

16+

Наука, технологии, техника: современные парадигмы и практические разработки

**III МЕЖДУНАРОДНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ФОРУМ МОЛОДЫХ
УЧЕНЫХ
СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ**

**НАУЧНАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ НАУКА**

Наука, технологии, техника: современные парадигмы и практические разработки

**Сборник научных трудов
по материалам III Международного технического форума молодых ученых**

1 февраля 2018 г.

УДК 001
ББК 72

Главный редактор: Н.А. Краснова
Технический редактор: Ю.О. Канаева

Наука, технологии, техника: современные парадигмы и практические разработки: сборник научных трудов по материалам III Международного технического форума молодых ученых, 1 февраля 2018 г., Москва: Профессиональная наука, 2018. - 69 с.

ISBN 978-1-370-44815-9

В сборнике научных трудов рассматриваются актуальные вопросы развития техники, инноваций, машиностроения, строительства по материалам III Международного технического форума молодых ученых **«Наука, технологии, техника: современные парадигмы и практические разработки»**, состоявшегося 1 февраля 2018 г. в г. Москва.

Сборник предназначен для научных и педагогических работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

Все включенные в сборник статьи прошли научное рецензирование и опубликованы в том виде, в котором они были представлены авторами. За содержание статей ответственность несут авторы.

Электронная версия сборника находится в свободном доступе на сайте www.scipro.ru.

УДК 001
ББК 72



- © Редактор Н.А. Краснова, 2018
- © Коллектив авторов, 2018
- © НОО Профессиональная наука, 2018
- © Smashwords, Inc., 2018

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ.5

ГАФАРОВА А.В., ТИМОШИН Д.В., МИХАЙЛЕНКО С. А., ЧАПЛЫГИНА А. А., МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСОВ МОДУЛЕЙ СВЧ И ИХ ПОКРЫТИЙ.....	5
--	---

СЕКЦИЯ 2. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ 12

МУРТАЗИНА А.Р. ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ	12
--	----

СЕКЦИЯ 3. ЭНЕРГЕТИКА.....16

БУБЕНЧИКОВ А.А. МОДЕЛИ РАСЧЕТА СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ И РАБОТА С СЕТЬЮ	16
БУБЕНЧИКОВ А.А. ОБЗОР АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ.....	26
БУБЕНЧИКОВ А.А. ОБЗОР КОМБИНИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ПИТАНИЯ	32
БУБЕНЧИКОВ А.А. ОСНОВНЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В МИРЕ.....	40
БУБЕНЧИКОВ А.А. ПОЛИТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В ЭНЕРГОСИСТЕМУ РОССИИ	46

СЕКЦИЯ 4. МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ 52

ЗАХАРОВА Е.В., АЛЕКСЕЕВА К.В., ЖМАК Е.Г. КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ АЛЮМИНИЙ-ТИТАН, ПОЛУЧЕННЫЙ СВАРКОЙ ВЗРЫВОМ: ФОРМИРОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА В ЗОНЕ КОНТАКТА	52
--	----

СЕКЦИЯ 5. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА..... 60

АВДОНИНА Л.И. ОСОБЕННОСТИ ВЕТРОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ВЫСОТНОЕ ЗДАНИЕ НА ПРИМЕРЕ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА В Г. ЕКАТЕРИНБУРГ	60
---	----

СЕКЦИЯ 1. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

УДК 620.113.412

Гафарова А.В., Тимошин Д.В., Михайленко С. А., Чаплыгина А. А., Материалы для изготовления корпусов модулей СВЧ и их покрытий

Materials for the manufacture of microwave module housing and their coverage

**Гафарова А.В., Тимошин Д. В.,
Михайленко С. А., Чаплыгина А. А.,**
студенты гр. 1В6-М
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)
г. Томск, Российская Федерация
*students 1В6-M group, Gafarova A. V. Timoshin D. V.,
Mihailenko S. A., Chaplygina A. A..
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics;*

Аннотация. В процессе проектирования устройства важным этапом жизненного цикла изделия является внедрение в производство. Для этого необходимо разработать конструкторскую документацию, в которой указываются материалы, покрытия, применяемые при изготовлении. В первой части статьи рассмотрены климатические условия, материалы для изготовления СВЧ корпусов и их покрытия. Во второй части, свойства, материалы, покрытия печатных плат, их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: аттенуатор, алюминий-марганец, покрытия металлические, климатические условия.

Abstract. In the process of designing the device an important stage of the product lifecycle is the introduction into production. To do this, the design documentation, which specifies the materials, coatings used in the manufacture. In the first part of the article the climatic conditions, the materials for the manufacture of microwave towers and cover them. The second property, materials, coating printed circuit boards, their advantages and disadvantages.

Keywords: attenuator, aluminium-manganese, coating of metal, climatic conditions.

Требования к выбору материалов применяемых при изготовлении корпусов модулей СВЧ и их покрытий

Климатические исполнения изделий

В процессе внедрения устройства в производство необходимо произвести выбор сплава. Основными критериями при выборе материала для изготовления корпуса устройства являются: его место размещение, прочностные характеристики и масса изделия. В предыдущей статье был рассмотрен процесс проектирования аттенуатора с

последовательным и параллельным управлением.

Так как разработанное устройство будет применяться в составе лабораторного оборудования, а именно в помещении с умеренной влажностью воздуха и невысокими колебаниями температуры, то согласно ГОСТу 15150-69 [1] (таблица 1, 2) соответствует категории В 4.2.

Таблица 1

Климатические исполнения изделий

Климатическое исполнение изделий	Обозначения		
	русские	латинские	цифровые
Для макроклиматического района с умеренным климатом	У	N	0
Для макроклиматического района с умеренным и холодным климатом	УХЛ	NF	1
Для макроклиматического района с влажным тропическим климатом	ТВ	TH	2
Для макроклиматического района с сухим тропическим климатом	ТС	TA	3
Для макроклиматического района как с сухим, так и с влажным климатом	Т	T	4
Для всех макроклиматических районов на суше кроме района с очень холодным климатом (общеклиматическое исполнение)	О	U	5
Для макроклиматического района с умеренно-холодным морским климатом	М	M	6
Для макроклиматического района с тропическим морским климатом	ТМ	MT	7
Для макроклиматического района как с умеренно-холодным так и тропическим морским климатом	ОМ	MU	8
Всеклиматическое исполнения (изделия, предназначенные для эксплуатации во всех макроклиматических районах на суше и на море	В	W	9

В зависимости от места размещения при эксплуатации в воздушной среде на высотах до 4300 м, в том числе под землей и под водой, корпуса изделий изготавливают по категориям размещения изделий, указанным в табл. 2.

Таблица 2

Категории размещения изделий

Укрупненные категории		Дополнительные категории	
Характеристика	Обозначение	Характеристика	Обозначение
Для эксплуатации на открытом воздухе.	1	Для хранения в процессе эксплуатации в помещениях категории 4.	1.1
Для эксплуатации под навесом или в помещениях, где колебания температуры и влажности несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе (например в палатках, кузовах, прицепах и т. п.).	2	Для эксплуатации в качестве встроенных элементов внутри комплектных изделий категории 1, 1.1, 2.	2.1
Для эксплуатации в закрытых помещениях с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания температуры, влажности воздуха и воздействия песка меньше чем на открытом воздухе (например в каменных, бетонных, деревянных помещениях).	3	Для эксплуатации в нерегулярно отапливаемых помещениях.	3.1
Для эксплуатации в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями (например в закрытых отапливаемых или охлаждаемых и вентилируемых производственных и других помещениях)	4	Для эксплуатации в помещениях с кондиционированным или частично кондиционированным воздухом. Для эксплуатации в лабораторных, капитальных жилых и других подобного типа помещениях.	4.1 4.2
Для эксплуатации в помещениях с повышенной влажностью (например в неотапливаемых и невентилируемых подземных помещениях, в том числе шахтах, подвалах, почве, судовых, корабельных и других помещениях).	5	Для эксплуатации в качестве встроенных элементов внутри комплектных изделий категории 5, конструкция которых исключает возможность конденсации влаги на встроенных элементах (например внутри радиоэлектронной аппаратуры).	5.1

Материалы, применяемые для изготовления корпусов модулей СВЧ

В процессе выбора материала для аттенюатора было необходимо руководствоваться такими характеристиками как место расположения устройства, его прочностные характеристики, вес изделия. Как было сказано в предыдущем пункте, так как изготавливаемое изделие не подвержено воздействию промышленной атмосферы, сильной коррозии и высоким нагрузкам то при выборе покрытия будем руководствоваться следующими условиями.

Основным материалом изготовление корпусов изделий является алюминий, так как технически чистый алюминий (содержание примесей до 0,7 % масс.) отличается высокой химической стойкостью во многих средах. Высокая химическая стойкость алюминия объясняется образованием на его поверхности тонкой, но достаточно плотной окисной пленки. При контакте алюминия с воздухом окисная пленка образуется мгновенно, толщина

этой пленки от 5 до 100 нм.

Легирующие добавки определенных металлов, вводимые в алюминий, с целью повышения его прочностных свойств, оказывают влияние на химическую стойкость образующихся сплавов. Коррозионную стойкость снижают: медь, железо, цинк, свинец. Из всех деформируемых сплавов алюминия самой лучшей коррозионной стойкостью обладают сплавы системы алюминий – магний. Очень хорошей коррозионной стойкостью обладают сплавы алюминий – марганец. Данные сплавы стойки в условиях промышленной атмосферы и морского воздуха.

Алюминий – медные сплавы (содержание меди больше 0,25 % масс.) характеризуются низкой коррозионной стойкостью в среде морского воздуха и промышленной атмосферы и не могут применяться без адекватного защитного покрытия.

Корпуса и комплектующие корпусов радиотехнических изделий, изготавливаемые резанием (фрезерование, точение), при эксплуатации не подвержены значительным механическим нагрузкам. Следовательно, нет необходимости использовать для их изготовления полуфабрикаты (плиты, прутки и т.п.) из сплавов с высокими прочностными свойствами, тем более подверженным различным видам коррозии.

Сплавы марки АМгЗ, АД31 по прочностным свойствам относятся к сплавам средней прочности, проявляет высокую коррозионную стойкость к воздействию промышленной атмосферы. Данные сплавы не склонны к коррозионному растрескиванию, расслаивающей и межкристаллитной коррозии. Данные сплавы удовлетворительно поддаются обработке резанием, свариваются, сварной шов является коррозионностойким.[3]

Сплав марки АМгЗ полностью удовлетворяет нас по всем параметрам и был выбран основным материалом изготовления корпуса аттенюатора.

Покрытия металлические и неметаллические для приборного производства. Требования к выбору покрытий.

Для придания поверхностям деталей функциональных свойств, таких как - износостойкость, электропроводность, паяемость, твердость, светопоглощения, электроизоляции и т.п. корпуса изделий принято покрывать защитными покрытиями. При этом поверхность изделия приобретает структуру, отличную от структуры соответствующих металлов, благодаря чему покрытия могут иметь превосходящие эксплуатационные характеристики.

Покрытия могут быть однослойными, многослойными, сплошными (нанесенными на всю поверхность детали) или локальными (нанесенными только на рабочую поверхность детали).

При выборе покрытия необходимо учитывать:

- назначение и материал деталей;
- геометрию и конфигурацию покрываемых деталей;
- условия эксплуатации и хранения деталей и покрытий;

- стоимость материалов деталей и покрытий;
- влияние покрытий на эксплуатационные характеристики деталей.

Выбор покрытий для аттенюатора был произведен в соответствии ОСТ92-9501-2002 [2] (таблица 3).

Таблица 3

Характеристика и назначение некоторых видов металлических покрытий.

Наименование покрытия и его характеристика		Назначение
1	Медное по обозначению (М...)	В качестве основных не применяются. Хорошее сцепление с металлом.
2	Никелевое по обозначению (Н1...Н18)	Покрытие обладает отличными барьерными свойствами. – придает хорошую поверхностную проводимость детали. – -коррозионно-устойчиво – гальванически можно наносить непосредственно на большинство металлов и сплавов. Применяются: -под сварку и высокотемпературную пайку
3	Никелевое химическое по обозначению (Хим. Н1;... Хим. Н24; ...Хим. Н9 и т.п.)	– обладает лучшими защитными свойствами по сравнению с никелевым (коррозионно-устойчиво) – износостойчиво
4	Никелевое черное по обозначению Нч...	– обладает свето- и теплоотражающими свойствами. – непригодно для работы в вакууме Применяют для повышения теплоотдачи поверхности и для увеличения поверхности.
5	Серебряное по обозначению (Ср3....Ср9)	– обладает лучшей тепло- и электропроводностью – работает в вакууме – пластичное, имеет невысокую твердость, низкие внутренние напряжения – коррозионно-устойчиво Предназначено для: – ВЧ аппаратуры – для контактных узлов.
6	Золотое по обозначению (Зл...)	– обеспечивает поверхностную проводимость – устойчиво во всех средах – обеспечивает низко стабильное сопротивление при малых токах – мягкое, пластичное – имеет низкий износ в вакууме Применяют: – для работы ВЧ аппаратуры – для слабонагруженных контактов – для зеркал
7	Сплавом золото-никель по обозначению Зл-Н(98,5-99,5)....	Покрытие характеризуется: – высокой износостойкостью, повышенной твердостью, пластичность, низкой пористостью – оптимальными условиями трения – более высокой по сравнению с золотом температурой плавления
8	Сплавом олово-свинец гальваническое или наносимое	– хорошо воспринимает вибрацию и ударные нагрузки – незаменимо в качестве низкотемпературного припоя

Наименование покрытия и его характеристика		Назначение
	горячим способом по обозначению О-С(60)...	– коррозионно-устойчиво к воздействию промышленной атмосферы Покрытие применяют: – для монтажной пайки элементов электрической цепи – для придания поверхностной электропроводимости – для контактных устройств и для ВЧ-аппаратуры
9	Хромовое по обозначению Х...	Покрытие : – является одним из самых твердых покрытий – хорошо выдерживает равномерно распределенную нагрузку – имеет высокую коррозионную стойкость – имеет высокую отражательную способность – стоек в термическом отношении – обладает низким коэффициентом трения – не воспринимает пайку и сварку Применяют: – для придания поверхностной твердости – для защиты от износа – в узлах трения – для обеспечения отражательной способности – в качестве защитно-декоративного

Так как изготавливаемое устройство работает в СВЧ диапазоне то рассмотрим покрытия, применяемые для корпусов СВЧ модулей (таблица 4.)

Таблица 4

Покрытия, используемые в ВЧ аппаратуре.

Материал покрываемого изделия		Обозначения покрытия по ГОСТ 9.306	Назначение и свойство покрытия
Медь и медные сплавы		Н1.Ср3 Н1.Ср6 Ср3	Для обеспечения электрических параметров деталей ВЧ-аппаратуры.
		М-0(60)3 М-0(60)9	Для обеспечения электропроводности, рекомендуется для замены серебряных покрытий, для ВЧ-аппаратуры
Алюминий и деформируемые алюминиевые сплавы		Н18.0-С(60)6.опл Н18.0-С(60)9 Хим. Н18.М3.0-С(60)12 Хим. Н18.М3.М-0(60)9 Хим. Н18.М3.М-0(60)12 Хим. Н18.М3.Ср6 Хим. Н18.М3.Ср9 Хим.Окс.з. бесцветное	Для деталей ВЧ-аппаратуры. (выбор покрытия определяется частотными характеристиками).
Литейные сплавы	Латунь	М3.М-0(60)9 М3.0-С(60)9	Для обеспечения электропроводности, для ВЧ-аппаратуры
	Алюминиевые сплавы	Хим.Н18.М3.М-0(60)9 Хим.Н18.М3.0-с(60)9 Хим.Н18.М3.Ср6 Хим.Н18.М3.Ср9	Для деталей из сплава АК7ч(АЛ9) ВЧ аппаратуры

Согласно ОСТ 9501-2002 [2], изделия, эксплуатируемые в легких условиях эксплуатации и хранения, группы 1 (отоплаиваемые помещения, герметичный объем, вакуум и т.д.), алюминиевые сплавы А995, А99, А5, АД1, АМг2, АМг-2С, АМг3, АМг6, АМЦ, а так же высоколегированные коррозионностойкие стали могут применяться без защитных покрытий, поэтому было принято решение не покрывать изготавливаемое устройство.

Согласно рекомендациям по выбору материала для СВЧ корпусов был выбран коррозионностойкий сплав алюминия с марганцем АМг3. В соответствии с отраслевым стандартом на покрытия [2] было установлено, что данный сплав не требует покрытия, поэтому изготовленное покрытие будет использоваться без покрытия.

Библиографический список

1. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.- М.: Станартинформ, 2005.- 54с.
2. ОСТ92-9501-2002 Покрытия металлические неметаллические неорганические для приборного производства. М.: Станартинформ 2002. –140 с.
3. Днепровский С. Пояснительная записка к выбору алюминиевого сплава для изготовления корпусов приборов: статья- Томск, 2011. –3 с.

СЕКЦИЯ 2. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 007.3

Муртазина А.Р. Приложение для эффективного распределения времени

Application for time management

Муртазина Альфия Рустямовна

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии»
Государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)

Гребенников Павел Алексеевич

Магистр
Государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)

Murtazina Alfiya Rustyamovna
Cand. of Eng. Sc., Asc. Prof., Department of Information Technology

A.N. Kosygin Russian State University (Technology. Design. Art)

Grebennikov Pavel Alexseevich

Master

A.N. Kosygin Russian State University (Technology. Design. Art)

***Аннотация.** Эффективное управление временем – это ключ к успеху, особенно в управлении предприятия. На сегодняшний момент данную задачу необходимо решать во всех сферах человеческой деятельности. Однако задача усложняется, если требуется скоординировать действия группы людей.*

***Ключевые слова:** тайм-менеджмент, логистика, Android SDK, диаграмма классов, диаграмма вариантов использования.*

***Abstract.** Effective time management is the key to success, especially in enterprise management. Today this task must be solved in all spheres of human activity. However, the goal becomes more complicated if it is required to coordinate the actions of a group of people.*

***Keywords:** time management, logistics, Android SDK, class diagram, use case diagram.*

В настоящее время сочетание глобализации и внедрения цифровых технологий имеет огромное экономическое влияние и радикально трансформирует среды, в которых работают компании. Эти новшества дают компаниям возможность диверсифицировать свои сети поставок, производства и распределения. Концепция жизненного цикла становится более распространенной в последние годы и позволяет предложить оболочку для системы, объединяющей смежные модули и реализовать коллективный доступ к информации.

Полнофункциональные программные средства для управления проектами позволяют предприятиям эффективно отслеживать финансы, ресурсы и задачи. Поскольку корпорации, имеют большое количество пользователей в своей базе данных, оптимальным является

программное обеспечение для управления проектами, которое предлагает большинство функций по доступной цене, также очень важны для предприятий многофункциональные инструменты отчетности.

Время – одно из самых ценных вещей в жизни, поскольку его невозможно вернуть. Планирование времени позволяет не только повысить производительность, но эффективно распределять ресурсы [1].

Планирование в команде – это процесс создания комплекса согласованных между собой действий, позволяющих команде реализовывать поставленные задачи и достичь намеченных целей. Это довольно обширное понятие, которое подразумевает под собой множество процедур и методик, одной из которых является сетевое планирование [2].

Методы сетевого планирования могут широко и успешно применяются для оптимизации планирования и управления сложными разветвленными комплексами работ, которые требуют участия большого числа исполнителей и затрат ограниченных ресурсов [3].

Методика сетевого планирования находит применение в разных областях: крупных промышленных комплексах, научных исследованиях, конструкторской и технологической деятельности, строительстве и ремонте, логистике. Метод позволяет создавать взаимосвязи между планируемой деятельностью и полученными результатами, делать более точные расчеты по и своевременно производить корректировку, опираясь на план. С помощью описанной модели менеджер определить приоритеты для поставленных задач, контролировать ход выполнения, оценить эффективность, по мере необходимости осуществлять корректировку действий.

В данный момент существует немало приложений, позволяющих распределить нагрузку между членами команды. Они весьма многофункциональны, однако имеют большое количество функций, доступных только при приобретении платной подписки [2].

На основании проведенных исследований, были сформулированы требования к приложению, которое может быть использовано менеджерами логистических компаний для составления эффективного плана работы: поддерживать совместную работу, возможность комментирования, создания отчетов, приоритетов, интегрироваться с календарём и Google Drive. В соответствии с описанными функциональными возможностями были составлены диаграммы классов (рис. 1) и вариантов использования (рис. 2).



Рисунок 1. Диаграмма классов

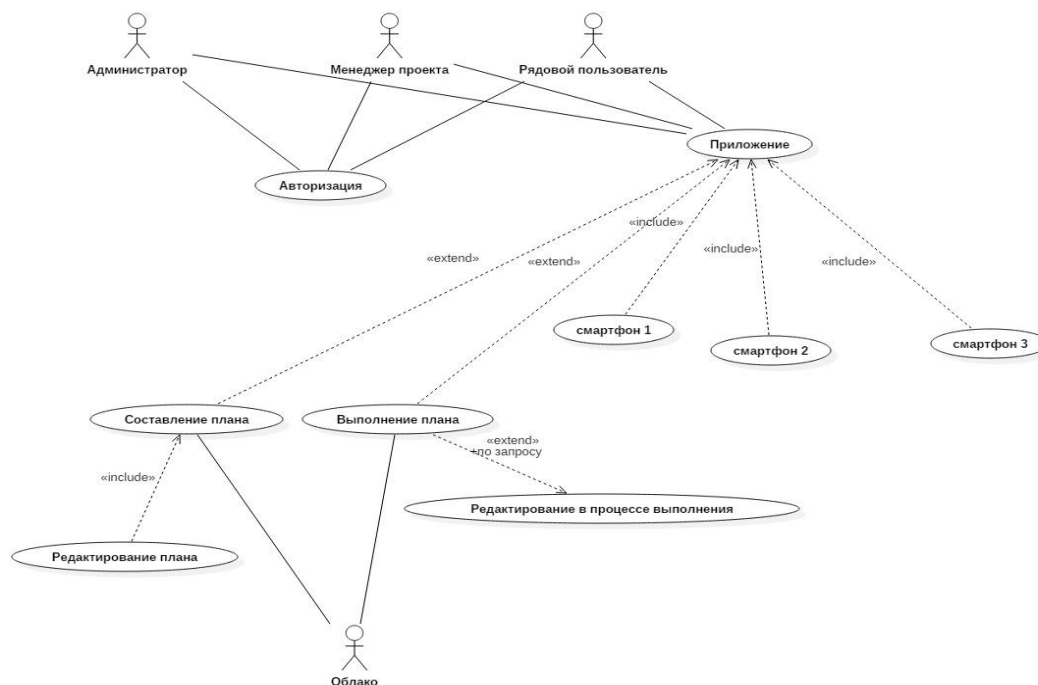


Рисунок 2. Диаграмма вариантов использования

В качестве инструмента реализации выбрана платформа Android SDK [4] и ActiveAndroid для взаимодействия с базой данных.

Библиографический список

1. В.С. Танаев, В.В. Шкурба «Введение в теорию расписаний» (серия «Экономико-математическая библиотека»), Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», М 1975, 256 с.
2. ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «Инновационное развитие лёгкой и текстильной промышленности» (ИНТЕКС-2017) 04-06 апреля 2017 г. Сборник материалов, часть 3, с. 25-26.
3. Сетевое планирование. [Электронный ресурс] URL: <http://upr-proektom.ru/setevoe-planirovanie> (Дата обращения: 27.12.2017)
4. Android SDK. [Электронный ресурс] URL: <http://www.softportal.com/software-9680-android-sdk.html> (Дата обращения: 20.12.2017)

СЕКЦИЯ 3. ЭНЕРГЕТИКА

УДК 620.9

Бубенчиков А.А. Модели расчета систем автономного питания на основе возобновляемых источников энергии и работа с сетью

Models for calculating autonomous power systems based on renewable energy sources and working with the network

Бубенчиков Антон Анатольевич,

Кандидат технических наук, доцент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий, Омский государственный технический университет

Ильчикаев Илья Аркадьевич

Студент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий, Омский государственный технический университет

Гаиров Иван Андреевич

Студент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий, Омский государственный технический университет

Манакова Елена Алексеевна

Студент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий, Омский государственный технический университет

Погорелов Александр Андреевич

Студент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий, Омский государственный технический университет

Бубенчикова Татьяна Валерьевна

Аспирант кафедры Электроснабжение промышленных предприятий, Омский государственный технический университет

Bubenchikov Anton Anatolevich,

Omsk State Technical University

Ilchikaev Ilya Arkadevich

Student, Electricity supply of industrial enterprises,

Omsk State Technical University

Gaibov Ivan Andreevich

Student, Electricity supply of industrial enterprises,

Omsk State Technical University

Manakova Elena Alekseevna

Student, Electricity supply of industrial enterprises,

Omsk State Technical University

Pogorelov Aleksandr Andreevich

Student, Electricity supply of industrial enterprises,

Omsk State Technical University

Bubenchikova Tatyana Valerevna

Graduate student, Electricity supply of industrial enterprises,

Omsk State Technical University

Аннотация. В данной статье были рассмотрены и проанализированы некоторые математические модели автономных энергосистем на базе возобновляемых источников энергии. Были оценены результаты моделирования и расчетов, выяснено, что позволяет рассчитать каждая из математических моделей, и указаны недостатки той или иной модели.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии (ВИЭ), автономная система электроснабжения (АСЭС), математическая модель, система ветрогенерации, ветряная турбина, преобразователь.

Abstract. In this paper, some mathematical models of autonomous power systems based on renewable energy sources were examined and analyzed. The results of modeling and calculations were estimated, it was found out that it allows to calculate each of the mathematical models, and the shortcomings of this or that model are indicated.

Keywords: renewable energy sources (RES), autonomous power supply system (ASPS), mathematical model, wind generation system, wind turbine, converter.

Возобновляемые источники энергии в последнее время активно развиваются и занимают все более важное место в электроэнергетике различных стран. Однако, в настоящее время доля вырабатываемой электроэнергии с помощью ВИЭ (возобновляемые источники энергии) в РФ (Российской Федерации) незначительна. И все же, тенденция к ее развитию наблюдается и в РФ. На данный момент реализованы такие проекты как: фотоэлектрическая станция (ФЭС) – 5000 кВт (с. Кош-Агач, Республика Алтай), ФЭС – 1000 кВт (первая очередь – 4000 кВт) (п. Батагай, Якутия), ВЭС – 550 кВт (о. Беринга), ВЭС – 275 кВт (п. Усть-Камчатск), ветроэнергетическая станция (ВЭС) – 250 кВт (п. Тикси, Якутия) и др. [1].

Системы электроснабжения на базе ВИЭ во многих аспектах считаются на данный момент недостаточно изученными, а внедрение альтернативных источников энергии обуславливается рядом задач, одной из которых является оптимизация автономной системы электроснабжения (АСЭС).

Вышесказанное послужило причиной для посвящения значительного количества работ вопросам моделирования и расчета таких АСЭС. Такие работы стали толчком к созданию специальных программных комплексов для оптимизации АСЭС, например: HOMER – Hybrid optimization modeling software (США), HOGA – Hybrid optimization by genetic algorithm (Испания) [2,3].

С помощью подобных программных комплексов стало возможным моделирование различных систем, однако, многие модели рассчитывались с теми или иными допущениями, что в определенной степени влияло на результаты расчетов. В таких случаях анализ результатов моделирования помогает оценить достоинства и недостатки модели.

Проведем анализ предложенных моделей. В работе [4] представлена модель управления для системы двойного питания (рис. 1), представленная в виде четырехполюсника, одной из ветвей которого является блок ветрогенерации с асинхронным генератором, другая ветвь представляет собой питающую сеть.

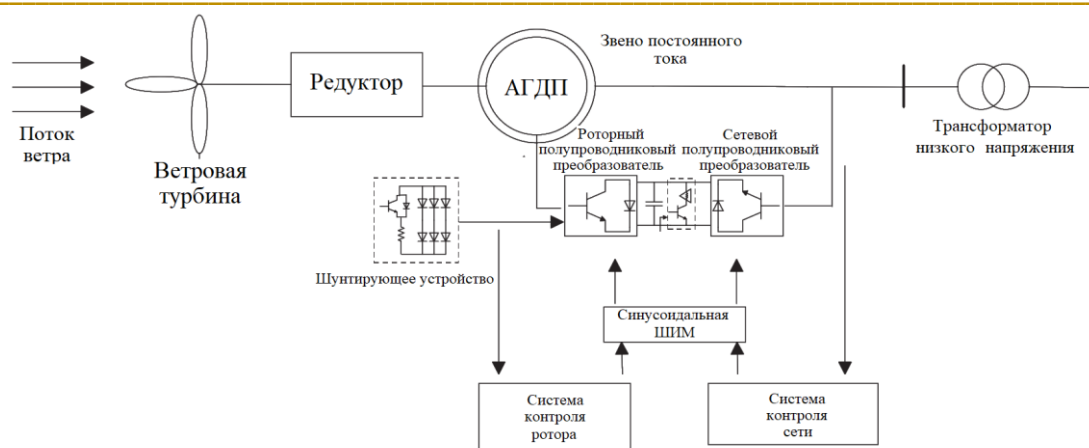


Рисунок 1. Топологическая структура блока ветрогенерации двойного питания где АГДП – асинхронный генератор двойного питания; ШИМ – широтно-импульсный преобразователь.

На основе данной модели были рассчитаны потери мощности в программном комплексе PSCAD/EMTDC, была проанализирована связь ветровой энергии и вырабатываемой при этом электроэнергии, а также построены графики переходных процессов при падениях напряжения.

Характеристика возмущения внутренних контрольных переменных, при условии больших колебаний напряжения сети, а также вырабатываемая мощность блоком ветрогенерации двойного питания показаны на рисунке 2 ниже.

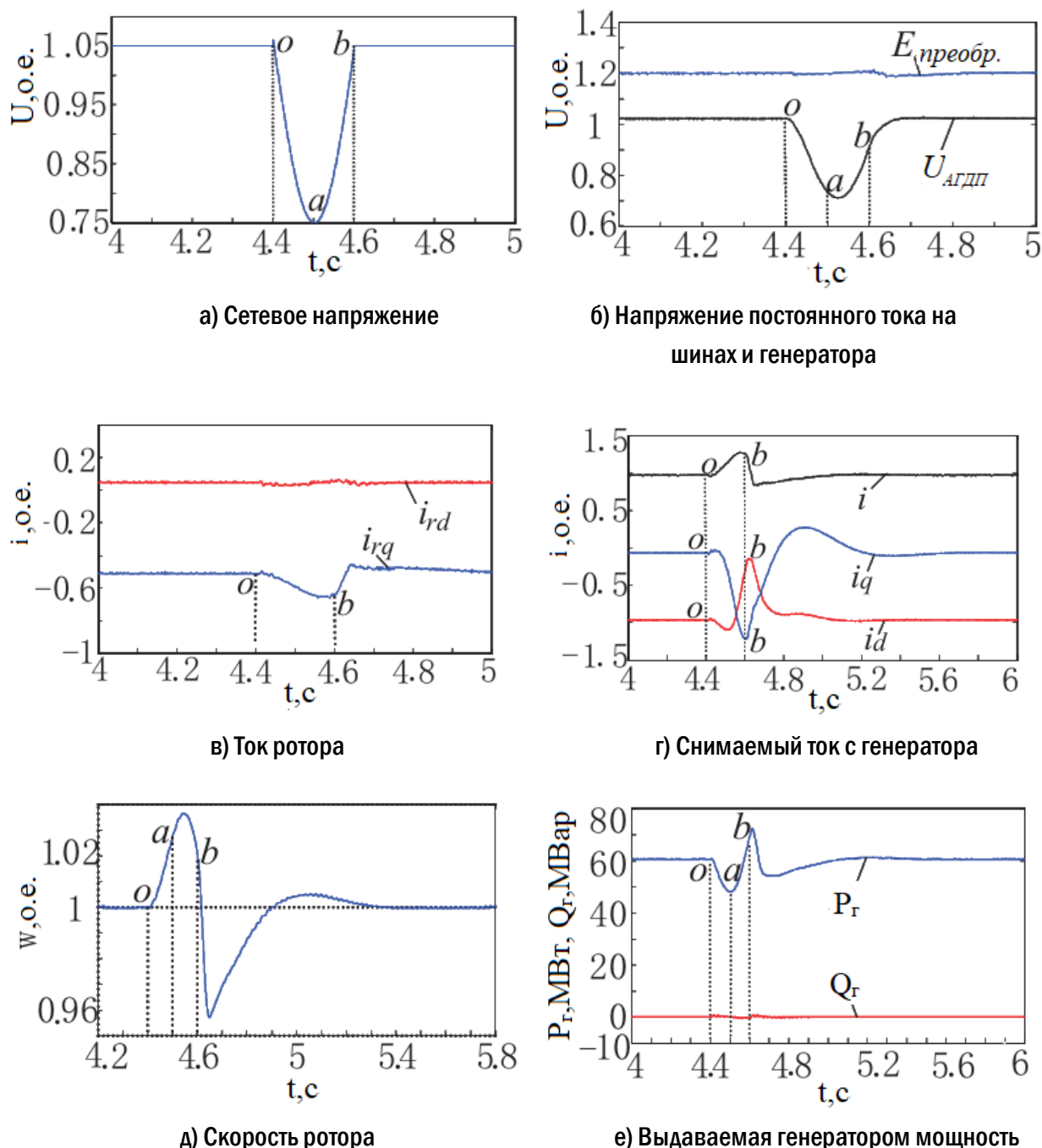


Рисунок 2. Осциллограммы изменения переменных при нарушениях работы (переходных процессах) блока ветрогенерации двойного питания

где U – напряжение; i – ток; w – скорость вращения; P и Q – активная и реактивная мощности; $E_{преобр.}$ – напряжение на шинах постоянного тока; $U_{АГДП}$ – напряжение на зажимах асинхронного генератора двойного питания; i_{rq} и i_{rd} – составляющие тока ротора по осям q и d ; i_q и i_d – составляющие снимаемого с генератора тока по осям q и d ; P_r и Q_r – активная и реактивная мощность, выдаваемая генератором.

Результаты моделирования показывают, что в ситуации просадки сетевого напряжения система контроля ротора и система контроля сети особенно эффективны при поддержании максимальной активной мощности блока ветрогенерации двойного питания. Реактивной мощности – близкой к нулю соответственно. В таком случае блок ветрогенерации двойного питания работает с низкими значениями напряжения и высокими значениями тока. Потери реактивной мощности, резко возросшие в условиях больших токов, приводят к ряду неблагоприятных последствий, таких как нехватка реактивной мощности, колебания напряжения на клеммах асинхронный генератор двойного питания и, как следствие, понижение надежности системы.

Следующая модель – автономная энергетическая система, состоящая из ветровых турбин, дизель-генераторных установок и устройств хранения энергии. Нельзя гарантировать, что ветровая турбина будет обеспечивать номинальную мощность, она может вообще не выдавать мощность, потому что могут наблюдаться дни со скоростью ветра, меньшей, чем скорость ветра ветряной турбины, что не приводит к выработке электроэнергии, или скорость ветра слишком велика, чтобы ветровые турбины были отключены. Поэтому гибридные энергосистемы, параллельная работа блоков возобновляемой генерации с другими единицами генерации, такими как дизельные агрегаты и / или устройства хранения энергии, могут быть выбором электроснабжения для удаленных мест [5-6].

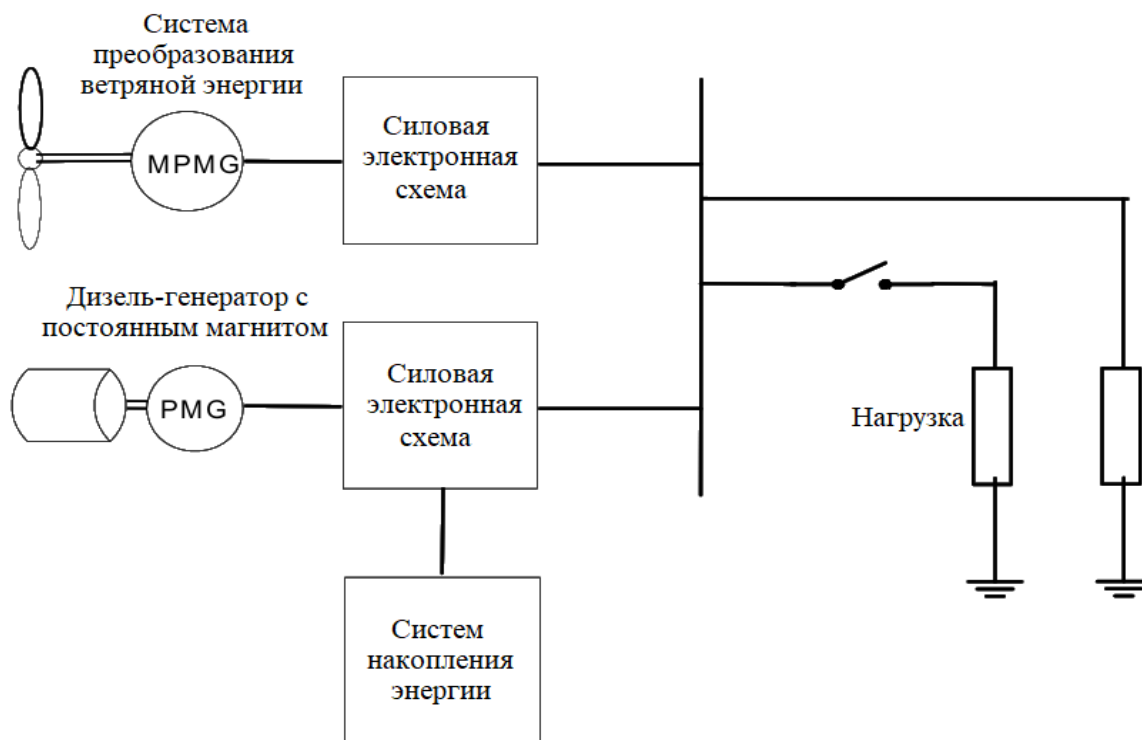


Рисунок 3. Модель автономной энергосистемы на базе параллельной работы ветряной турбины и дизель-генераторов с накопителями электроэнергии

В статье [7] представлена автономная энергетическая система, состоящая из ветровых турбин, дизель-генераторных установок и устройств хранения энергии. Модель была разработана в PSCAD / EMTDC. И ветрогенератор, и дизельный генератор работают с переменной скоростью, чтобы максимизировать захват энергии ветра и минимизировать потребление дизельного топлива.

Тематическое исследование сфокусировано на поведении системы при увеличении нагрузки, что приводит к увеличению уровня загрузки блока генерации дизельного топлива. Перед изменением нагрузки дизельная система работала с определенной скоростью, выраженной в относительных единицах. Затем нагрузка изменяется и наблюдаются переходные процессы. Результаты моделирования представлены на рисунках 4 – 8. Все величины по осям X приведены в относительных единицах.

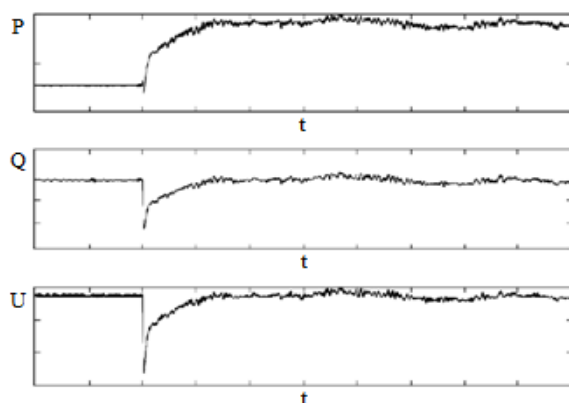


Рисунок 4. P, Q и напряжение нагрузки

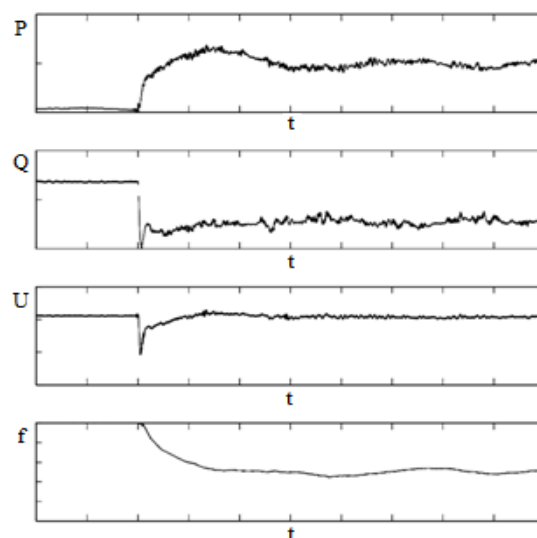


Рисунок 5. P, Q, напряжение и частота переменного тока на зажимах преобразователя напряжения энергонакопительной системы

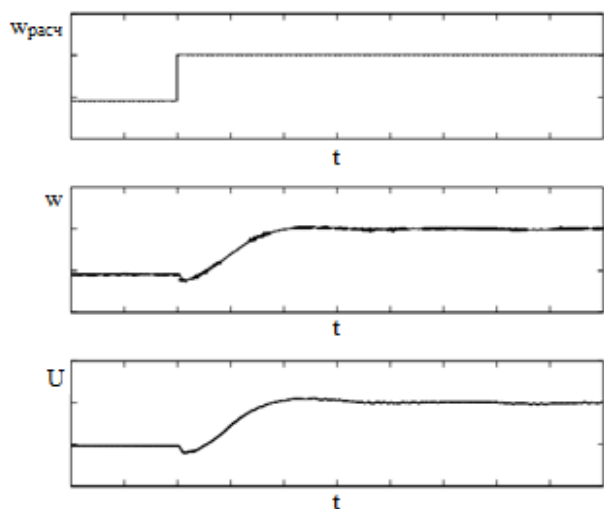


Рисунок 6. Рассчитанная, реальная скорости и напряжение на зажимах дизель-генератора

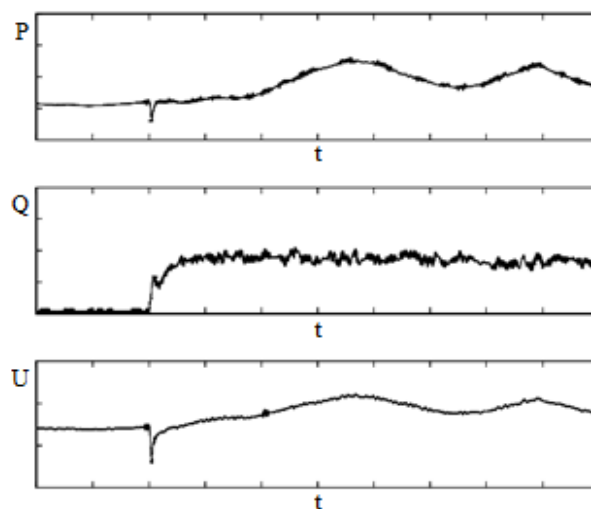


Рисунок 7. P, Q, напряжение на зажимах ветроэнергетической системы

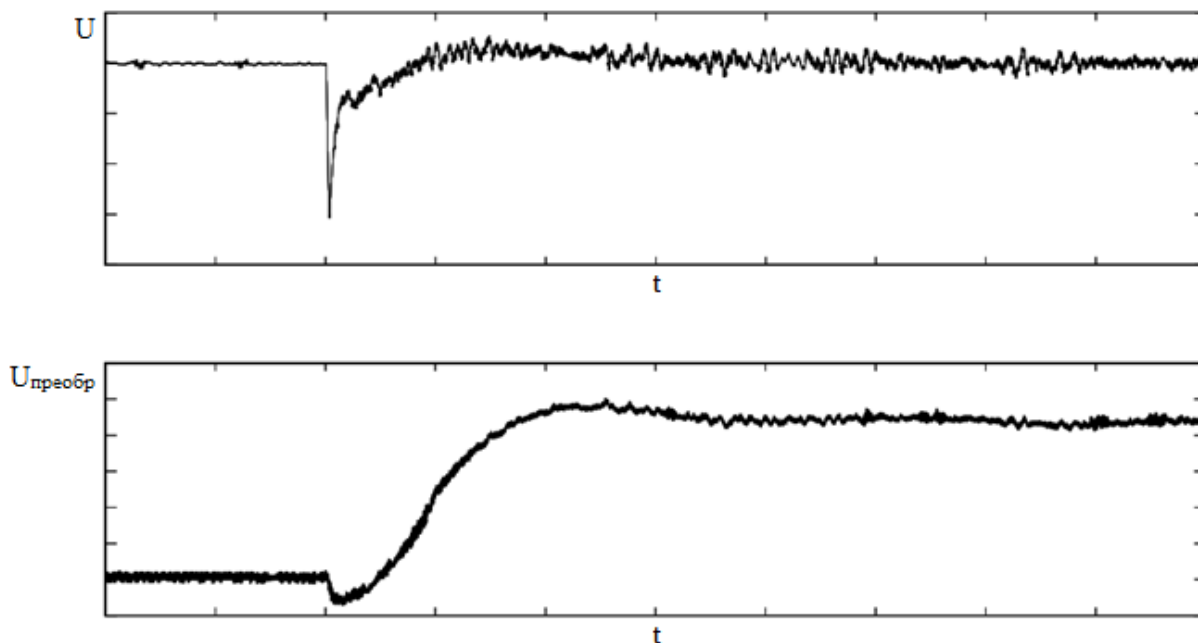


Рисунок 8. Напряжением постоянного тока до и после DC-DC преобразования дизельной системы

Такая модель делает возможным решение задачи оптимизации, а именно, нахождение оптимального соотношения генерирующих мощностей, а также выбора оптимального единичного типоразмера оборудования и установленных мощностей вспомогательного оборудования.

В следующей модели рассматривается метод прогнозирования скорости ветра,

реализуемый нейронной сетью (радиальная базисная функция) для системы ветрогенерации с накопителями энергии маховика.

В статье [8] предлагаемая математическая модель автономной энергосистемы с блоком накопления энергии маховика моделируется в программной среде Matlab / Simulink.

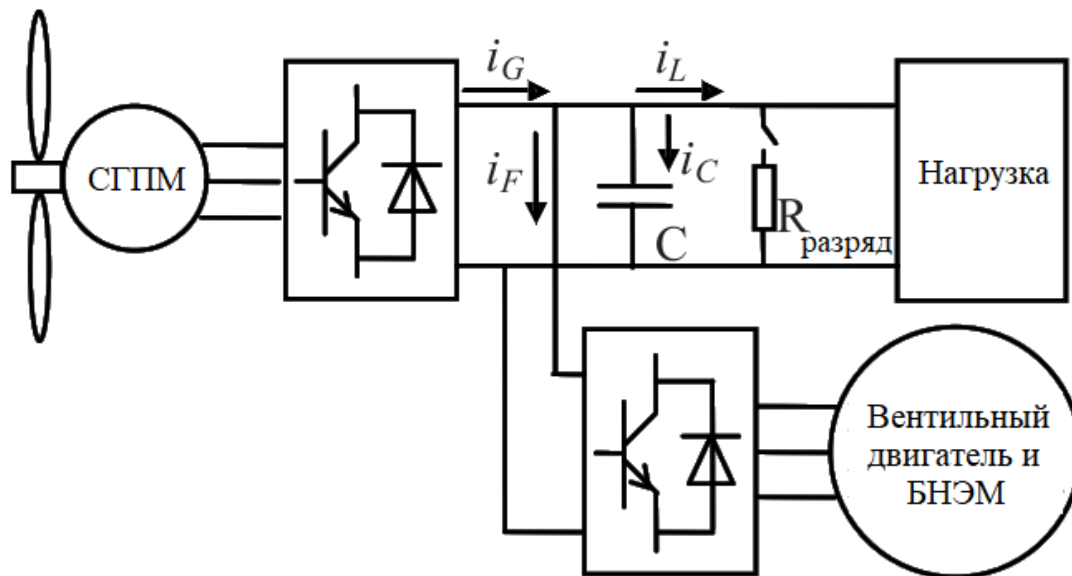


Рисунок 9. Математическая модель системы ветрогенерации с использованием блока накопления энергии маховика

где СГПМ – синхронный генератор с возбуждением постоянными магнитами; БНЭМ – блок накопления энергии маховика; i_C , i_G , i_L , i_F – токи ветви ёмкости, генератора, нагрузки и маховика вентильного двигателя соответственно; C – ёмкость шины постоянного тока.

В данной модели вентильный двигатель и БНЭМ ведет себя как накопитель кинетической энергии. Это способствует балансу генерации/ потребления мощности нагрузкой путем зарядки/ разрядки. Вентильный двигатель с БНЭМ подключается к шинам постоянного тока через преобразователь.

Недостатками данного двигателя является затруднительное регулирование. В результате чего при достижении им предельной скорости возможность регулирования баланса генерации становится односторонней, то есть регулирование возможно лишь на одну конкретную величину. Нейронная сеть осуществляет прогнозирование изменения скорости ветра, что позволяет предугадать необходимое количество запасенной энергии с помощью БНЭМ. Результаты прогнозирования и регулирования необходимой генерируемой мощности и напряжения представлены на рисунке 10-11 ниже.

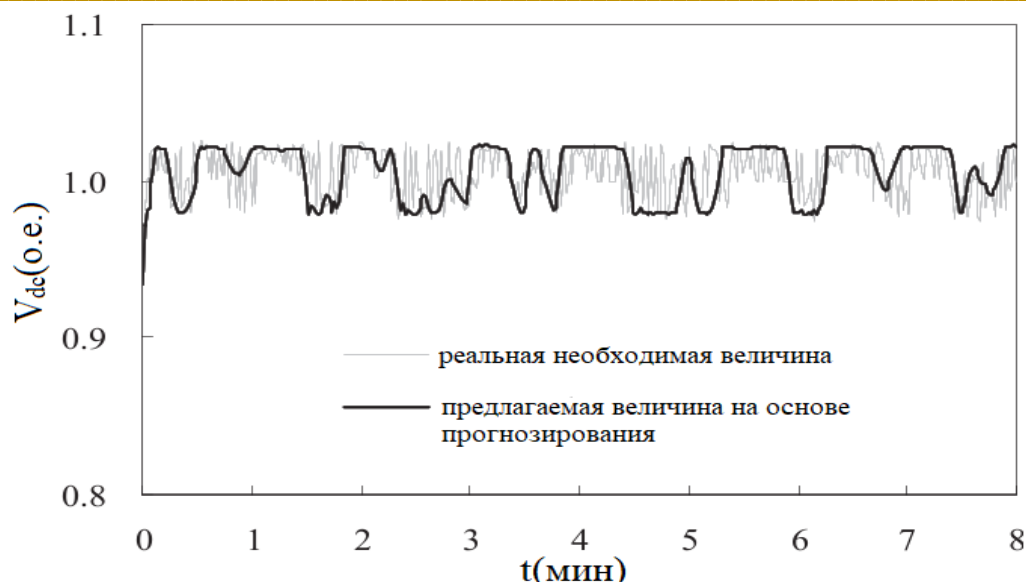


Рисунок 10. График прогнозирования и регулирования напряжения
где V_{dc} – напряжение на шинах постоянного тока в относительных единицах; t – время в минутах.

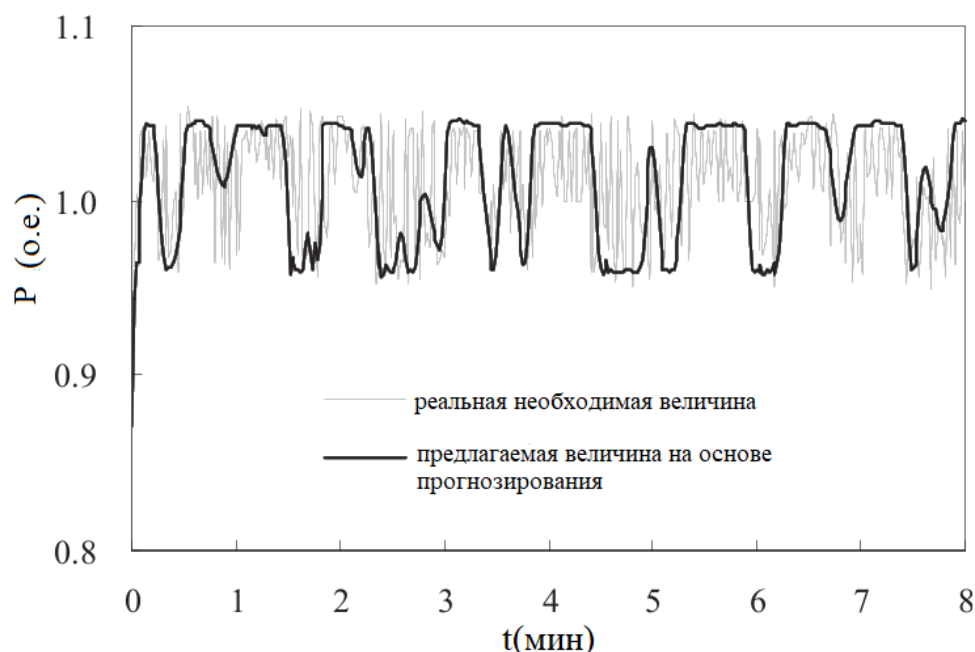


Рисунок 11. График прогнозирования и регулирования генерируемой мощности
где P – генерируемая мощность в относительных единицах; t – время в минутах.

Заключение

Анализ рассмотренных в данной статье математических моделей автономных энергосистем на базе возобновляемых источников энергии позволяет оценить результаты моделирования и расчетов, а также возможность практического применения. Выяснено, что

возможно рассчитать с помощью каждой из математических моделей, и указаны недостатки той или иной модели.

Библиографический список

1. Программа инновационного развития Холдинга ОАО «РАО Энергетические системы Востока» на период до 2015 года с перспективой до 2020 года [Электронный ресурс]. // URL: <http://rao-esv.ru/upload/medialibrary/d95/> (дата обращения: 05.10.2017).
2. HOMER energy [Электронный ресурс]. URL: <https://www.homerenergy.com/> (дата обращения: 05.10.2017).
3. iHOGA software. Software for simulation and optimization of renewable-based electricity supply systems [Электронный ресурс]. URL: <https://ihoga-software.com/en/> (дата обращения: 05.10.2017).
4. Йианлан Шенг. Имитационный анализ характеристик переходных процессов ветроэнергетической системы, подключенной к сети / Йианлан Шенг, Гелан Жу // Материалы X Китайская международная конференция по распределению электроэнергии (CICED 2016) 10-13авг. 2016г, Сиань, Китай.
5. Гхали Ф.М.А. Динамический анализ гибридной ветровой / дизельной системы с трехуровневым инвертором / Гхали Ф.М.А.; Арафах С.Х. // Материалы X Заседание конференции по преобразованию энергии (PCC 2002) 2002, Осака. – с. 727–732
6. Докопулос П.С. Прогнозирование и оценка эффективности ветро-дизельных энергетических систем / Докопулос П.С.; Сарамоуртсис А.К.; Бакиртзис А.Г. // Преобразование энергии. Июнь 1996, Издание 11. – № 2. – с.385–393
7. Ю. Ху. Моделирование частотно-силового управления в автономной системе с ветровыми турбинами и дизель-генераторными установками / Ю. Ху, З. Чен // Материалы X Конференция и выставка по передаче и распределению: Азия и Океания. 2005, Далянь, Китай.
8. Йи Фэн. Моделирование системы ветроэнергетики с использованием блока накопления энергии маховика на основе прогнозирования скорости ветра с помощью нейронной сети // Материалы X Международная конференция по исследованиям и применениям возобновляемых источников энергии 20-23 октября 2013г, Мадрид, Испания.

УДК 620.9

Бубенчиков А.А. Обзор аккумуляторных батарей для автономных электростанций

Battery overview for stand-alone power plants

Бубенчиков Антон Анатольевич,

Кандидат технических наук, доцент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий,
Омский государственный технический университет

Гаилов Иван Андреевич

Студент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий,
Омский государственный технический университет

Манакова Елена Алексеевна

Студент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий,
Омский государственный технический университет

Погорелов Александр Андреевич

Студент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий,
Омский государственный технический университет

Демидова Наталья Григорьевна

Студент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий,
Омский государственный технический университет

Bubenchikov Anton Anatolevich,

Ph.D., Associate Professor, Electricity supply of industrial enterprises,
Omsk State Technical University

Gaibov Ivan Andreevich

Student, Electricity supply of industrial enterprises,
Omsk State Technical University

Manakova Elena Alekseevna

Student, Electricity supply of industrial enterprises,
Omsk State Technical University

Pogorelov Aleksandr Andreevich

Student, Electricity supply of industrial enterprises,
Omsk State Technical University

Demidova Natalya Grigorevna

Student, Electricity supply of industrial enterprises,
Omsk State Technical University

Аннотация. В настоящее время пропаганда альтернативного энергообеспечения как достойная замена традиционным источникам электроэнергии способствует их активному внедрению и распространению. В свою очередь, массовое производство оборудования, входящего в комплектацию альтернативных автономных станций, способствует снижению цен на оборудование и комплекты в целом и стимулирует развитие «зеленых» районов, которые в современном мире не являются новшеством.

Не зависимо от выбранного способа альтернативного энергообеспечения (с помощью ветровых или солнечных станций), для обеспечения бесперебойности электроснабжения, полученную энергию необходимо аккумулировать. В этой статье будут рассмотрены основные типы аккумуляторных батарей, их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: альтернативное энергообеспечение, кислотные АКБ, щелочные АКБ, никель-солевые АКБ, AGM, GEL, FLOODED.

Abstract. *Presently, the promotion of alternative energy supply as a worthy replacement for traditional electric power sources contributes to their active introduction and dissemination. In turn, the mass production of equipment included in the configuration of alternative autonomous stations, contributes to lower prices for equipment and kits in general and stimulates the development of "green" areas, which in the modern world are not new. Regardless of the chosen alternative energy supply method (using wind or solar power plants), to ensure the continuity of electricity supply, the energy received must be accumulated. This article will discuss the main types of batteries, their advantages and disadvantages.*

Keywords: *alternative power supply, acid batteries, alkaline batteries, nickel-salt batteries, AGM, GEL, FLOODED.*

Аккумулятор для солнечных батарей - это устройство, обеспечивающее запас в случае избытка генерируемой электроэнергии и выполняющее функции источника энергии в случае ее дефицита.

На современном рынке представлено три вида аккумуляторных батарей (АКБ): щелочные, никель-солевые и кислотные, которые в свою очередь, подразделяются по технологии изготовления на: AGM, GEL и FLOODED.

AGM-АКБ выполнен по технологии Absorptive Glass Mat. Состоит из электролита и заполнителя-сепаратора, изготовленного из пористого стекловолокна. Сепаратор погружают в электролит и заполняют только мелкие отверстия (крупные остаются незаполненными и выполняют функцию свободной циркуляции газов), лишнюю жидкость удаляют. Дополнительное обслуживание не требуется согласно[3].

Достоинства: абсолютная герметичность, цикличность: переносят 250 – 400 циклов разрядов на 80%; устойчивость клемм к коррозии, независимое расположение при выполнении монтажа (кроме положения «крышкой вниз») не взрывоопасен в случае соблюдения правил заряда; отличная работоспособность при отрицательных температурах (-30 С и ниже); виброустойчивость и, как следствие, длительный срок эксплуатации; цикл заряда AGM-АКБ в 7 раз меньше, чем у свинцово-кислотной АКБ по данным источника [1].

Недостатки: чувствительность к перезарядам.

Технология Gelled Electrolite построена на переводе электролита из жидкого состояния в гель путем добавления оксида четырехвалентного кремния. Газы в этом случае циркулируют в многочисленных порах желеобразного электролита. Батарея абсолютно герметична. В течение всего периода работы АКБ отсутствует необходимость в добавлении воды.

Достоинства: возможность выполнения монтажа АКБ аккумулятора на боковую поверхность и клеммами вниз, устойчивость к глубоким разрядам (переносят 350 – 450 циклов разрядов на 80%); стабильная работоспособность в условиях повышенной влажности, в диапазоне температур +50С(и выше) до -35С (и ниже), а также вблизи чувствительных электронных устройств; длительный период эксплуатации (поскольку применяется материал, способствующий повышению величины емкости АКБ); низкая стоимость по сравнению с другими типами АКБ в одинаковых категориях. Недостатки: имеют худшие показатели

нагрузочных характеристик в сравнении с другими аккумуляторами, особенная чувствительность к перезарядам, как следствие, высыхание электролита; необходимость строгого соблюдения инструкции, указанной в паспорте при осуществлении заряда согласно[2].

Свинцово-кислотные аккумуляторы с жидким электролитом основаны на электрохимических реакциях диоксида свинца и свинца в сернокислотной среде.

При взаимодействии оксида свинца и серной кислоты, возникает разность потенциалов и образуется сульфат. При разряде происходит обратная реакция — диоксид свинца восстанавливается из сульфата и окисленного свинца согласно [3].

Свинцово-кислотная АКБ состоит из корпуса и, помещенных в него отрицательных и положительных пластин-электродов, которые соединены перемычками в блоки (пакеты), как указано в [2]. Сверху она накрыта крышкой, со специально предусмотренными отверстиями для поддержания электролита на нужном уровне (путем добавления воды) по данным [5].

Достоинства: незначительное снижение характеристик АКБ при отрицательных температурах; не высокая стоимость; низкий самозаряд; выносливость.

Недостатки: большой вес и габариты; низкая энергоемкость; необходимость мониторинга температуры электролита; отсутствие возможности хранения (при падении заряда ниже 20% образуются нерастворимые соединения серы, снижающие емкость АКБ); отсутствие возможности прогнозировать срок хранения и последующего использования.

Никель-кадмиевые, литий-ионные и никель-солевые АКБ относятся к щелочным АКБ.

Щелочной никель-кадмиевый аккумулятор представлен в виде окисно-никелевых (положительных) и кадмиевых (отрицательных) электродов, разделенных пластиковыми сепараторами, которые обеспечивают постоянный зазор и свободную циркуляцию электролита между электродами.

Достоинства: диапазон рабочих температур (от -40 до +45 градусов С); сохранение работоспособности после длительной работы или хранения при температуре до -50 С; устойчивость к механическим нагрузкам; стабильная работа после глубоких разрядов, кратковременных замыканий, длительного хранения; исключена возможность мгновенного отказа.

Недостатки: относительно не высокая плотность энергии; эффект памяти; токсичность; сложность переработки; высокий саморазряд батарей.

Литий-ионные аккумуляторы являются одними из самых распространенных в мире. Подавляющее большинство мобильных и портативных электронных устройств, оснащены именно литий-ионными АКБ. Ежегодно их выпускается около 2 млрд штук. 60% мирового производства приходится на Японию по данным[6].

Достоинства: энергоемкость; вариативность исполнения; незначительные потери энергии; легкость в применении.

Недостатки: срок эксплуатации (около двух лет); необходимость встроенной системы безопасности увеличивает стоимость в сравнении с другими типами АКБ на 40%.

Никель-солевые (никель-натрий-хлоридные NiNaCl) АКБ изготовлены из никеля, стали, керамики и поваренной соли по Ni-солевой технологии, как указано в[7].

Достоинства: независимость от температурного режима; высокие показатели цикличности; плавность снижения характеристики ёмкости; высокая энергоемкость; длительный срок эксплуатации и продолжительный срок складского хранения (до 20 лет); абсолютная герметичность; на 100 % пригодны к утилизации; не токсичны по данным[3].

Недостатки: необходимость поддержания рабочей температуры; длительность разогрева; чувствительность к температурным перепадам (могут выдержать не более 50 циклов нагрева и остывания батареи).

При выборе АКБ основным параметром будет являться ее емкость С, определяемая максимальным зарядом, который может принять конкретный аккумулятор и условия эксплуатации (при 0°...+30° аккумулятор работает наиболее оптимально) согласно [2].

Заряд аккумулятора происходит в несколько стадий: - накопления, - поглощения, - поддержания заряда по данным [2].

Для аккумуляторов открытого типа (flooded) предусмотрена дополнительная стадия - выравнивания, которая выполняется по утвержденному графику. В некоторых случаях предусматривается принудительная циркуляция электролита согласно [2].

Выравнивание способствует значительному увеличению срока эксплуатации свинцово-кислотных аккумуляторов (аккумуляторам типа GEL и AGM выравнивание не требуется) за счет перемешивания электролита (поскольку он со временем расслаивается), при этом происходит очистка пластин от сульфатов. В процессе выравнивания необходимо вентилировать помещение согласно [2].

Увеличить суммарную емкость и напряжения аккумулятора можно одним из способов соединения: параллельным, последовательным или параллельно-последовательным по данным [2].

Один блок может включать только идентичные по параметрам батареи (один уровень напряжения, емкости, тип АКБ, один производитель и партия выпуска. Аккумуляторы, соединенные в блоки, в процессе эксплуатации могут разбалансироваться: суммарное напряжение остается на том же уровне, однако, напряжения каждого АКБ в цепи существенно различны. Такая ситуация приводит к недозаряду или перезаряду отдельных АКБ, что в последствии значительно снижает ресурс как отдельных АКБ, так и блока в целом. Для предотвращения таких ситуаций, существуют специальные устройства балансировки,

указанные в [2], но в случае их недоступности, обязательно не менее 1-2 раз в течение года заряжать каждый АКБ отдельно.

Чтобы собрать аккумуляторный блок большой емкости рекомендуется последовательно соединить двухвольтовые блоки большой емкости, которые выпускаются серийно. Согласно [2], ресурс такой сборки значительно выше.

При расчете автономной электростанции согласно источнику [2] необходимо выбрать аккумулятор емкостью, удовлетворяющей желания потребителя, однако глубина разряда не должна превышать 50%.

В период эксплуатации аккумуляторов стоит помнить о том, что разряд батареи током, превышающим допустимый, как указано в [2], приводит к быстрому износу пластин, их преждевременному старению, снижению объема электролита за счёт выкипания.

Факторы, снижающие ресурс АКБ согласно [8]:

1. Перезаряд; (в данном случае целесообразно применять контролер заряда АКБ или зарядное устройство инвертора).

2. Систематический недозаряд: необходимо не менее одного раза в месяц заряжать АКБ на 100%.

3. Глубокий разряд: проблема решается средствами п. 1.

4. Разряд АКБ значительно большими по величине токами: пластины неравномерно изнашиваются по толщине и как следствие, сокращение срока эксплуатации.

5. Заряд АКБ большими токами (более 25% емкости) приводит к высыханию аккумулятора и сокращает срок его эксплуатации. Особенно чувствительны к этому GEL и AGM аккумуляторы.

6. Высокая эксплуатационная температура. Оптимально: 20-25° С.

7. Для восстановления АКБ рекомендуется производить заряд током, равным 1-5% емкости, а затем разряд током до 50% от емкости АКБ, 5-10 циклов.

Главными условиями по выбору аккумуляторов являются:

- стойкость к циклическому режиму работы;
- сохранение работоспособности после глубокого разряда;
- низкий саморазряд аккумулятора;
- устойчивость к нарушению условий заряда и разряда;
- долговечность;
- простота в обслуживании;
- компактность и герметичность (важный критерий для переносных или периодически демонтируемых солнечных батарей).

Заданные условия удовлетворяют аккумуляторы, изготовленные по технологиям AGM. Они привлекательны отсутствием затрат на эксплуатацию и их диапазон емкостей достаточно широк: 1-12000 А • ч, что позволит удовлетворять требования любого потребителя.

Данные АКБ выделяют незначительное количество газа и рекомбинируют кислород по данным [9], следовательно, вода в составе электролита не разлагается и не испаряется.

В автономных системах согласно [10] применяют АКБ преимущественно герметичные и малообслуживаемые, также используются никель-солевые АКБ, обладающие большим ресурсом и предназначенные для циклической работы.

Библиографический список

1. Аккумуляторная батарея/аккумулятор EnerSys PowerSafe 12V125F [Электронный ресурс] // Энергия в Ваших руках URL: http://www.1000va.ru/shop/enersys/powersafe_v_ft_12v125f (дата обращения: 19.03.2017).
2. Аккумуляторы для автономных и резервных систем // solbat. solar battery URL: <http://www.solbat.su/dopobr/batteries> (дата обращения: 10.02.17).
3. Аккумуляторы для солнечных батарей // sozvezdie URL: <http://perepada.net/akkumulyatoy-dlya-solnechnih-battarey> (дата обращения: 10.02.17).
4. Производство свинцово-кислотных аккумуляторов [Электронный ресурс] / Barry P. Kelley // base.safework // URL: <http://base.safework.ru/iloenc?navigator&spack=110LogLength=0&LogNumDoc=857200681&listid=010000000100&listpos=1&lsz=7&nd=857200681&nh=1> (дата обращения: 06.02.2017).
5. Технология производства свинцово-кислотных аккумуляторов [Электронный ресурс] // minizavod.biz URL: <http://minizavod.biz/tehnologii/tehnologiya-proizvodstva-svincovo-kislotnyh-akkumulyatorov-156.html> (дата обращения: 06.12.2016).
6. Li-Ion - достоинства и недостатки, о которых не говорят [Электронный ресурс] // Viadeo URL: <http://www.rb.ru/inform/18007.html> (дата обращения: 24.04.2015).
7. Блок бесперебойного питания Xtender XTM4000-48 [Электронный ресурс] // Solbat. Solar battery URL: http://www.solbat.su/catalog/invertor/xtender/xtm4000_48 (дата обращения: 15.05.2015).
8. Карлашук В.И. Элементы солнечных электростанций // Инженерный вестник. - 2014. - No4. - С. 1-32.
9. Охоткин Г.П. Методика расчета солнечных электростанций // Вестник Чувашиского университета. - 2013. - No3. - С. 222-231.
10. Ададуров Е.А. Аккумулирование энергии возобновляемых источников электрохимическими аккумуляторами. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: естественные науки. - 2004. - №8. - 56-60.

УДК 620.9

Бубенчиков А.А. Обзор комбинированных систем производства энергии для систем автономного питания

Review of combined systems of energy production for autonomous supply systems

Бубенчиков Антон Анатольевич,

Кандидат технических наук, доцент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий,
Омский государственный технический университет

Лебедев Игорь Сергеевич

Студент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий,
Омский государственный технический университет

Погорелов Александр Андреевич

Студент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий,
Омский государственный технический университет

Манакова Елена Алексеевна

Студент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий,
Омский государственный технический университет

Гаилов Иван Андреевич

Студент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий,
Омский государственный технический университет

Bubenchikov Anton Anatolevich,

Ph.D., Associate Professor, Electricity supply of industrial enterprises,

Omsk State Technical University

Gaibov Ivan Andreevich

Student, Electricity supply of industrial enterprises,

Omsk State Technical University

Manakova Elena Alekseevna

Student, Electricity supply of industrial enterprises,

Omsk State Technical University

Pogorelov Aleksandr Andreevich

Student, Electricity supply of industrial enterprises,

Omsk State Technical University

Lebedev Igor Sergeevich

Student, Electricity supply of industrial enterprises,

Omsk State Technical University

Аннотация. В статье рассмотрены работы последних лет по разработке и применению комбинированных систем производства энергии с использованием энергии ветра и солнца. Рассмотрены основные модели гибридных систем производства энергии основанных на применении энергии солнца и ветра. Изучены перспективы развития, надежность, а так же сферы применения комбинированных систем производства энергии. Результаты исследований показали, что разработка гибридных систем производства энергии из возобновляемых источников энергии получила значительное развитие в последнее десятилетие и является перспективным направлением в исследованиях по применению возобновляемых источников энергии.

Ключевые слова: комбинированные системы, гибридные энергосистемы, ветроэнергетические установки, автономные системы, солнечные батареи.

Abstract. The article deals with the work of recent years on the development and application of combined energy production systems using wind and solar energy. The main models of hybrid energy

production systems based on solar and wind energy are considered. Prospects for development, reliability, as well as the application of combined energy production systems have been studied. The results of the research have shown that the development of hybrid systems of energy production from renewable energy sources has developed significantly in the last decade and is a promising direction in research on the use of renewable energy sources.

Keywords: *combined systems, hybrid power systems, wind power plants, autonomous systems, solar batteries.*

Ограниченные запасы нефти и их нестабильные цены значительно увеличили интерес к возобновляемым источникам энергии. Альтернативные источники энергии являются экологически чистыми, доступными и возобновляемыми. Мотивацией использования возобновляемых источников энергии так же является сокращение выбросов CO₂ в атмосферу. Применение возобновляемых источников энергии особенно актуально на изолированных, автономных областях, где отсутствует связь с энергосистемой и доставка сжигаемых источников топлива связана со значительными материальными затратами [2, С. 2].

Сегодня ветровые и фотоэлектрические генераторы применяются в таких сферах как перекачка воды, освещение, электрификация удаленных районов и телекоммуникаций. Для удаленных систем, таких как радиосвязь, спутниковые земные станции или на участках, которые находятся далеко от обычной энергосистемы, гибридные системы генерации считаются предпочтительными [2, С. 5]. В настоящее время автономные солнечные фотоэлектрические и ветровые системы продвигаются в сравнительно больших масштабах, однако, независимо эти системы не могут обеспечить непрерывный источник энергии. Поэтому для каждой из этих систем требуются системы хранения энергии, чтобы удовлетворить потребности в мощности. Обычно системы хранения являются дорогостоящими, и их размер должен быть сокращен до минимума, чтобы система возобновляемых источников энергии была экономически эффективной. Гибридные энергосистемы могут использоваться для снижения требований к хранению энергии, так как уменьшается время перерыва производства энергии [3, С. 461].

Солнечная энергия является наиболее доступным источником энергии. Это также самый важный из нетрадиционных источников энергии, поскольку он является экологически чистым. Поверхность Земли получает от солнечного света мощность 1.2×10^{17} Вт [1, С. 3668]. Энергия, подаваемая солнцем за один час, почти равна объему энергии, требуемой населением в течение одного года. Солнечная энергия непосредственно преобразуется в электрическую энергию солнечным фотоэлектрическим модулем. Фотоэлектрические преобразователи, которые используются сегодня, обычно имеют относительно простое расположение массива солнечных элементов, контроллер заряда, аккумуляторную батарею и инвертор (рис. 1). Такая компоновка удовлетворительна для обеспечения небольшой электрической нагрузки, которая имеет достаточно предсказуемый спрос. Для системы,

предназначенной для использования в условиях концентрированного солнечного света, установка включает в себя устройство фокусировки и охлаждения.

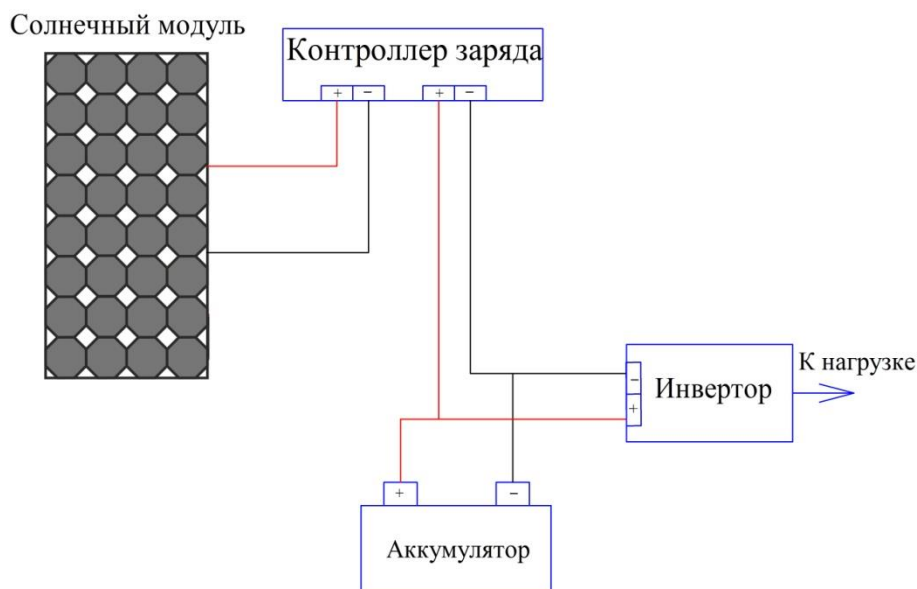


Рисунок 1. Схема работы солнечного преобразователя

Поскольку энергия ветра является наименее дорогостоящим источником возобновляемой энергии, а также совместима с программами сохранения окружающей среды, многие страны способствуют использованию энергии ветра посредством национальных программ и рыночных стимулов. Ветровая турбина захватывает кинетическую энергию ветра в роторе, состоящую из двух или более лопастей, механически соединенных с электрическим преобразователем.

Мощность прямо пропорциональна скорости ветра, так как скорость ветра увеличивает мощность, потребляемую ветровой турбиной. Если скорость ветра находится между номинальной скоростью ветра и скоростью закрутки ветряной турбины, выходная мощность будет равна номинальной мощности турбины. Наконец, если скорость ветра меньше, чем скорость среза или больше скорости закрутки, то из турбины не будет выходной мощности [1, С. 3672].

Водород является наиболее распространенным элементом во вселенной, самым простым химическим топливом, который создает высокоэффективный энергоноситель. Он имеет потенциал для использования в качестве топлива транспортного средства с нулевыми выбросами, обеспечения технологического тепла для промышленного процесса, подачи внутреннего тепла путем совместного производства, содействия производству электроэнергии из централизованных или распределенных энергетических систем и обеспечения среды хранения электроэнергии из возобновляемых источников [7, С. 2811]. Топливный элемент – это электрохимическое устройство, которое непрерывно преобразует химическую энергию

топлива и окислителя в электрическую энергию и тепло, пока топливо и окислитель подаются на электроды. Как и батарея, топливный элемент состоит из пары электродов и электролита (рис. 2).

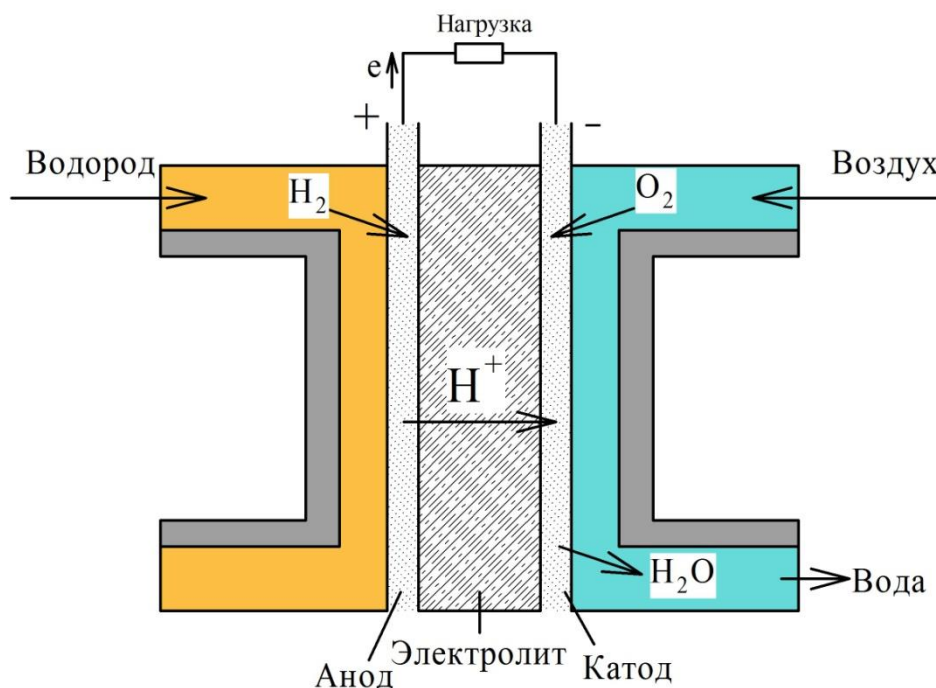
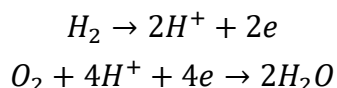


Рисунок 2. Схема работы топливного элемента

В отличие от батареи, элементы, потребляемые во время электрохимических реакций, постоянно пополняются, так что никогда не будет необходимости заряжать ячейку. При подаче водорода на анод, топливо окисляется с образованием электронов, которые проходят через внешний контур. На катоде окислитель уменьшается, потребляя электроны из внешнего контура. Ионы проходят через электролит, чтобы сбалансировать поток электронов по внешней цепи. Химические процессы описываются формулами



Топливный элемент похож на аккумулятор, поскольку он работает по принципу электрохимической конверсии энергии, но существует важная разница в топливной электрохимической батарее, она работает на непрерывной подаче топлива. Таким образом, топливный элемент обеспечивает непрерывное преобразование энергии от химической к электрической форме с очень низким загрязнением и высокой эффективностью, что делает его отличным выбором для хранения электроэнергии. Электроды подключаются снаружи через нагрузку, тем самым завершая электронно-ионный контур [1, С. 3674].

В мире значительное количество деревень никогда не может быть связано с энергосистемой из-за их отдаленности, естественных препятствий или ограничений

окружающей среды. Для людей, живущих в этих областях, доступ к возобновляемым источникам энергии может быть единственным решением удовлетворения энергетических потребностей. Поэтому важную роль играют проектные и эксплуатационные характеристики гибридных энергосистем для небольших микросетей [5, С. 406]. Для удовлетворения постоянных потребностей в нагрузке при различных природных погодных условиях различные источники возобновляемой энергии должны быть интегрированы друг с другом. Кроме того, необходима общая стратегия управления энергопотреблением между источниками энергии в многосистемной энергосистеме. Контроллер должен определять режимы работы для каждой генераторной подсистемы и переключаться с регулирования мощности на максимальное преобразование мощности [10, С. 959].

Кроме того, на стадии разработки должна быть представлена динамическая модель работы различных компонентов этой изолированной системы, а так же работа всей системы в целом в наиболее тяжелых условиях (отсутствие благоприятных погодных условий, неисправность элементов и т.д.) [4, С. 252]. В нескольких работах были описаны результаты динамического моделирования и моделирования гибридной энергосистемы на основе возобновляемых источников энергии. Например, разработана подробная динамическая модель и моделирование гибридной энергосистемы солнечной батареи / ветровой турбины / топливного элемента [2, С. 5]. Типовая схема гибридной установки представлена на рисунке 3.

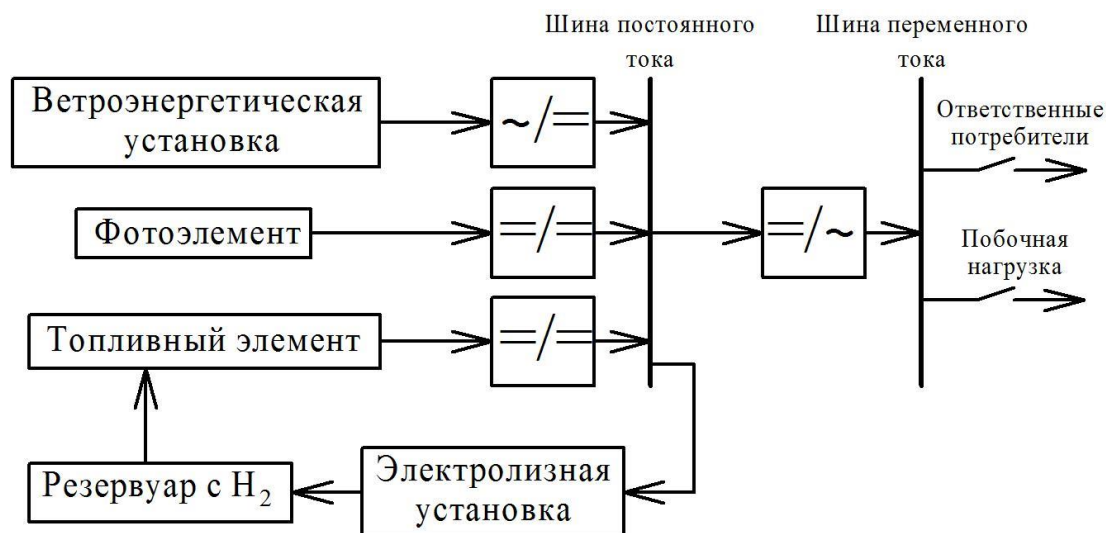


Рисунок 3. Структурная схема гибридной установки

Гибридизация солнечных и ветровых источников энергии вместе с топливным элементом хранения применяется для покрытия периодов времени без солнца или/и ветра, обеспечивая требуемую форму выработки электроэнергии [6, С. 73]. Фотоэлемент и ветроэнергетическая установка используются в качестве источников энергии, выдавая нагрузку в сеть, и при этом осуществляя накопление энергии в топливном элементе. При

недостаточной выработке мощности, покрытие недостающей мощности происходит с помощью топливного элемента. В случае аварийного режима, или дальнейшей нехватки мощности возможно отключение побочной нагрузки для увеличения длительности работы всей системы.

В последнее время все чаще предлагаются модели в которых в качестве источника хранения энергии используются суперконденсаторы [4, С. 253]. Суперконденсатор (ионистор, ультраконденсатор) — электрохимическое устройство, конденсатор с органическим или неорганическим электролитом, «обкладками» в котором служит двойной электрический слой на границе раздела электрода и электролита. По характеристикам занимает промежуточное положение между конденсатором и химическим источником тока. Суперконденсатор представляет собой элемент с двумя электродами, между ними располагается электролит. Electrodes выполнены в виде пластины из определенного материала. Для улучшения электрических параметров суперконденсатора, пластины могут дополнительно покрываться пористым материалом, к примеру, активированным углем. В качестве электролита может применяться неорганическое или органическое вещество.

Для каждой гибридной системы необходима индивидуальная система управления и контроля. Обуславливается это тем, что в зависимости от условий потребления и выработки энергии необходимы различные законы управления системой для сохранения её устойчивости и работоспособности. Цели контроля и управления гибридной энергосистемой состоят в том, чтобы удовлетворить потребностям изменяющейся нагрузки и поддерживать состояние заряда топливного элемента. Для этих целей контроллер должен определять режимы операций для каждой подсистемы генераторов и переключиться с регулирования мощности на максимальное преобразование мощности [8, С. 377]. Для обеспечения большей надежности возможно подключение аккумуляторных батарей или генераторных установок (дизельные, бензиновые генераторы) в качестве источников глубокого резерва.

Оценка надежности очень важна при планировании гибридной энергетической системы для конкретного участка. Надежность оценивается с точки зрения количества прерываний критической нагрузки за определенный период времени; этот выбор обусловлен тем, что надежность системы зависит от сложности самой системы, а не только от количества и частоты отказов ее компонентов [8, С. 381]. В целом, оценка надежности гибридной системы генерации может быть выполнена с помощью следующей процедуры:

- сбор требуемых атмосферных данных, таких как ежечасное солнечное излучение, почасовая температура окружающей среды и почасовая скорость ветра.
- оценка почасовой выходной мощности, доступной для каждого типа источника, с использованием моделей генерации электроэнергии и учитывая графики сбоев, генерируемые случайным образом с использованием отказов единиц.
- получение индекса надежности.

Электроэнергия позволяет человечеству ежедневно выполнять жизненно важные задачи, она является одним из основных энергоресурсов, которые мы используем. До недавнего времени тарифы на электричество в России были достаточно невысокими по сравнению с другими странами, но ситуация в последние годы кардинально изменилась, стоимость услуг повышается с несколько раз в год, что не лучшим образом сказывается на уровне жизни населения. Инновационные гибридные системы электроснабжения стали отличным выходом из сложившейся ситуации, поскольку они позволяют полностью отказаться от услуг ЖКХ не только частным лицам, но и целым производствам. Такие установки полностью обеспечивают строения и производственные мощности всеми ресурсами, необходимыми для их ежедневного полноценного функционирования, однако для энергоемких производств применение таких систем по-прежнему является экономически не целесообразно. Наиболее перспективным является применение гибридных систем для питания собственных нужд удаленных мобильных станций, для создания так называемых домов нулевого потребления.

Ограниченные запасы нефти и их нестабильные цены значительно увеличили интерес к возобновляемым источникам энергии. На конкретном участке это важная экономическая задача для электрификации деревень в сельских районах или телекоммуникаций. Поэтому разработка гибридных систем возобновляемой энергии получила значительный интерес в последнее десятилетие. В любой гибридной системе генерации размер является важной частью этих системных конструкций, включая оптимальные размеры различных возобновляемых источников энергии и систем хранения. Использование гибридной генерации солнечной энергии / ветра и топливных элементов является особенно ярким и актуальным выбором [9, С. 398]. В зависимости от местных интересов и ресурсов можно рассматривать гибридные комбинации энергии ветра, солнечной энергии, геотермальной энергии, гидроэлектроэнергии, приливной энергии, мощности, вырабатываемой биомассой, мощности от сжигания твердых отходов и многих других технологий.

Библиографический список

1. Sandeep K. A Hybrid model of solar-wind power generation system / K. Sandeep, K. G. Vijay // IJAREEIE. – 2013. – P. 3666–3679.
2. Wu Y.K. Review of the Optimal Design on a Hybrid Renewable Energy System / Y.K. Wu, S.M. Chang // ACPEE. – 2016. – P. 2–7.
3. Ben Ali R. Design, Modeling and Simulation of Hybrid Power System (Photovoltaic-WIND) / R. Ben Ali, E. Aridhi, A. Mami // Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (STA). – 2016. – P. 461–467.
4. Sihem N. Dynamic response and efficiency improvement of hybrid autonomous power system / N. Sihem, C. Adnan, B. S. Sami, B. Zafar // Information and Digital Technologies (IDT). – 2017. – P. 252–257.

-
5. Senjyu T. A Hybrid Power System Using Alternative Energy Facilities in Isolated Island / T. Senjyu, T. Nakaji, K. Uezato, T. Funabashi // IEEE Transactions On Energy Conversion. – 2005. – Vol. 20(2). – P. 406–414.
 6. Kellogg W.D. Generation unit sizing and cost analysis for stand-alone wind, photovoltaic, and hybrid wind/PV systems / W.D. Kellogg, M.H. Nehrir, G. Venkataramanan, V. Gerez // IEEE Transactions on Energy Conversion. – 1998. – Vol. 13(1). – P. 70–75.
 7. Khaligh A. Battery, Ultracapacitor, Fuel Cell, and Hybrid Energy Storage Systems for Electric, Hybrid Electric, Fuel Cell, and Plug-In Hybrid Electric Vehicles: State of the Art / A. Khaligh, Z. Li // IEEE Transactions on Vehicular Technology. – 2010. – Vol. 59(6). – P. 2806–2814.
 8. Ahadi A. A stand-alone hybrid renewable energy system assessment using cost optimization method / A. Ahadi, X. Liang // Industrial Technology (ICIT). – 2017. – P. 376–381.
 9. Valenciaga F. Supervisor control for a stand-alone hybrid generation system using wind and photovoltaic energy / F. Valenciaga, P. F. Puleston // IEEE Transactions on Energy Conversion. – 2005. – Vol. 20(2). – P. 398–405.
 10. Wang C. Power Management of a Stand-Alone Wind/Photovoltaic/Fuel Cell Energy System / C. Wang, M. H. Nehrir // IEEE Transactions on Energy Conversion. – 2008. – Vol. 23(3). – P.957–967.

УДК 620.9

Бубенчиков А.А. Основные пути развития ветроэнергетических установок в мире

The main ways of development of wind power plants in the world

Бубенчиков Антон Анатольевич,

Кандидат технических наук, доцент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий,
Омский государственный технический университет

Гаилов Иван Андреевич

Студент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий,
Омский государственный технический университет

Манаква Елена Алексеевна

Студент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий,
Омский государственный технический университет

Погорелов Александр Андреевич

Студент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий,
Омский государственный технический университет

Захаров Андрей Андреевич

Студент кафедры Гидромеханика и транспортные машины
Омский государственный технический университет

Bubenchikov Anton Anatolevich,

Ph.D., Associate Professor, Electricity supply of industrial enterprises,
Omsk State Technical University

Gaibov Ivan Andreevich

Student, Electricity supply of industrial enterprises,
Omsk State Technical University

Manakova Elena Alekseevna

Student, Electricity supply of industrial enterprises,
Omsk State Technical University

Pogorelov Aleksandr Andreevich

Student, Electricity supply of industrial enterprises,
Omsk State Technical University

Zaharov Andrej Andreevich

Student, Hydromechanics and transport machines,
Omsk State Technical University

Аннотация. В статье рассмотрены основные достоинства и недостатки ветровых энергетических установок, основные направления развития и способы решения имеющихся проблем. Описывается сложившаяся ситуация этой индустрии в мире и в России, сколько было выработано электроэнергии за последние года в разных странах при помощи ВЭУ. Приведены основные перспективы, какие ожидаются объемы производства энергии. Описывается какие проблемы имеют место быть в России и почему ветроэнергетика слабо развита. Сделан вывод о необходимости развития ВЭУ.

Ключевые слова: ветроэнергетика, ветровые установки, перспективы развития.

Abstract. The main advantages and disadvantages of wind power plants, main directions of development and ways of solving existing problems are considered in the article. The current situation of this industry in the world and in Russia is described, how much electricity was generated in recent years in different countries with the help of wind turbines. The main prospects are given, what are the expected volumes of energy production. It describes what problems are taking place in Russia and why wind power is poorly developed. The conclusion is made about the need for the development of wind turbines.

Keywords: wind power, wind installations, development prospects.

На данный момент в мире на первых местах стоят такие проблемы как надежность энергоснабжения и ухудшение климатических условий, которые между собой непосредственно связаны. Под изменением климата подразумевается глобальное потепление и последствия парникового эффекта. Атмосфера перегружена двуокисью углерода. В энергетике используются полезные ископаемые, в числе которых на первом месте уголь, газ, нефть, выбросы двуокиси углерода достигает 80% в промышленности. Это связано с необходимостью в удовлетворении потребностей современного мира, которые стабильно растут.

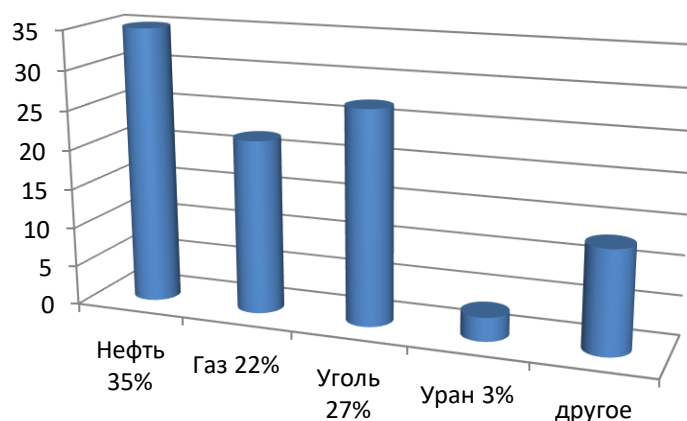


Рисунок 1. Процентное использование полезных ископаемых в промышленности

Возобновляемым источникам энергии уделяют все больше внимания, ветроэнергетика является одним из самых перспективных направлений.

Таблица 1

Достоинства и недостатки ВЭУ

Достоинства ВЭУ	Недостатки ВЭУ
Быстрота установки, легкость в обслуживании, дешевизна эксплуатации	Зависимость от погодных условий, непостоянство выдаваемой мощности
Нет необходимости в специальном оборудовании, значительно меньше потери при передаче энергии.	Высокий уровень шума
Высокая конкурентоспособность в сравнении с традиционной энергетикой	Искажение сигналов телевидения и прочих
Территория вблизи ВЭУ не подвергается негативному воздействию и может быть реализована в сельскохозяйственных целях	Гибель птиц
Окружающая среда не загрязняется ввиду отсутствия выбросов и отходов	Изменения в ландшафте

Выгода от использования ветровой энергетики связана с ценой, поскольку затраты на строительство ветряных станций велики. Но, следует отметить, что стоимость ее эксплуатации ничтожно мала. Срок службы установок составляет около 50 лет [1]. Экологическая и экономическая выгода зависят от правильного расположения. Это требует детального и всестороннего анализа, как финансовых, так и технических аспектов [2]. Технические аспекты ветровой энергии представляют собой трудности планирования и эксплуатации из-за прерывистого и сильно изменяющегося характера ветра. Процентная доля производства энергии ветра возрастает из-за недавних улучшений технологии и эффективности, а также финансовой поддержки правительства. Общественные экологические проблемы также требуют использования энергии ветра в качестве основного заменителя обычной электроэнергии, получаемой из ископаемого топлива. Для обеспечения безопасной и стабильной работы системы должна быть обеспечена достаточная резервная емкость для преодоления ошибок загрузки и возобновления прогноза или неожиданных сбоев генераторов. Когда возобновляемые ресурсы опускаются ниже ожидаемого уровня добычи, следует привлекать резервы быстрого роста. Однако, когда фактическая генерация ветра выше прогнозируемого значения, возникает другое осложнение в плане снижения обычных генераторов. В некоторых энергосистемах операторы должны включать всю доступную энергию ветра [3].

Проблемы базовой теории идеальной ВЭУ: влияние потока воздуха, не прошедшего сквозь ветроустановку; подсос воздуха в разряжение, создающегося за ветроколесом; вращение отходящего воздуха; потери на трение, индуктивные потери; влияние взаимодействия внешнего потока воздуха с внутренним потоком воздуха [4].

В сфере ВЭУ различают вопросы, которым уделяют внимание для развития ветроэнергетики:

- 1) Расположение ВЭУ. Необходимо расширять площадь для ветровых электростанций, причем учитывать характеристики этих участков. Перспективным направлением является расположение ВЭУ на шельфе, но для этого необходимо разрешить проблемы с их эксплуатацией и обслуживанием.
- 2) Прогнозирование ветров для выявления лучших мест для ВЭУ
- 3) Аэродинамические свойства ветряных турбин. Для повышения эффективности генерации энергии.
- 4) Повышение мощности, эффективности и надежности.
- 5) Снижение затрат при эффективной работе
- 6) Интеграция в электросети
- 7) Шумоподавление [5].

Ветроэнергетика и степень ее развития в мире и России

По данным, приведенным в Global Wind Energy Council, ветроэнергетикой было произведено больше 54,6 ГВт энергии в 2016 году. а глобально установленная мощность составила около 487 ГВт. Достижения мирового рынка были рекордными, по сравнению с 2015 годом. Стив Соьер, генеральный секретарь GWEC, дал комментарий: “Wind power continues to grow in double digits; but we can’t expect the industry to set a new record every single year” – степень развития ветроэнергетики измеряется в двухзначных цифрах, однако, не стоит ждать ежегодных рекордов в этой индустрии. «В среднем, индустрия находится в хорошей форме», — отмечает глава GWEC, — Появляются новые рынки в Азии, Африке и Латинской Америке, да и старые рынки, Китай, США, Германия развиваются неплохо» [6].

Китай возглавляет мир по установленной мощности ветра (149 ГВт), а в 2016 году Китай зарегистрировал наибольший прирост в объемах производства энергии в ВЭУ (19,3 ГВт), за которой следуют США (8,2 ГВт), Германия (5,0 ГВт), Индия (3,6 ГВт) и Бразилия (2,0 ГВт) [7].

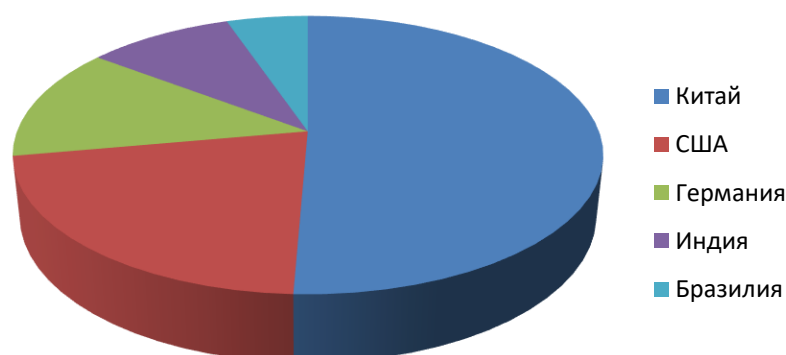


Рисунок 2. Диаграмма прироста производства электроэнергии в ветроэнергетике

Ветер стал важным источником энергии для производства электроэнергии в Европе. В Дании энергия ветра обеспечивала более 40% производства электроэнергии в 2016 году: и ветровая энергия теперь обеспечивает 15% и более электроэнергии, произведенной в Испании, Португалии, Ирландии и Литве. Германия, крупнейший производитель энергии ветра в Европе, в 2015 году получила 12% своей мощности от ветра. Ветер имеет гораздо меньшую долю в США, где в 2016 году он обеспечил более 5% производства электроэнергии; и в Китае, где ветер обеспечивал чуть менее 4% мощности [8].

Если говорить о состоянии ветроэнергетики в России, то по сравнению с развитыми странами, где эта отрасль мощно и стремительно развивается, должного внимания у нас ей не уделяется, несмотря на то, что когда-то отечественная ветроэнергетика была одним из мировых лидеров [9]. Ресурс EWEA предоставляет данные, согласно которым на территории России было произведено только 15,4 МВт за 2015 год, а новые мощности практически не

вводились за эти 5 лет. Это связано в первую очередь с тем, что в нашем государстве большие запасы полезных ископаемых, поэтому развитие ветроэнергетики предоставляется возможным откладывать. Далее, в российской промышленности плохо развиты технологии, которые необходимы для долгого и продуктивного использования ветроустановок [10]. Однако, данной проблеме в нашей стране уделяется все больше внимания.

По данным Global Wind Energy Council мощность ветроэнергетики к 2030 году может достичь до 2110 ГВт и обеспечить до 20% мировой электроэнергии, создавая 2,4 млн новых рабочих мест и сокращая выбросы CO₂ более чем на 3,3 млрд тонн в год. Благодаря резким снижениям цен, в последние годы как для ветровой, солнечной, так и для других возобновляемых источников энергии энергетический сектор осуществим технически и экономически конкурентоспособен.

Глобальный совет по ветроэнергетике (GWEC) опубликовал ежегодный отчет под названием «Global Wind Report: Annual Market update», который отражает не только общее состояние рынка ветровой энергетики, но и прогнозы на 2016-2020 гг, где были опубликованы следующие заключения:

- 1) 19,6% энергии Германия запланировала добывать благодаря возобновляемым источникам энергии к 2020 году, где главной станет ветроэнергетика.
- 2) В Соединенных Штатах Америки не прогнозируется быстрый рост развития ВЭУ, однако они удерживают второе место.
- 3) К 2020 году в КНДР планировался рост установленной мощности до 30 тысяч МВт, тем не менее в этой стране порог в 30 ГВт был перейден еще в 2010 году благодаря быстрому развитию ВЭУ.
- 4) Четвертое место по развитию ВЭУ было отдано Испании, которое уверенно удерживается, однако в 2015 году прироста станций ветроэнергетики не наблюдается.
- 5) GWEC сообщает, что национальный рекорд был установлен Индией, которая ввела 3612 МВт, при этом общая мощность составила 28,7 ГВт

На сегодняшний день перспективность развития ВЭУ никто не ставит под сомнение, это значительно более экономичный и безопасный способ получения электроэнергии. Энергия ветра дает возможность сохранить экологию, упростить процесс обслуживания станций добычи энергии, а также сократить расходы.

Библиографический список

1. Zhiqiang Gao1 An Overview on Development of Wind Power Generation/ Zhiqiang Gao1, Chen Tang1, Xuesong Zhou1 et al. // IEEE 2016 28th Chinese Control and Decision Conference (CCDC). - 2016, P. 435-439
2. Пальчевская Е. С. О преимуществах и недостатках ветроэлектростанций / Е. С. Пальчевская, М. В. Куимова // Молодой ученый. — 2015. — №9. — С. 479-480.
3. Серебряков Р.А. Современное состояние, проблемы и перспективы развития ветроэнергетики / Р.А. Серебряков, С.С. Доржиев, Е.Г. Базарова // Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства. - 2016 - №10-1.- С. 95-102
4. Junshan Zhang. Wind Power Dispatch Margin for Flexible Energy and Reserve Scheduling With Increased Wind Generation / Junshan Zhang, Kory W, Mojgan, Hedayati-Mehdiabadi // IEEE Transaction on sustainable energy - 2015, Volume: 6, Issue: 4, P. 1543 – 1552
5. Gonzalo Abad. New Trends on Wind Energy Generation/ Gonzalo Abad, Jesus Lopez, Luis Marroyo and others // Doubly Fed Induction Machine: Modeling and Control for Wind Energy Generation Applications - 2011, P. 579 – 602.
6. Глобальный Совет по Ветроэнергетике // GWEC [Электронный ресурс] URL: <http://gwec.net/global-figures/wind-energy-global-status/> (дата обращения: 6.10.2017)
7. Итоги развития мировой ветроэнергетики в 2016 // RenEn [Электронный ресурс] URL: <http://renen.ru/global-wind-energy-2016-statistics/> (дата обращения: 6.10.2017)
8. Возобновляемые источники энергии. Ветряная энергия. // ВР[Электронный ресурс] URL: <http://bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/renewable-energy/wind-energy.html> renen.ru/global-wind-energy-2016-statistics/ (дата обращения: 6.10.2017)
9. Грибков С.В. Сценарий развития ветроэнергетики России. Оборудование для ветродизельных и системных сетевых ветростанций // Вести в электроэнергетике. - 2009. - №4. - С.44-50
10. Рогозина Д. А. Проблемы и перспективы развития ветроэнергетических установок в России / Д. А. Рогозина, Т. С. Хворова, Д. М. Жиленко и др. // Молодой ученый. — 2016. — №22.3. — С. 40-43.

УДК 620.9

Бубенчиков А.А. Политические аспекты внедрения ветроэлектростанций в энергосистему России

Political aspects of the implementation of wind power plants in the energy system of Russia

Бубенчиков Антон Анатольевич

Кандидат технических наук, доцент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий,
Омский государственный технический университет

Гаиров Иван Андреевич

Студент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий,
Омский государственный технический университет

Манаква Елена Алексеевна

Студент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий,
Омский государственный технический университет

Погорелов Александр Андреевич

Студент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий,
Омский государственный технический университет

Бобровникова Анастасия Евгеньевна

Студент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий,
Омский государственный технический университет

Bubenchikov Anton Anatolevich

Ph.D., Associate Professor, Electricity supply of industrial enterprises,
Omsk State Technical University

Gaibov Ivan Andreevich

Student, Electricity supply of industrial enterprises,
Omsk State Technical University

Manakova Elena Alekseevna

Student, Electricity supply of industrial enterprises,
Omsk State Technical University

Pogorelov Aleksandr Andreevich

Student, Electricity supply of industrial enterprises,
Omsk State Technical University

Bobrovnikova Anastasiya Evgenevna

Student, Electricity supply of industrial enterprises,
Omsk State Technical University

Аннотация. В работе рассмотрена деятельность России в такой области, как ветроэнергетика. Определено ее место в современной энергосистеме страны. Выявлено, что зачастую ошибочные представления об эффективности ветроэлектростанций негативно влияют на их внедрение. Представлены постановления и федеральные законы, принятые государством для нормирования деятельности в данной области. На основе изученной литературы, авторами предложен ряд мероприятий, которые, по их мнению, положительно повлияют на развитие ветроэнергетики в России.

Ключевые слова: ветровые электростанции, ветроэнергетический потенциал, возобновляемые источники энергии.

Abstract. The paper considers the activities of Russia in the field of wind energy. Definitely its place in the modern energy system of the country. It was revealed that often misconceptions about the effectiveness of wind power plants adversely affect their implementation. Presented are decrees and federal

laws adopted by the state for rationing activities in this area. Based on the literature studied, the authors proposed a number of measures that, in their opinion, will positively affect the development of wind power in Russia.

Keywords: wind power stations, wind energy potential, renewable energy sources.

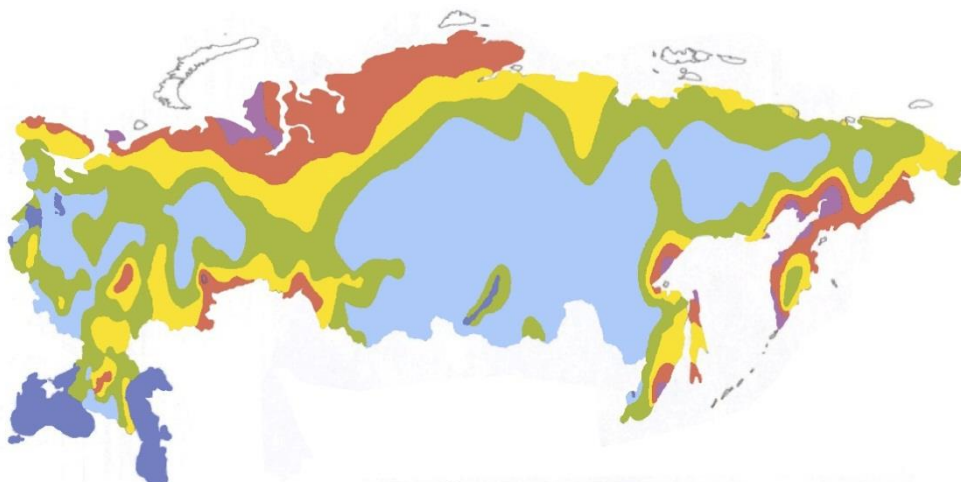
Развитие промышленности, сельского хозяйства и других отраслей требует качественного и надежного обеспечения электроэнергией. В то же время в нашей стране существующие системы электроснабжения значительно устарели, при их модернизации все чаще обращают внимание на альтернативные способы обеспечения электрической энергией. Альтернативные источники в большинстве случаев подразумевают локальную генерацию, что, несомненно, менее выгодно в сравнении с крупными электростанциями. Тем не менее, стоит учитывать существенные технологические потери электрической энергии, которые возникают при передаче её на большие расстояния. Большая протяжённость и наличие множества элементов в цепи при передаче электроэнергии снижают общую надёжность электроснабжения, а также увеличивают его стоимость.

Один из множества возможных способов выхода из данной ситуации - применение собственных систем генерации электрической энергии. К одному из таких видов энергии можно отнести энергию ветра. Как известно ветер имеет ряд преимуществ, обусловленных его природой: в дневные часы его можно чаще наблюдать, чем в ночные. А в зимнее время года в большинстве регионов сила ветра выше, чем в летний.

Сейчас энергия ветра практически не генерируется в энергосистему России, при этом рынок в области ВИЭ значительно отстает от зарубежных. У нас в стране за последние годы построили лишь несколько ветровых электростанций (ВЭС) с установленной мощностью более 1 МВт. По данным отчета [1, с. 4], установленная мощность ВЭС на территории России к середине 2016 г. составляет 11 МВт (без учета ветропарков в Крыму). При этом наше государство практически не имеет опыта работы с ВЭС мегаваттного класса. Стоит также обратить внимание, что для большинства из установок требуется капитальный ремонт.

Исходя из опыта развития ветроэнергетики в стране стало понятно, что часто ее развитие тормозят неправильные представления о ветроэнергетическом потенциале (ВЭП). Так, согласно [2, с. 131] характерные значения удельной мощности ветра, рассчитанные по методике WASP, в большинстве регионах России на высоте 50 м не превышают 150–200 Вт/м² (рис. 1). Эти данные позволяют говорить об эффективном использовании ВЭУ суммарной установленной мощности не более 4 – 5 ГВт в основном в районах с малым населением и, соответственно, с трудностями передачи и сбыта электроэнергии. Отсюда, можно сделать выводы о неэффективности использования ВЭС в России. В то же время, в работе [3, с. 20] расчеты, проводимые по данной методике, подвергаются критике. Они не

учитывают таких факторов как: годовые и суточные характеристики ветра; данные ВИК по высотам превышающим 20-30 метров; данные метеорологических и аэрологических станций России и бывшего СССР.



а

	Закрытая местность Sheltered terrain		Открытая местность Open plain		Морской берег Sea coast		Открытое море Open sea		Холмы и горы Hills and ridges	
	m/s	W/m ²	m/s	W/m ²	m/s	W/m ²	m/s	W/m ²	m/s	W/m ²
	> 6.0	> 250	> 7.5	> 500	> 8.5	> 700	> 9.0	> 800	> 11.5	> 1800
	5.0-6.0	150-250	6.5-7.5	300-500	7.0-8.5	400-700	8.0-9.0	600-800	10-11.5	1200-1800
	4.5-5.0	100-150	5.5-6.5	200-300	6.0-7.0	250-400	7.0-8.0	400-600	8.5-10	700-1200
	3.5-4.5	50-100	4.5-5.5	100-200	5.0-6.0	150-250	5.5-7.0	200-400	7.0-8.5	400-700
	< 3.5	< 50	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 7.0	< 400

б

Рисунок 1. Скорости и удельные мощности ветра, рассчитанные по методике WASP для территории России для высоты 50 м. Распределение по карте (а) и поясняющая таблица (б).

Приведем еще один пример негативного воздействия ошибочных представлений об эффективности повсеместного использования ВЭС. Принятое в 2012 году ПП РФ № 449 по развитию возобновляемых источников энергии в России, в качестве достаточного целевого показателя для ВЭС, которые финансирует государство, обозначен явно заниженный, как показано в работе [3, с. 21], коэффициент использования номинальной мощности ВЭУ, равный 27% (хотя в современных ВЭС он может достигать 35–40%). В результате такого занижения, расчетная себестоимость электроэнергии будущих российских ветроэлектростанций увеличивается, что повлечет рост тарифов.

Несмотря на это, в последние годы, следуя мировым тенденциям, Правительство РФ произвело первые шаги в направлении ускорения развития ВЭУ и сформулировало роль государства в осуществлении поддержки, которые законодательно закреплены. На основе поправок, внесенных Федеральным законом № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» от 4.11.2007 г.

была создана ассоциация «НП Совет рынка». Она участвует в создании правил для различных рынков электроэнергии и мощности; утверждает и разрабатывает: регламенты оптового рынка; Договор о присоединении к торговой системе оптового рынка; ведет реестр субъектов оптового рынка (в том числе и ветроэнергетических объектов), осуществляет разрешение споров на рынке.

Даже в упомянутом Постановлении № 449 были сформулированы требования, предъявляемые к механизмам работы с объектами ВИЭ, нормам и стандартам по развитию ветроэнергетики в стране. Через некоторое время, после принятия закона в него начали вводиться. По 449 постановлению вводились различные поправки и распоряжения, рассчитанные на изменение некоторых норм. После этого, в 2016 году, увидело свет Распоряжение Правительства от 01.08.2016 г. №1634-г «Схема территориального планирования Российской Федерации в области энергетики». Этот документ предполагает, что до 2030 в нашей стране будет построено 15 ветроэлектростанций суммарной мощностью 4500 МВт (табл. 1).

Таблица 1

Целевые показатели объемов ввода установленной мощности генерирующих объектов
(в МВт)

Год	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
На основе энергии ветра	200	400	500	500	500	500	500	150,2

Еще одним важным вопросом является локализация ветроэнергетического оборудования в России. Эта деятельность направлена на увеличение производственных мощностей на территории страны и открытие новых научно-исследовательских центров. Целевые показатели по этому процессу представлены в Распоряжении Правительства РФ от 28.07.2015 г. №1472-р.

В тоже время, ряд экспертов считают, что существует необходимость решения некоторых финансовых барьеров, например, через увеличение инвестиций ветроэнергетической отрасли или наращивание государственного финансирования. В первом случае улучшение ситуации можно достигнуть, либо за счет увеличения инвестиционной привлекательности проектов (с привлечением зарубежным специалистов и инвесторов), либо за счет уменьшения процентных ставок при получении различных кредитов (при этом стоит учитывать основные экономические риски). Второе – увеличение финансирования государством – является одним из возможных вариантов, однако, этот процесс должен быть прозрачно и эффективно реализован.

Также правительству стоит произвести обновление, а в некоторых случаях замену существующих нормативных документов и стандартов, которые оказывают влияние на

внедрение ВИЭ, при этом необходимо учитывать стандарты международной электротехнической комиссии (IEC). Приведем, для примера, земельное законодательство, необходимо понимать, что его изменение под нужды ветроэнергетики – слишком сложный процесс, однако, значительные территориальные ресурсы нашей страны создают возможность для расширения деятельности инвесторов во многих регионах, где находится больше свободных площадей и существует дефицит электроэнергии. Подобная стратегия поможет создать в стране конкурентную среду между регионами, а это позволит в целом увеличить инвестиции в проекты, связанные с ветроэнергетикой. Еще одно эффективное мероприятие – доработка государственного территориального планирования, при этом ветроэлектростанции будут строиться там, где это действительно необходимо и обоснованно. На данный момент существует схема территориального планирования, которая включает проекты ветроэлектростанций мощностью 100 МВт и выше, однако, ее стоит доработать и внести данные о ВЭС малой и средней мощности. В случае возникновения административных барьеров в одном регионе такое планирование позволит перенести станцию в другой, с более благоприятными условиями.

Сейчас, темпы роста ветроэнергетической отрасли в РФ существенно отстают от стран с развитым ветроэнергетическим рынком. Несмотря на это, результаты последних конкурсных отборов говорят о положительной динамике, которая создаст необходимый фундамент для строительства на территории страны ветроэлектростанций, общая мощность которых составит 700 МВт. Стоит отметить, что для вывода ветроэнергетики России на мировой уровень, необходимо ввести в работу значительные объемы мощностей. Потенциал, заложенный в ветроэнергетических ресурсах нашей страны огромен, ведь она обладает огромным экономическим и техническим потенциалом энергии ветра – 16500 ТВт·ч/год [1, с. 17]. Часть причин, из-за которых эти ресурсы до сих пор не используются, описаны в работе. Тем не менее, со стороны Государства и бизнеса возрастает интерес к строительству новых объектов на основе ветровых и других ВИЭ.

Библиографический список

1. Перспективы ветроэнергетического рынка в России: Исследование / Фонд имени Фридриха Эберта; Всемирная ветроэнергетическая ассоциация; Штефан Гзенгер, Денисов Р.С. – 2017. – 29 с.
2. Старков А.Н. Атлас ветров России / Старков А.Н., Безруких П.П., Буш Н., Ландберг Л. – М.: “Можайск-Терра”, 2000. – 558 с.
3. Николаев В.В. Обоснование параметров ветродизельных энергокомплексов с учетом местного ветропотенциала и графиков нагрузки: дис. ... канд. тех. наук: 05.14.08: защищена 06.09.2016/ Николаев Василий Владимирович. – М., 2016. – 147 с.

4. Моренко К. С. Ветроэлектрическая установка с двухроторным генератором и стабилизацией частоты выходного напряжения: дис. ... канд. тех. наук: 05.14.08: защищена 11.11.2014/ Моренко Константин Сергеевич - Ставрополь: СевКавГТУ., 2014. – 159 с.
5. Арбузов Ю.Д. Ресурсы и эффективность использования ВИЭ в России / Безруких П.П., Арбузов Ю.Д., Борисов Г.А. – СПб.: Наука, 2002. – 320 с.
6. Николаев В.В. К вопросу о перспективах и проблемах развития в России энергетических микросетей на основе ветродизельных комплексов / Николаев В.В., Харченко В.В. // Сб. трудов международной научно-практической конференции «Современные концепции научных исследований», часть 1, 2015. Евразийский союз ученых, Москва, 30-31 января 2015. – 2015. – № 1. – С. 75-79.
7. Безруких П. П. Концепция использования ветровой энергии в России / Под ред. д.т.н. Безруких П. П. // Комитет Российского Союза научных и инженерных общественных организаций по проблемам использования ВИЭ. – М., 2005. – 128 с.
8. Ганага С.В. Ветроэнергетические ресурсы России и перспективы их освоения / Ганага С.В., Кудряшов Ю.И., Николаев В.Г. // Малая энергетика. – 2006. – № 1–2. – С. 2–14.
9. Николаев В.Г. Перспективы развития ВИЭ в России. Результаты проекта ТАСИС. / Николаев В.Г. [и др.]. – М.: Атмограф, 2009. – 502 с.
10. Николаев В.Г. Оценка ветроэнергетического потенциала России / Николаев В.Г. // Энергетик. – 2011. – №. 9. С. 37–49.

СЕКЦИЯ 4. МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

УДК 67.017

Захарова Е.В., Алексеева К.В., Жмак Е.Г. Композиционный материал алюминий-титан, полученный сваркой взрывом: формирование фазового состава в зоне контакта

**The composite material titanium-aluminum obtained by welding explosion:
formation of phase composition in the contact zone**

Захарова Елена Валерьевна

Аспирант кафедры металловедения и термической обработки металлов
Сибирский Федеральный университет

Алексеева Ксения Владиславовна, Жмак Елена Георгиевна,

Студенты кафедры металловедения и термической обработки металлов
Сибирский Федеральный университет

Научный руководитель

Квеглис Л. И.

доктор физ.-мат. наук, профессор кафедры металловедения и термической обработки металлов
Сибирский Федеральный университет

Zakharova Yelena Valeryevna

Postgraduate student, Department of Metallurgy and Heat Treatment of Metals

Siberian Federal University

Alekseeva K.V., Zhmack E.G.

Students, Department of Metallurgy and Heat Treatment of Metals

Scientific adviser: Kveglis L.I. Doctor of physical and mathematical sciences, Professor of the
Department of Metallurgy and Heat Treatment of Metals

Siberian Federal University

Аннотация. В данной работе в качестве метода получения слоистых материалов использована сварка взрывом многослойного пакета с последующим его отжигом до 300 градусов. Использование данной технологии позволяет проводить нагрев на воздухе, при этом устраняется возможность попадания кислорода во внутренние слои материала. Кроме того, давления, развиваемые в процессе сварки взрывом, обеспечивают качественный контакт между поверхностями соединяемых пластин [1].

Ключевые слова: титан-алюминий, композиционные материалы, фазовые превращения, сварка взрывом, интерметаллиды

Abstract. In this work, welding explosion of multiple sample with its further annealing to 300 degrees is used as the method of receiving layered materials. Using this technology allows heating in the air; herewith possibility of oxygen penetration into internal material layers is eliminated. Using this technology allows heating in the air. Furthermore, pressures developed in the process of welding exposure ensure quality contact between the surfaces of plates [1].

Keywords: titanium-aluminium, composite materials, phase transformation, welding explosion, intermetallics

Введение

На данный момент, одной из важнейших задач этапа развития машиностроения является повышение качества, надежности и долговечности деталей различных машин и механизмов. Для решения этой проблемы необходим комплексный подход, включающий создание новых материалов, разработку и освоение новых технологий. В работе [2] представлен метод получения композиционных материалов на основе Ti-Al.

Структурным превращениям в сплавах на основе алюминия и титана посвящено много работ [3-5]. Титановые сплавы характеризуются достаточной удельной прочностью, высокими антикоррозионными свойствами и значительной жаропрочностью. Преимущество жаропрочных титановых сплавов – незначительный удельный вес и небольшие удельные напряжения при работе деталей в центробежных условиях. Это – диски, лопатки и другие детали газовых турбин [6]. Проведенные ранее исследования [7, 8] показали возможность значительного упрощения технологического процесса создания слоистых интерметаллидных Ti-Al композитов в результате взаимодействия Ti с расплавом Al [9].

Введение алюминия в технический титан даже в небольших количествах (до 13%) позволяет резко повышать жаропрочность сплава при снижении его плотности и стоимости. Этот сплав – отличный конструкционный материал. Добавка 3-8% Al повышает температуру превращения α -Ti в β -Ti. Алюминий является практически единственным легирующим стабилизатором α -Al, увеличивающим его прочность при постоянстве свойств пластичности и вязкости титанового сплава и повышении его жаропрочности, сопротивления ползучести и модуля упругости. Этим устраняется существенный недостаток титана [10].

Однако при дальнейшем отжиге у данного материала могут появиться нежелательные свойства, такие как хрупкость, малая прочность и пластичность, вследствие чего возникает совершенно не допустимый дефект – трещины [11, 12].

Цель работы

Исследовать строение и фазовый состав зоны контакта Al-Ti в многослойных композитах, полученных сваркой взрывом и последующим отжигом при 300 °С.

Образцы и методы их получения

Изучаемый материал получен сваркой взрывом и предоставлен для исследования авторами работы [1]. Для сварки взрывом использовались 12 пластин алюминия и 11 титана толщиной 0,5 и 1 мм. Использовали взрывчатое вещество – аммонит 6ЖВ. Процесс сварки проводился по методике, описанной в работе [1]. С помощью рентгеновского дифрактометра «Bruker» нами был изучен фазовый состав получившегося композита (точка TiAl на рис.1). Далее проводился нагрев образца в температурной приставке в дифрактометре «Bruker» до 300 градусов (точка TiAl3001 на рис.1). Далее производился отжиг в течение 1 часа (точка

TiAl3002 на рис.1). Результаты рентгеноструктурного анализа в указанных точках приведены на рис.1 и рис.2 соответственно.

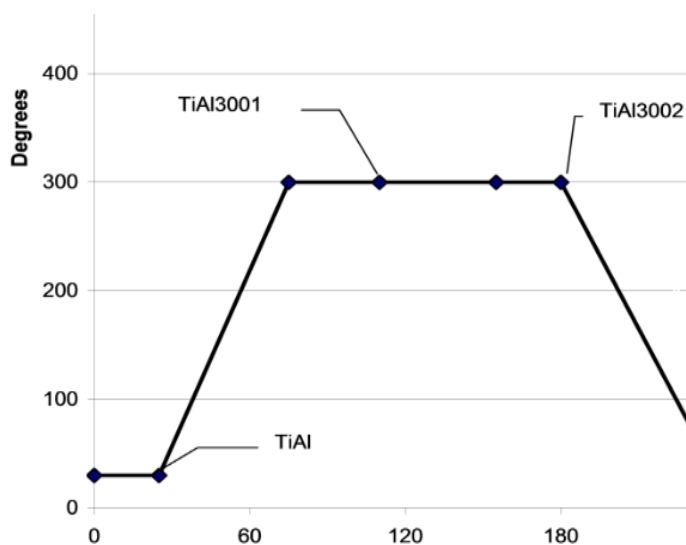


Рисунок 1. Схема отжига в рентгеновском дифрактометре композита Al-Ti при 300 °C

Результаты и их обсуждение

На рисунке 2 представлена рентгенограмма Ti-Al, полученная методом дифракционного анализа.

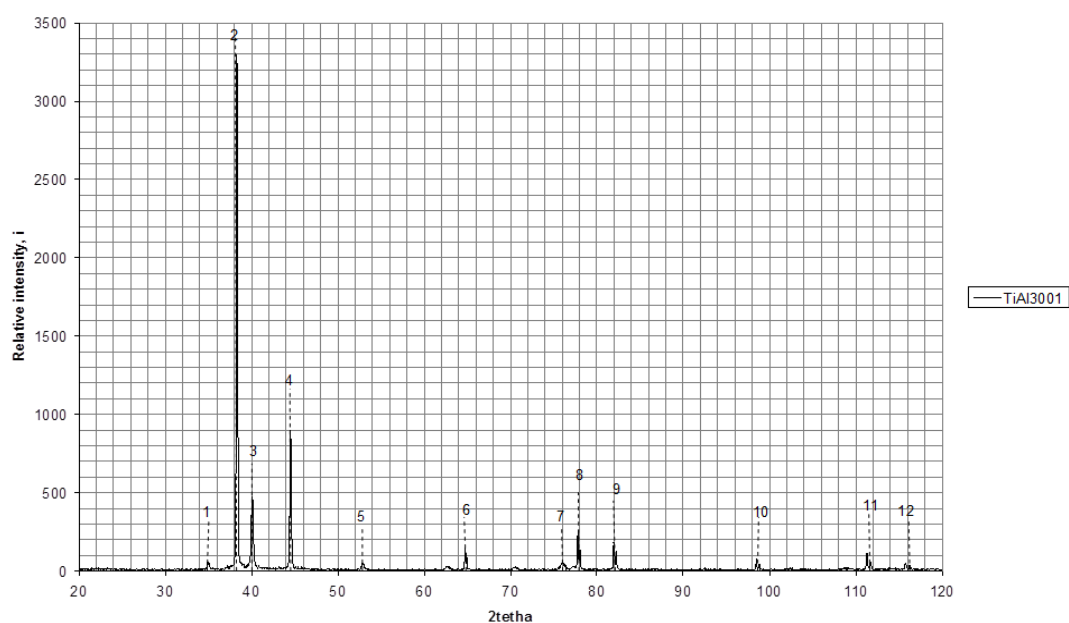


Рисунок 2. Дифрактограмма образца Ti-Al после нагрева в течение 1 часа до 300 °C

Таблица 1

Расшифровка картины дифракции рентгеновских лучей, приведенной на рисунке 2

№	Ti ГПУ		Al ГЦК		θ , град	$d_{(hkl)}$, Å	2θ , град	Al_3Ti $d_{(hkl)}$, Å	Al_2Ti $d_{(hkl)}$, Å	Поправки, Å
	hkl	$d_{(hkl)}$	hkl	$d_{(hkl)}$						
1	100	2,56437			17,6	2,5477	35,2	3,80	3,94	+1,3923
2			111	2,34925	19,15	2,3485	38,3	2,196	2,277	-0,0715
3	101	2,24902			20,05	2,2468	40,1	2,714	2,814	+0,5672
4			200	2,03495	22,25	2,0343	44,5	1,9	1,97	-0,0643
5	102	1,73022			26,45	1,7293	52,9	1,696	1,758	+0,0287
6		1,47892	220	1,43858	32,35	1,4395	64,7	1,342	1,392	-0,0475
7	112	1,25098			38,1	1,2484	76,2	1,551	1,608	+0,3596
8			311	1,22657	38,9	1,2267	77,8	1,145	1,187	-0,0397
9			222	1,17432	41	1,1741	82	1,098	1,138	-0,0361
10			400	1,01681	49,25	1,0168	98,5	0,95	0,985	-0,0318
11			331	0,93297	55,65	0,9330	11,3	0,871	0,903	-0,03
12			420	0,90946	58	0,9083	116	0,850	0,881	-0,0273

Из таблицы 1 следует, что существует фаза - твердый раствор алюминия с титаном. Согласно работе [13] рефлексы фазы Al_3Ti смещены, рефлексы фазы Al_2Ti ближе к значениям, полученным нами.

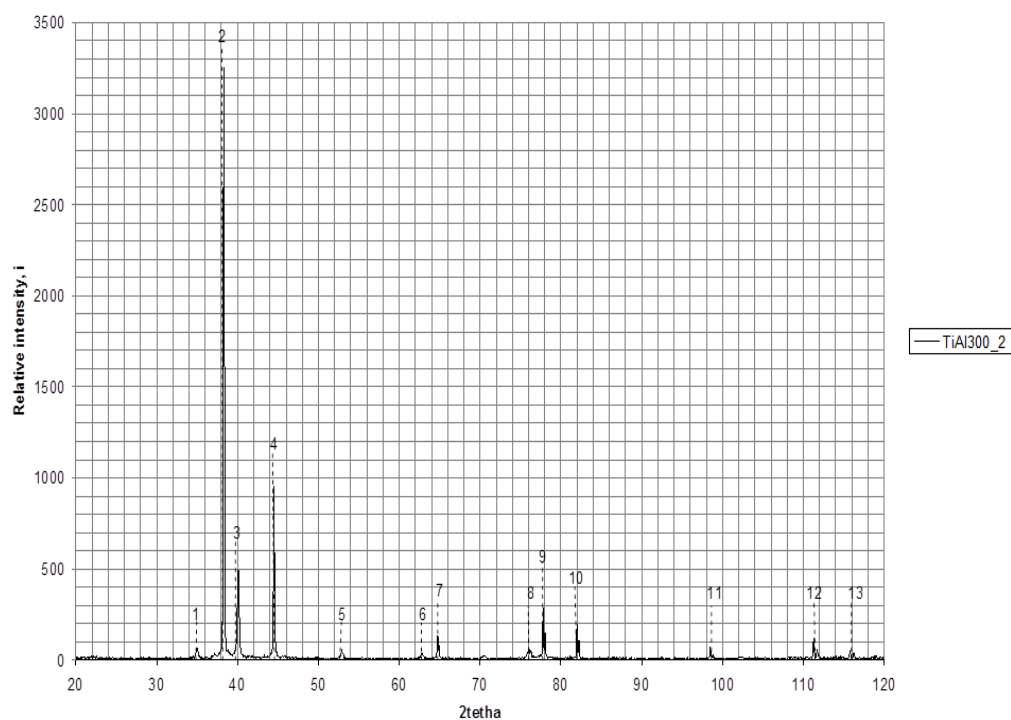


Рисунок 3. Дифрактограмма образца Ti-Al после выдержки в течение 1 часа при температуре 300 °С

Таблица 2

Расшифровка картины дифракции рентгеновских лучей, приведенная на рисунке 3

№	Ti		Al		θ , град	$d_{(hkl)}$, Å	2θ , град	Al_3Ti	Al_2Ti
	hkl	$d_{(hkl)}$, Å	hkl	$d_{(hkl)}$, Å				$d_{(hkl)}$, Å	$d_{(hkl)}$, Å
1	100*	2,56295			11,55	3,8476	35,1	3,80	3,94
2	002	2,35004			19,15	2,3485	38,3	1,9	1,97
3	101	2,24952			20	2,2523	40	2,714	2,814
4			200	2,03508	22,3	2,03004	44,6	1,9	1,97
5	102	1,73046			26,45	1,7295	52,9	1,696	1,758
6	110	1,47797			31,55	1,4721	63,1	2,714	2,814
7			220	1,43874	32,4	1,4375	64,8	1,342	1,392
8	112	1,25124			38,1	1,2484	76,2	1,551	1,608
9	201	1,22665			38,9	1,2267	77,8	1,696	1,758
10		1,17427	222		41	1,1662	82	1,098	1,138
11		0,99014	400	1,01675	49,25	1,0168	98,5	0,95	0,985
12			331	0,93301	56,5	0,9241	111,3	0,871	0,903
13			420	0,90941	58,15	0,9069	116,3	0,850	0,881

Из расшифровки (таблицы 1, 2) обнаружены фаза TiO_2 . также фаза на основе ГЦК решетки Al, что соответствует твердому раствору алюминия с титаном.

Процесс сварки взрывом – это неравновесный процесс, в результате которого произошли атомные смещения. Такие смещения привели к образованию нескольких фаз, к неравновесной структуре, положения атомов в которой точно не соответствуют межатомным расстояниям равновесных структур. Оценка таких смещений приведена в столбце поправки в таблице 1.

Таблица 3

Сравнение фаз Al_2Ti , исходя из данных таблиц 1 и 2

Al_2Ti				
№	hkl	$d(hkl)$ А Таблица 1	hkl	$d(hkl)$ А Таблица 2
1	100	3,94	100*	3,94
2	111	2,277	002	1,97
3	101	2,814	101	2,814
4	200	1,97	200	1,97
5	102	1,758	102	1,758
6	220	1,392	110	2,814
7	112	1,608	220	1,392
8	311	1,187	112	1,608
9	222	1,138	201	1,758
10	400	0,985	222	1,138
11	331	0,903	400	0,985
12	420	0,881	331	0,903
13			420	0,881

Из таблицы 3 видно, что появились новые линии № 6, № 8, № 9, расшифровка этих линий определила фазу Al_2Ti с ГПУ решеткой при 300 °С. Расшифровка показала, что Al_3Ti совпадает в пределах ошибки с результатами работ [9, 13]. Обнаружение фазы Al_2Ti совпадает с результатами, представленными в работах [9] и [14].



Рисунок 4. Кластерная модель перехода из фазы с ОЦК решеткой через фазу с ГЦК решеткой в фазу с ГПУ решеткой.

Основываясь на кластерных моделях структурообразования, представленные в работах [15-16], мы предлагаем кластерную модель формирования фазы Al_2Ti с ГПУ решеткой. На рисунке 4 показано, как из фазы с ОЦК решеткой через фазу с ГЦК решеткой происходит переход в фазу с ГПУ решеткой за счет незначительных атомных смещений. Согласно работам В.Е Панина[17-19], такие смещения приводят к образованию новых фаз.

Выводы:

1. Отжиг при температуре 300 °С способствовал формированию фазы Al_2Ti в многослойном композите Ti-Al.
2. Предложен механизм структурообразования при сдвиговой деформации за счет смещения атомных групп в мезоскопических областях.

Библиографический список

1. Павлюкова Д.В. Структура и механические свойства слоистых материалов на основе титана и алюминия, полученных по технологии сварки взрывом и дополнительной термической обработки: Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. - Новосибирск: НГТУ - 2011. – 19 с.
2. Лесков М.Б., Абкарян А.К., Анфилофьев В.В., Шелепова С.Ю., Герт С., Квеглис Л.И. Фазовый состав композиционного материала в зоне контакта алюминий-титан. – Барнаул – Красноярск - 2016. – С. 81-86.
3. Трыков Ю. П., Гуревич Л. М., Шморгун В. Г. Комплексные технологии получения слоистых композиционных материалов многоцелевого назначения. // Автоматическая

сварка. The Paton Welding Journal: междунар. науч.-техн. и произв. журн., 2009. - № 11. - С. 82-86.

4. Гуревич Л. М. Изменение структуры и фазового состава оплавок в слоистом титаноалюминиевом композите в зависимости от параметров сварки взрывом/Л. М. Гуревич, Ю. П. Трыков, О. С. Киселев, В. Н. Арисова, А. Ю. Кондратьев, И. Г. Козлов, С. П. Писарев, В. Ф. Даненко//Известия ВолгГТУ: межвуз. сб. науч. ст. № 5/ВолгГТУ. -Волгоград, 2011. -(Серия «Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении»; вып. 5. -С. 14-19. 4.

5. Гуревич Л.М., Киселев О.С., Босов М.В. Исследование состава локальных участков оплавленного металла в сваренном взрывом титаноалюминиевом композите // Известия Волгоградского государственного технического университета, 2013. Т. 8. - № 15 (118). - С. 12-15.

6. Коржов В.П., Карпов М.И. Структура и высокотемпературная прочность при изгибе многослойного композиционного материала из интерметаллидов титана с алюминием // Журнал «Вестник Тамбовского университета». – 2013. –Т18 - № 4-2.

7. Гуревич Л. М. Структурообразование в титано-алюминиевых композитах в присутствии жидкой фазы / Ю. П. Трыков, Л. М. Гуревич, А. Н. Жоров, Д. Н. Гурулев, В. Н. Арисова // Журнал функциональных материалов. – 2008. – Т. 2, № 4. – С. 153-157.

8. Трыков Ю. П. Диффузия в слоистом титан-алюминиевом композите ВТ1-АД1 при повышенных температурах / Л. М. Гуревич, Ю. П. Трыков, А. Н. Жоров, Д. Н. Гурулев, В. А. Локтюшин // Известие Волгоградского государственного технического университета: межвуз. сб. науч. ст. № 3(290) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2007. – С. 5-8.

9. G. Ghosh, M. Asta First-principles calculation of structural energetics of Al-TM (TM = Ti, Zr, Hf) intermetallics / Acta Materialia 53 – 2005 – p. 3225–3252.

10. Зубков Л. Б. Космический металл: Все о титане. Раздел ГРНТИ: Машиностроительные материалы - М.: Наука - 1987 г. - с.128.

11. I.A. Bataev, A.A. Bataev, V.I. Mali b, D.V. Pavliukova. Structural and mechanical properties of metallic–intermetallic laminate composites produced by explosive welding and annealing. – Novosibirsk State Technical University, 2011. – 10с.

12. V. I. Mali, D.V. Pavliukova, I.A. Bataev, A.A. Bataev, A.I. Smirnov, P.S. Yartsev, V.V. Bazarkina. Formation of the intermetallic layers in Ti-Al multilayer composites. – Novosibirsk State Technical University, 2011. – 6с.

13. Ю. А. Орлова, А. В. Джес, Л. И. Квегис. Кластерная самоорганизация при мартенситных превращениях/ ВКГУ им С. Аманжолова. – Красноярск, 2016. – С. 202-208.

14. Shuster JC, Ipser H. Z Metallfde 1990;81:389.

15. Крапошин В.С., Талис А.А., Демина Е.Д., Зайцев А.И. Кристаллогеометрический механизм срастания шпинели и сульфида марганца в комплексное неметаллическое включение. Металловедение и термическая обработка металлов. №7 (721). 2015. с. 4-12.

16. Панин В. Е. Фундаментальная роль локальной кривизны кристаллической структуры в нелинейном поведении твердых тел в полях внешних воздействий. Физическая мезомеханика. 16. 3. (2013). с. 5-6.

17. Панин В.Е., Егорушкин В.Е., Панин А.В. Эффект каналирования пластических сдвигов и нелинейные волны локализованной пластической деформации и разрушения // Физ. мезомех. - 2010. - Т. 13. №5. С. 7-26.

18. Панин В.Е., Егорушкин В.Е. Деформируемое твердое тело как нелинейная иерархически организованная система // Физ. мезомех. - 2011. - Т. 14. - № 3. - С. 7-26.

19. Панин В.Е., Егорушкин В.Е., Панин А.В. Нелинейные волновые процессы в деформируемом твердом теле как многоуровневой иерархически организованной системе // Успехи физических наук. -2012. -Т. 182. -№ 12.-С. 1351-1357.

*Авторы благодарят Мали В.И. за любезно предоставленные образцы.
Абкаряна А.К. за помощь в проведении эксперимента*

СЕКЦИЯ 5. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 72

Авдонина Л.И. Особенности ветровых воздействий на высотное здание на примере жилого комплекса в г. Екатеринбург

Nature of wind loads acting on high-rise buildings as exemplified by a high-rise residential complex in Ekaterinburg

Авдонина Любовь Ивановна

Аспирантка 2-го года обучения кафедры САПРос (Системы автоматизированного проектирования объектов строительства) Института строительства и архитектуры Уральского Федерального университета
Научный руководитель

Алехин Владимир Николаевич, к.т.н., Профессор, Зав. Кафедрой САПРос Института строительства и архитектуры Уральского Федерального университета
Avdonina Liubov Ivanovna

PhD student, 2nd year, Department of Computer Aided Design in Civil Engineering, Institute of Civil Engineering and Architecture, Ural Federal University
Scientific Supervisor

Alekhin Vladimir Nikolaevich, Cand.Tech.Sci., Professor, Head of Department of Computer Aided Design in Civil Engineering, Institute of Civil Engineering and Architecture, Ural Federal University

Аннотация. Проектирование высотных зданий в России – это специфический процесс, т.к. многие «традиционные» методы проектирования, используемые при строительстве малоэтажных зданий, становятся неэффективными. Кроме того в проекте высотного здания необходимо учитывать особые аэродинамические воздействия, оказывающие влияние не только на несущий каркас здания, его ограждающую конструкцию и на окружающую территорию. Правильная оценка таких воздействий является одной из основных задач при проектировании высотных зданий. В данной статье рассмотрены особенности влияния ветровых воздействий на высотные здания в целом. А также проведен анализ влияния аэродинамических воздействий на здания высотного комплекса, расположенного в г. Екатеринбурге.

Ключевые слова: небоскреб, высотное здание, ветровое воздействие, аэродинамика, надежность.

Abstract. Designing high-rise buildings in Russia is a very specific process, because many "traditional" design methods applicable for low-rise buildings are not effective for the high-rises. Besides that, the project of a high-rise building must consider aerodynamic loads acting on the frame and enclosure structures of the building, and even on the surrounding territory. Correct assessment of such wind loads is one of the critical concerns of the high-rise building designing process. This work addresses the general features of wind loads acting on the high-rise buildings. Also the analysis of the wind load effect on a high-rise building complex in Ekaterinburg is given in the article.

Keywords: high-rise building, skyscraper, wind load, aerodynamics, reliability.

Введение.

Сегодня во всем мире мы можем наблюдать рост высотного строительства. При строительстве небоскребов проектировщикам приходится решать ряд сложных задач, главными из которых являются задачи аэродинамики. Разнообразие форм высотных зданий и окружающей застройки не позволяет оценить поведение конструкций под воздействием ветра путем теоретических расчетов. Поэтому возникает необходимость экспериментальных исследований и численных моделирований ветровых воздействий. Несовершенство нормативной базы РФ по расчету ветровых воздействий для высотных зданий еще больше усложняет задачу конструкторов, а высокий уровень ответственности приводит к необходимости выполнения дополнительных мероприятий [15]. Таким образом, даже опираясь на опыт предыдущих лет, проектировщикам приходится создавать индивидуальные конструктивные решения для каждого вновь проектируемого высотного здания и каждый раз решать новые аэродинамические задачи [10].

Особенности экспериментальных и численных исследований ветровых воздействий и необходимость их применения.

Экспериментальные исследования ветровых воздействий включают в себя метод физического моделирования, заключающийся в испытании модели здания или жилого комплекса в специальных аэродинамических трубах. Данный метод позволяет определить недостатки конструкции здания, возможные источники возникновения вибраций и шумов. Численное моделирование производится с использованием различных программных комплексов, позволяющих оценить скорость, направление ветра, а также статическое и динамическое воздействие на высотное здание и его каркас в условиях городской застройки. Возможность моделирования не только самого высотного здания или комплекса зданий, но и всего квартала, затрачивая сравнительно небольшие трудовые ресурсы, является неотъемлемым плюсом данного метода. Аэродинамические исследования моделей строящихся зданий помогают решать вопросы прочности и надежности конструкций каркаса, а также влияния вновь построенных зданий на изменение скорости ветровых потоков в существующей городской застройке [1]. Для того чтобы получить наиболее полную информацию об аэродинамических условиях необходимо применять оба метода одновременно.

Иногда, в целях экономии времени и средств используют только один из методов, при этом, моделируя новый жилой высотный комплекс, часто опускают моделирование окружающей его застройки. Либо случается так, что один квартал застройки разделен между различными строительными организациями, которые строят «свои» высотки не принимая во внимание уже построенные дома и дома которые будут построены в будущем. Даже если

построенное здание является «благополучным» в плане аэродинамики, то строительство новых высоток поблизости может значительно усугубить ситуацию. Кроме этого неблагоприятное воздействие ветровых потоков может повлиять на надежность и несущую способность ранее построенных зданий и привести к невозможности их дальнейшей эксплуатации.

Специфика проектирования высотных зданий в Уральском регионе и обеспечение их надежности и несущей способности под воздействием ветра.

Строительство и проектирование современных жилых комплексов в Екатеринбурге стало развиваться в начале 2000-х годов [9, 14]. Самым первым жилым комплексом города, высота которого достигает 93 м, является комплекс жилых зданий «Аквамарин». К сегодняшнему дню в городе насчитывается уже более 20-ти жилых высотных зданий, высотой от 75 м и более. Одним из последних жилых комплексов, строящихся в городе Екатеринбурге, является комплекс жилых зданий «Чемпион парк» (Рис.1). Прототипом данного комплекса является первый жилой комплекс – «Аквамарин», однако высота новых зданий будет достигать уже 128 м, в отличие от их предшественников. Комплекс будет иметь обширную инфраструктуру: подземный паркинг, магазины, рестораны, различные спортивные комплексы, предназначенные как для детей, так и для взрослых, тренажерные залы, фитнес клубы и многое другое.



Рисунок 1. ЖК «Чемпион парк». Общий вид

Все здания данного комплекса однотипные и имеют каркасно-стволовую конструктивную схему, состоящую из центрального ядра жесткости, монолитных железобетонных колонн и безбалочных монолитных перекрытий. Форма же самого здания в плане представляет собой квадрат со скруглёнными углами. Здания такой формы способны снизить воздействие ветровых потоков [2, 8, 11]. Однако не только сама форма зданий может влиять на аэродинамическую ситуацию, но и их расположение. Так, например, из опыта

проектирования высотных зданий можно сделать вывод, что самое неудачное расположение - это когда одинаковые по конфигурации здания стоят на одной линии или в шахматном порядке [12, 13]. В этом случае могут образоваться ветровые коридоры, в которых наблюдается ускорение ветра, а также ветровые завихрения, оказывающие воздействия не только на несущую способность и надежность зданий, но и на комфорт окружающей территории. В настоящее время большинство вновь строящихся высотных комплексов имеет именно такую конфигурацию. Здания ЖК «Чемпион парк» располагаются в шахматном порядке. При строительстве первого здания высотного комплекса никаких непредсказуемых ветровых воздействий не наблюдалось. Однако при строительстве остальных зданий аэродинамическая ситуация стала заметно ухудшаться. В зоне расположения нового жилого комплекса стало наблюдаться ускорение ветровых потоков, что создавало значительный дискомфорт. Также было выявлено, что на стадии проектирования расчет на ветровые воздействия был сделан без учета окружающей застройки. Чтобы решить возникшую проблему, было предложено создать максимально подробную математическую модель жилого комплекса и окружающей его застройки.

Численное моделирование производилось методом конечных элементов в программном комплексе ANSYS. Расчет был произведен специалистами института Строительства и Архитектуры Уральского федерального университета. Модель описывает профиль наружной поверхности надземной части зданий с точностью до сантиметра для более точного отображения взаимодействия воздушных потоков с фасадными конструкциями [18]. Сам расчет включает определение распределения ветрового давления на фасадные поверхности зданий для 10 возможных направлений ветра. Для расчета использовался метод конечного объема, численная схема высокого порядка для конвективных и вязких членов и модель турбулентности SST (Shear-Stress-Transport) $k-\omega$, позволяющая моделировать как безотрывные течения, так и течения с развитыми турбулентными отрывами [5, 6]. В процессе расчета здания жилого комплекса помещались в домен. На границах расчетной области домена использовались граничные условия типа "Inlet" (поток ветра может входить лишь внутрь домена), "Opening" (поток на границе может быть направлен как внутрь, так и наружу домена), "Wall" (на поверхности здания и земли) [16, 17]. При смене направления потока ветра модель здания поворачивалась на соответствующий угол.

В результате расчета было выявлено, что при некоторых направлениях ветра скорость воздушных потоков может превышать 6 м/сек на уровне 1,5 м от поверхности земли не только вокруг домов, но и в районе пешеходных зон жилого комплекса (Рис.2). Это означало, что территория неблагоприятна для находящихся на ней людей.

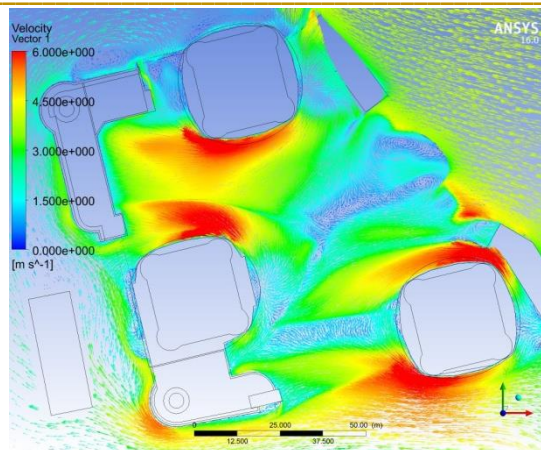


Рисунок 2. Скорость распределения ветровых потоков на высоте 1,5 м

Такая ситуация возникает в результате того что ветровые потоки, ударяясь об высотное здание "срываются" вниз по его поверхности. При этом скорость таких потоков может увеличиваться в 2 раза по отношению к начальной скорости ветра, воздействующего на здание [3, 4]. Чтобы решить создавшуюся проблему, проектировщиками было решено выполнить второй расчет с установкой заграждений высотой 3 м по периметру жилого комплекса. Результаты данного расчета показали, что установка такого ограждения неэффективна и не приводит к значительному уменьшению скорости ветровых потоков (Рис.3).

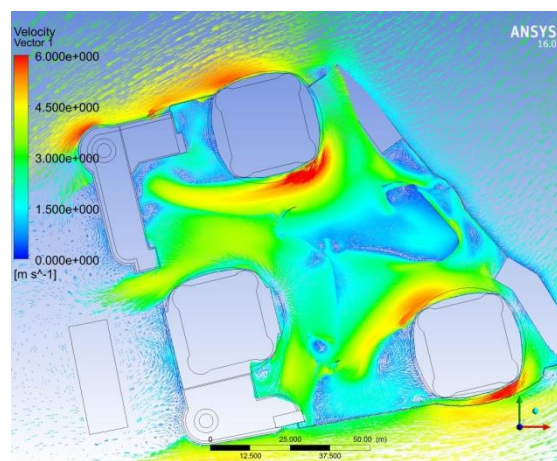


Рисунок 3. Скорость распределения ветровых потоков на высоте 1,5м, после установки ветрового заграждения, высотой 3м по периметру жилого комплекса.

Так как здания уже построены, то установить дополнительные элементы, которые бы позволили "разбить" ветровые потоки, на каркас зданий, не представлялось возможным. Поэтому было предложено разместить ветровые экраны на территории жилого комплекса

вблизи пешеходных зон и открытых площадок (Рис.4) в дополнение 3-х метровому ограждению [7]. Высоту экранов было решено принять около 2 м.

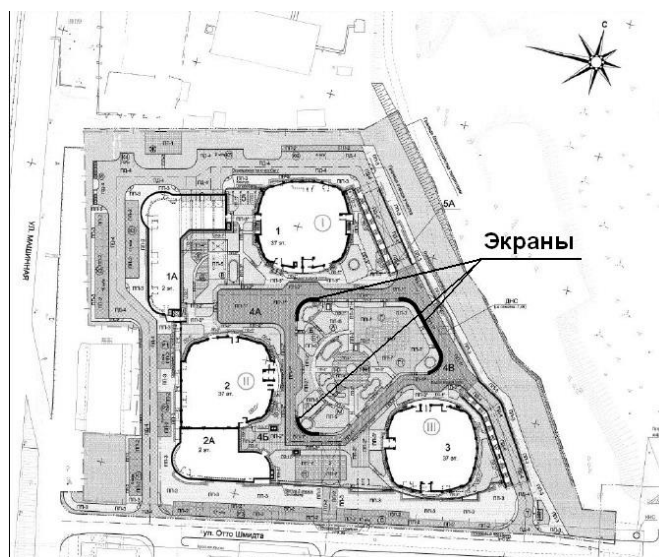


Рисунок 4. Схема расстановки ветровых экранов

Расчет, выполненный с учетом установки экранов, показал, что скорость ветра в неблагоприятных районах значительно уменьшилась (Рис.5) и пребывание людей на данной территории после установки таких экранов будет комфортным.

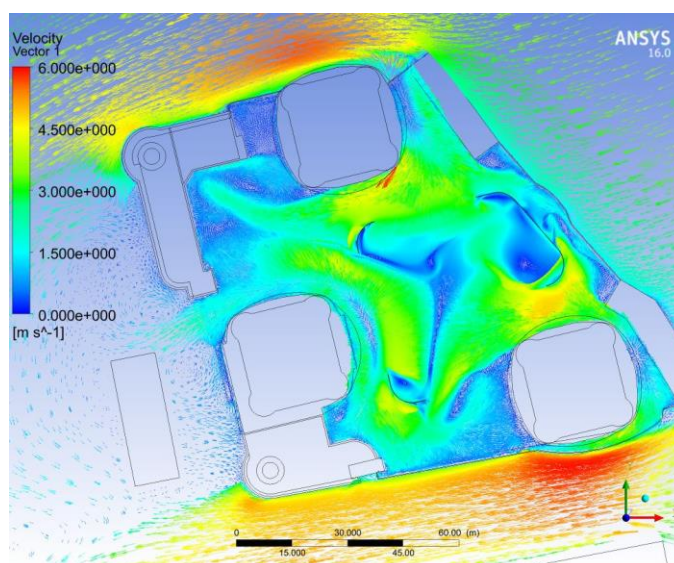


Рисунок 5. Скорость распределения ветровых потоков на высоте 1,5 м, после установки ветрового ограждения, высотой 3 м по периметру жилого комплекса и ветровых экранов на его территории.

Заключение.

В мегаполисах строительство жилых высотных зданий становится приоритетным направлением. При проектировании таких зданий, еще в процессе разработки общей концепции, следует обеспечивать надежность конструкций. Все проектные и конструктивные решения, должны быть обоснованы результатами расчетов, а при необходимости и экспериментальными исследованиями, при этом вопросы аэродинамики являются основными. Из-за недостаточного опыта проектирования и несовершенства нормативной базы РФ проектировщикам довольно сложно оценить ветровые воздействия, однако метод математического моделирования позволяет достаточно точно определить распределение ветрового давления на фасадные поверхности зданий и получить расчетные величины нагрузок. Создание математической модели следует выполнять по возможности точно, с учетом не только строящегося жилого комплекса, но и окружающей застройки. Во избежание создания сложных аэродинамических условий, которые могут возникнуть как на стадии строительства так и при эксплуатации здания, следует создавать полные модели, включающие строящееся здание и окружающую застройку. Для проверки правильности результатов следует пользоваться не только методами математического моделирования, но и экспериментальными методами. Обеспечение совпадений между результатами численного моделирования, выполненного в различных программных комплексах и экспериментальными данными, дает возможность более точной оценки несущей способности и надежности несущих конструкций, а также комфортных аэродинамических условий.

Библиографический список

1. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра. – Москва : Стройиздат, 1978. – 217с.
2. МГСН 4.19.05. Многофункциональные высотные здания и комплексы. – Москва : Минрегион России, 2005 – 133с.
3. Бородач М. М. Инженерное оборудование высотных зданий / М. М. Бородач и др. – Москва : АВОК-ПРЕСС. – 2011. – 458с.
4. Davenport A. G. The Spectrum of Horizontal Gustiness Near the Ground in High Winds / A. G. Davenport // Meteorol. – 1961. – Soc. 87 – Pp 194–211.
5. Попов Н. А. Рекомендации по уточненному динамическому расчету зданий и сооружений на действие пульсационной составляющей ветровой нагрузки. / Н А. Попов. – Москва : АВОК-ПРЕСС. – 2000. – 327с.
6. Dutton R., Isyumov N. Reduction of tall building motion by aerodynamic treatments / R Dutton, N. Isyumov // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. – 1990. – Vol. 36.– Pp.739–747.

7. Беспрозванная И. М., Соколов А. Г., Фомин Г. М. Воздействие ветра на высокие сплошностенчатые сооружения / И. М. Беспрозванная, А. Г. Соколов, Г. М. Фомин – Москва : Стройиздат. – 1976.— 185 с.
8. Коротич М. А., Коротич А. В. Систематизация архитектурных форм высотных зданий: композиционный аспект / М. А. Коротич, А. В. Коротич // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2009. – Вып. № 1. – С. 68–70.
9. Кубенский Э. и др. Россия высокая. История высотного строительства в России / Э. Кубенский, Н. Елизарьева, Е. Овсянникова, Н. Васильев, О. Казакова, М. Рявина. – Екатеринбург. – TATLIN – 2014. – 180 с.
10. Савицкий Г. А. Ветровая нагрузка на сооружения / Г. А. Савицкий – Москва : Стройиздат. – 1972.— 110 с.
11. Liu Jian Rong High-rise building design and technology // China Building Industry Press. – Beijing. – 2005. – 230p.
12. Магай А. А., Дубынин Н. В. Архитектурно-художественный облик высотных зданий / А. А. Магай, Н. В. Дубынин // Архитектура и строительство России. – 2009. – № 4. – С. 22–29.
13. Петрухин В. П., Колыбин И. В., Шулятьев О. А. Мировой опыт устройства небоскребов и высотных зданий / В. П. Петрухин, И. В. Колыбин, О. А. Шулятьев // Рос. архит. - строит. энцикл. – Т. XIII. Строительство высотных зданий и сооружений. – Москва : ВНИИТПИ. – 2010. – С. 288–327.
14. Стариков А. А. Екатеринбург. История города в архитектуре / А. А. Стариков – Екатеринбург : Изд-во «Сократ», 2005. – 114с.
15. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция – Взамен СНиП 2.01.07-85. – Москва : Минрегион России, 2017 – 114с.
16. Alekhin V., Antipin A., Gorodilov S., Khramtsov S. Numerical simulation of wind loads on high rise buildings / V. Alekhin, A. Antipin, S. Gorodilov , S. Khramtsov // Proceedings of 13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality. – London, 2013. – Pp 620-628.
17. Ricciardelli F. Effects of the vibration regime on the spanwise correlation of the aerodynamic forces on a 5:1 rectangular cylinder. / F. Ricciardelli // J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 98 (2010) 215–225.
18. AIJ Recommendations for Loads on Buildings. // Architectural Institute of Japan. – Japan. – 1996. – 214p.

Электронное научное издание

Наука, технологии, техника: современные парадигмы и практические разработки

сборник научных трудов по материалам III Международного технического форума
молодых ученых

1 февраля 2018 г.

По вопросам и замечаниям к изданию, а также предложениям к сотрудничеству
обращаться по электронной почте mail@scipro.ru

Подготовлено с авторских оригиналов



ISBN 978-1-370-44815-9



9 781370 448159

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 3,1. Тираж 100 экз.

Издательство НОО Профессиональная наука
Нижний Новгород, ул. Ломоносова 9, офис 309
Издательство Smashwords, Inc. 15951 Los Gatos
Blvd., Ste 16, USA