

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

 Драгунов В.К.

«16» июня 2015 г.

Программа аспирантуры

Направление 13.06.01 Электро- и теплотехника

Направленность (специальность) 05.14.08 Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
специальной дисциплины

«Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ОД.2

Всего: 252 часа

Семестр 5, 144 часа, в том числе 6 часов – контактная работа,  
138 часа – самостоятельная работа,

Семестр 6, 108 часов, в том числе 6 часов – контактная работа,  
66 часов – самостоятельная работа,  
36 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника

—  
код и название направления

утвержденного приказом Минобрнауки России от 30.07. 2014 г. № 878, и паспорта специальности, указанной в номенклатуре специальностей научных работников 05.14.08 Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии

—,  
шифр и название специальности

утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Целью** изучения дисциплины является изучение и исследование связей и закономерностей в области расчетов оптимальных параметров и режимов, проектирования, управления, монтажа и эксплуатации энергоустановок, электростанций и энергетических комплексов на основе возобновляемых источников энергии и подготовка аспиранта к сдаче кандидатского экзамена.

**Задачами** дисциплины являются:

- исследование энергетических характеристик гидравлических, солнечных и ветроэнергетических установок разных типов и влияния на них внешних факторов;
- исследование особенностей работы энергоустановок на основе ВИЭ;
- исследование методов интеграции энергоустановок на основе ВИЭ в электроэнергетические системы.

В процессе изучения дисциплины формируются следующие

**компетенции:**

способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);

готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);

готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);

способность следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);

способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);

владение культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);

способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);

готовность организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4);

готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-5).

владеть теоретическими вопросами гидро-, ветро- и солнечной энергетики (ПК-1);

умение решать задачи исследования свойств возобновляемых источников энергии для их эффективного использования (ПК-2);

умение пользоваться информационными источниками, базами данных и знаний, геоинформационными системами ВИЭ (ПК-3);

умение проводить расчеты режимов работы энергоустановок ВИЭ в локальных и объединенных энергетических системах (ПК-4).

### **ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

#### **знать:**

характеристики и основные влияющие факторы на категории гидравлических, солнечных и ветровых ресурсов с учетом социально-экологических факторов (УК-2);

особенности технологического процесса гидро-, гелио- и ветроэнергетических установок разного типа; энергетические характеристики гидравлических, солнечных и ветроэнергетических установок разных типов и методы расчета их режимов и параметров (ОПК-2);

методы и средства решения задач интеграции гидравлических, солнечных и ветроэнергетических установок в локальные и объединенные энергетические системы (ПК-1);

методы оценки надежности и экономичности работы гидравлических, солнечных и ветроэнергетических установок в локальных и объединенных энергетических системах (ПК-2);

#### **уметь:**

выполнять расчеты по определению основных категорий гидравлических, солнечных и ветровых ресурсов с учетом социальных и экологических факторов (ПК-3);

выполнять расчеты режимов работы гидравлических, солнечных и ветроэнергетических установок в локальных и объединенных энергетических

системах (ПК-4);

применять методы оценки надежности и экономичности работы энергоустановок на основе ВИЭ для конкретных условий проектирования (ОПК-3);

использовать современные информационные источники, в том числе и на иностранном языке (УК-4);

использовать существующую нормативно-правовую базу (УК-5);

осуществлять планирование, постановку новых научно-исследовательских задач (УК-6)

**владеть:**

навыком ведения дискуссии на профессиональные темы с использованием профессиональной терминологии (ОПК-5);

навыком проведения экспериментальных исследований свойств гидравлических, солнечных и ветроэнергетических установок, оценки их результатов (ОПК-1);

самостоятельной постановки и решения задач планирования, и управления режимами работы гидравлических, солнечных и ветроэнергетических установок в энергетических системах централизованного и децентрализованного энергоснабжения (УК-1);

навыками проведения самостоятельной научно-исследовательской деятельности (ОПК-3);

навыками решения научных и научно-образовательных задач (УК-3);

навыками работы в команде (ОПК-4).

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ**

*Возобновляемые виды энергии и энергоустановки на их основе*

*(5 семестр, 15 часов)*

Источники возобновляемых видов энергии и их особенности. География энергоресурсов. Основные понятия и определения в практике исследования и использования возобновляемых видов энергии. Современное информационное обеспечение для оценки ресурсов ВИЭ. Параметры

возобновляемых видов энергии и методы их измерения. Основные категории потенциалов ВИЭ и методы их расчета. Современное состояние и перспективы использования возобновляемых видов энергии. Место и значение ВИЭ в современном топливно-энергетическом комплексе мира и России. Технические особенности использования ВИЭ в системах централизованного и децентрализованного энергоснабжения. Экономические аспекты использования ВИЭ.

*Модели и технологии использования энергоустановок на основе  
солнечной энергии (5 семестр, 40 часов)*

Источники потенциала солнечной энергии. Солнечная радиация: прямая и диффузная. Спектры внеатмосферного и наземного солнечного излучения. Методы измерения солнечной радиации. Методы расчета прихода солнечной радиации на произвольно ориентированную площадку в произвольно взятой ее точке поверхности Земли. Зависимость солнечной радиации от времени года и широты местности. Поглощение в атмосфере (оптическая масса). Оптимальная ориентация приемника солнечного излучения.

Основные категории потенциала солнечной энергии и методы их расчёта. Кадастр солнечной энергии. Основные виды солнечных энергоустановок (СЭУ) и станций (СЭС): электроснабжения, горячего водоснабжения, отопления, охлаждения, сушки, опреснения, гидролиза и т. п.

Башенные СЭС. Основная технологическая схема, ее компоненты и; энергетические характеристики. Уравнение движения Солнца и гелиостатов. Затенение и блокировка гелиостатов. Коэффициент улавливания приёмником солнечной радиации. Тепловой приемник и методы его расчёта. Оптимизация системы «концентратор (гелиостаты) - приемник».

СЭС на основе солнечных прудов. Технологическая схема преобразования энергии и ее компоненты. Термальный градиент. Теплоаккумулирующая характеристика солнечных прудов. Методы расчета основных параметров СЭС на основе солнечных прудов.

СЭС с параболическими и параболоцилиндрическими

концентраторами: технологическая схема преобразования энергии и ее компоненты. Эффект концентрации излучения. Методы расчета основных параметров.

Фотоэлектрические СЭС. Фотоэлектрическая генерация энергии. Структура солнечных элементов и принципы их работы. Фотоэлектрические свойства цепи и нагрузки фотоэлементов. Основные виды потерь энергии и факторы, влияющие на КПД фотоэлемента. Конструкции солнечных элементов. Основные технические требования к материалам солнечных элементов. Жесткие и гибкие фотоэлементы. Концентраторы излучения, их разновидности и особенности использования. КПД основных типов фотоэлементов. Фотоэлектростанции.

Солнечные коллекторы и их разновидности. Принцип действия, основные конструктивные особенности, КПД солнечных коллекторов. Расчет температурного поля тепловых потерь, отвода тепла, оптического КПД Селективные покрытия их разновидности и свойства.

Системы солнечного горячего водоснабжения и отопления, методы расчета систем солнечного теплоснабжения (ССТ). Аккумуляция тепла в ССТ. Принцип действия, конструктивные особенности и методы расчета подогревателей воды и воздуха, сушилок, кондиционеров, холодильников, опреснителей воды на базе ССТ.

Пассивные солнечные системы (ПСС). Основные типы и их особенности. Пассивные солнечные системы с непосредственным обогревом помещений (солнечные окна, оранжереи, теплицы, прозрачная крыша), с обогревом пассивного элемента вне помещения (стена Тромба, контейнеры с водой на крыше зданий и т. п.). Энергетические характеристики ПСС. Аккумуляция тепла элементами зданий и конструкций. Использование пристроенных и встроенных теплиц в качестве приемников солнечного тепла.

Космические СЭС (КСЭС). Основные схемы преобразования и концентрации солнечного излучения на КСЭС (фотоэлектрические, машинные и прямые преобразования энергии Солнца). Достоинства и

недостатки схем. Проблемы сооружения КСЭС и передачи энергии на Землю. Перспективные системы передачи энергии с КСЭС на Землю (СВЧ-излучение, лазерный луч).

Использование наземных и космических СЭС для энергоснабжения централизованных и автономных потребителей с учетом и без учета накопителей энергии. Комбинированные СЭУ.

Современные стандарты в солнечной энергетике. Этапы проектирования СЭУ и СЭС. Выбор и обоснование участков строительства. Выбор и обоснование типа и основных параметров СЭС.

Эксплуатационные особенности и режимы различных типов наземных и космических СЭС. Надежность их функционирования. Технико-экономические показатели эксплуатации СЭУ и СЭС.

*Модели и технологии использования энергоустановок на основе энергии ветра (5 семестр, 40 часов)*

Источники потенциала ветровой энергии. Основные характеристики ветра и методы их определения. Краткосрочные вариации скорости ветра: турбулентность, порывистость ветра. Максимальная скорость ветра. Энергетические характеристики ветра: мощность и энергия. Влияние топографии местности на формирование ветра: шероховатость местности, формы земной поверхности, препятствия. Методические основы оценки влияния земной поверхности на скорость ветра. Вертикальный профиль ветра. Характерные функции распределения ветра (распределения Рэля, Вейбулла, Гринцевича и др.). Роза ветров. Высота флюгера. Географические факторы и местные расчетные параметры ветра. Основные категории потенциала ветровой энергии и методы их расчета. Кадастр ветровой энергии. Основные технические схемы использования энергии ветра и их классификация.

Преобразование энергии ветра (элементы аэродинамики). Теория идеального и реального ветрового двигателя. Осевая и подъемная сила, рабочий момент и мощность. Потери энергии. Методы получения энергетических характеристик ветроколеса. Способы установки ветроколеса



на ветер. Силы, действующие на ветроколесо при его работе в косом потоке  
Гироскопический момент ветроколеса. Способы регулирования частоты вращения ветроколеса и его мощности.

Конструктивные особенности и энергетические характеристики основных элементов ветроэнергетической установки. Режимы работы ветроколеса. Быстроходность и ее связь с коэффициентом мощности. Подведенная и полезная мощность ветроэнергоустановки. Основные виды потерь энергии. Ветроустановки, предназначенные для производства электроэнергии, тепла, механической энергии, и их особенности.

Ветроустановки с горизонтальной осью вращения. Основные элементы конструкции. Одно- и многолопастные системы ВЭУ со стабилизаторами, без него или с дополнительным боковым колесом, с серводвигателем или с самоориентацией. Особенности режимов работы ВЭУ.

Ветроустановки с вертикальной осью вращения. Основные элементы конструкции. Одно- и многоярусные системы. Основные типы ВЭУ. Энергетические характеристики ВЭУ разного типа с вертикальной осью вращения.

Конструкции мультипликаторов и генераторов, их энергетические характеристики.

Баланс энергии ВЭУ. Основные энергетические характеристики. Концентраторы воздушного потока, особенности конструкции, эффективность.

Стандарты ветроэнергетики. Этапы проектирования ВЭС. Выбор площадки для размещения ВЭУ. Ветромониторинг. Критерии выбора оборудования ВЭУ. Классы безопасности ВЭУ. Климатическое исполнение ВЭУ. Критерии энергоэффективности ВЭУ. Транспорт и монтаж ВЭУ.

Ветроэлектростанция (ВЭС). Схемы оптимального размещения ВЭУ друг относительно друга и ветрового потока с учетом розы ветров. Эффект затенения.

Функциональные элементы системы управления. Требования к системам управления и защиты. Режимы работы ВЭУ. Электромеханические

переходные процессы в ВЭУ. Моделирование режимов работы ВЭУ.

*Модели и технологии использования энергоустановок на основе гидравлической энергии (5 семестр, 40 часов)*

Источники потенциала гидроэнергетики: естественные и искусственные водотоки, водохранилища, гидротехнические системы, ледники, подземные воды, приливы и отливы, волны и течения в морях и океанах. Основные гидравлические и энергетические параметры источников потенциала большой и малой гидроэнергетики (МГЭ). Методы измерения напора и расхода воды. Гидрометрические характеристики источника потенциала. Гидрологическая информация и ее особенности для МГЭ. Использование детерминированных и вероятностных методов расчета в гидрологии. Особенности формирования водосборов и водостоков.

Энергия морских волн и течений. Источники потенциала и их особенности. Поверхностные волны на глубокой и мелкой воде (основы теории волнового движения). Энергия и мощность волны и методы ее использования. Идеальные и реальные волны и методы их описания. Энергетический спектр (распределение мощности волны) волн. Методы использования энергии волн при непрерывном волновом движении. Распределение волнового потенциала.

Энергия приливов. Источники потенциала и их особенности. Приливы в открытом океане и вблизи берегов. Приливная волна. Энергетика приливных течений и методы ее расчета. Основные характеристики приливной волны, и особенности их изменения во времени и от основных влияющих факторов, методы их расчета. География приливов.

Основные категории потенциала малой гидроэнергетики (включая волны и приливы) и методы их расчета. Вводно-энергетические кадастры гидроэнергетики.

Малые гидроэнергетические установки (ГЭУ) и гидроэлектростанции (ГЭС) различных типов, включая волновые энергоустановки (ВлЭУ) или электростанции (ВлЭС), а также приливные электростанции (ПЭС).

Малые ГЭС: классификационные признаки. Основные методы и

способы концентрации напора и расхода воды. Основные типы и виды турбин МГЭС, их энергетические характеристики, методы получения. Водоподводящие и водоотводящие сооружения МГЭС и их энергетические характеристики. Нетрадиционные схемы и виды оборудования МГЭС.

Основные типы гидрогенераторов МГЭС. Энергетические характеристики гидрогенераторов. Методы выбора и обоснования основных параметров гидроагрегатов МГЭС.

Волновые электростанции (ВлЭС). Основные типы и схемы ВлЭС, надводные и подводные устройства. Методы расчета подведенной и полезной мощности ВлЭУ и ВлЭС. Основные энергетические характеристики элементов ВлЭУ и методы их расчета.

Приливные электростанции (ПЭС). Энергия и мощность приливных течений и приливного подъема - спада воды. Методы расчета скорости и мощности приливных течений и приливного подъема - спада воды. Сизигийный и квадратурный прилив. Схемы использования энергии приливов: одно- и многобассейновые; с обратимыми и необратимыми агрегатами; с гидравлической аккумуляцией энергии. Методы выбора и обоснования основных параметров оборудования ПЭС. Перспективные районы размещения ПЭС.

#### *Аккумуляция и транспорт энергии (6 семестр, 32 часа)*

Назначение аккумуляторов энергии и принципы ее накопления: биологический, химический, тепловой, электрической, механический. Основные характеристики.

Энергоаккумулирующие установки (ЭАкУ) и станции (ЭАкС). Гидроаккумулирующие, тепловые, индуктивные, водородные и другие виды аккумуляции энергии. Технологические циклы ЭАкУ и принцип их действия. КПД аккумуляции. Основные энергетические характеристики, методы их получения и расчета. Глубина и скорость заряда-разряда. Длительность цикла аккумуляции. Гарантированное число циклов заряда-разряда. Преобразователи энергии ЭАкУ.

Транспорт первичной (ресурс) и вторичной (продукт) энергии.

Основные способы передачи энергии (трубопроводный, кабельный, воздушный, контейнерный и т. п.), их особенности и характеристики.

*Основные технические схемы преобразования возобновляемых видов энергии (ВВЭ) (6 семестр, 40 часов)*

Основные энергетические характеристики преобразования энергии. Методы расчета и измерения основных параметров и характеристик в установившихся и переходных режимах.

Энергетические комплексы (ЭК). Основные схемы ЭК, принципы их работы на автономного потребителя и объединенную энергосистему. Методы расчета основных энергетических параметров ЭК с аккумуляторами энергии разного вида.

Основные этапы проектирования схем установок и станций на базе ВВЭ. Исходная информация, методы ее получения и хранения. Параметры энергоустановок и методы их расчета.

Расчет краткосрочных и длительных режимов работы энергоустановок на базе разных ВВЭ при детерминированной, вероятностной и неопределенной информации для обоснования их проектных параметров. Постановки задачи, методы решения, основные допущения.

Оптимизация структуры генерирующих мощностей локальных и объединенных энергосистем с энергоустановками на базе ВВЭ.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) энергообъектов на базе ВВЭ и их особенности.

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ  
РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

5 семестр - дифференцированный зачет

6 семестр - кандидатский экзамен.

**Вопросы для самоконтроля и проведения зачета/кандидатского экзамена**

1. Классификация возобновляемых источников энергии (ВИЭ)
2. Потенциал ВИЭ, его виды и источники
3. Сравнительная характеристика свойств различных видов ВИЭ
4. Методы анализа и прогноза поступления возобновляемых энергоресурсов.
5. Принципы преобразования возобновляемых энергоресурсов в вид, потребляемый промышленностью, сельским хозяйством и коммунальным сектором.
6. Методы определения ресурса солнечной энергии за разные интервалы времени
7. Методы определения ресурса в точке и на поверхности Земли с заданными координатами
8. Физические принципы термодинамического преобразования солнечной энергии, виды термодинамических преобразователей и их характеристики
9. Физические принципы фотоэлектрического преобразования, виды фотоэлектрических преобразователей и их характеристики
10. Типы солнечных энергетических установок для производства электроэнергии и тепла
11. Особенности конструкции фотоэлектрических энергоустановок и режимов их работы в локальных и объединенных энергетических системах
12. Особенности конструкции солнечных коллекторов и режимы их работы в локальных энергосистемах и на изолированного потребителя.
13. Интеграция солнечных электростанций в объединенные энергосистемы и их работа на оптовом и розничном рынках электроэнергии и мощности
14. Методы определения ресурса ветровой энергии за разные интервалы времени
15. Методы определения ресурса на поверхности Земли с заданными свойствами

16. Физические принципы преобразования ветровой энергии в электрическую, виды ветроколес и их характеристики
17. Типы ветряных энергетических установок. Особенности их конструкции.
18. Особенности режимов работы ветроэнергетических установок в локальных и объединенных энергетических системах
19. Интеграция ветряных электростанций в объединенные энергосистемы и их работа на оптовом и розничном рынках электроэнергии и мощности
20. Методы определения ресурса гидравлической энергии за разные интервалы времени
21. Методы определения ресурса естественных и искусственных водотоков и водоемов
22. Физические принципы преобразования гидравлической энергии в электрическую, виды гидротурбин, применяемых в большой и малой гидроэнергетике, их конструктивные особенности и характеристики
23. Особенности режимов работы гидроэнергетических установок в локальных и объединенных энергетических системах. Регулирование стока рек.
24. Интеграция гидроэлектростанций (включая малые ГЭС) в объединенные энергосистемы и их работа на оптовом и розничном рынках электроэнергии и мощности
25. Особенности использования микро- и пикоГЭС.
26. Способы аккумуляции энергии. Возможные места установки аккумуляторов энергии
27. Возможности, расчет и оценка эффективности использования электрохимических, емкостных и индуктивных накопителей энергии
28. Возможности, расчет и оценка эффективности использования механических, гидравлических и пневматических накопителей энергии
29. Возможности, расчет и оценка эффективности использования накопителей энергии, основанных на производстве энергетического

ресурса для новых циклов преобразования энергии.

30. Оптимизация состава и параметров генерирующего оборудования

31. Оптимизация состава и параметров накопителей энергии

32. Оптимизация состава и параметров управляемых потребителей энергии.

33. Особенности работы в распределенных энергетических системах.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **Основная литература:**

1. Основные характеристики ветра. Ресурсы ветра и методы их расчета: учебное пособие / Дерюгина Г.В., Малинин Н.К., Пугачев Р.В., Шестопалова Т.А. – М.: Издательство МЭИ, 2012 г.

2. Цгоев Р.С. Нетрадиционная ветроэнергетика. пособие / – М.: Издательство МЭИ, 2014 г.

3. Методы расчёта ресурсов возобновляемых источников энергии. Учебное пособие / Бурмистров А.А., Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Кунакин Д.Н., Малинин Н.К., Пугачев Р.В. – М.: Издательство МЭИ, 2-ое изд., 2007, 144 с.

4. Солнечная энергетика. Учебное пособие / Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. – М.: Издательство МЭИ, 2008, 276 с.

5. Альдо В. да Роза. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы. Учебное пособие. - М.: Издательство Медиа Формат 2010 г. – 704 с.

6. Гидроаккумулирующие электростанции в современной электроэнергетике./ Синюгин В.Ю., Магрук В.И., Родионов В.Г., М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2008г.

7. Дьяконов В.П. Matlab 7. - М.:ДМК Пресс. 2008. -768 с.

### **Дополнительная литература:**

8. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие - М: КНОРУС, 2010 г.
9. Елистратов В.В. Использование возобновляемой энергии: учебное пособие, СПб: Изд-во Политехн. Ун-та, 2010. - 224 с.
10. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования гидроэнергетических установок. / А.Ю. Александровский, Б.И. Силаев, мет. пособие; - М.: Издательский дом МЭИ, 2007г
11. Александровский А.Ю., Силаев Б.И. Обоснование параметров проектируемой ГЭС Методическое пособие по курсу. Издательский дом МЭИ, 2006 г.
12. Гидроэнергетика. 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. В.И. Обрезкова. М.: Энергоатомиздат, 1988.
13. Гидроэлектрические станции / Под ред. В.Я. Карелина и Г.И. Кривченко. М.: Энергоатомиздат, 1987.
14. Виссарионов В.И., Золотов Л.А. Экологические аспекты возобновляемых источников энергии. М.: Изд-во МЭИ, 1996. – 1 экз.
15. Накопители энергии / Под ред. Д. А. Бута. М.: Энергоатомиздат, 1991.
16. Васильев Ю.С., Харитонов Н.И. Экология использования возобновляющихся энергоисточников. Л.: ЛГУ, 1991.
17. Водно-энергетические и водохозяйственные расчеты / Под ред. В.И. Виссарионова. М.: Изд-во МЭИ, 2001.