

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ДВ.05.02 Ветро и гелиоэнергетические установки

Направление подготовки (специальность) 35.04.06 Агроинженерия

**Профиль образовательной программы Электротехнологии и
электрооборудование в сельском хозяйстве**

Форма обучения очная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций	
1.1 Лекция № 1-2 Состояние и перспективы развития нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.....	3
1.2 Лекция № 3 Энергия ветра и возможности ее использования.....	6
1.3 Лекция № 4 Теория идеального ветряка	
1.4 Лекция № 5,6 Физические основы процессов преобразования солнечной энергии.	10
1.5 Лекция № 7 Системы солнечного теплоснабжения.....	11
1.6 Лекция № 8 Экологические проблемы использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.....	17
2 Методические указания по проведению практических занятий.....	21
2.1 Практическое занятие № ПЗ 1,2 Расчет тепловых режимов нетрадиционных и возобновляемых источников энергии	21
2.2 Практическое занятие № ПЗ 3,4 Расчет ветроэнергетических установок	28
2.3 Практическое занятие №5,6,7,8,9 Расчет долгосрочных характеристик системы солнечного теплоснабжения.....	31

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1. 1 Лекция №1-2 (4 часа).

Тема: «Состояние и перспективы развития нетрадиционных и возобновляемых источников энергии»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Традиционные и нетрадиционные источники энергии.
2. Запасы и динамика потребления энергоресурсов, политика России в области нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.
3. Основные объекты нетрадиционной энергетики России.

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

Геотермальная энергия

Энергия земли. Тепловой насос и геотермальные установки

Геотермальная энергетика - производство электрической и тепловой энергии на геотермальных станциях за счет тепловой энергии, содержащейся в недрах земли.



Источником такой энергии для здания и сооружения является тепловой насос. В отличие от других теплогенераторов (газовых, дизельных, электрических), он забирает накопленную землей или подземными грунтовыми водами тепло и передает его в дом. Обладает высоким, в сравнении с другими системами теплоснабжения, коэффициентом эффективности.

Тепловой насос может полностью покрыть потребности здания в тепле, ГВС, обеспечить пассивное кондиционирование, одновременно выполняя функции энергосберегающей системы вентиляции. Затраты электроэнергии по сравнению с традиционными системами отопления/кондиционирования уменьшаются в 2 раза.

Принцип работы теплового насоса - «холодильник наоборот». Работает на электроэнергии, но выдаваемая тепловая мощность в 3-5 раз больше затрачиваемой электрической. Срок службы - 15-25 лет.

Тепловые насосы подразделяются на несколько видов:

Замкнутые

- горизонтальные - коллектор размещается кольцами или спиралью в горизонтальных траншеях ниже глубины промерзания грунта (обычно от 1,2 м и более)
- вертикальные - коллектор размещается вертикально в скважины глубиной до 200 м. (применяется когда площадь земельного участка не позволяет разместить контур горизонтально или существует угроза повреждения ландшафта).
- водные - коллектор размещается спиралью или кольцами в водоеме ниже глубины промерзания

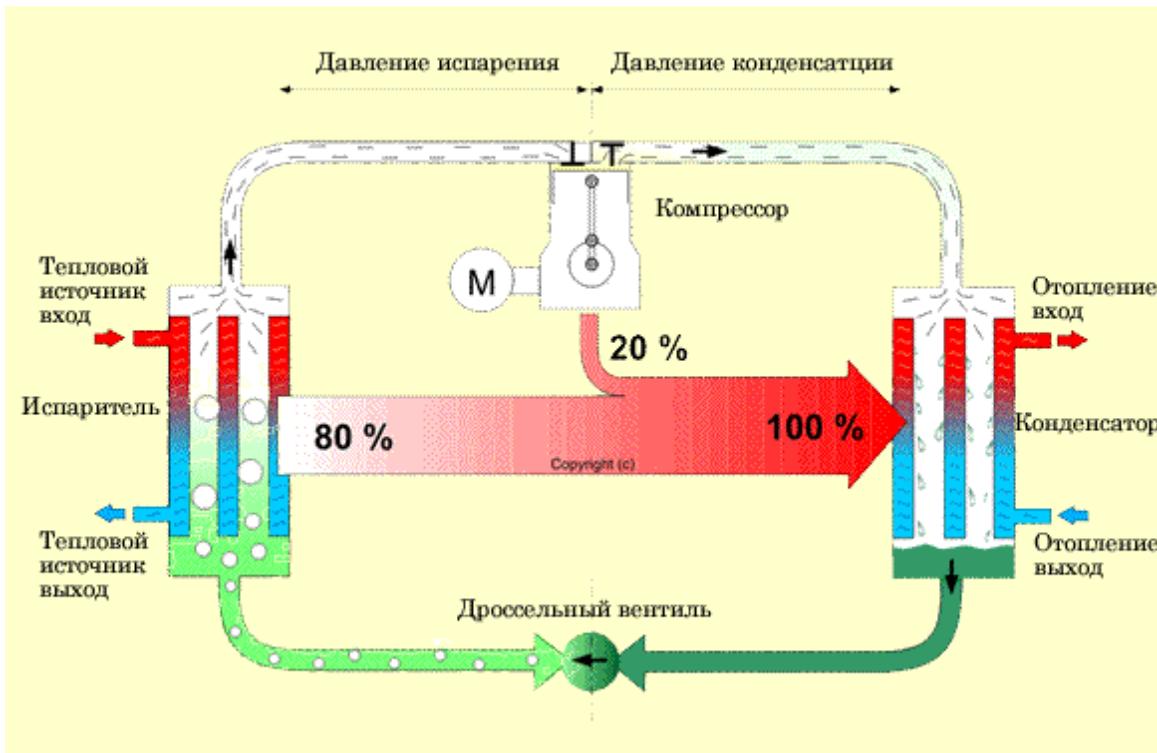
Открытые (в качестве теплообменной жидкости использует воду, циркулирующую непосредственно через систему геотермального теплового насоса в рамках открытого цикла, т.е. вода после прохождения по системе возвращается в землю).



Преимущества тепловых насосов:

- Работают круглогодично, т.к. используют стабильный источник постоянной положительной температуры (грунт, вода).
- Оснащены функцией охлаждения - обеспечивают пассивное кондиционирование здания через систему отопления или с помощью вентиляционных доводчиков.
- Имеют встроенный бойлер, производят нагрев воды для бытовых нужд или бассейна.
- Обеспечивают экономичную вентиляцию здания. Специальный модуль отбирает тепло из вытяжного воздуха и передает его в систему сбора тепла (рекуператор-теплообменник).

Схема действия ТНУ с использованием геотермальной энергии



Энергия воды. Малая гидроэнергетика

К малой гидроэнергетике относится широкий спектр гидроэнергетических объектов с установленной мощностью менее 25 МВт, в том числе мини-ГЭС (менее 5 МВт) и микро-ГЭС (3 кВт — 1 МВт). Принципиальное отличие малой энергетики от обычной заключается в отсутствии необходимости сооружения крупных гидротехнических объектов. Это упрощает строительство и лицензирование.

Микро-ГЭС

Использование энергии небольших водотоков с помощью малых гидроэлектростанций (мини- и микро-ГЭС) – одно из наиболее эффективных направлений развития альтернативной энергетики. Технико-экономический потенциал малой гидроэнергетики в России в настоящее время используется всего на 1%.

Мини- и микро-ГЭС использует энергию водных ресурсов и гидравлических систем с помощью гидроэнергетических установок малой мощности. Эффективны для электроснабжения дачных поселков, фермерских хозяйств, хуторов, небольших производств в труднодоступных районах - там, куда не выгодно прокладывать сети. Также они могут найти применение в конструктиве объектов водоснабжения, систем подачи воды, станций очистки сточных вод, которые потребляют большое количество электроэнергии. Применение мини-ГЭС существенно уменьшит зависимость таких предприятий от централизованного электроснабжения.

Источники энергии:

- небольшие реки, ручьи;

- естественные перепады высот на озерных водосбросах и оросительных каналах ирригационных плотин;
- промышленные и канализационные сбросы;
- перепады высот систем водоочистки и водоподготовки и других трубопроводов, предназначенных для перекачки различных видов жидких продуктов.

Гидроагрегат состоит из энергоблока, водозаборного устройства и устройства автоматического регулирования. Микро-ГЭС просты в конструкции и полностью автоматизированы, т.е. не требуют присутствия человека. Вырабатываемый ими электрический ток соответствует требованиям ГОСТа по частоте и напряжению.

Микро-ГЭС могут работать как параллельно с сетью, так и автономно, т.е. непосредственно питая потребителя. Полный ресурс работы станции составляет не менее 40 лет (не менее 5 лет до капитального ремонта).

Показатели	Мини-ГЭС	Дизель-генераторы
Мощность установки	3 кВт - 5 МВт	1 кВт - 5 МВт
Стоимость установленного кВт мощности	500 - 2 000 долл. США	300 - 700 долл. США
Себестоимость кВтч э/э	0,45 - 1 руб./кВтч	5 - 20 руб./кВтч

1. 2 Лекция №3 (2 часа).

Тема: «Энергия ветра и возможности ее использования»

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Происхождение ветра, ветровые зоны России.
2. Классификация ветродвигателей по принципу работы.
3. Работа поверхности при действии на нее силы ветра.
4. Работа ветрового колеса крыльчатого ветродвигателя.

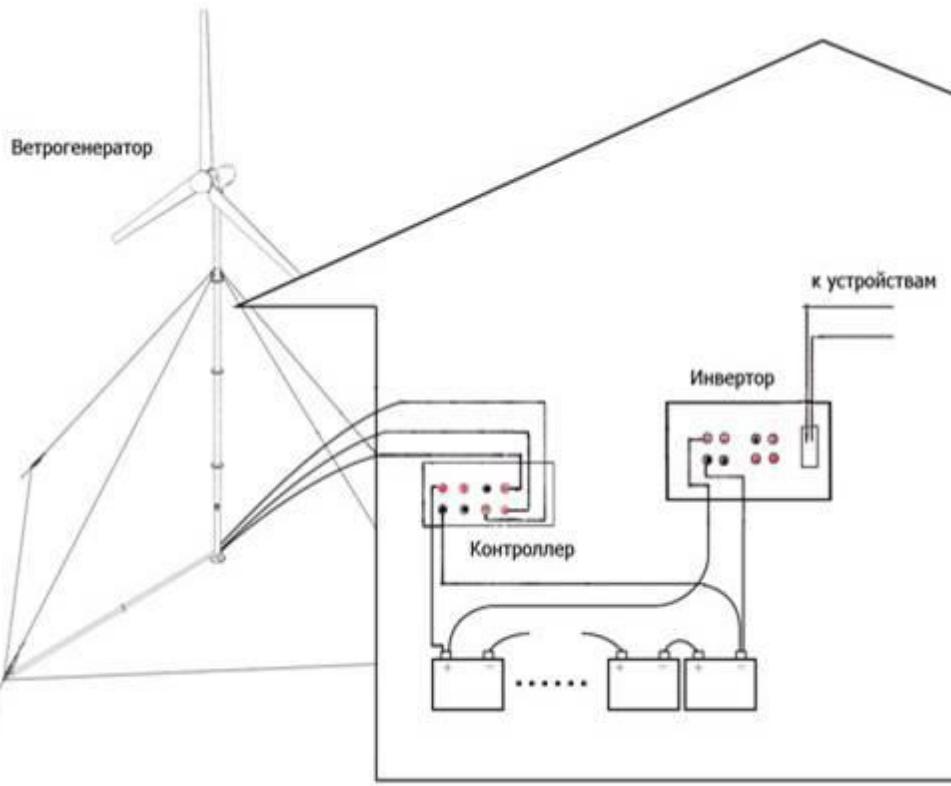
1.2.2 Краткое содержание вопросов:

Энергия ветра



Экономический потенциал ветроэнергии в России, по оценкам энергетиков, составляет около 260 млрд кВтч в год, что соответствует примерно 30% совокупной выработки электроэнергии.

Ветроустановки могут работать как совместно с сетью, так и в автономном режиме. Они предназначены для электрооснабжения индивидуальных домовладений и объектов, удаленных от централизованного энергоснабжения («сотовые» станции, фермы, метеостанции, охотхозяйства и т.д.). Небольшие ветряки могут эффективно работать при более низких скоростях ветра, поэтому имеют более широкую географию установки.



Виды ветровой генерации по показателю мощности:

- Малая ветровая генерация (до 100 кВтч в сутки)

Индивидуальные ветроустановки единичной мощности до 10-20 кВт, предназначенные для автономного электроснабжения мелких потребителей (домохозяйств, дач, мелких хозяйственных объектов). Средний диапазон скоростей ветра для выдачи мощности у таких ветрогенераторов находится в пределах 5-7 м/с. Срок службы устанавливаемых ветроустановок варьируется от 20 до 30 лет.



- Средняя ветровая генерация (до 3000 кВтч в сутки)

Ветрогенераторы единичной мощности от 20 до 500 кВт. Предназначены для электроснабжения средних и небольших потребителей электроэнергии - отелей, небольших производств, военных баз, турбаз.

- Большая ветровая генерация

Ветрогенераторы единичной мощностью свыше 500 кВт, обычно группируются в ветропарки - крупные энергетические объекты мощностью до 100 МВт и со средней выработкой электроэнергии до 700 МВтч в сутки.

Скорость ветра – это самый важный фактор, который влияет на количество энергии, вырабатываемой ветрогенератором. Производительность ветроустановок растет при увеличении их высоты за счет увеличения скорости ветра.

Количество электроэнергии, выработанной ветроэлектрической установкой, возрастает кубически с увеличением скорости ветра. Т. е. если скорость ветра удваивается, кинетическая энергия, полученная ротором, увеличивается в восемь раз. В связи с этим

целесообразно применение ветрогенераторов на максимально возможной высоте, с целью выхода их к параметрам, близким к номинальным.

Сроки окупаемости ветроэнергетических проектов составляют от 2-х до 10 лет и зависят от среднегодовой скорости ветра и состава оборудования. Решение о целесообразности установки ветряка в каждом конкретном случае принимается отдельно с учетом среднемесячных и среднегодовых скоростей ветра, рельефа местности, целей и задач.

Ветрогенераторы можно разделить на две категории: промышленные и домашние (для частного использования). Небольшие ветряки могут эффективно работать при более низких скоростях ветра, поэтому имеют более широкую географию установки. Существуют два основных типа ветротурбин: с вертикальной осью вращения



и с горизонтальной осью вращения.



Отличия вертикальных ветрогенераторов от горизонтальных

Вертикальные ветрогенераторы

Для стартового вращения достаточно самого тихого ветра скоростью 1-1,5 м/с. Выход на номинальную мощность происходит при скорости ветра от 6 м/с (в зависимости от номинала генератора и размеров крыла)

Коэффициент полезного действия составляет 20-30%.

Всегда находятся «по ветру» и не нуждаются в разворачивании при изменении его направления.

Срок службы при правильном уходе и обслуживании составляет 15-25 лет бесперебойной работы.

Основная нагрузка приходится на опорные узлы и лопасти, которые нуждаются в замене по мере износа.

Вертикальные ветрогенераторы рекомендуется использовать в регионах с высокой турбулентностью и постоянно меняющейся скоростью ветра.

Горизонтальные ветрогенераторы

Необходимая скорость ветра для старта начинается от 2-3 м/с, поэтому горизонтальные ВЭУ подходят для использования в регионах с сильными ветрами. Выход на номинальную мощность происходит при скорости ветра 8-10 м/с

КПД 25-35%. Однако небольшое преимущество перед вертикальными компенсируется необходимостью разворота при изменении направления ветра - в момент разворота производительность затухает.

Срок службы при правильном уходе и обслуживании составляет 15-25 лет бесперебойной работы.

Основная нагрузка приходится на опорно-подшипниковый узел и поворотный механизм.

Горизонтальные ветрогенераторы устанавливаются во всех остальных случаях, т.е. имеют более широкий спектр применения.

Ветровой режим Белгородской области характеризуется преобладанием юго-западных, южных ветров в холодный период года, западных и северо-восточных – в теплое время года. Средняя годовая скорость ветра по области составляет 2,1 – 4,1 м/сек.

Использование ветровой энергии на территории Белгородской области по большей части является целесообразным. Среднегодовая скорость ветра на территории Белгородской области составляет около 2,1 - 4,1 м/с, что открывает перспективы к развитию этого направления развития альтернативной энергетики. Для Белгородской области наиболее актуальными представляются мощности 5, 10, 20 кВт, которые вполне могут частично обеспечить энергией фермы, малые предприятия, частные домовладения. Единственным крупным недостатком этого способа обеспечения энергией является негарантируемость энергоснабжения в дни, когда скорость ветра будет низкой. Потому этот источник энергии лучше использовать в сочетании с другими источниками энергии.

1. 3 Лекция №4 (2 часа).

Тема: «Теория идеального ветряка»

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Типовые ветроустановки и их технические характеристики.
2. Использование ветроустановок для привода рабочих органов сельскохозяйственных машин

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

Энергия воды

Энергия воды. Малая гидроэнергетика

К малой гидроэнергетике относится широкий спектр гидроэнергетических объектов с установленной мощностью менее 25 МВт, в том числе мини-ГЭС (менее 5 МВт) и микро-ГЭС (3 кВт — 1 МВт). Принципиальное отличие малой энергетики от обычной заключается в отсутствии необходимости сооружения крупных гидротехнических объектов. Это упрощает строительство и лицензирование.

Микро-ГЭС

Использование энергии небольших водотоков с помощью малых гидроэлектростанций (мини- и микро-ГЭС) – одно из наиболее эффективных направлений развития альтернативной энергетики. Технико-экономический потенциал малой гидроэнергетики в России в настоящее время используется всего на 1%.

Мини- и микро-ГЭС использует энергию водных ресурсов и гидравлических систем с помощью гидроэнергетических установок малой мощности. Эффективны для электроснабжения дачных поселков, фермерских хозяйств, хуторов, небольших производств в труднодоступных районах - там, куда не выгодно прокладывать сети. Также они могут найти применение в конструктиве объектов водоснабжения, систем подачи воды, станций очистки сточных вод, которые потребляют большое количество электроэнергии. Применение мини-ГЭС существенно уменьшит зависимость таких предприятий от централизованного электроснабжения.

Источники энергии:

- небольшие реки, ручьи;
- естественные перепады высот на озерных водосбросах и оросительных каналах ирригационных плотин;
- промышленные и канализационные сбросы;
- перепады высот систем водоочистки и водоподготовки и других трубопроводов, предназначенных для перекачки различных видов жидких продуктов.

Гидроагрегат состоит из энергоблока, водозаборного устройства и устройства автоматического регулирования. Микро-ГЭС просты в конструкции и полностью автоматизированы, т.е. не требуют присутствия человека. Вырабатываемый ими электрический ток соответствует требованиям ГОСТа по частоте и напряжению.

Микро-ГЭС могут работать как параллельно с сетью, так и автономно, т.е. непосредственно питая потребителя. Полный ресурс работы станции составляет не менее 40 лет (не менее 5 лет до капитального ремонта).

1. Типовые ветроустановки и их технические характеристики.
2. Использование ветроустановок для привода рабочих органов сельскохозяйственных машин

1. 4 Лекция №5,6 (4 часа).

Тема: «Физические основы процессов преобразования солнечной энергии»

1.4.1 Вопросы лекции:

1. Интенсивность солнечного излучения.
2. Фотоэлектрические свойства р-п перехода.
3. Вольт-амперная характеристика солнечного элемента.
4. Конструкции и материалы солнечных элементов.

1.4.2 Краткое содержание вопросов:

Энергия солнца

Энергия солнца. Солнечные батареи и солнечные коллекторы



Солнечное излучение - один из наиболее перспективных источников энергии будущего. В ясную погоду на 1м² земной поверхности в среднем падает 1000 Ватт световой энергии солнца. Солнечная энергия поступает на Землю неравномерно: в одной местности солнце светит 320-350 дней в году, в другой солнечные дни - редкость. Исходя из этого, прежде чем ставить солнечные батареи с целью выработки электричества, необходимо рассчитать эффективность применения данного метода в конкретных климатических условиях.

Преобразование солнечной энергии осуществляется двумя способами:

- фотоэлектрическим (прямое преобразование световой энергии в электрическую);
- фототермическим (преобразование световой энергии в тепловую, а затем, при необходимости, в электрическую).

По данным Европейской ассоциации фотовольтаической индустрии (EPIA) в 2011 г. в мире подключено около 28 ГВт новых солнечных станций, их суммарная установленная мощность составила 67,4 ГВт.

На сегодняшний день солнечный кВт·ч дороже традиционного. Однако планируется, что уже в 2012 г. в некоторых районах мира будет достигнуто равенство стоимости «солнечного» и «традиционного» киловатта. Доля «солнечного» электричества в общей выработке электроэнергии в России к 2020 г. составит 4-7%, а в Европе - 12%.

Принцип действия солнечных фотоэлектрических установок (СФЭУ) состоит в прямом преобразовании солнечного света в постоянный электрический ток. Энергия может использоваться как напрямую, так и запасаться в аккумуляторных батареях. Если требуется получить 220 В переменного тока, нужно использовать преобразователи - инверторы.

Преимущества СФЭУ:



- экологичность
- простота в обслуживании
- автономность работы
- бесшумность работы (достигается отсутствием движущихся частей)
- значительный срок службы

Солнечные батареи сохраняют работоспособность при:

- диапазоне температур от –50 до +75 °C
- атмосферном давлении 84-106,7 кПа;
- относительной влажности до 100%;
- интенсивности дождя до 5мм/мин;
- снеговой, ветровой нагрузке до 2000 Па.

Типы фотоэлектрических преобразователей

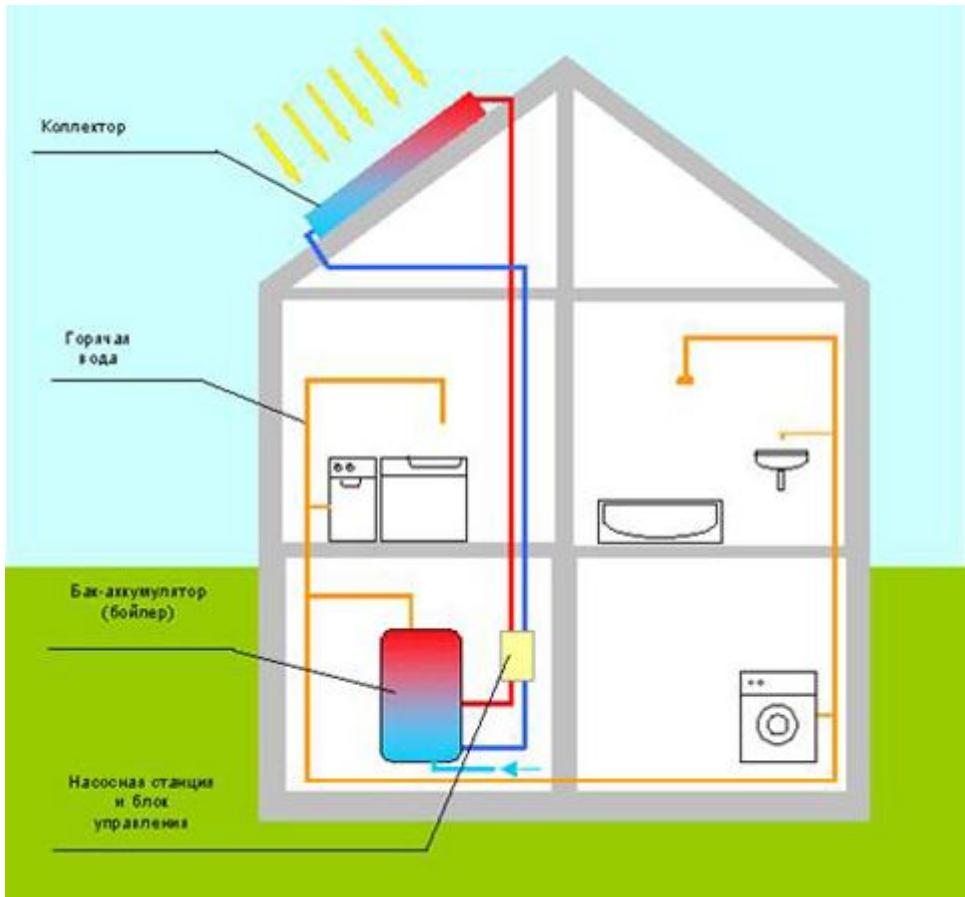
Автономные фотоэлектрические преобразователи предназначены для автономного энергоснабжения объекта - объектов, удаленных от основных линий электропередачи (в труднодоступных местах, куда затруднена или экономически невыгодна прокладка линий). Их мощность колеблется в пределах 0,01-100 кВт.

Фотоэлектрические станции, подключенные к электрическим сетям, отдают выработанную энергию в сеть, откуда она распределяется потребителям. Такие системы, установленные в городе, могут обеспечивать электричеством здание и компенсировать энергодефицит при пиковом энергопотреблении в полуденное время. Их мощность достигает нескольких МВт.

Резервные фотоэлектрические преобразователи подключаются к сетям централизованного электроснабжения и в случае отключения электроэнергии.

Солнечный коллектор

Солнечный коллектор – установка, использующая энергию солнечной радиации для нужд отопления и горячего водоснабжения. Различают несколько типов солнечных коллекторов: плоские, с концентраторами, промышленные, вакуумные и комбинированные. Для использования солнечного коллектора в условиях отрицательных температур перспективным является вакуумный коллектор, имеющий высокий КПД.



Поглощает радиацию в солнечном коллекторе специальная поверхность, соединенная с медными трубками, по которым циркулирует теплоноситель. Теплоноситель, проходя по всей площади коллектора, нагревается и попадает в резервуар, где отдает тепло через теплообменник в бак - аккумулятор тепла. Коллекторы и трубопроводы имеют хорошую теплоизоляцию, уменьшающие потери энергии. Вся эта конструкция находится в стеклянных вакуумированных трубках. Стекло обладает высокой степенью химической стойкости, теплостойкости и ударной прочности. В кольцеобразном пространстве между внутренней и наружной трубами создается вакуум для эффективного уменьшения потери тепла. Такие трубы функционируют в пасмурную погоду и при отрицательной температуре, они преобразуют прямые и рассеянные солнечные лучи в тепло. Благодаря этому коллектор сохраняет до 95% тепловой энергии.



Солнечный коллектор позволяет поддерживать положительную температуру в здании зимой и удовлетворять потребности в горячей воде летом, а кроме того экономить электроэнергию. Однако минимальная мощность гелиосистемы должна быть не ниже 100 Вт/м². В зависимости от солнечной радиации и температуры окружающей среды КПД солнечного коллектора может быть от 20 до 65%. При ярком солнце - до 650 Вт/м², а в пасмурную погоду – порядка 10 Вт/м².

Применение такой системы поможет сократить затраты на отопление на 30%, на горячее водоснабжение – на 70%. В климатических условиях средней полосы России солнечные водонагревательные установки могут эффективно использоваться в течение 6-7 месяцев в году (с марта по сентябрь) - в частных домах, мини-отелях, на базах отдыха, а также как резервный источник горячей воды в больницах, детских садах, на автомойках, АЗС и т.д. В летнее время солнечная установка из 2-3 м² солнечных коллекторов будет обеспечивать ежедневный нагрев 100 л воды до температуры не менее 45 0С с вероятностью 70-80%.

В Оренбургской области среднегодовая продолжительность солнечного сияния составляет 2300 часов в год. Использование солнечной энергетики в регионе целесообразно в сочетании с другими способами получения энергии.

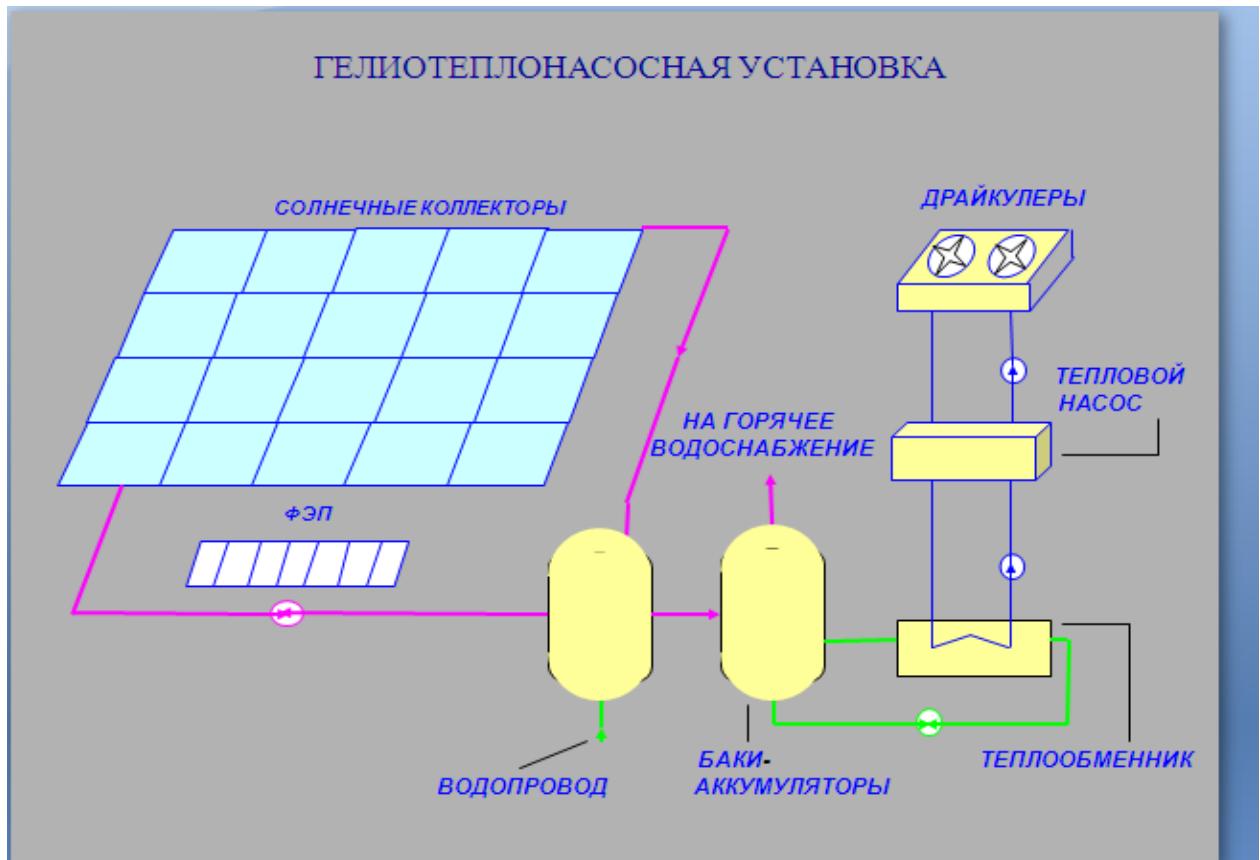
1. 5 Лекция №7 (2 часа).

Тема: «Системы солнечного теплоснабжения»

1.5.1 Вопросы лекции:

1. Классификация и основные элементы гелиосистем.
2. Концентрирующие гелиоприемники.
3. Солнечные коллекторы.
4. Солнечные абсорбера.

1.5.2 Краткое содержание вопросов:



Комплексная система теплоснабжения на возобновляемых источниках энергии

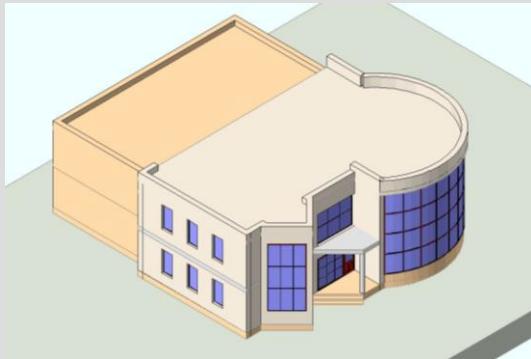
Теплоснабжение – 2,8 МВт_т, ГВС – 0,3 МВт_т, тепличное хозяйство – 7 МВт,
гелиоустановка – 0,1 МВт_т, тепловой насос – 0,1 МВт_т,
когенерационный энергоблок – 1,0 МВт_т и 1,2 МВт_т



План-схема месторасположения объектов центрального теплового пункта системы геотермального теплоснабжения



Здание геотермального центрального теплового пункта (ЦТП)



Внешний вид действующего геотермального центрального теплового пункта (ЦТП)



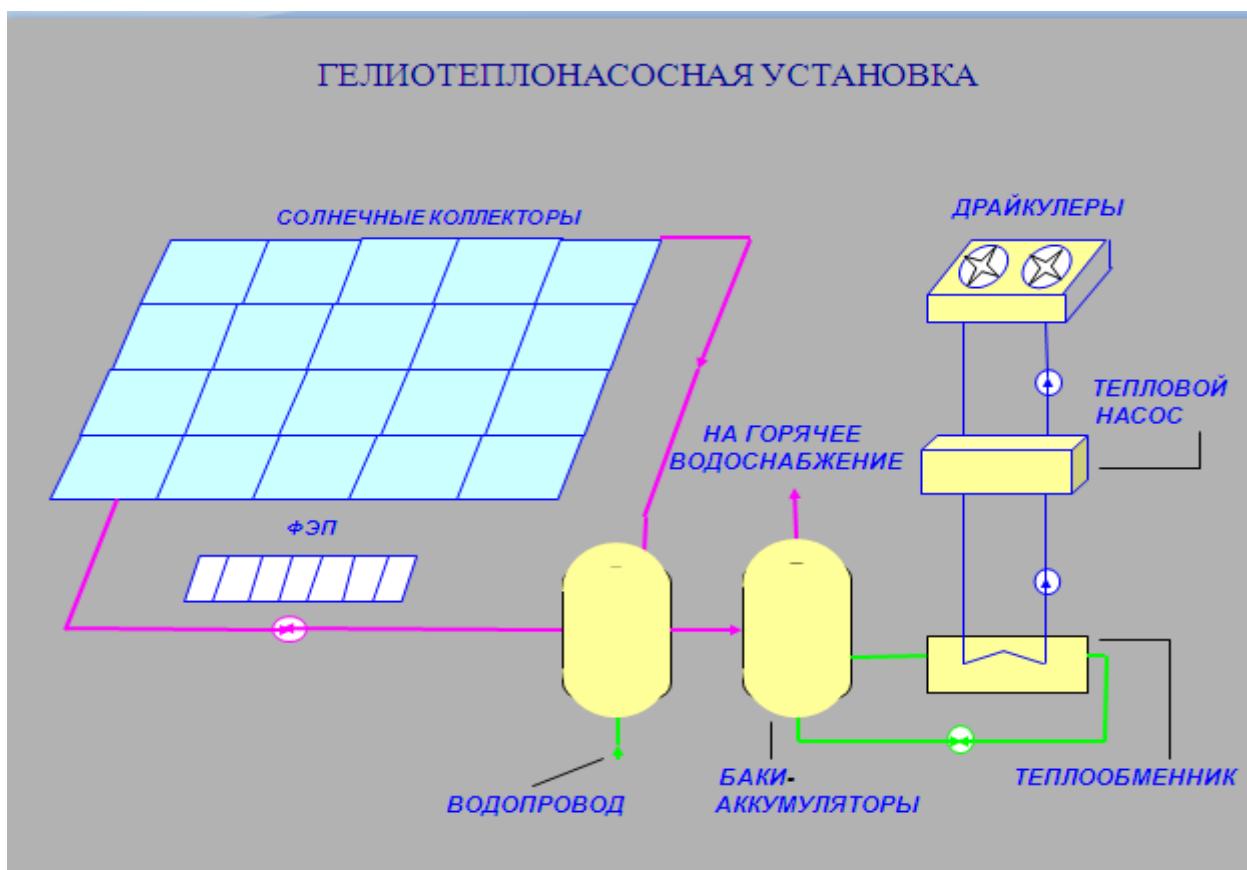
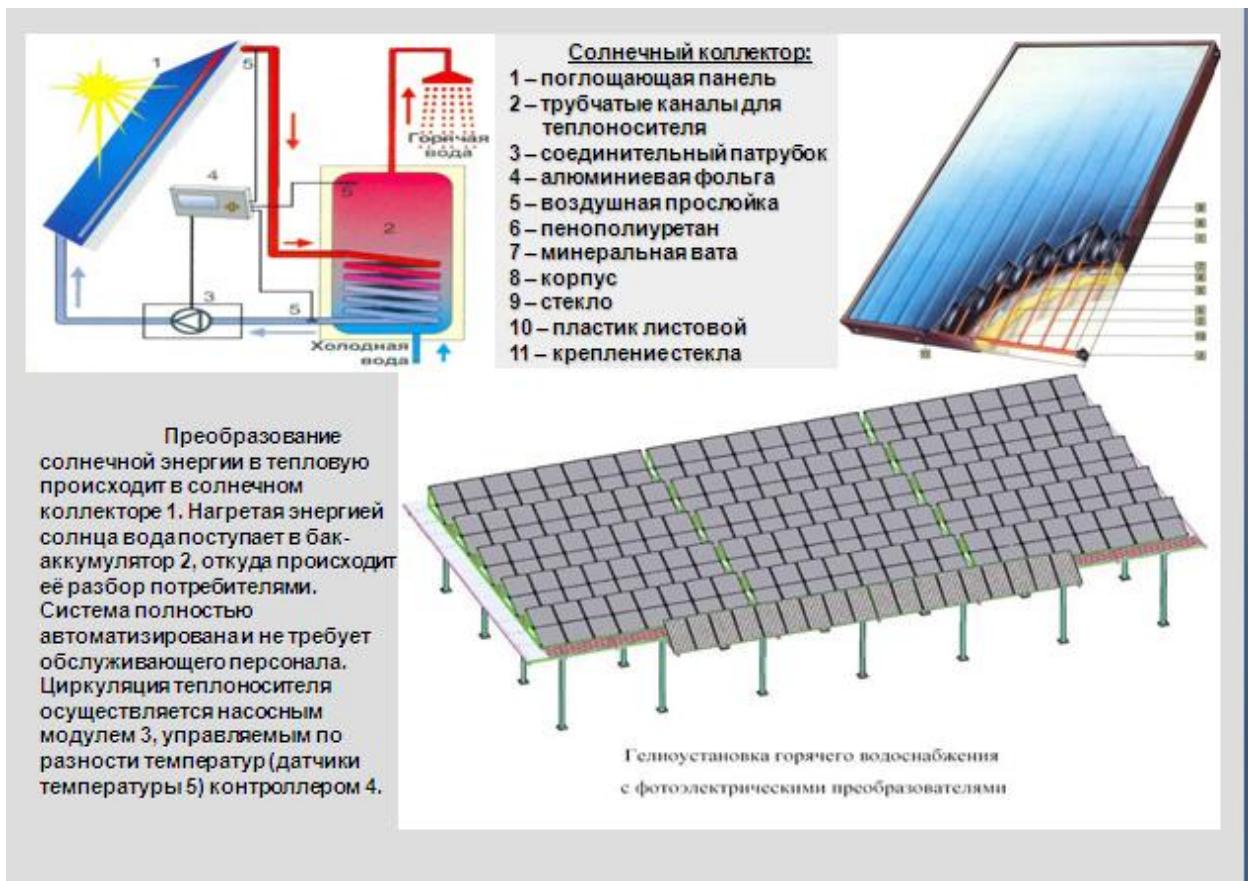
1. 6 Лекция №8 (2 часа).

Тема: «Экологические проблемы использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии»

1.6.1 Вопросы лекции:

- 1.Проблемы взаимодействия энергетики и экологии.
- 2.Влияние ветроэнергетики на природную среду.
- 3.Экологические проблемы развития солнечной энергетики

1.6.2 Краткое содержание вопросов:



Демонстрационный проект геотермального теплоснабжения

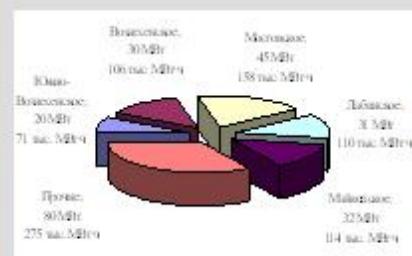
Задачи проекта:

1. Обеспечение бесперебойного надежного недорогого геотермального теплоснабжения пос. Розовый
2. Демонстрация преимуществ геотермальных технологий для теплоснабжения.
3. Отработка модели организации, производственного и инвестиционной деятельности
4. Отработка и совершенствование комплексного применения геотермальных систем и технологий



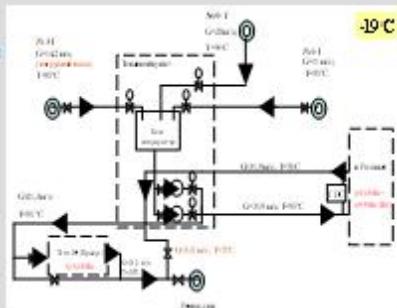
Основные показатели проекта:

Полезный отпуск тепла – 15,7 тыс. Гкал/год;
ЧДД – 12 610 тыс. руб.
ВНО – 16,87%;
ДИ – 1,47;
Дисконтированный срок окупаемости – 7 лет
(с момента пуска)



Проект предполагает:

- ✓ Модернизацию и увеличение геотермальной ресурсной базы
- ✓ Модернизацию теплосетей геотермальной системы
- ✓ Теплоснабжение ЖКХ и социально-бытовых объектов п. Розовый
- ✓ Создание нового автоматизированного геотермального теплового пункта АГТП



Тепловые мощности и годовая выработка тепловой геотермальной месторождений Краснодарского края

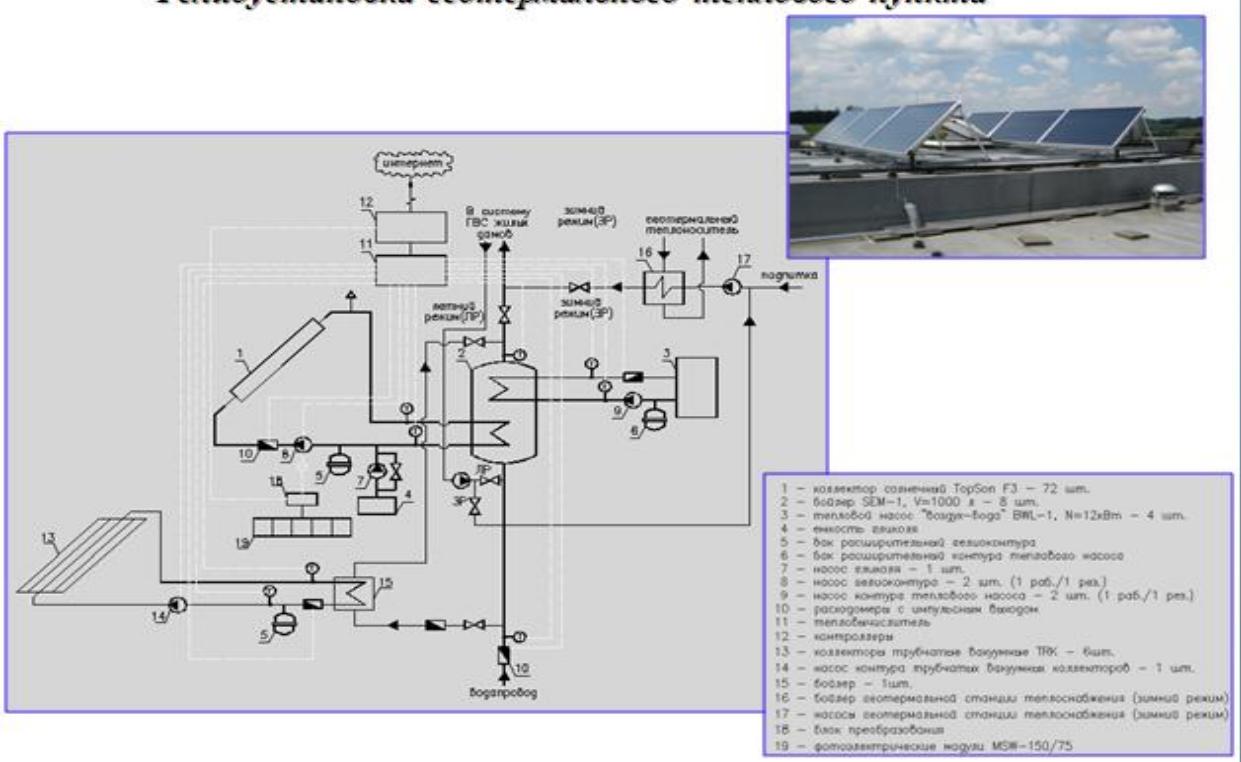
Принципиальная схема теплоснабжения и ГВС п. Розовый и теплицы ООО «Крокус» (вариант 1в, t= -19C).

Проектируемый геотермальный тепловой пункт



Существующая система теплоснабжения

Гелиоустановка геотермального теплового пункта



Гелиоустановка геотермального теплового пункта



2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

2.1 Практическое занятие №1,2 (4 часа).

Тема: Расчет тепловых режимов нетрадиционных и возобновляемых источников энергии

2.1.1 Задание для работы:

1. Определение потока лучистого теплообмена между двумя телами
2. Определение тепловых потерь для нагрева тела объемом 1 куб.м.

2.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

РАСЧЕТ ПОСТУПЛЕНИЙ ТЕПЛОТЫ, ВЛАГИ И ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОМЕЩЕНИЯ

Цель – изучить и освоить методику расчета поступлений теплоты, влаги и вредных веществ в помещения общественных и производственных зданий.

1.1. Определение избыточной теплоты

Основными вредными выделениями, которые поступают в помещение, являются избыточная теплота, влага и вредные вещества.

Избыточная теплота (избытки явной теплоты) – остаточное количество явной теплоты (за вычетом теплопотерь), поступающей в помещение при расчетных параметрах наружного воздуха после осуществления всех технологических мероприятий по их уменьшению (тепловой изоляции оборудования, трубопроводов и пр.). Помещения с избытками явной теплоты более 23 Вт/м³ называют помещениями со значительными избытками явной теплоты и относят к категории горячих цехов.

Избыточная теплота определяется как сумма теплопоступлений от людей, искусственного освещения, электродвигателей, нагретого оборудования, остывающих материалов, через заполнения световых проемов, через массивные ограждающие конструкции и пр.

1.1.1. Теплопоступления от людей

Теплопоступления от людей зависят от выделяемой людьми энергии при работе (категории работ) и температуры окружающего воздуха в помещении.

Теплопоступления от людей, Вт

$$Q_{\text{люо}} = nq_{\text{я}}k_{\text{я}},$$

где n – количество людей;

$q_{\text{я}}$ – тепловыделения одним взрослым человеком (мужчиной) Вт, принимается в зависимости от температуры внутреннего воздуха и категории работ по табл. 1;

$k_{\text{я}} = 1$ – для мужчин, $k_{\text{я}} = 0,85$ – для женщин, $k_{\text{я}} = 0,75$ – для детей.

$q_{\text{я}}$ – тепловыделения одним взрослым человеком (мужчиной) Вт, принимается в зависимости от температуры внутреннего воздуха и категории работ по табл. 1;

$k_{\text{я}} = 1$ – для мужчин, $k_{\text{я}} = 0,85$ – для женщин, $k_{\text{я}} = 0,75$ – для детей.

1. Количество теплоты и влаги, выделяемых взрослым человеком (мужчиной)

Темпe	Количество теплоты $q_{\text{я}}$ Вт, и влаги m , г/ч,
-------	--

Температура окружающего воздуха, °C	Выделяемых взрослым человеком (мужчиной)							
	в состоянии покоя		при легкой работе		при работе средней тяжести		при тяжелой работе	
	<i>m</i>	<i>q_я</i>	<i>m</i>	<i>q_я</i>	<i>m</i>	<i>q_я</i>	<i>m</i>	<i>q_я</i>
15	30	120	55	120	ПО	135	185	165
16	32	114	59	116	116	129	196	158
17	34	108	63	112	122	123	207	151
18	36	102	67	108	128	117	218	144
19	38	96	71	104	134	111	229	137
20	40	90	75	100	140	105	240	130
21	42	84	83	93	149	98	251	123
22	44	78	91	86	158	91	262	116
23	46	72	99	79	167	84	273	109
24	48	66	107	72	176	77	284	102
25	50	60	115	65	185	70	295	95
26	55	56	122	60	194	64	307	86
27	60	52	129	55	203	58	319	77
28	65	48	136	50	212	52	331	68
29	70	44	143	45	221	46	343	59
30	75	40	150	40	230	40	355	50

ПРИМЕР. 1. Определить теплопоступления от людей (мужчин) в зале заседаний на 50 мест, находящемся в административно-бытовом корпусе. Температура окружающего воздуха: в теплый период года – 24,2 °C, в

ПРИМЕР. 1. Определить теплопоступления от людей (мужчин) в зале заседаний на 50 мест, находящемся в административно-бытовом корпусе. Температура окружающего воздуха: в теплый период года – 24,2 °C, в переходный период года – 18 °C, в холодный период года – 18 °C.

При выполнении работы удобно представлять расчеты в виде таблиц и выполнять их с помощью программы MicrosoftExcel. Расчет теплопоступлений от людей приведен в табл. 2.

Для холодного периода и переходных условий $Q_{л} = 50 \cdot 102 \cdot 1 = 5100$ Вт.

Для теплого периода $Q_{x} = 50 \cdot 66 \cdot 1 = 3300$ Вт.

2. Расчет теплопоступлений от людей

№	Наименование величины	Обозначение	Ед. изм.	Формула или источник информации	Значения величин		
					теплый период	переходные условия	холодный период
1	Теплопоступления от людей	$Q_{люд}$	Вт	$n \cdot q_{я} \cdot k_{л}$	3300	5100	5100
1.1	Количество людей	n	чел.	согласно заданию	50	50	50
1.2	Тепловыделение одним человеком (взрослым мужчиной)	$q_{я}$	Вт	табл. 1	66	102	102
1.3	Температура окружающего воздуха, °C	t_e	°C	согласно заданию	24,2	18	18
1.4	Коэффициент	$k_{л}$	-		1	1	1

ПРИМЕР. 1. Определить теплопоступления от людей (мужчин) в зале заседаний на 50 мест, находящемся в административно-бытовом корпусе. Температура окружающего воздуха: в теплый период года – 24,2 °C, в переходный период года – 18 °C, в холодный период года – 18 °C.

При выполнении работы удобно представлять расчеты в виде таблиц и выполнять их с помощью программы MicrosoftExcel. Расчет теплопоступлений от людей приведен в табл. 2.

Для холодного периода и переходных условий $Q_{л} = 50 \cdot 102 \cdot 1 = 5100$ Вт.

Для теплого периода $Q_x = 50 \cdot 66 \cdot 1 = 3300$ Вт.

2. Расчет теплопоступлений от людей

№	Наименование величины	Обозначение	Ед. изм.	Формула или источник информации	Значения величин		
					теплый период	переходные условия	холодный период
1	Теплопоступления от людей	$Q_{люд}$	Вт	$n \cdot q_a \cdot k_l$	3300	5100	5100
1.1	Количество людей	n	чел.	согласно заданию	50	50	50
1.2	Тепловыделения одним человеком (взрослым мужчиной)	q_a	Вт	табл. 1	66	102	102
1.3	Температура окружающего воздуха, °C	t_e	°C	согласно заданию	24,2	18	18
1.4	Коэффициент	k_l	-		1	1	1

1.2	Тепловыделения одним человеком (взрослым мужчиной)	q_a	Вт	табл. 1	66	102	102
1.3	Температура окружающего воздуха, °C	t_e	°C	согласно заданию	24,2	18	18
1.4	Коэффициент	k_l	-		1	1	1

1.1.2. Тепловыделения от искусственного освещения

Тепловыделения от источников искусственного освещения, если пренебречь частью энергии, нагревающей конструкции и уходящей через них, Вт:

$$Q_{осв} = N_{осв},$$

где $N_{осв}$ – суммарная мощность источников освещения, Вт.

Тепловыделения от источников искусственного освещения, если суммарная мощность источников освещения неизвестна, Вт:

$$Q_{осв} = EFq_{осв} \cdot \eta_{осв},$$

где E – нормируемая освещенность помещения, Лк (табл. 3) [6];

$q_{осв}$ – удельные тепловыделения от ламп, Вт/(м²лк) (табл. 4);

F – площадь пола помещения, м²;

$\eta_{осв}$ – доля теплоты, поступающей в помещение.

Если осветительная арматура и лампы установлены на некотором расстоянии от потолка $\eta_{осв} = 1$, для люминесцентных ламп, встроенных в чердачное перекрытие или подвесной потолок $\eta_{осв} = 0,4$. Для большинства помещений, имеющих естественное освещение, теплопоступления от источников искусственного освещения учитываются в холодный и переходный периоды года.

2.3 Практическое занятие №3,4 (4 часа).

Тема: «Расчет ветроэнергетических установок»

2.3.1 Задание для работы:

1. Как регулируют частоту вращения ветроколеса?
2. Способы аккумулирования энергии ветра?

2.3.2 Краткое описание работы

Определение диаметра ветроколеса

Для определения параметра ветроколеса мы должны знать, какое количество теплоты будет вырабатывать генератор [8, 15]. Нам необходимо количество теплоты равно 4,1 кВт, для обогрева помещения площадью 54 м². Омечаемую площадь ветроколеса можно определить по формуле:

$$S_e = \frac{\pi D^2}{4} \quad (3.2)$$

где D – диаметр колеса, м;

Силу ветра определим по выражению:

$$P_e = \eta \frac{mV^2}{2} \quad (3.3)$$

Преобразуем данное выражение:

$$P_e = \eta \frac{mV^2}{2} = \eta \frac{\rho V v^2}{2} = \eta \frac{\rho \cdot S \cdot v^3}{2} \quad (3.4)$$

Подставим формулу (4.1) в формулу (4.3), получим

$$P_e = \eta \frac{\rho \cdot \pi D^2 \cdot v^3}{8}; \text{ выражим отсюда } D$$

$$D = \sqrt{\frac{8P}{\rho \cdot \eta \cdot \pi \cdot v^3}} \quad (3.5)$$

$$D = \sqrt{\frac{8 \cdot 18069}{1,29 \cdot 0,4 \cdot 3,14 \cdot 5,9^3}} = 10,9 \text{ м}$$

где -коэффициент полезного действия ветра $\approx 0,4$

ρ -плотность воздуха, 1,29 кг/ m^3

Д- диаметр ветроколеса

v -скорость ветра, 5,9м/с

Принимаем диаметр колеса равным 10 метрам.

Таблица 3.1. Скоростей ветра в году

Скорость ветра, м/с	Количество дней в году
1	23.7
2	40.8
3	62.1
4	65.7
5	58.4
6	40.8
7	29.2
8	18.3
9	11.2
10	7.3
11	3.65
12	2.19
13	1.46
14	1.1
15	0.7

Выбор подшипников качения

Однорядные радиальные шарикоподшипники наряду с радиальной нагрузкой способны воспринимать осевую нагрузку, величина которой не должна превышать 70 % неиспользованной допустимой радиальной нагрузки при заданной расчетной долговечности. Поэтому эти подшипники можно применять для фиксации вала или корпуса в осевом направлении.

Однорядные радиальные шарикоподшипники имеют относительно небольшие потери при трении, поэтому им следует отдавать предпочтение, если расчетный срок службы подшипника находится в пределах нормальной работоспособности машины. Они хорошо работают также в узлах машин при расточке посадочных мест под все подшипники, стоящие на одном валу, с одного установка или при правильно выбранных базах для обработки. Радиальные однорядные подшипники могут работать с перекосом внутреннего кольца по отношению к наружному не более 15', при установке с большим перекосом долговечность подшипников резко снижается, возможен их перегрев, а также разрыв сепаратора.

Радиальный однорядный шарикоподшипник может выполняться из следующих конструктивных разновидностей:

а) с канавкой на наружном кольце для стопорной шайбы; такие подшипники позволяют растачивать корпусы на проход без заплечников;

б) с одной и двумя защитными шайбами, а также со встроенными фетровыми и резиновыми уплотнениями; применяются, когда затруднена установка самостоятельных уплотняющих устройств в корпусе подшипникового узла или невозможна подпитка подшипников смазкой в процессе эксплуатации.

При выборе типа и размеров шарико — и роликоподшипников учитываются следующие факторы:

- а) величину и направление нагрузки (радиальная, осевая, комбинированная);
- б) характер нагрузки (постоянная, переменная, ударная);
- в) число оборотов вращающегося кольца подшипников;
- г) необходимую долговечность (желаемый срок службы, выраженный в часах);
- д) окружающую среду (температура, влажность, кислотность);
- е) требования к подшипнику, предъявляемые конструкцией узла машины или механизма (необходимость самоустановливаемости подшипника в опоре с целью компенсации перекосов вала или корпуса, обеспечение перемещения вала в осевом направлении, целесообразность монтажа подшипника непосредственно на вал, на закрепительную или закрепительно-стяжную втулку, необходимость регулирования радиальной и осевой игры подшипника).

При выборе подшипников не следует задаваться чрезмерно большим сроком службы (долговечностью), так как это приводит к увеличению размеров подшипника.

Подшипники выбирают по следующей схеме:

- а) намечают тип подшипника, исходя из условий эксплуатации конкретного подшипникового узла в соответствии с указаниями, приведенными в разделе «Размеры и основные характеристики подшипников»;
- б) определяют размеры подшипника в зависимости от действующих нагрузок, числа оборотов и требуемого срока службы;
- в) назначают класс точности подшипника с учетом требований к точности вращения узла.

Подшипник требуемого типоразмера выбирают по его коэффициенту работоспособности C , который зависит от конструкции подшипника, его материала и ряда других параметров.

Расчет долговечности подшипника

Под расчетной долговечностью подшипника понимается время, выраженное в часах, в течение которого не менее 90 % партии подшипников должны проработать при идентичных условиях без признаков усталости металла. Характерными признаками усталости являются следы выкрашивания металла на рабочих поверхностях в виде раковин или отслаивания (шелушения).

Долговечность подшипника зависит от величины и направления нагрузки, числа оборотов, коэффициента работоспособности и ряда других факторов.

Связь между расчетной долговечностью h , условной нагрузкой Q , числом оборотов n и коэффициентом работоспособности C определяется следующим эмпирическим равенством:

$$C = Q(nh)^{0.3} \quad (3.6)$$

Формула справедлива при $n > 10$ об/мин, но не превышающем предельного числа оборотов, допускаемого для данного подшипника; при

$n = 1$ до 10 об/мин С подсчитывается, как для 10 об/мин; при $n < 1$ об/мин действующая нагрузка принимается как статистическая и при выборе подшипника сравнивается с допускаемой статистической нагрузкой для конкретного подшипника.

Условная нагрузка

Условная нагрузка Q учитывает как характер и направление действующих нагрузок, так и особенности кинематики и температуру узла.

Условную нагрузку для подшипников определяют по формулам:

для радиальных:

$$Q = (RK_k + mA)K_6K_t \quad (3.7)$$

где Q - радиальная нагрузка в кГ; A - осевая нагрузка в кг; m -коэффициент, учитывающий неодинаковое влияние радиальных и осевых нагрузок на срок службы подшипника; K_6 - коэффициент, учитывающий влияние характера нагрузки на срок службы подшипника; K_t — коэффициент, учитывающий зависимость срока службы подшипника от того, какое кольцо вращается относительно вектора нагрузки.

Коэффициент m зависит от угла контакта дорожки качения с телами качения.

Подшипники выбирают по коэффициенту работоспособности, который определяется по формуле

$$(nh) \quad (3.8)$$

Эта формула получена путем объединения равенства и формулы. Значения (hn) приведены ниже.

$$R = 531,1, K_6 = 1,2, K_t = 1,0, A = 470 \text{ м.}$$

$m = 1,5$, имея в виду, что $R/A = 531,1 / 470 \approx 1,0$ увеличим это значение на 25 %.

$$t = 1,875$$

$$\pi = 250 \text{ об/мин}$$

$$6300 \text{ часов работы}$$

$$C = (531,1 \cdot 1,4 + 1,875 \cdot 470) \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot (72,5) = 141354,1$$

Подшипник 316

$$d = 80, D = 170, \text{ шир. } B = 39, C = 144000$$

Следовательно, необходим подшипник, коэффициент работоспособности которого C должен быть не менее 144000. Этому значению C соответствует радиальный однорядный шарикоподшипник 316.

2.4 Практическое занятие №5,6,7,8,9 (10 часов).

Тема: «Расчет долгосрочных характеристик системы солнечного теплоснабжения»

2.4.1 Задание для работы:

1.Определение параметров солнечного коллектора.

2.Определение тепловых нагрузок системы.

2.4.2. Краткое описание занятия

Применение фотоэлементов

Солнечные фотоэлементы являются вполне реальной технически и экономически выгодной альтернативой ископаемому топливу в ряде применений. Солнечный элемент

может напрямую превращать солнечное излучение в электричество без применения каких-либо движущихся механизмов. Благодаря этому, срок службы солнечных генераторов довольно продолжителен. Фотоэлектрические системы хорошо зарекомендовали себя с самого начала промышленного применения фотоэлементов. К примеру, фотоэлементы служат основным источником питания для спутников на околоземной орбите с 1960-х годов. В отдаленных районах фотоэлементы обслуживают автономные энергоустановки с 1970-х. В 1980-х годах производители серийных потребительских товаров начали встраивать фотоэлементы во многие устройства: от часов и калькуляторов до музыкальной аппаратуры. В 1990-х предприятия энергоснабжения начали применять фотоэлементы для обеспечения мелких потребностей пользователей.

Фотоэлектрические установки качают воду, обеспечивают ночное освещение, заряжают аккумуляторы, подают электричество в общую энергосистему и т. д. Они работают в любую погоду. При переменной облачности они достигают 80% своей потенциальной производительности; в туманную погоду - около 50%, и даже при сплошной облачности они вырабатывают до 30% энергии.

В наше время можно найти не только фотоэлектрические панели. Разные фирмы предлагают фотоэлементы в виде легких, эластичных и прочных кровельных плит, а также ненесущих стен-перегородок для фасадных работ. Эти новинки делают фотоэлементы экономически более привлекательными при включении их в состав строительных материалов. В отдаленных районах фотоэлектрические установки являются наиболее рентабельным, надежным и долговечным источником энергии. В некоторых регионах фотоэлементы повышают конкурентоспособность систем, подключенных к электросети. Однако главное - что и в отдаленных, и в подсоединеных к электросетям местностях фотоэлектрические системы вырабатывают чистую энергию, получение которой не сопровождается загрязнением окружающей среды, в отличие от привычных электростанций.

Насосные установки, работающие на солнечных фотоэлементах, эффективны и экономически выгодны в условиях практически любого применения воды. В сельских районах находится и другое применение фотоэлектрическим системам - зарядка и освещение электрических изгородей; обеспечение циркуляции воды, вентиляции, света и кондиционирования воздуха в теплицах и гидропонных сооружениях.

Солнечные фотоэлектрические системы просты в обращении и не имеют движущихся механизмов, однако сами фотоэлементы содержат сложные полупроводниковые устройства, аналогичные используемым для производства интегральных схем. В основе действия фотоэлементов лежит физический принцип, при котором электрический ток возникает под воздействием света между двумя полупроводниками с различными электрическими свойствами, находящимися в контакте друг с другом. Совокупность таких элементов образует фотоэлектрическую панель, либо модуль. Фотоэлектрические модули, благодаря своим электрическим свойствам, вырабатывают постоянный, а не переменный ток. Он используется во многих простых устройствах, питающихся от батарей. Переменный же ток, напротив, меняет свое направление через регулярные промежутки времени. Именно этот тип электричества поставляют энергопроизводители, он используется для большинства современных приборов и электронных устройств. В простейших системах постоянный ток фотоэлектрических модулей используется напрямую. Там же, где нужен переменный ток,

к системе необходимо добавить инвертор, который преобразует постоянный ток в переменный.

Фотоэлементы

Современное производство фотоэлементов практически полностью основано на кремнии. Около 80% всех модулей производится с использованием поликристаллического кремния, а остальные 20% используют аморфный кремний. Кристаллические фотоэлементы - наиболее распространенные, обычно они имеют синий цвет с отблеском. Аморфные, или некристаллические - гладкие на вид и меняют цвет в зависимости от угла зрения. Монокристаллический кремний имеет наилучшую эффективность (около 14%), но он дороже, чем поликристаллический, эффективность которого в среднем составляет 11%. Аморфный кремний широко применяется в небольших приборах, таких как часы и калькуляторы, но его эффективность и долгосрочная стабильность значительно ниже, поэтому он редко применяется в силовых установках.

Девяносто девять процентов современных солнечных элементов изготавливают из кремния (Si), а остальные построены на том же принципе, что и кремниевые солнечные элементы. На один слой кремния наносится определенное вещество, благодаря которому образуется избыток электронов. Получается отрицательно заряженный ("N") слой. На другом слое создается недостаток электронов, он становится положительно заряженным ("P"). Собранные вместе с проводниками, эти две поверхности образуют светочувствительный электронно-дырочный переход. Он называется полупроводником, так как, в отличие от электропровода, проводит ток только в одном направлении - от отрицательного к положительному. При воздействии солнца или другого интенсивного источника света возникает постоянный ток напряжением примерно в 0,5 Вольт. Сила тока (ампер) пропорциональна световой энергии (количеству фотонов). В любой фотоэлектрической системе напряжение почти постоянно, а ток пропорционален размеру фотоэлементов и интенсивности света.

Солнечные модули

Солнечный модуль - это батарея взаимосвязанных солнечных элементов, заключенных под стеклянной крышкой. Чем интенсивнее свет, падающий на фотоэлементы и чем больше их площадь, тем больше вырабатывается электричества и тем больше сила тока. Модули классифицируются по пиковой мощности в ваттах (Втп). Ватт - единица измерения мощности. Один пиковый ватт - техническая характеристика, которая указывает на значение мощности установки в определенных условиях, т.е. когда солнечное излучение в 1 кВт/м² падает на элемент при температуре 25 оС. Такая интенсивность достигается при хороших погодных условиях и Солнце в зените. Чтобы выработать один пиковый ватт, нужен один элемент размером 10 x 10 см. Более крупные модули, площадью 1 м x 40 см,рабатывают около 40-50 Втп. Однако солнечная освещенность редко достигает величины 1 кВт/м². Более того, на солнце модуль нагревается значительно выше номинальной температуры. Оба эти фактора снижают производительность модуля. В типичных условиях средняя производительность составляет около 6 Вт·ч в день и 2000 Вт·ч в год на 1 Втп. 5 ватт-час - это количество энергии, потребляемое 50-ваттной лампочкой в течение 6 минут (50 Вт x 0,1 ч = 5 Вт·ч) или портативным радиоприемником в течение часа (5 Вт x 1 ч = 5 Вт·ч).

Наиболее распространенные модули (из кристаллического кремния) производят 100-120 ватт на квадратный метр (Вт/м²). Таким образом, модуль площадью один квадратный метр производит достаточно электричества, чтобы питать одну 100-ваттную лампочку. Солнечный модуль вырабатывает постоянный ток, обычно с напряжением 12 В. Есть множество электроприборов - ламп, телевизоров, холодильников, вентиляторов, инструментов и т.д., которые работают от постоянного тока в 12 В. Однако большинство бытовых электроприборов все же потребляют 110 или 220 В переменного тока.

Состав фотоэлектрической системы

Фотоэлектрические системы с аккумулятором можно приспособить для питания оборудования постоянного или переменного тока. Желающие пользоваться обычными приборами переменного тока должны добавить к системе, между аккумулятором и нагрузкой, блок регулирования мощности - так называемый инвертор. Хотя в процессе преобразования постоянного тока в переменный некоторое количество энергии теряется, благодаря инвертору фотоэлектрическая энергия может использоваться наравне с привычным коммунальным энергоснабжением (питать бытовую технику, осветительные приборы или компьютеры).

Система устроена так: фотоэлектрический модуль соединен с аккумулятором, а тот, в свою очередь, с нагрузкой. В дневные часы фотоэлектрические модули заряжают аккумулятор. Энергия по мере необходимости поступает на нагрузку. При помощи простого контроллера заряда аккумулятор заряжается в нужной степени. При этом продлевается срок его жизни, обеспечивается защита от перегрузки и от полной разрядки. Аккумулятор способен расширить сферу применения фотоэлектрической панели, но требует определенного обслуживания. Аккумуляторы фотоэлектрических систем похожи на автомобильные. Как и автомобильные аккумуляторы, они требуют осторожности в обращении и хранении. Нужно периодически проверять уровень жидкости в негерметичных аккумуляторах, к тому же их необходимо защищать от низких температур..

Аккумулятор

В аккумуляторе накапливается энергия, выработанная солнечным модулем. В качестве компонента домашней солнечной энергетической установки, аккумулятор выполняет три задачи: покрывает пиковую нагрузку, которую не могут покрыть сами фотоэлектрические модули (резервный запас); дает энергию в ночное время (кратковременное хранение); компенсирует периоды плохой погоды или слишком высокого энергопотребления (среднесрочное хранение).

Регулятор заряда

Аккумулятор прослужит несколько лет только в том случае, если он используется вместе с качественным регулятором заряда, который защищает батарею от чрезмерной зарядки и глубокой разрядки. Если батарея полностью заряжена, регулятор снижает уровень тока, вырабатываемого солнечным модулем до величины, компенсирующей естественные потери заряда. И наоборот, регулятор прерывает поставку энергии на потребляющие приборы, когда аккумулятор разряжается до критического уровня. Таким образом, внезапное прекращение энергоснабжения может быть вызвано не поломкой в системе, а результатом действия этого защитного механизма.

Инвертор

Инвертор превращает постоянный ток низкого напряжения в стандартный переменный (120 или 240 В, 50 или 60 Гц). Инверторы бывают от 250 Вт (стоимостью около 300 долларов) до свыше 8000 Вт

Очень важным фактором экономического анализа является срок эксплуатации фотоэлектрической системы. Сроки службы разных компонентов солнечного энергоснабжения подсчитаны на основе опыта, накопленного за последние годы. Срок службы фотоэлектрических панелей оценивается в 20 лет. Надлежащая герметизация и применение закаленного стекла с низким содержанием железа способны удлинить этот срок.

Каркасы и крепления из оцинкованного железа используются в большинстве фотоэлектрических систем. Хорошо оцинкованные материалы должны прослужить так же долго, как и панели, хотя могут и потребовать ремонта. Аккумулятор: в зависимости от характера цикла заряд/разряд, средний срок службы так называемых "солнечных аккумуляторов" составляет 4 года. Зарядные устройства аккумуляторов рассчитаны по меньшей мере на 10 лет. Инверторы обычно служат не менее 10 лет.