотрим достоинства и недостатки представленных методов применительно к решению проблемы обеспечения эксплуатационной надёжности (табл. 1).

Табл. 1. Достоинства и недостатки группы экспертных методов системного анализа

Название	Описание	Достоинства	Недостатки
Метод "Мозговой атаки"	Применяется для поиска новых решений, их широкое обсуждения и критики. Осуществляется группой экспертов. Метод нацелен на генерацию большого количества решений, в отличие от остальных методов.	Простота; Привлечение нестандартных решений.	Невозможность программной реализации; Необходимы сотрудники, обученные работе в команде.
Метод типа "сценариев"	В данном контексте сценарий - это анализ проблемы, который представляет собой результаты технико-экономического анализа, возможное её решение и является способом первичного ранжирования задачи.	Позволяет получить наглядную картину результатов; Углубленный анализ взаимодействия между критериями развития ситуации.	Не позволяет получить информацию о возможных отклонениях; Трудоёмкость обработки и получения большого количества оценок.
Метод экспертных оценок	Представляет собой различные формы опроса экспертов с дальнейшей оценкой задачи и выбором наиболее предпочтительного варианта.	Позволяет получить количественные оценки при отсутствии статистической информации.	Качество оценок зависит от уровня знаний эксперта.
Метод типа "Дельфи"	Смысл метода: при помощи опросов группы независимых экспертов найти определённо верное решение. Основные особенности: заочность и многоуровневость.	Вырабатывает независимое мнение; Объективно изучает вопрос с разных сторон.	Долгий; Сложная организация.
Методы типа "дерева целей"	Исследуемая задача разделяется на более мелкие подцели и формируется иерархическая структура, называемая деревом.	Повышает эффективность принимаемых решений.	Долгий; Требует больших усилий.

Несмотря на достоинства каждого из методов, их отдельное применение к задаче обеспечения эксплуатационной надёжности ЭМ в алмазодобывающей промышленности затруднительно и не позволяет получить прямого ответа. В исследовании данной задачи лучшим решением является применение метода анализа иерархий (МАИ), который комбинирует в себе достоинства вышеперечисленных методов и, таким образом, устраняет большинство недостатков.

МАИ — это математический инструмент системного анализа для принятия решений в задачах, не имеющих определённо верного решения, и позволяет эксперту, основываясь на личном опыте, знаниях и понимании проблемы, решить её [23]. Смысл метода заключается в получении парных матриц с последующим сравнением по критериям различных групп по смыслу. Эти критерии составляют связанные

между собой уровни иерархии, которые могут группироваться в несвязные множества, и таким образом структурировать сложные задачи. В МАИ входят следующие этапы указанного процесса [2, 21, 16]:

- формирование структуры проблемы со связями ее критериев;
- моделирование критериальных оценок с экспертными предпочтениями;
- синтез правила решения с установленными предпочтениями на альтернативных множествах.

Преимуществами МАИ являются [3, 16, 23, 25]:

- при сравнении экспертом факторов по парам позволяет концентрироваться на конкретной проблеме и исключает необходимость в постоянной проверке групп однородных факторов;
- в случаях, когда необходимо скорректировать факторы, при использовании МАИ пересчитываются только новые значения или же удаляются строки и столбцы, соответствующие изъятым факторам;
- МАИ использует вербально-числовую шкалу Саати, которая позволяет оценивать факторы, выражаемые в разных размерностях;
- МАИ позволяет проверять результаты экспертов на согласованность, что является удобством при автоматизации процесса.

К недостаткам МАИ следует отнести [3, 25]:

- МАИ не позволяет проверить оценку эксперта на согласованность, если критериев больше 15. В таких случаях необходимо дальнейшее разделение на подгруппы;
- оценки являются субъективными, поскольку эксперт опирается исключительно на собственные знания и опыт.

Задача обеспечения эксплуатационной надёжности ЭМ является достаточно сложной и требует от экспертов учитывать мероприятия, которые оказывают как прямое, так и косвенное влияние. Также необходим подбор экспертов с достаточным уровнем знаний в области для получения согласованных оценок.

Для решения проблемы обеспечения эксплуатационной надёжности ЭМ в алмазодобывающей промышленности разработано следующее дерево целей (рис. 1).



Рис. 1. Дерево целей для задачи обеспечения эксплуатационной надёжности электрических машин в алмазодобывающей промышленности. 1.1.1.1. ремонт по техническому состоянию; 1.1.1.2. фирменный метод ТО и ремонта; 1.1.2.1. ТО по событию; 1.1.2.2. ТО по регламенту; 1.1.2.3. ТО по состоянию; 1.1.3.1. соблюдение эксплуатационных режимов; 1.1.3.2. энергосберегающие мероприятия; 1.1.3.3. модернизация оборудования; 1.1.4.1. средства и сооружения для выполнения ТО и ремонта; 1.2.1.1. тестовое диагностирование; 1.2.1.2. рабочее диагностирование; 1.2.1.3. экспресс-диагностирование; 1.3.1.1. параметрическое оценивание надёжности; 1.3.1.2. непараметрическое оценивание надёжности; 1.3.1.3. определение работоспособного интервала времени с заданной вероятностью; 1.3.1.4. определение вероятности работоспособности в определенный интервал времени.

После построения дерева целей экспертами заполняется матрица парных сравнений порядка  $n$  ( $n$  - количество критериев). Такая матрица является квадратной, обратно симметричной с единицами на главной диагонали. Сравнение происходит между критериями в строчках с критериями в столбцах по правилам [1, 16]:

$$a_{ij} = \alpha; a_{ji} = 1/\alpha; a_{ij} = a_{ji} = 1,$$

где  $\alpha$  - оценка эксперта по 9-балльной шкале, где 1 означает равную важность, а 9 - полное превосходство одного критерия над другим.

После получения оценок парных сравнений элементов дерева целей, алгоритм МАИ сводится к следующим этапам [1, 3, 4, 23]:

1. По (1) определяется геометрическая сумма каждой из строк и по (2) их сумма:

$$a_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n x_{ij}} \quad (1)$$

$$\sum a_i = a_1 + a_2 + \dots + a_n \quad (2)$$

2. Рассчитываются компоненты нормализованного вектора (3):

$$V_i = a_i / \sum a_i \quad (3)$$

3. По формуле (4) рассчитывается максимальное собственное значение матрицы:

$$\lambda_{max} = V_1 * R_1 + V_2 * R_2 + \dots + V_n * R_n \quad (4)$$

где  $R_n$  - сумма элементов  $n$  - столбца.

4. После расчёта основных значений матрицы, проводится проверка экспертных оценок на согласованность. Проверка начинается с расчёта индекса согласованности (ИС) по (5):

$$ИС = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

5. Сравнивается значение ИС с величинами средней согласованности (СС), которые были получены в работе [23]. Отношение ИС к СС называется отношением согласованности (ОС) (6):

$$ОС = \frac{ИС}{СС} \quad (6)$$

Значения ИС и ОС допускаются в пределах до 0,1, что говорит о согласованности экспертных оценок [1, 16].

6. Рассчитывается коэффициент относительной важности (КОВ) с помощью которого определяется наиболее важный критерий для решения задачи. Для этого необходимо воспользоваться методом ранжирования, то есть в каждой строке матрицы найти максимальное значение и вычесть его из каждого элемента строки. Далее по (1) и (2) определяется сумма.

7. По (8) рассчитывается КОВ критериев:

$$W_j = \frac{a_i}{\sum a_i} \quad (8)$$

Для решения задачи обеспечения эксплуатационной надёжности ЭМ в алмазодобывающей промышленности согласно дереву целей (рис. 1) от инженеров алмазодобывающего комплекса в г. Мирный (Якутия) были получены экспертные оценки для определения более значимого критерия.

Табл. 2. Матрица парных сравнений критериев 2 уровня по отношению к главной цели.

	1.1.	1.2.	1.3.	КОВ ( $W_j$ )	$\lambda_{\max}$	ИС	ОС
1.1.	1	1/3	3	0,329	3,02	0,01	0,02
1.2.	3	1	6	0,565			
1.3.	1/3	1/6	1	0,106			

Табл. 3. Матрица парных сравнений критериев 3 уровня по отношению к критерию 1.1.

	1.1.1.	1.1.2.	1.1.3.	1.1.4.	1.2.1.	1.3.1.	КОВ ( $W_j$ )	$\lambda_{\max}$	ИС	ОС
1.1.1.	1	1	1	4	1	1/2	0,22	6,4	0,09	0,07
1.1.2.	1	1	2	4	1	1/2	0,206			
1.1.3.	1	1/2	1	5	3	1/2	0,27			
1.1.4.	1/4	1/4	1/5	1	1/3	1/3	0,052			
1.2.1.	1	1	1/3	3	1	1	0,152			
1.3.1.	2	2	2	3	1	1	0,1			

Табл. 4. Матрица парных сравнений критериев 3 уровня по отношению к критерию 1.2.

	1.1.1.	1.1.2.	1.1.3.	1.1.4.	1.2.1.	1.3.1.	КОВ ( $W_j$ )	$\lambda_{\max}$	ИС	ОС
1.1.1.	1	3	4	5	7	9	0,268	6,4	0,08	0,07
1.1.2.	1/3	1	3	4	7	7	0,211			
1.1.3.	1/4	1/3	1	3	4	5	0,176			
1.1.4.	1/5	1/4	1/3	1	3	4	0,163			
1.2.1.	1/7	1/7	1/4	1/3	1	3	0,141			
1.3.1.	1/9	1/7	1/5	1/4	1/3	1	0,042			

Табл. 5. Матрица парных сравнений критериев 3 уровня по отношению к критерию 1.3.

	1.1.1.	1.1.2.	1.1.3.	1.1.4.	1.2.1.	1.3.1.	КОВ ( $W_j$ )	$\lambda_{\max}$	ИС	ОС
1.1.1.	1	1/4	1/5	1/3	2	6	0,187	6,5	0,1	0,08
1.1.2.	4	1	1/3	3	4	8	0,197			
1.1.3.	5	3	1	4	5	9	0,192			
1.1.4.	3	1/3	1/4	1	3	7	0,195			
1.2.1.	1/2	1/4	1/5	1/3	1	6	0,198			
1.3.1.	1/6	1/8	1/9	1/7	1/6	1	0,031			

В табл. 4-6 из критериев 3 уровня рассчитаны векторы КОВ. Для получения общего вектора КОВ необходимо матрицу из трёх векторов умножить на вектор КОВ 2 уровня.

$$\begin{array}{ccccccc}
 0,22 & 0,172 & 0,187 & & 0,189 & 1.1.1. \\
 0,206 & 0,277 & 0,197 & & 0,245 & 1.1.2. \\
 0,27 & 0,268 & 0,192 & 0,329 & 0,26 & 1.1.3. \\
 0,052 & 0,037 & 0,195 & \times 0,565 = & 0,058 & 1.1.4. \\
 0,152 & 0,123 & 0,198 & 0,106 & 0,14 & 1.2.1. \\
 0,1 & 0,124 & 0,031 & & 0,106 & 1.3.1.
 \end{array}$$

Табл. 6. Матрица парных сравнений критериев 4 уровня по отношению к критерию 1.1.3.

	1.1.3.1.	1.1.3.2.	1.1.3.3.	КОВ ( $W_j$ )	$\lambda_{\max}$	ИС	ОС
1.1.3.1.	1	7	2	0,336	3,05	0,03	0,05
1.1.3.2.	1/7	1	1/7	0,068			
1.1.3.3.	1/2	7	1	0,596			

Согласно табл. 2-5 и общему вектору критериев наиболее весомыми являются мероприятия по поддержанию надёжности ЭМ (1.1.3.) при КОВ равном 0,26. Стоит обратить внимание, что критерий «Виды Технического обслуживания и ремонта» (1.1.2.) тоже имеет высокое значение КОВ ( $W_j = 0,245$ ). Это является очевидным, так как своевременная диагностика и ремонт ЭМ позволяют избежать внезапного выхода из строя. 3 уровень дерева целей является промежуточным, в котором были структурированы критерии 4 уровня, что в дальнейшем позволит произвести оценку только тех критериев, которые имеют непосредственное отношение к весовому критерию 3 уровня. Согласно полученному вектору в табл. 7, критерий «Модернизация оборудования» (с КОВ равным 0,596) наиболее сильно влияет на главную цель. Добыча горной породы в алмазодобывающей промышленности г. Мирный происходит шахтным методом в достаточно агрессивной среде. В связи с этим, элементы ЭМ горного оборудования подвергаются постоянному износу даже во время простоя. От повышенной влажности происходит коррозия металлических деталей, которая ухудшает электрические свойства. Из-за повышенной запылённости происходит загрязнение изоляции, что приводит к дальнейшему её пробое, также забивается смазка подшипникового узла, что вызывает быстрый износ. Длительная работа в условиях высокой запылённости приводит к образованию слоя пыли на обмотках, что приводит к повышению температуры выше нормы.

Все оценки экспертов были подвергнуты проверке на согласованность, которая во всех случаях показала значения показателей индекса согласованности и отношение согласованности ниже 0,1. Что говорит о компетентности экспертов и позволяет сделать правдоподобные выводы.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В работе рассмотрено обоснование выбора подхода системного анализа для решения задачи обеспечения эксплуатационной надёжности электрических машин в алмазодобывающей промышленности. Впервые представлена таблица достоинств и недостатков экспертных методов системного анализа для решения данной задачи. В данном случае был выбран метод анализа иерархий, который позволил систематизировать задачу в виде дерева целей, и определить наиболее эффективное решение при наличии нескольких альтернатив. В результате работы можно сделать вывод, что в случае с алмазодобывающей промышленностью необходимо не только усовершенствование системы технического обслуживания и ремонта, но и выполнение модернизации самих узлов наиболее подверженных факторам внешней среды.

Поскольку метод анализа иерархий является универсальным средством, то его целесообразно применять и к другим типам производства. Однако, в этом случае необходимо пересмотреть дерево целей, так как для разного типа оборудования характерны разные критерии.

### **Список литературы**

1. Brunelli M. Introduction to the Analytic Hierarchy Process. New York: Springer, 2015. 83 p.
2. Emrouznejad A., Ho W. Fuzzy Analytic Hierarchy Process. Boca Raton: CRC Press, 2018. 407 p.
3. Evans G.W. Multiple Criteria Decision Analysis for Industrial Engineering: Methodology and Applications. Boca Raton: CRC Press, 2018. 467 p.
4. He M. X., An X. Information security risk assessment based on analytic hierarchy process // Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. 2016. V. 1, no. 3. P. 656-664.
5. Intelligent collaborative support system for AHP-group decision making / G. Kou, X. Chao, Y. Peng, L. Xu, Y. Chen // Studies in Informatics and Control. 2017. Vol. 26, no. 2. P. 131-142. DOI: <https://doi.org/10.24846/v26i2y201701>
6. Odnokopylov G.I., Bragin A.D. Algorithms of fault tolerant control of induction motor electric drive in phase loss operate mode // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON): proceedings, Omsk, May 21–23, 2015. Новосибирск, 2015. P. 1–5.
7. Odnokopylov G.I., Bragin A.D. Fault tolerant vector control of induction motor drive (Article number 012015) // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2014. Vol. 66. no. 1. P. 1–6.
8. Odnokopylov G.I., Bragin A.D. Mathematical model of brushless DC motor in phase loss operation mode // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 698. p. 24–29.
9. Odnokopylov G.I., Rozaev I.A. Fault-tolerant control algorithms of switched-reluctance motor drive in open-phase modes // 2016 The 11th International Forum on Strategic Technology (IFOST): proceedings, Jun 1–3, 2016. Новосибирск, 2016. P. 140–144.

10. Odnokopylov G.I., Rozaev I.A. Fault-tolerant control of switched-reluctance drive in emergency modes // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON): proceedings, May 21-23, 2015. – Омск. 2015. P. 1–6.
11. Odnokopylov G.I., Rozaev I.A. Formation of failure matrix and failure-free control algorithm for multi-sectioned Switched-reluctance drive (Article number 012035) // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2014. Vol. 66. no. 1. P. 1–7.
12. Odnokopylov, G.I., Kumpyak, O.G., Galyautdinov, Z.R., Galyautdinov, D.R. Determination of vitality parameters of protected critical engineering structures under shock-wave loading [Electronic resources] // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering . — 2019. — Vol. 330, № 4. — P. 110-125.
13. Odnokopylov, G.I., Sarkisov, D.Y. Evaluation of breaking load parameters under shock wave loading for critical constructions of oil and gas sector facilities [Electronic resources] // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering . — 2017. — Vol. 328, № 3. — P. 85-95.
14. Odnokopylov, G.I., Sarkisov, D.Y., Butuzov, E.A. Evaluation of survivability degree of responsible building structures under shock wave loading [Electronic resources] // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering . — 2018. — Vol. 329, № 12. — P. 122-135.
15. Odnokopylov, G.I., Shevchuk, V.A., Dementyev, Y.N. Application of system analysis for providing reliability of electrical machines in diamond industry [Electronic resources] // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering . — 2019. — Vol. 330, № 5. — P. 131-140.
16. Saaty T.L., Vargas L.G. Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. Boston: Springer US, 2001. 333 p.
17. Survival analysis of a.c. machines in the diamond industry using the Kaplan-Meier estimator / V.A. Shevchuk, O.P. Muravlev, O.O. Stolyarova // MATEC Web of Conferences. 2017. V. 141. P. 1-4. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201714101033>
18. The use of a special software for induction motor diagnostics in the diamond industry / V.A. Shevchuk, O.P. Muravlev, O.O. Stolyarova, V.P. Shevchuk // MATEC Web of Conferences. 2017. Vol. 91. P. 1-4. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/20179101033>
19. Антонов А.В. Системный анализ. М.: Высшая школа, 2006. 454 с.
20. Гусев В.В., Муравлев О.П., Шевчук В.П. Системный анализ эффективности функционирования электрических машин в горнодобывающем комплексе // Известия Томского политехнического университета. 2009. Т. 314. № 4. С. 74 - 78.
21. Деордица Ю.С. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений. Луганск: ВНУ, 2005. 64 с.
22. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Основы системного анализа. – Томск: Изд-во НТЛ. 2001. 396 с.
23. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархии. М.: Радио и связь, 1993. 320 с.
24. Стекольников Ю.И. Живучесть систем. СПб.: Политехника, 2002. 155 с.
25. Тутыгин А.Г., Коробов В.Б. Преимущества и недостатки метода анализа иерархий // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2010. no. 122. С. 108 - 115.
26. Шевчук В.А., Муравлев О.П. Анализ вероятности безотказной работы электрических машин в алмазодобывающей промышленности // Горное оборудование и электромеханика. 2018. № 4 (138). С. 39-46.

#### **СЕКЦИЯ №16.**

### **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)**

#### **СЕКЦИЯ №17.**

### **ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)**

**СЕКЦИЯ №18.**

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ,СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
КАЧЕСТВОМ(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)**

**СЕКЦИЯ №19.**

**НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)**

**СЕКЦИЯ №20.**

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)**

**СЕКЦИЯ №21.**

**МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08)**

## ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2019 ГОД

### Январь 2019 г.

VI Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием «**Актуальные вопросы технических наук в современных условиях**», г. Санкт-Петербург

Прием статей для публикации: до 1 января 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 февраля 2019 г.

### Февраль 2019 г.

VI Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием «**Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом**», г. Новосибирск

Прием статей для публикации: до 1 февраля 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 марта 2019 г.

### Март 2019 г.

VI Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием «**Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения**», г. Екатеринбург

Прием статей для публикации: до 1 марта 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 апреля 2019 г.

### Апрель 2019 г.

VI Международная межвузовская научно-практическая конференция «**Актуальные вопросы науки и техники**», г. Самара

Прием статей для публикации: до 1 апреля 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 мая 2019 г.

### Май 2019 г.

VI Международная научно-практическая конференция «**Проблемы и достижения в науке и технике**», г. Омск

Прием статей для публикации: до 1 мая 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июня 2019 г.

### Июнь 2019 г.

VI Международная научно-практическая конференция «**Вопросы технических наук: новые подходы в решении актуальных проблем**», г. Казань

Прием статей для публикации: до 1 июня 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июля 2019 г.

### Июль 2019 г.

VI Международная научно-практическая конференция «**Перспективы развития технических наук**», г. Челябинск

Прием статей для публикации: до 1 июля 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 августа 2019 г.

#### **Август 2019 г.**

**VI Международная научно-практическая конференция «Технические науки в мире: от теории к практике», г. Ростов-на-Дону**

Прием статей для публикации: до 1 августа 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 сентября 2019 г.

#### **Сентябрь 2019 г.**

**VI Международная научно-практическая конференция «Современный взгляд на проблемы технических наук», г. Уфа**

Прием статей для публикации: до 1 сентября 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 октября 2019 г.

#### **Октябрь 2019 г.**

**VI Международная научно-практическая конференция «Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития», г. Волгоград**

Прием статей для публикации: до 1 октября 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 ноября 2019 г.

#### **Ноябрь 2019 г.**

**VI Международная научно-практическая конференция «Новые технологии и проблемы технических наук», г. Красноярск**

Прием статей для публикации: до 1 ноября 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 декабря 2019 г.

#### **Декабрь 2019 г.**

**VI Международная научно-практическая конференция «Развитие технических наук в современном мире», г. Воронеж**

Прием статей для публикации: до 1 декабря 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 января 2020 г.

**С более подробной информацией о международных научно-практических конференциях можно ознакомиться на официальном сайте Инновационного центра развития образования и науки [www.izron.ru](http://www.izron.ru) (раздел «Технические науки»).**

**ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**  
**INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE**



**Перспективы развития технических наук**

**Выпуск VI**

**Сборник научных трудов по итогам  
международной научно-практической конференции  
(11 июля 2019 г.)**

**г. Челябинск**

**2019 г.**

Печатается в авторской редакции  
Компьютерная верстка авторская

Издатель Инновационный центр развития образования и науки  
(ИЦРОН), г. Нижний Новгород

Подписано в печать 10.07.2019.  
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 2,9.  
Тираж 250 экз. Заказ № 073.

Отпечатано по заказу ИЦРОН в ООО «Ареал»  
603000, г. Нижний Новгород, ул. Студеная, д. 58.