Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Кафедра электроснабжения промышленных предприятий

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЪЕКТОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Конспект лекций

для студентов специальности 5В081200 - Энергообеспечение сельского хозяйства

Алматы 2019

СОСТАВИТЕЛИ: О.Н.Ефимова, Р.М.Рахимова. Проектирование систем энергообеспечения объектов сельского хозяйства. Конспект лекций для студентов специальности 5В081200 – Энергообеспечение сельского хозяйства. – Алматы: АУЭС, 2019. – 65 с.

В курсе лекций освещены вопросы рационального энергообеспечения и потребления энергии в сельском хозяйстве при проектировании традиционных энергосистем тепло, газо и электроснабжения, а также нетрадиционных систем энергообеспечения агропромышленного комплекса с использованием пассивных и активных систем солнечного, геотермального теплоснабжения, ветроэнергетических и биогазовых установок, аккумуляторов теплоты, теплонасосных установок и других возобновляемых видов энергии.

Ил. 11, библиогр. - 12 назв.

Рецензент: канд. техн. наук, доц. Михалкова Е.Г.

Печатается по плану издания НАО «Алматинский университет энергетики и связи» на 2019 год.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи» 2019 г.

Содержание

Лекция №1. Общие сведения по нормативной документации 4
Лекция № 2. Система нормативной документации для проектирования энергообеспечения 7
Лекция №3. Проектирование традиционных энергетических систем 11
Лекция №4. Методические основы расчета тепловой нагрузки объекта . . . 16
Лекция №5. Проектирование систем газоснабжения в сельской местности 20
Лекция №6. Проектирование систем электроснабжения предприятий сельского хозяйства 24
Лекция №7. Проектирование нетрадиционных систем энергообеспечения. Пассивные системы солнечного отопления зданий 27
Лекция №8. Методика расчета определения количества теплоты в пассивной системе солнечного отопления здания 31
Лекция №9. Проектирование активных систем солнечного горячего водоснабжения 35
Лекция №10. Проектирование систем геотермального теплоснабжения . . . 40
Лекция №11. Проектирование ветроэнергетических установок 45
Лекция №12. Проектирование биогазовых установок 50
Лекция №13. Проектирование аккумуляторов теплоты 55
Лекция №14. Проектирование объектов с теплонасосными системами теплоснабжения 57
Лекция №15. Автоматизированное проектирование 60
Список литературы 65

Лекция №1. Общие сведения по нормативной документации (1 час)

Содержание лекции:
- общие сведения о проектировании;
- стадии проектирования;
- порядок разработки проектов.

Цель лекции: изучить понятие о проектах, их составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектов.

Проектирование - это процесс создания описания, необходимого для построения в заданных условиях ещё несуществующего объекта, на основе первичного описания этого объекта.

Он включает пояснительную записку, чертежи и сметы. Основными документами, регулирующими отношения сторон при проектировании, являются договор, заключаемый заказчиком с проектировщиком, и задание на проектирование [6].

Задание на проектирование — перечень представленных заказчиком в письменном виде требований, условий, целей, задач, документально формленных и выданных исполнителю работ проектно–исследовательского характера. При подготовке задания на проектирование должна быть также выбрана площадка для строительства. В задании на проектирование указываются следующие данные:

- наименование проектируемого предприятия, здания или сооружения;
- основание для проектирования;
- район, пункт и площадка строительства;
- номенклатура продукции и мощность производства по основным ее видам (в натуральном и стоимостном выражении), рассчитанные на полное развитие в первую очередь;
- намечаемый режим работы предприятия, его специализация, производственное и хозяйственное кооперирование;
- основные технологические процессы и оборудование, а также необходимость разработки автоматизированных систем управления производством;
- основные источники обеспечения предприятия, как в период строительства, так и при его эксплуатации сырьем, водой, теплом, газом, электроэнергией, а также условия по очистке и сбросу сточных вод;
- намечаемые сроки строительства (в соответствии с нормами продолжительности), порядок его осуществления и ввода мощностей по очередям, а также предложения по дальнейшему расширению всего предприятия, его зданий или сооружений;
- данные для проектирования объектов жилищного и культурно-бытового строительства;
- намечаемый размер капитальных вложений и основные технико–

экономические показатели, которые должны быть достигнуты при проектировании;

- требования к разработке вариантов технического проекта или его частей, а также стадийность проектирования;

- наименование генеральной проектной и строительной организации - генерального подрядчика, а также намечаемая и возможная кооперация при осуществлении строительства объекта, размещаемого в составе промышленного узла.

Стадии проектирования. Проект может быть разработан в одну или две стадии. Проектирование сложных объектов ведут в две стадии - на первой стадии составляют технический проект, на второй - рабочие чертежи.

Проектирование в одну стадию (при совмещении разработки технического проекта с рабочими чертежами) осуществляют по объектам, строительство которых намечается по типовым проектам, а также по несложным объектам.

Стадия «П» («Проект») необходима до начала всех работ на объекте, для определения концепции систем, трассировок трубопроводов всех систем относительно друг друга, расположения оборудования, а также для планирования и приблизительного определения капитальных затрат по объекту в целом. Все расчеты и чертежи выполняются согласно принятым нормативным документам в области проектирования и строительства инженерных сетей.

Стадия «РП» («Рабочий проект») необходима для начала монтажных работ по инженерным системам. Эта стадия учитывает изменения, которые могут возникнуть в ходе строительства, согласований с архитекторами, дизайнерами и другими лицами, участвующими в строительстве.

Проектная документация состоит:

1) Текстовая часть содержит сведения в отношении объекта капитального строительства, описание принятых технических и иных решений, пояснения, ссылки на нормативные и (или) технические документы, используемые при подготовке проектной документации и результаты расчетов, обосновывающие принятые решения.

2) Графическая часть отображает принятые технические и иные решения и выполняется в виде чертежей, схем, планов и других документов в графической форме.

3) Раздел «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений» должен состоять из следующих подразделов, проектируемых инженерами энергетиками:

- «Система электроснабжения»;

- «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, тепловые сети»;

- «Система газоснабжения»;

- «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов».

Сметная документация должна содержать сводку затрат, сводный сметный расчет стоимости строительства, объектные и локальные сметные расчеты (сметы), сметные расчеты на отдельные виды затрат.

Указанная сметная документация составляется в сметных ценах, сложившихся ко времени ее составления.

Проектная организация, выполняющая основную (технологическую) часть проектных работ, называется генеральным проектировщиком. Для выполнения инженерных изысканий, отдельных частей проекта по сантехнике, электротехнике и др. генеральный проектировщик на договорных началах привлекает специализированные организации, которые именуются как субподрядные проектные организации.

Проектные и изыскательские работы выполняют проектные организации на основании договоров с заказчиками проекта. При заключении договора заказчик выдает проектной организации задание на проектирование с необходимыми исходными данными. Проектные работы для сельскохозяйственного строительства выполняются проектными организациями на основе договоров с сельскохозяйственным предприятием или другими организациями - заказчиками проектов.

Заказчик проекта заключает договор с проектной организацией, выдает ей утвержденное задание на проектирование и другие необходимые для проектирования исходные данные (акт на отвод земельного участка под строительство, справки органов надзора - санитарного, пожарного), осуществляет контроль за ходом проектирования, принимает от проектной организации выполненный проект и представляет его на утверждение. В договоре отражаются следующие положения, права и обязанности заказчика и подрядчика:

- состав и объем выполняемых работ (с приложением задания на проектирование);
- сроки выполнения работы;
- порядок выполнения работы (этапы, необходимые материалы, представляемые в процессе строительства, контроль исполнения, внесение изменений);
- порядок сдачи-приемки выполненной работы;
- сумма договора, условия расчета, авансирование работы;
- санкции (меры и порядок взысканий за невыполнение условий договора заказчиком и подрядчиком);
- порядок разрешения спорных вопросов и др.

Договор подписывается официальными представителями организаций и скрепляется печатями.

Проектные организации участвуют в разработке задания на

проектирование, в выборе площадки для строительства и выполнении проектно-изыскательских работ, входит в комплекс работ проекта предприятия, здания и сооружения.

Лекция №2. Система нормативной документации для проектирования энергообеспечения (1 час)

Содержание лекции:

- категории электроприемников и обеспечение надежности электроснабжения;
- степень защиты объекта (код IP);
- общие сведения по нормативной документации.

Цель лекции: знакомство с действующей нормативно-технической документацией.

Для проектирования сети электроснабжения предприятия необходимо определиться с требованиями по надежности электроснабжения его электроприемников. Категории электроприемников по надежности электроснабжения определяются в процессе проектирования системы электроснабжения на основании нормативной документации, ведомственных норм проектирования, а также технологической части проекта.

В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники разделяются на три категории [1]:

Электроприемники I категории — электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой: опасность для жизни людей, угрозу для безопасности государства, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи и телевидения.

Из состава электроприемников I категории выделяется особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов и пожаров.

Электроприемники II категории — электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, а также механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

Электроприемники III категории — все остальные электроприемники, не подпадающие под определения I и II категорий.

Электроприемники I категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно

резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Электроприемники II категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. Для электроприемников II категории при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

Для электроприемников III категории электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают одних суток.

Потребители теплоты по надежности теплоснабжения делятся на три категории [2]:

Первая категория — потребители, для которых не допускается перерывов в подаче расчетного количества теплоты и снижения температуры воздуха в помещениях ниже предусмотренных. Это больницы, родильные дома, детские дошкольные учреждения с круглосуточным пребыванием детей, картинные галереи, химические и специальные производства, шахты и т. п.

Вторая категория — потребители, допускающие снижение температуры в отапливаемых помещениях на период ликвидации аварии, но не более 54 часов в жилых и общественных зданиях до 12°С, промышленных зданиях до 8°С.

Третья категория — остальные потребители.

Для защиты электрооборудования от попадания извне твердых предметов и (или) воды, а обслуживающего персонала от контакта с опасными токоведущими и механическими частями машин последние снабжены оболочкой — защитными приспособлениями в виде кожуха, корпуса и т. п.

Степень защиты обозначается с помощью так называемого кода IP, который включает в себя следующие элементы [3]:

- буквы «IP», являющиеся сокращением слов «International Protection» («Международная защита»);
- первую характеристическую цифру (от 0 до 6 либо заменяющая их буква «X»);
- вторую характеристическую цифру (от 0 до 8 либо заменяющая их буква «X»);
- дополнительную букву («A», «B», «C», «D»);
- вспомогательную букву («H», «M», «S»).

В коде IP одна или обе характеристические цифры могут быть заменены буквой «X», когда отсутствует необходимость нормирования степени защиты.

Если в коде используются несколько дополнительных букв, они располагаются в алфавитном порядке. Дополнительные и вспомогательные буквы опускаются в коде без замены.

Вторая вспомогательная буква кода (IP (xx) aA) «H» обозначает высоковольтное электрооборудование. Вспомогательные буквы «M» и «S» указывают на то, что оборудование с движущимися частями во время испытаний на соответствие степени защиты от вредных воздействий, связанных с проникновением воды, находится соответственно в состоянии движения или неподвижности.

Международная электротехническая комиссия (МЭК; англ. International Electrotechnical Commission, IEC) — международная некоммерческая организация по стандартизации в области электрических, электронных и смежных технологий. Некоторые из стандартов МЭК разрабатываются совместно с Международной организацией по стандартизации (ISO). Стандарты МЭК имеют номера в диапазоне 60 000 — 79 999, и их названия имеют вид типа МЭК 60411 Графические символы.

Международная организация по стандартизации, ИСО (International Organization for Standardization, ISO) — международная организация, занимающаяся выпуском стандартов. Сфера деятельности ИСО касается стандартизации во всех областях, кроме электротехники и электроники, относящихся к компетенции Международной электротехнической комиссии (МЭК).

Междунаро́дный сою́з электросвя́зи (МСЭ) (англ. International *Telecommunication Union, ITU)* — международная организация, определяющая рекомендации в области телекоммуникаций и радио, а также регулирующая вопросы международного использования радиочастот (распределение радиочастот по назначениям и по странам). Является специализированным учреждением ООН.

Европейская организация по качеству ЕОК (EOQ) создана в 1957 году. Хотя по названию она является региональной, но фактически представляет собой мировую международную организацию. Цель деятельности - как межотраслевые проблемы качества (система управления качеством, методы оценки качества и др.), так и проблемы качества применительно к отрасли (авиационная, автомобильная, пищевая и др.).

Правила устройства электроустановок (ПУЭ) распространяются на вновь сооружаемые и реконструируемые электроустановки до 750 кВ включительно, в том числе на специальные электроустановки, оговоренные в разд. 7 настоящих Правил.

Основной целью создания Единой системы классификации и кодирования в электроэнергетике (*ЕСККЭ*) является создание единой информационной среды (пространства), основанной на национальных стандартах в условиях гармонизации их с международными стандартами в рассматриваемой области. Строительное проектирование ведется на единой

основе, которые составляют нормативные документы.

1 группа - общестроительные нормы: СНиПы (строительные нормы и правила, ГОСТы, СН («Инструкции»), ВСН (ведомственные строительные нормы), РСН (республиканские строительные нормы).

СниПы - документы 1 уровня, являются сводом основных положений по всем направлениям строительства: жилых и общественных зданий, сооружений; определяется область применения, параметры и методы расчета строительных конструкций, даются общие и частные правила производства строительных работ. Важнейшим разделом СН и Па являются «Нормы строительного проектирования» в виде глав СниПа, например, «Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и сооружения». Данный раздел обозначается следующим образом: ГОСТы устанавливают технические характеристики, параметры строительных материалов и изделий, по ним сверяют качество выпускаемой продукции.

Документами второго уровня являются инструкции. *Инструкции* устанавливают детальные требования к проектированию конкретных видов предприятий, зданий и сооружений, конструкций и инженерного оборудования, к производству отдельных видов строительно-монтажных работ, применению материалов и изделий, к нормированию труда, разработке проектно-сметной документации. Инструкции имеют название и шифр, состоящий из букв СН (строительные нормы), цифры, обозначающей порядковый номер регистрации, и через тире - год утверждения инструкции. Например, «Инструкция о порядке составления и утверждения проектов - СН 47-74».

Министерства, ведомства могут издавать нормативные документы третьего уровня. *Ведомственные нормативные документы* не должны содержать требований, противоречащих общестроительным нормам. В шифре приводится сокращенное обозначение ВСН (ведомственные строительные нормы), порядковый номер документа и две цифры, определяющие год утверждения.

Нормы технологического проектирования отражают отраслевую специфику предприятий. Они устанавливают технологические требования к зданиям, сооружениям, конструктивным элементам, оборудованию, средствам механизации, а также определяют параметры производственного процесса, потребность в ресурсах, режим работы предприятия и т.д. Например: «НТП 1-99 Нормы технологического проектирования предприятий крупного рогатого скота».

К нормам технологического проектирования относятся и ведомственные нормативные документы. Например: «ВНТП 2-01 - Ведомственные нормы технологического проектирования свиноводческих предприятий».

К нормам технологического проектирования относятся также ветеринарно-санитарные и санитарные нормы и правила, по устройству животноводческих предприятий (документы 2 уровня). Например: СН 245-71

«Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий» (санитарно-защитные зоны).

Третья группа документов - документы нормативно-рекомендательного характера. Содержащийся материал не обязателен для выполнения, но полезен для использования при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий, сооружений и предприятий. Например: «Рекомендации по проектированию, реконструкции, расширению и техническому перевооружению животноводческих ферм» и т.д.

Лекция №3. Проектирование традиционных энергетических систем (1 час)

Содержание лекции:

- системы теплоснабжения;
- выбор источника теплоснабжения.

Цель лекции: ознакомление с проектированием инженерных систем теплоснабжения сельскохозяйственных предприятий.

Теплоснабжение сельскохозяйственных предприятий и сельских населенных пунктов производят централизованно от отопительных и отопительно–производственных котельных и децентрализованно от местных (встроенных или пристроенных) котельных, теплогенераторов, электроводоподогревателей, электрокотлов, газовых водонагревателей и другого оборудования [4].

Централизованные системы теплоснабжения рекомендуют устраивать для крупных животноводческих комплексов, тепличных хозяйств, ремонтных и других сельскохозяйственных предприятий, а также для сельских населенных пунктов при застройке зданиями не ниже двух этажей (при плотности застройки не менее 1000 $м^2$/га).

Централизованное теплоснабжение способствует уменьшению расходов топлива, повышению надежности и качества теплоснабжения за счет автоматизации оборудования и использования труда более квалифицированного персонала, обеспечивает лучшие санитарно–гигиенические условия в обслуживаемых помещениях, уменьшает затраты труда сельского населения на эксплуатацию индивидуальных источников теплоты и позволяет успешно решать задачи охраны окружающей среды.

Децентрализованное теплоснабжение характеризуется меньшими капитальными затратами (в 2—3 раза по сравнению с централизованным) и создает возможности более быстрого удовлетворения тепловых потребностей по мере ввода в работу оборудования.

В большинстве случаев потребители обеспечиваются теплотой за счет горячей воды и водяного пара, получаемых в котельных установках

централизованного и децентрализованного теплоснабжения. Водяные системы теплоснабжения применяют для подачи теплоты в системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Обычно предусматривают двухтрубные системы, по подающему трубопроводу которых сетевая вода поступает к потребителю, а по обратному — в источник теплоснабжения возвращается обратная (охлажденная) вода. На животноводческих комплексах и при теплоснабжении сельских населенных пунктов с плотностью нагрузки более 0,45 МВт/га находят применение трех– и четырехтрубные водяные системы теплоснабжения, в которых одна пара трубопроводов обеспечивает теплотой системы отопления и вентиляции, а другая (или один трубопровод) — системы горячего водоснабжения и производственные потребители.

Для упрощения устройства тепловых пунктов используют системы теплоснабжения с зависимым (непосредственным) присоединением систем отопления к тепловым сетям.

Для удовлетворения спроса в горячем водоснабжении сельскохозяйственных потребителей следует предусмотреть открытые системы теплоснабжения с непосредственным отбором горячей воды из тепловой сети.

В децентрализованных системах теплоснабжения допускается применение закрытых систем с целью уменьшения затрат на обработку подпиточной воды: в водоподогревателях горячего водоснабжения подогревается водопроводная вода.

Паровые системы теплоснабжения используют на предприятиях, потребляющих водяной пар на технологические нужды.

Обычно сооружают однотрубные паровые системы теплоснабжения — как с возвратом, так и без возврата конденсата. Его возврат в котельную установку требует устройства конденсатопроводов, конденсатных баков и конденсатционных насосов.

На производственных объектах, в которых основной тепловой нагрузкой являются технологические потребители водяного пара, следует использовать единый теплоноситель — водяной пар. В ряде случаев (например, при теплоснабжении животноводческих ферм и комплексов) применяют два теплоносителя: водяной пар для технологических потребителей и горячую воду для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. В связи с этим, предусматривают водяную и паровую системы теплоснабжения на базе котельной установки, вырабатывающей пар.

Перенос теплоты и холода по трубопроводам осуществляют при помощи жидкостей или газов, называемых теплоносителями. При централизованном теплоснабжении в качестве теплоносителя применяют, как правило, воду. Она недорога, практически несжимаема, способна переносить количество теплоты при равных объемах почти в 100 раз больше, чем водяной пар. В то же время вода имеет ряд недостатков, усложняющих проектирование и эксплуатацию систем. Ее плотность, объем и вязкость

зависят от температуры; температура кипения — от давления; кислородорастворимость — от температуры и давления. Кроме того, она имеет большую плотность и вступает в химические и электрохимические реакции с металлами, что заставляет защищать инженерные системы от их разрушения. Одним из методов защиты систем от деструктивных воздействий воды является применение оборудования, соответствующего ее качеству. Как обязательное минимальное требование, контактирующие с водой элементы выполняют из устойчивых к коррозии металлов: меди, специальной латуни, хромированной и нержавеющей стали.

Уплотнители изготавливают из фторопласта, каучука и этиленпропиленового материалов, устойчивых к растворенным в воде химическим веществам.

Несмотря на специально подготовленное оборудование, к качеству воды, особенно, в современных автоматически регулируемых инженерных системах здания, предъявляют высокие требования.

Регулирование и контроль параметров воды в них осуществляют отверстиями и каналами весьма малых проходных сечений. От их состояния зависит эффективность работы системы в целом и ее элементов, в частности, поэтому качество воды должно быть не нормативно декларируемым, а реализованным на практике.

Для закрытых и открытых систем теплоснабжения с вакуумной деаэрацией необходимо использовать питьевую воду, а при наличии термической деаэрации в закрытых системах допускается применение технической. Такое нормирование по ряду важных показателей чаще всего не обеспечивает должной защиты систем от коррозии, обусловливает способность загрязнения теплоносителя. Но даже при высоком исходном качестве теплоносителя в современных системах необходимо дополнительно его фильтровать от загрязнений, попадающих при монтаже и процессе эксплуатации оборудования.

Независимое присоединение к теплосети осуществляется в соответствии с современным мировым направлением, с применением местных (квартирных, коттеджных) тепловых пунктов. При их использовании необходимо обращать особое внимание на необходимость снижения температуры кристаллизации воды, достигаемой с помощью специальных добавок к ней. Они защищают системы отопления периодического действия от разрушения, предотвращая переход воды из жидкого в твердое агрегатное состояние при отрицательных температурах воздуха. Наибольшее распространение получили коммерческие антифризы на основе этиленгликоля и пропиленгликоля [4].

Кроме того, имеющимися в составе антифриза ингибиторами коррозии предотвращают деструкцию внутренних поверхностей элементов этих систем вследствие химических либо электрохимических процессов при взаимодействии с водой. Добавки к воде влияют на гидравлические и теплотехнические характеристики оборудования системы. Менее

существенное воздействие по сравнению с этиленгликолем оказывает пропиленгликоль. Плотность этиленгликоля ($C_2H_6O_2$) при температуре 20°С превышает плотность воды в 1,34 раза. Кинематическая вязкость воды с 50%–ным содержанием этиленгликоля возрастает примерно в 4 раза. Коэффициент объемного расширения водоэтиленгликолевой смеси увеличивается в 1,5—2 раза. Безусловно, такие свойства антифризов приводят к необходимости корректировки показателей работоспособности систем. Особого внимания заслуживает обеспечение качества воды в процессе эксплуатации системы горячего водоснабжения. В последние десятилетия выявлено, что данная система становится со временем источником заражения легионеллами — бактериями, вызывающими лихорадку. Опасность этой тенденции весьма значительна, поскольку последствия для человека могут быть трагичны. В современной отечественной практике проектирования систем горячего водоснабжения эта проблема не только не решается, но иногда даже усугубляется. Так, проектирование систем горячего водоснабжения с циркуляцией воды под действием только гравитационного давления не позволяет автоматизировать процесс дезинфекции трубопроводов при помощи терморегуляторов. Однако за рубежом, где эти терморегуляторы применяются повсеместно, имеется опыт по защите систем от легионеллы, и получают экономический эффект от рационального обеспечения циркуляции воды.

Выбор схемы присоединения абонента к тепловой сети осуществляют, прежде всего, по параметрам теплоносителя на вводе в здание и характеристикам внутренних систем абонента. Параметры теплоносителя на вводе указывают теплоснабжающие организации. Это давление в подающей и обратной магистрали тепловой сети, статическое давление (указывается также возможный диапазон колебания этих давлений), расчетный график температур в сети. Характеристики внутренних систем принимают по проекту либо по результатам натурных измерений. Весьма желательным при выборе схемы присоединения абонента является рассмотрение ее работоспособности с учетом перспективных тенденций изменения гидравлического режима тепловой сети и возможной модернизации внутренних систем.

При теплоснабжении сельскохозяйственных производственных объектов и сельских населенных пунктов используют паровые и водогрейные котельные агрегаты низкого давления (с давлением вырабатываемого пара не больше 0,17 МПа и темпера турой воды до плюс 150°С). В системах централизованного теплоснабжения устанавливают паровые котельные агрегаты с давлением пара не больше 1,37 МПа и температурой перегретого пара до +250°С.

Тип и количество устанавливаемых котельных агрегатов выбирают, исходя из мощности котельной установки, т. е. суммы расчетных тепловых мощностей: систем отопления и вентиляции; систем технологического теплоснабжения (как водяных, так и паровых); горячего водоснабжения;

собственных нужд котельной установки.

Учитывая расход теплоты на собственные нужды котельной и теплопотери в сетях, следует принимать расчетную тепловую мощность котельной установки на 10—15% больше суммы расчетных мощностей отопления и вентиляции, горячего водоснабжения и технологического теплоснабжения всех потребителей теплоты.

При этом расчетная паропроизводительность (т/ч) котельной установки равна:

$$D = b \cdot (D_m + D_c), \tag{3.1}$$

где b - коэффициент, учитывающий расход теплоты на собственные нужды и теплопотери в тепловых сетях (принимают 1,10—1,15);

D_m - расход пара на технологическое теплоснабжение, т/ч;

D_c - расход пара на подогрев сетевой воды, используемой для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения потребителей, т/ч:

$$D_c = \frac{Q_c \cdot 10^{-3}}{(i_n - i_k)\eta}, \tag{3.2}$$

где Q_c - суммарный расчетный тепловой поток систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, кВт;

i_n - удельная энтальпия использованного водяного пара, кДж/кг;

$i_к$ - удельная энтальпия конденсата при температуре насыщения, соответствующей давлению использованного пара, кДж/кг;

η - КПД оборудования (принимают равным 0,88—0,93 в соответствии с РД 1.19–126–2004).

Рекомендуется устанавливать однотипные котельные агрегаты с одинаковой тепловой мощностью. Выбирая количество агрегатов, необходимо учитывать, что при выходе из строя одного из них оставшиеся обеспечат 75—80% расчетной тепловой мощности котельной установки. Количество стальных агрегатов следует принимать не менее двух и не более четырех, чугунных – шести.

Годовой расход топлива на систему теплоснабжения, кг или $м^3$ рассчитывают по формуле:

$$B = k \cdot \frac{Q_г}{Q_н^р \eta_к}, \tag{3.3}$$

где k - коэффициент запаса на неучтенные расходы теплоты (k = 1,1-1,2);

$Q_г$ - годовой расход теплоты, МДж;

$Q_{нр}$ - теплота сгорания топлива, МДж/кг (для газообразного топлива $Q_{нс}$,МДж/ $м^3$);

$\eta_к$ - КПД котельной установки: при работе на твердом топливе принимают 0,6-0,7, на жидком или газообразном — от 0,8 до 0,9.

Лекция №4. Методические основы расчета тепловой нагрузки объекта (1 час)

Содержание лекции:

- расчет мощности и годового потребления энергии в тепловых процессах.

Цель лекции: изучить методику расчета мощности и годового потребления энергии в технологических процессах и производственных помещениях ферм.

Тепловая нагрузка объекта состоит из: теплоты расходуемого на отопление помещения, вентиляцию и кондиционирование, на горячее водоснабжение и технологические нужды, на пароснабжение технологических процессов. Она определяется для выбора котлов и разработки котельной установки, расчета сетей.

При проектировании теплоснабжения расчетную тепловую нагрузку котельной определяют отдельно для отопительного и неотопительного периодов года.

В зимнее время тепловая нагрузка котельной ($Ф_р$) состоит из суммы максимальных расходов теплоты на отопление ($\sum Ф_{от}$), вентиляцию ($\sum Ф_в$), горячее водоснабжение ($\sum Ф_{г.в.}$) и технологические нужды ($\sum Ф_т$), Вт; с коэффициентом запаса $К_з$=1,2; учитывающей потери теплоты в тепловых сетях, расход теплоты на собственные нужды котельной и резерв на возможное увеличение теплопотребления хозяйством:

$$Ф_р = 1{,}2(\sum Ф_{от} + \sum Ф_в + \sum Ф_{г.в.} + \sum Ф_т). \quad (4.1)$$

В летнее время нагрузку котельной составляет максимальные расходы тепла на технологические нужды и горячее водоснабжение:

$$Ф_{р.л} = 1{,}2(\sum Ф_{г.в.л} + \sum Ф_т). \quad (4.2)$$

Теплоснабжение жилых, коммунальных и общественных зданий может осуществляться централизованно или децентрализовано (местное отопление).

Расчет должен начинаться с анализа структуры и режимов теплопотребления отдельными потребителями и технологическими процессами.

Потребителей тепла на ферме можно разделить на три вида:

- системы обеспечения микроклимата; системы горячего

водоснабжения; система пароснабжения.

Помещения ферм, в которых необходимо обеспечить требуемые параметры микроклимата, в соответствии с режимами теплопотребления делятся на три группы:

- помещения, в которых теплота расходуется только на подогрев приточного воздуха (помещения для содержания животных);
- помещения, в которых теплота расходуется на отопление и периодический подогрев приточного воздуха (молочные блоки, доильные и преддоильные площадки, кормоцеха и др.);
- помещения, в которых теплота используется только на отопление (подсобные, вспомогательные и административные).

Мощность системы электротеплоснабжения и годовая потребность в теплоте принимаются только после тщательного анализа суточного и годового регионов теплопотребления отдельных видов и групп потребителей теплота.

Дефицит теплоты в помещениях (Q_q) определяется в соответствии с результатами расчета тепловлажностного баланса этих помещений.

Балансовые уравнения составляются и решаются по отношению к свободным тепловыделениям животных; учет баланса влаги производится расчетом воздухообмена.

К источникам теплоты в животноводческих помещениях относится свободная теплота, выделяемая животными ($G_{\text{ж}}^{\text{св}}$).

К расходной части баланса относятся:

- теплопотери через ограждения ($Q_{огр}$) - пол, стены, покрытия, ворота, окна;
-теплота, теряемая на испарение влаги ($Q_{исп}$);
-теплота, необходимая на подогрев приточного воздуха от расчетной наружной до расчетной внутренней температуры ($Q_{ув}$).

Уравнение тепловлажностного баланса запишется в следующем виде:

$$Q_g = Q_{\text{ув}} + Q_{\text{огр}} + Q_{\text{исп}} - Q_{\text{ж}}^{\text{св}}. \qquad (4.3)$$

Система отопления в коровниках и птичниках может быть обычная водяная (паровая), или воздушная совмещенная с вентиляцией. При водяном отоплении, как правило устраивают механическую вентиляцию.

Учитывая большие строительные объемы животноводческих и птицеводческих помещений и необходимости обеспечения равномерного микроклимата по всему объему (в особенности мест расположения животных или птиц), предпочтительным является воздушное отопление совмещенное с кондиционированием воздуха.

В помещениях для телят и молодняка птиц, кроме общего воздушного отопления, предусматривают также дополнительное местное отопление.

После расчета тепловой мощности отопления рассчитывают и выбирают колориферы и вентиляторы.

Расчет тепловой нагрузки сооружений защищенного грунта отличается тем, что здесь нет источника дополнительного тепловыделения, как в животноводческих и птицеводческих помещениях.

Выбор вида отопления (почвы, воздуха, или почвы и воздуха одновременно) зависит от назначения теплицы или парника. В парниках для выращивания рассады обычно обогревают почву, а в стеллажных теплицах – воздух.

Весенние теплицы и парники имеют в основном воздушное отопление. В зимних теплицах и парниках для выращивания овощей обогревают почву и воздух.

Расчет тепловой мощности ведут для ночного режима эксплуатации, соответствующего наиболее тяжелым температурным условиям. Уравнение теплового баланса в этом случае имеет вид:

$$Q_{\text{от}} = Q_{\text{в}} + Q_{\text{п}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{вент}} + Q_{\text{гр}}, \qquad (4.3)$$

где $Q_{\text{в}}$ - тепловой поток от отопительных устройств (водяных плюс воздушных);

$Q_{\text{п}}$ - тепловой поток от подпочвенной системы отопления;

$Q_{\text{огр}}$ - тепловой поток, теряемый через ограждения (стекло или пленку);

$Q_{\text{вент}}$- поток теплоты, теряемой на естественную вентиляцию теплицы или парника в зимний период из-за инфильтрации через неплотности притворов и остеклений;

$Q_{\text{гр}}$ - потеря теплоты в окружающий грунт.

Найденное из уравнения теплового баланса значение расчетной тепловой мощности системы отопления $Q_{\text{от}}$ делят между системами подпочвенного $Q_{\text{п}}$ и
воздушного $Q_{\text{в}}$ обогрева в определенном соотношении $Q_{\text{п}}/Q_{\text{в}}$. Это соотношение
зависит от расчетной температуры наружного воздуха $t_{\text{н}}$ и коэффициента ограждения теплицы:

$$К_{\text{огр}}=F_{\text{огр}}/F_{\text{н}}, \qquad (4.4)$$

где $F_{\text{огр}}$ – общая площадь поверхности ограждения, м^2;

$F_{\text{н}}$ – инвентарная площадь, т.е. площадь грунта внутри теплицы.

Суммарную площадь поверхности нагрева системы отопления теплицы (парника), размеры и количество нагревательных регистров определяют по методикам: расчета площади поверхностей нагревательных приборов для централизованного отопления; расчета трубопроводов систем водяного или парового отопления.

Для равномерного обогрева внутреннего воздуха теплиц, 40% от общего количества теплоты, поступающей в теплицу, подается в нижнюю зону высотой 1 м над поверхностью почвы. Сюда же входит теплота, подаваемая для обогрева почвы. При комбинированной системе отопления воздушного пространства теплицы (75% водяная, 25% воздушная) тип отопительно-вентиляционных агрегатов (АПВС) выбирают.

Средний поток теплоты (Вт), расходуемый за отопительный период на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий, находят по формуле:

$$\Phi_{\text{гр.ср}} = q_{\text{г.в}} \cdot n_{\text{ж}}, \tag{4.5}$$

где $q_{\text{г.в}}$ – укрупненный показатель среднего потока теплоты (Вт), расходуемой на горячее водоснабжение одного человека, в зависимости от нормы потребления воды при температуре 55°С;

$n_{\text{ж}}$ – число жителей.

Максимальный поток теплоты (Вт), расходуемой на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий:

$$\Phi_{\text{г.в.мак}} = 2\Phi_{\text{гр.ср}}. \tag{4.6}$$

Для производственных зданий максимальный поток теплоты (Вт), расходуемой на горячее водоснабжение, определяется формулой:

$$\Phi_{\text{г.в.п}} = 0{,}278 \cdot Q_V \cdot \rho_{\text{в}} \cdot \text{c}_{\text{в}}(t_{\text{г}} - t_{\text{х}}), \tag{4.7}$$

где Q_V – часовой расход горячей воды, м^3/час на различные цели (душевые, стирка рабочей одежды, уборка помещений, другие санитарно-гигиенические цели и т.д.).

Поток теплоты (Вт), расходуемой на горячее водоснабжение жилых, общественных и производственных зданий в летний период по отношению к отопительному снижается соответственно 35-40% и 18-20%.

Для жилых и общественных зданий:

$$\Phi_{\text{г.в.л}} = 0{,}65\Phi_{\text{г.в.ср}}. \tag{4.8}$$

Для производственных зданий:

$$\Phi_{\text{г.в.л}} = 0{,}82\Phi_{\text{г.в.п}}. \tag{4.9}$$

Лекция 5. Проектирование систем газоснабжения в сельской местности (1 час)

Содержание лекции:
- общие сведения;
- классификация газопроводов;
- исходные данные, объем проектирования.

Цель лекции: знакомство с проектированием газопроводов.

В сельской местности газ расходуется на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение жилых, административных, общественных и производственных зданий и сооружений, хозяйственные (подготовка и нагрев воды) и коммунально–бытовые (бани, прачечные, столовые, детские, лечебные и другие учреждения), а также технологические цели.

Наиболее крупными потребителями газа в сельскохозяйственном производстве являются тепличные комбинаты, животноводческие и птицеводческие комплексы. Газ используют также для сушки зерна и других сельскохозяйственных продуктов, в мастерских (при пайке, сварке, резке металлов), для подогрева двигателей автомобилей и тракторов при парковке их на открытых площадках, производства ремонта дорог, укладки тепловых сетей и для других целей.

Для систем газификации сел характерны следующие особенности: сравнительно небольшие территории населенных пунктов и небольшой расход газа на объектах, отсутствие в жилой зоне крупных потребителей газа, в связи с чем нет необходимости во внутрипоселковых сетях высокого давления; сравнительно малая удельная нагрузка газовых сетей.

При разработке систем газоснабжения исходными данными являются: генеральный план населенного пункта с нанесенными инженерными коммуникациями; размещение производственных объектов; данные о плотности населения; сведения о перспективе развития объектов газоснабжения на 10—20 лет; источник газоснабжения и состав газа; климатологические сведения района; данные о коррозионной активности грунтов.

При этом следует уделить внимание увязке снабжения газом жилой и производственной зон, выбору принципиальной схемы газоснабжения и ее технико–экономическому обоснованию.

В системах газоснабжения, в зависимости от давления транспортируемого газа, различают: газопроводы высокого давления I категории (рабочее давление газа свыше 0,6 до 1,2 МПа); газопроводы высокого давления II категории (свыше 0,3 до 0,6 МПа); газопроводы среднего давления (свыше 0,05 до 0,3 МПа); газопроводы низкого давления (в пределах 0,05 МПа).

Газопровод является важным элементом системы газоснабжения, так

как на его сооружение расходуется 70—80% всех капитальных вложений. При этом 80% от общей протяженности приходится на газопроводы низкого давления и 20% — на газопроводы среднего и высокого давлений.

Газопроводы низкого давления служат для подачи газа к жилым домам, общественным зданиям и коммунально–бытовым предприятиям. Газопроводы среднего давления через газорегуляторные пункты (ГРП) снабжают газом газопроводы низкого давления, а также промышленные и коммунально–бытовые предприятия (по газопроводам высокого давления газ поступает в ГРП промышленных предприятий и газопроводы среднего давления. Связь между газопроводами различных давлений осуществляется через ГРП и газорегуляторную установку (ГРУ).

В зависимости от расположения газопроводы делятся на наружные (уличные, внутриквартальные, дворовые, межцеховые) и внутренние (расположенные внутри зданий и помещений), а также на подземные (подводные) и надземные (надводные).

В зависимости от назначения в системе газоснабжения газопроводы подразделяются на распределительные, газопроводы–вводы, вводные, продувочные, сбросные и межпоселковые.

Распределительными являются наружные газопроводы, обеспечивающие подачу газа от источников газоснабжения до газопроводов–вводов, а также газопроводы высокого и среднего давлений, предназначенные для подачи газа к одному объекту.

Газопроводом–вводом считают участок от места присоединения к распределительному газопроводу до отключающего устройства на вводе.

Вводным газопроводом считают участок от отключающего устройства на вводе в здание до внутреннего газопровода.

Межпоселковыми являются распределительные газопроводы, прокладываемые вне территории населенных пунктов.

Внутренним газопроводом считают участок от газопровода – ввода или вводного газопровода до места подключения газового прибора или теплового агрегата.

При проектировании газовых сетей выбор размеров труб осуществляется на основании их гидравлического расчета, имеющего целью определить внутренний диаметр труб для подачи необходимого количества газа при допустимых для конкретных условий потерях давления (прямая задача), или, наоборот, потери давления при подаче необходимого количества газа по трубам заданного диаметра при реконструкции существующей распределительной системы газоснабжения (обратная задача) [8].

Сопротивления движению газа в трубопроводах слагаются из линейных сопротивлений трения и местных сопротивлений. Сопротивление трению имеет место по всей протяженности газопровода. Местные сопротивления возникают только в местах изменения скоростей и направления движения газа.

В тех случаях, когда газоснабжение сжиженными углеводородными газами (СУГ) является временным (с последующим переводом на снабжение природным газом), газопроводы следует проектировать из условий возможности их использования в будущем на природном газе. При этом количество газа необходимо определять как эквивалентное (по теплоте сгорания) расчетному расходу СУГ.

Значения расчетной потери давления газа при проектировании газопроводов всех давлений для промышленных, сельскохозяйственных и бытовых предприятий и учреждений коммунального хозяйства принимаются, в зависимости от давления газа в месте подключения с учетом технических характеристик, принимаемых к установке газовых горелок, устройств автоматики безопасности и автоматики регулирования технологического режима тепловых агрегатов.

В качестве объекта проектирования принимают жилые районы, административные и культурные здания, производственные предприятия АПК. Исходные данные должны содержать планировку застройки населенного пункта или его участка, подлежащего газификации; сведения об охвате газоснабжением производственных объектов (фермы, теплицы, ремонтные мастерские и др.), коммунально–бытовых нужд, административных зданий и жилых домов; характеристику этих объектов; сведения об источнике газоснабжения и виде газа (природный или сжиженный).

Потребность в газообразном топливе для проектируемого объекта определяется с учетом перспективы развития потребителей. Если эти данные не указаны в задании, продолжительность развития следует принять 20—25 лет. При этом указывается среднегодовое потребление тепловой энергии всеми потребителями.

Полученные данные служат для планирования и расчета распределительных сетей, подбора оборудования, арматуры, средств автоматики процесса газопотребления.

В сельских населенных пунктах следует выделить следующие группы потребителей: бытовые, коммунально–бытовые, административные и культурных центров, производственные, транспортные.

Потребность в газе для каждой из перечисленных групп потребителей определяют на основании следующих данных: численность населения; количество газифицированных домов и другие объекты; степень охвата газоснабжением разных потребителей; сведения о мощности производственных объектов (ферм, теплиц, мастерских и т. д.); данные о количестве и мощности транспорта, подлежащего переводу на газообразное топливо.

При составлении проектов генеральных планов населенных пунктов допускается принимать укрупненные показатели потребления газа, $м^3$/год на 1 чел. при теплоте сгорания газа 34 МДж/$м^3$:

- при наличии централизованного горячего водоснабжения — 100;
- при горячем водоснабжении от водонагревателей — 250;
- при отсутствии всяких видов горячего водоснабжения — 165 (125 для городов).

Годовая потребность в газе населения и коммунально–бытовых объектов определяется из выражения:

$$V_г^{кб} = \sum_{i=1}^{nm} \sum^{m} NUX \frac{q_н}{Q_н^р}, \qquad (5.1)$$

где N - численность населения, пользующегося данным видом услуг, чел.(как правило, указывается в задании на проект);

U - количество услуг, приходящихся на одного человека в год, шт.;

X - степень охвата газоснабжением коммунально–бытовых нужд населения (определяется заданием на проектирование);

$q_н$ - норма расхода газа на услугу, МДж;

$Q_н^р$- низшая теплота сгорания рабочего состава газа, МДж/м;

n - количество районов;

m - количество групп потребителей.

Расход газа на отопление теплиц, находящихся в личной собственности жителей поселка, можно определять на основании удельных норм расхода по формуле:

$$Q = q_т \cdot V_т, \qquad (5.2)$$

где $q_т$ - норма расхода теплоты на отопление 1 $м^3$ объема теплицы в год, МДж/$м^3$;

$V_т$ - отапливаемый объем теплицы, $м^3$.

Годовые расходы газа на технологические нужды сельскохозяйственных предприятий определяются по данным топливопотребления (с учетом изменения КПД при переходе на газовое топливо) этих предприятий с перспективой их развития или на основе технологических норм расхода топлива (теплоты).

Системы газоснабжения рассчитываются на максимальный часовой расход газа. Максимальный расчетный часовой расход газа V_{max} , $м^3$/ч, при 0°С и давлении 0,1 МПа на хозяйственно–бытовые и производственные нужды следует определять как долю годового расхода:

$$V_{max} = k_{max} \cdot V_{год}, \qquad (5.3)$$

где k_{max} - коэффициент часового максимума (коэффициент перехода от годового расхода к максимальному часовому расходу газа);

$V_{год}$ - годовой расход газа, $м^3$.

Одним из нормативных документов доказательной базы технических регламентов по вопросам безопасности зданий и сооружений и направлены на устранение технических барьеров в международном сотрудничестве в области строительства является СН РК 4.03-01-2011 Газораспределительные системы.

Лекция №6. Проектирование систем электроснабжения предприятий сельского хозяйства (1 час)

Содержание лекции:

- общие сведения;
- определение расчетных электрических нагрузок сельскохозяйственных комплексов.

Цель лекции: знакомство с рекомендациями для определения и уточнения расчетных электрических нагрузок.

Проектирование системы электроснабжения сводится к следующим действиям:

1) Анализ нагрузки: определение расчетной мощности, расположение нагрузок отдельных потребителей, определение места расположения распределительных щитов, определение путей прокладки проводников и разбивка потребителей на группы, определение расчетной мощности для питающей сети.

2) Выбор трансформаторов и проводников-фидеров.

3) Выбор проводников зависит:

- от предполагаемого места прокладки и способа монтажа (в земле, в воздухе, в трубах, в коробах, на лотках и кронштейнах, открыто без крепления, открыто на изоляторах, скрыто);
- от категории помещений (сухие, влажные, сырые, особо сырые, особо сырые с химически активной средой);
- от влияния внешних воздействий (температура окружающей среды; наличие воды, пыли, коррозионно-активных и загрязняющих веществ; механические внешние воздействия; наличие флоры и фауны; солнечное излучение; конструкция здания);
- от уровня напряжения питающей сети;
- проверка выбранных проводников по падению напряжения и термической стойкости.

4) Расчет токов короткого замыкания.

5) Выбор аппаратуры защиты.

6) Проверка выбранной пускозащитной аппаратуры. Проверка на селективность работы.

Рекомендации предназначены для определения и уточнения расчетных электрических нагрузок на вводах в отдельные здания и сооружения. Эти

нагрузки следует определять одним из следующих способов:

- если в проекте здания или сооружения имеется сменный или суточный технологический график работы силового, нагревательного и осветительного оборудования, то строится график электрических нагрузок, из которого определяется их получасовой максимум;

- если имеются данные замеров (или графики нагрузок) на объектах, идентичных проектируемым, то в проекте расчетная нагрузка принимается по данным замеров, а не по расчетам;

- в случаях отсутствия технологического графика работы оборудования расчетную нагрузку допускается определять по формуле:

$$P_p = \sum_{i=1}^{n} \frac{P_{yi} \cdot k_{3i}}{\eta} + \sum_{j=1}^{m} \frac{P_{yj} \cdot t_j \cdot k_{3j}}{0{,}5\eta}, \qquad (6.1)$$

где P_p - расчетная мощность оборудования, кВт;

p_{yi} - установленная мощность каждого из n электроприемников, участвующих в формировании максимальной нагрузки и работающих во время ожидаемого максимума нагрузок более 0,5 ч, кВт;

$k_{зi}$, $k_{зj}$ - средние коэффициенты загрузки соответствующего электроприемника по активной мощности, представляющие собой отношение фактически потребляемой мощности при выполнении данной операции к установленной мощности ($k_{кз} = p_ф/p_у$);

η - коэффициент полезного действия электроприемника;

p_{yj} - установленная мощность каждого из m электроприемников, участвующих в формировании максимальной нагрузки и работающих во время максимума менее 0,5 ч, кВт;

t_j - длительность непрерывной работы каждого из m электроприемников, ч, (t < 0,5 ч).

Выявление электроприемников, создающих максимум электрических нагрузок, производится на основании анализа технологического процесса с учетом последовательности выполнения операций и организации работ. Следует принимать не предельно возможный случай одновременного включения наибольшего числа электроприемников, а наиболее вероятный при нормальной эксплуатации набор электроприемников, формирующих максимум.

Величина естественного коэффициента мощности (cosφ) для получения нагрузок (кВА), а также для выбора компенсирующих устройств, принимается в зависимости от соотношения суммы установленных мощностей электродвигателей $P_{эд}$ и суммарной установленной мощности (общей) всех электроприемников $P_Σ$ участвующих в максимуме нагрузок:

$P_{эд}/P_Σ$	0,98	0,93	0,88	0,83	0,78	0,73	0,68	0,63	0,58	0,50
cosφ	0,73	0,75	0,77	0,79	0,80	0,81	0,83	0,84	0,85	0,86

Расчетные нагрузки на вводах зданий и сооружений животноводческих комплексов, аналогичных по составу оборудования и режиму работы промышленным установкам (ремонтные цехи, котельные, компрессорные, насосные и др.), следует определять, как для электрических нагрузок в промышленных предприятиях [5].

Для расчета нагрузки освещения необходимо определить нормируемую освещенность, ограничения слепящего действия светильников, пульсаций освещенности и другие качественные показатели осветительных установок, виды и системы освещения. Эти показатели должны приниматься согласно требованиям СНиП РК 2.04-05-2002* «Естественное и искусственное освещение» и другими нормативными документами.

Для уменьшения последствий массовых отказов в электрических сетях, вызванных гололедно–ветровыми нагрузками, электроснабжение электроприемников сельскохозяйственных потребителей резервируется автономными источниками резервного электропитания (АИР).

Установка автономных источников резервного электропитания предусматривается для резервного питания электроприемников первой и второй категорий. В качестве АИР могут быть использованы стационарные или передвижные дизельные электростанции (ДЭС), резервные источники электропитания с приводом от трактора, а также иные автономные энергетические установки.

В качестве расчетного вида короткого замыкания (КЗ) следует принимать:

а) для определения электродинамической стойкости аппаратов и жестких шин — трехфазное КЗ;

в) для определения термической стойкости аппаратов и проводников — трехфазное КЗ;

г) для выбора аппаратов по коммутационной способности — по большему из значений, получаемых для случаев трехфазного и однофазного КЗ на землю (в сетях с большими токами замыкания на землю); если выключатель характеризуется двумя значениями коммутационной способности — трехфазной и однофазной — соответственно по обоим значениям.

Заземляющие устройства должны быть выбраны и смонтированы таким образом, чтобы:

- значение сопротивления растеканию заземляющего устройства соответствовало требованиям обеспечения защиты и работы установки в течение периода эксплуатации;

- ток замыкания на землю и токи утечки не создавали опасности, в частности, в отношении нагрева, термической и динамической стойкости;

- были обеспечены необходимая прочность или дополнительная механическая защита в зависимости от заданных внешних факторов.

В ПУЭ нормируются сопротивления заземления в зависимости от

напряжения и режима нейтрали электроустановок.

Необходимость в молниезащите и ее уровень в каждом конкретном случае определяют в зависимости от интенсивности грозовой деятельности в местности расположения объекта, его пожаровзрывоопасности и назначения, а также ожидаемого количества поражений молний в год. Интенсивность грозовой деятельности в данной местности может быть оценена по «Карте средней за год продолжительности гроз в часах для территорий Республики Казахстан».

Лекция №7. Проектирование нетрадиционных систем энергообеспечения. Пассивные системы солнечного отопления зданий (2 часа)

Содержание лекции:

- общие сведения;
- исходные данные и объем проектирования.

Цель лекции: знакомство с проектированием нетрадиционных систем энергообеспечения.

Солнечная энергия используется для получения тепловой и электрической энергии (после ее теплового, фото– и термоэлектрического превращения) [6].

В настоящее время солнечную энергию экономически целесообразно использовать для горячего водоснабжения сезонных потребителей типа спортивно–оздоровительных учреждений, баз отдыха, дачных поселков, а также для обогрева открытых и закрытых плавательных бассейнов, спортивных сооружений, душевых. Имеют конкурентные преимущества по сравнению с традиционными установками гелиосушилки для сена, лесоматериалов и сельскохозяйственных продуктов.

В сфере сельскохозяйственного производства применение недорогих воздушных коллекторов солнечной энергии поможет решить проблему отопления животноводческих ферм.

Целесообразно также интенсифицировать работы по использованию солнечной энергии для отопления теплиц. Подогрев воды на фермах позволит улучшить условия труда и содержания животных. Солнечные установки отопления требуют значительных капиталовложений, которые обычно не окупаются за предполагаемый срок службы установок в 20 лет в районах, лежащих севернее 45°с. ш.

Гелиоустановки, предназначенные для получения низкопотенциальной теплоты, используемой в системах тепло– и хладоснабжения зданий и сооружений, а также в технологических процессах (сушка сельскохозяйственной продукции, термообработка материалов и т. п.), классифицируются по следующим признакам:

- по типу сооружения — пассивные и активные;

- по назначению — системы отопления, горячего водоснабжения, кондиционирования; комбинированные (отопление и горячее водоснабжение);

- о степени охвата потребителей — индивидуальные, групповые, централизованные;

- по времени работы в течение года - сезонные и круглогодичные;

- по степени аккумулирования энергии - без аккумулирования, с кратковременным, с долгосрочным аккумулированием;

- по характеру движения теплоносителя - без циркуляции, с естественной или принудительной циркуляцией;

- по числу контуров - одно–, двух–, многоконтурные;

- по тепловому режиму - с постоянной или переменной температурой теплоносителя;

- по наличию дублирующего источника теплоты - с дублером, без дублера (автономные);

- по конструкции коллекторов - металлические, пластмассовые, трубчатые, вакуумированные;

- по конструктивным особенностям - циркуляционные одноступенчатые или многоступенчатые гелиоколлекторы, выполненные из однородных элементов термосифонного типа или с насосной циркуляцией; гравитационные с одно– или многоступенчатыми коллекторами, выполненными из однородных материалов; циркуляционные с многоступенчатыми гелиоколлекторами, изготовленными из однородных материалов.

Пассивные гелиосистемы используются только для отопления. Их кратко называют ПСО - пассивное солнечное отопление. В этих системах теплота поглощается и аккумулируется самими строительными элементами здания, а распределение ее в отапливаемом помещении происходит чаще всего естественным путем.

Пассивная система отопления отличается простотой, и ее эффективность достаточно высока - она обеспечивает до 60% отопительной нагрузки [6].

Принцип пассивного использования солнечной энергии состоит в непосредственном нагревании ограждающих конструкций солнечной радиацией с последующей передачей теплоты в обогреваемое помещение.

Можно выделить следующие типы пассивных систем солнечного отопления [6]:

- открытые (прямое облучение);

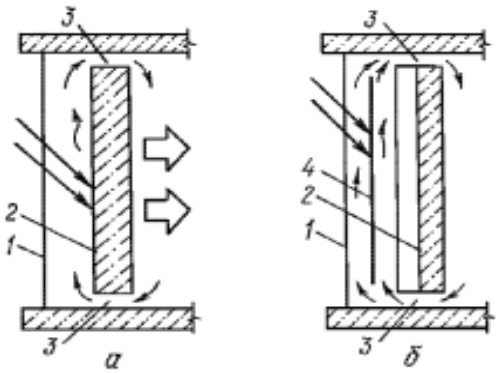
- закрытые без циркуляции теплоносителя (система Моргана);

- массивные системы: стена Тромба - Мишеля (с экраном и без экрана); закрытые системы с аэродинамическим затвором; стена Лефевра;

- с аккумулятором (в грунте или в объеме здания) и с воздушным теплоносителем; оранжерея.

Более удачное решение представляет собой система Тромба — Мишеля. Такой «солнечный дом» имеет различные конструктивные решения (рисунок 7.1).

В дневное время поток солнечной радиации нагревает массивную стену здания, а в ночное время эта теплота передается помещению. Как показал опыт эксплуатации здания, внутренний воздух в помещении нагревается неравномерно.



1 — остекление; 2 — стена здания; 3 — циркуляционные каналы;
4 — теплоприемный экран.
а — без экрана; б — с теплоприемным экраном.

Рисунок 7.1 - Схема здания с закрытой системой Тромба — Мишеля

Весьма перспективно внедрение так называемого солнечного жилого дома. Это позволит снизить энергопотребление на нужды фермерского домашнего хозяйства до 15% настоящего уровня. Потери теплоты, кВт·ч/год, представлены в таблице 1 для жилого дома площадью 120 м^2 в сельской местности, расположенной на широте 55–60°.

Таблица 7.1 - Потери теплоты в жилом доме

Наименование	типовой дом	«солнечный дом»
	кВт·ч/год	кВт·ч/год
через окна и вентиляцию	15840	5084
через стены и крышу дома	11530	4952
общие потери тепла	27530	10036

При сооружении здания с ПСО следует учитывать ряд требований, предъявляемых к этим системам.

Необходимо уточнить ориентацию здания, его расположение на местности, оценить влияние здания на существующую застройку, а также окружающей среды — на здание. Строить с учетом климатических условий данного региона и степени инсоляции всего здания. Так, при расположенных гелиоприемниках на южной и восточной стенах полном затенении восточной

стены стоящим рядом зданием следует менять ориентацию «солнечного дома».

Существенно важным является анализ теплового баланса здания с целью уменьшения, до минимума, потерь теплоты, в том числе неоправданных. К примеру, можно сократить площадь оконных проемов, уменьшить неплотности в оконных проемах и наружных ограждениях.

Эффективность и надежность пассивной системы в значительной степени определяются поглощающей способностью стены теплоприемника. Ее, как правило, покрывают черной краской.

Если аккумуляторы сооружаются в грунте или в объеме здания, то необходимо: учесть теплоемкость материала аккумулятора; выбрать наиболее рациональные режимы подачи и отбора теплоты; разместить аккумулятор так, чтобы исключить неоправданные потери теплоты. Следует принять во внимание, что размещение аккумулятора в грунте требует, как правило, механической вентиляции для транспортировки воздуха. Размещение аккумулятора в объеме здания дает больший эффект, так как теплота от аккумулятора направляется непосредственно в помещение. Однако такой аккумулятор довольно сложно вписать в объем здания [6].

При разработке технического задания, а также при эскизном проектировании пассивной гелиосистемы отопления учитываются самые общие ограничения, налагаемые на систему такими факторами, как географическое местоположение здания и его назначение, размеры здания, допустимая стоимость, располагаемые или необходимые материалы и т. п. Как правило, ведется эскизная проработка нескольких вариантов гелиосистемы, которая заканчивается выбором предпочтительного варианта. После этого ведется разработка детального проекта и принимаются решения относительно расположения, размеров комнат, ориентации здания, выбора материалов и уточнения всех размеров. В результате выполнения этой второй стадии проектирования получается вполне конкретная конструктивная разработка здания. Иногда на этой стадии разрабатываются конкурирующие варианты, отличающиеся, например, различными архитектурно–планировочными решениями или используемыми строительными материалами и учитывающие экономические и теплотехнические факторы. Это та стадия проектирования, на которой принимаются все основные архитектурные и инженерные решения. После этого выполняются рабочие чертежи со всеми необходимыми деталями (с указанием размеров, материалов и т. п.), требующимися для осуществления строительства здания с пассивной гелиосистемой.

В задании на проектирование необходимо указать следующие исходные данные: месторасположение объекта проектирования, конструктивные характеристики здания, продолжительность отопительного периода и среднюю температуру наружного воздуха в это время.

В системах отопления с ПСО максимальная тепловая эффективность

достигается в районах со значительным количеством солнечных дней. Такие системы целесообразно строить в отдаленных от транспортных магистралей районах, а также в местах с затруднительной доставкой топлива.

Здания с системами ПСО необходимо размещать таким образом, чтобы его гелиоприемные поверхности «Тромба» имели южную ориентацию, не были затеняемыми, а в отопительный период находились в зоне прямого солнечного облучения. Перед тепловоспринимающей стеной устанавливают одно –, двух– или трехслойное остекление.

В жилых домах, в которых отсутствует взаимосвязь между помещениями южной и северной сторон, рекомендуется использовать вентиляционные каналы для обеспечения протекания холодного и теплого воздуха. В летний период в помещениях с системами ПСО может наблюдаться перегрев воздуха. Чтобы предотвратить это, необходимо применять установки интенсивного проветривания, а также солнцезащитные устройства.

В установках с ПСО рекомендуется резервная система отопления с автоматическим отпуском теплоты.

При проектировании систем отопления рассчитывают количество теплоты солнечного излучения, поглощаемого поверхностью здания, и коэффициент эффективности передачи теплоты солнечной радиацией.

Лекция №8. Методика расчета определения количества теплоты в пассивной системе солнечного отопления здания (1 час)

Содержание лекции:

- определение расчетных параметров;
- исходные данные и объем проектирования.

Цель лекции: знакомство с методикой расчета.

Для заданного географического пункта определяют значение следующих параметров:

а) расчетную географическую широту φ, град. с. ш., которую принимают согласно СНиП РК 4.02-42-2006;

б) продолжительность отопительного периода $n_{o.n,сут.}$ и среднюю температуру окружающей среды отопительного периода $t_{o.n}$, °С согласно СНиП РК 2.04-01-2010 «Строительная климатология»;

в) количество М расчетных месяцев отопительного периода и продолжительность m, сут., каждого месяца.

Для определения указанных величин согласно СП РК 2.04-01-2017 для данной местности выбирают месяцы со среднемесячной температурой наружного воздуха $t_н \leq +8°С$. Если их суммарная продолжительность $n_\Sigma > n_{o.n}$, то за расчетный отопительный период принимают количество суток этих месяцев, при этом количество расчетных суток для двух крайних месяцев с

максимальными температурами составит:

$$т = т_k – 0,5(n_\Sigma – n_{o.n}), \quad (8.1)$$

где $т_k$ — количество календарных дней месяца.

Если $n_\Sigma > n_{o.n}$, то к расчетным добавляются два ближайших месяца с количеством расчетных суток:

$$т = 0,5(n_{o.n}–n_\Sigma). \quad (8.2)$$

Большая часть энергии, которую мы получаем от солнца, поступает в виде коротковолнового излучения. Когда это излучение падает на поверхность твердого или жидкого тела, поглощается и преобразуется в тепловую энергию, тело нагревается и отдает часть энергии окружающей среде (воздуху, воде, другим твердым и жидким телам) и вторично излучает его на другие тела, имеющие более низкую температуру.

Стекло, легко пропуская коротковолновое излучение, является плохим проводником длинноволнового излучения. После того как энергия солнца проникла через стекло и была поглощена каким-либо телом, находящимся за ним, тепловая энергия путем излучения передается наружу значительно хуже. Следовательно, стекло работает как тепловая ловушка. Это явление известно под названием «парниковый эффект». Именно на парниковом эффекте основан принцип действия большинства установок, аккумулирующих солнечное излучение и преобразующих его в тепло.

Пассивная система солнечного отопления (ПСО) — это энергетическая система, в которой процессы приема, накопления и использования солнечной энергии для отопления осуществляются естественным путем в архитектурно-строительных элементах здания. Эти элементы являются органичными компонентами здания в отличие от активных систем, в которых используются узкофункциональные приборы.

Основные особенности пассивных систем солнечного отопления:

- использование самопроизвольных физических процессов для преобразования солнечной энергии в энергию отопления;
- отсутствие механических или других внешних приводов для осуществления теплообмена в системе (в частности, циркуляционных насосов);
- совмещение в одних и тех же элементах здания конструктивных, ограждающих и теплогенерирующих функций.

Наиболее простым примером ПСО является система прямого нагрева. Солнечные лучи проникают в помещение через окно, солнечная радиация поглощается внутренними поверхностями помещения и накапливается элементами здания. Накопленное тепло затем постепенно отдается этими элементами уже после того, как солнце перестает нагревать помещение. Для приема солнечной энергии используются обычные элементы здания,

например, окна бокового и верхнебокового освещения, расположенные на южном фасаде, фонари верхнего света. Для снижения теплопотерь через остекление в ночное
время и в пасмурную погоду могут применяться различные способы теплозащиты.

Любая система солнечного отопления имеет три основные функции:

- поглощение и превращение солнечной радиации в теплоту;
- аккумулирование теплоты, поскольку солнечная радиация не постоянна;
- распределения теплоты, т. е. подача тепловой энергии в зоны отопления в периоде, когда это необходимо в требуемом количестве.

В пассивных солнечных системах все три функции осуществляются спонтанно, путем протекание естественных процессов, без принудительного изменения энергетических потоков.

В пассивных системах могут использоваться различные трансформируемые элементы: скользящие и сворачиваемые шторы, солнцезащитные, в том числе теплоизолированные, экраны, регулируемые клапаны, увлажнители воздуха и. т. д.

Выбор этих элементов и их соотношение во многом зависит от назначения здания. Здания, используемые только днем, например, школы, учреждения, требуют мгновенного поступления теплоты и меньшего ее аккумулирования, а жилые здания - наоборот.

Рациональное использование этих элементов позволяют обеспечить 75% отопления путем использования пассивной системы солнечной энергии.

Преимуществом пассивных систем солнечного отопления является то, что преобразование энергии солнечного излучения в тепловую происходит внутри отапливаемых помещений, т. е. после поступления солнечного излучения в помещение через светопроемы. Следовательно, тепловые потери с поверхности совмещенного коллектора-аккумулятора системы, установленного около вертикального светопроема с внутренней стороны, конвекцией и излучением (составляющие до 50% падающего излучения) передаются в отапливаемое помещение как полезная энергия.

Количество теплоты для покрывание тепловой нагрузки здания, определяется из уравнения:

$$Q_{\text{КТ}} = Q_{\text{ОК}} + Q_{\text{ИВ}} + Q_{\text{ВТ}} - Q_{\text{ВХв}}^{\Sigma}, \qquad (8.3)$$

где $Q_{\text{ОК}}$ - тепловые потери через ограждающие конструкции;

$Q_{\text{ИВ}}$ - расход тепла на нагрев инфильтрационного воздуха;

$Q_{\text{ВТ}}$ - внутреннее тепловыделения (технологические и бытовые);

$Q_{\text{ВХв}}^{\Sigma}$ - непосредственно входящее в отапливаемое помещение через его вертикальный ориентированный на юг светопроем суммарное (прямое и рассеянное) солнечное излучение.

Источниками тепловой энергии в пассивных системах являются

непосредственно входящие в отапливаемое помещение через его вертикальный ориентированный на юг светопроема суммарное (прямое и рассеянное) солнечное излучение.

Если тепловые потери через светопроем отнести к общем теплопотерям отапливаемого помещения, тепловая эффективность пассивных систем солнечного отопления (η) может быть представлен как отношение потока суммарного солнечного излучения, прошедшего через светопроем в отапливаемое помещение $Q^{\Sigma}_{\text{ВХв}}$, к потоку суммарного солнечного излучения, падающего к площади фронтальной поверхности рассматриваемого светопроема $Q^{\Sigma}_{\text{пад}}$:

$$\eta = \frac{Q^{\Sigma}_{\text{ВХв}}}{Q^{\Sigma}_{\text{пад}}}. \tag{8.4}$$

Значения $Q^{\Sigma}_{\text{ВХв}}$ и $Q^{\Sigma}_{\text{пад}}$ в отношении, как правило, складываются из прямой ($Q^{\text{пр}}_{\text{пад}}$, $Q^{\text{пр}}_{\text{ВХв}}$), рассеянной ($Q^{\text{р}}_{\text{пад}}$, $Q^{\text{р}}_{\text{ВХв}}$) и отраженной от окружающих предметов ($Q^{\text{отр}}_{\text{пад}}$, $Q^{\text{отр}}_{\text{ВХв}}$) составляющих:

$$Q^{\Sigma}_{\text{пад}} = Q^{\text{пр}}_{\text{пад}} + Q^{\text{р}}_{\text{пад}} + Q^{\text{отр}}_{\text{пад}}, \tag{8.5}$$

$$Q^{\Sigma}_{\text{ВХв}} = Q^{\text{пр}}_{\text{ВХв}} + Q^{\text{р}}_{\text{ВХв}} + Q^{\text{отр}}_{\text{ВХв}}. \tag{8.6}$$

С учетом вертикальности расположения светопроема, имеющего площадь фронтальной поверхности $F_п$, выражения могут быть записаны в виде:

$$Q^{\text{пр}}_{\text{пад}} = F_n \cdot q_{\perp} \cdot cos i_{\text{в}}, \tag{8.7}$$

$$Q^{\text{р}}_{\text{пад}} = 0{,}5 F_n \cdot q^{\text{р}}_{\text{пад.г}}, \tag{8.8}$$

$$Q^{\text{отр}}_{\text{пад}} = 0{,}5 F_n \cdot \rho \cdot (q_{\perp} \cdot cos i_{\text{г}} + q^{\text{р}}_{\text{пад.г}}), \tag{8.9}$$

где ρ - интегральный коэффициент отражения суммарного солнечного излучения от окружающих предметов;

$q_{\perp}$ - поверхностная плотность потока прямого солнечного излучения на нормальную к солнечным лучам плоскость;

$i_{\text{г}}$ - угол падения прямого солнечного излучения на горизонтальную поверхность;

$i_{\text{в}}$ – угол падения прямого солнечного излучения на вертикальную поверхность;

$q^{\text{р}}_{\text{пад.г}}$ - поверхностная плотность потока рассеянного солнечного излучения на горизонтальную поверхность.

С учетом коэффициента вхождения прямого, рассеянного и отраженного солнечного излучения через светопроем:

$$Q_{\text{ВХв}}^{\text{пр}} = \tau_{\text{вх.в}}^{\text{пр}} \cdot Q_{\text{пад.в}}^{\text{пр}} = \tau_{\text{вх.в}}^{\text{пр}} \cdot F_n \cdot q_{\perp} \cdot cosi_{\text{в}}, \quad (8.10)$$

$$Q_{\text{ВХв}}^{\text{р}} = \tau_{\text{вх.в}}^{\text{р}} \cdot Q_{\text{пад.в}}^{\text{р}} = \tau_{\text{вх.в}}^{\text{р}} \cdot 0{,}5 \cdot F_n \cdot q_{\text{пад.г}}^{\text{р}}, \quad (8.11)$$

$$Q_{\text{ВХв}}^{\text{отр}} = \tau_{\text{вх.в}}^{\text{р}} \cdot Q_{\text{пад.в}}^{\text{отр}} = \tau_{\text{вх.в}}^{\text{р}} \cdot 0{,}5 \cdot F_n \cdot \rho(q_{\perp} \cdot cosi_{\text{г}} + q_{\text{пад.г}}^{\text{р}}). \quad (8.12)$$

Принцип действия пассивных систем солнечного отопления, как следует из названия, основан на непосредственные поступление суммарного (прямого и рассеянного) солнечного излучения в отапливаемые помещения через их вертикальные ориентированные на юг светопроемы.

Лекция №9. Проектирование активных систем солнечного горячего водоснабжения (1 час)

Содержание лекции:

- общие сведения по расчету и проектированию активных систем теплоснабжения;
- расчет установок солнечной системы горячего водоснабжения.

Цель лекции: знакомство с проектированием активных систем солнечного горячего водоснабжения.

Активными называются системы солнечного низкотемпературного отопления, в которых гелиоприемник является самостоятельным отдельным устройством, не относящимся к зданию. Активные гелиосистемы могут быть подразделены: по назначению (системы горячего водоснабжения, отопления, комбинированные системы для целей теплохолодоснабжения); по виду используемого теплоносителя (жидкостные – вода, антифриз и воздушные); по продолжительности работы (круглогодичные, сезонные); по техническому решению схем (одно-, двух-, многоконтурные).

Солнечные установки отопления и горячего водоснабжения зданий входят в состав комбинированных гелиотопливных систем теплоснабжения и обеспечивают частичное покрытие годовой тепловой нагрузки. Как правило, мощность резервного (дополнительного) источника теплоты — котельной — выбирается такой, чтобы могла быть покрыта вся расчетная тепловая нагрузка отопления, так как в зимние месяцы гелиоустановка имеет низкую производительность. Применение гелиоустановок обеспечивает экономию топлива и снижает загрязнение окружающей среды топливосжигающими установками. Гелиосистемы теплоснабжения рекомендуется применять при высокой стоимости топлива, при среднегодовом количестве поступающей солнечной радиации не менее 1000 кВт·ч/м^2, при повышенных требованиях к

чистоте окружающей среды, например, в курортных зонах, а также в районах нахождения зданий и сооружений социального и оздоровительного назначения.

Гелиотопливная система теплоснабжения включает в себя следующее основное оборудование: коллектор солнечной энергии, аккумулятор теплоты, теплообменники, насосы или вентиляторы, дополнительный (резервный) источник теплоты (топливный или электрический) и устройства для управления работой системы.

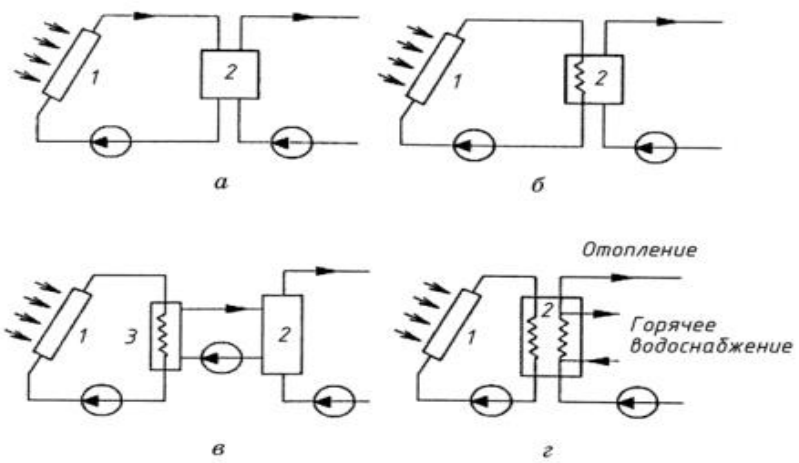
Вследствие нестабильности поступления солнечной энергии, системы солнечного отопления должны работать с дублером — резервным источником теплоты (котельная, теплосеть и т. п.), обеспечивающим 100% тепловой нагрузки. В то же время солнечные водонагревательные установки сезонного действия могут быть запроектированы без дублера, если не предъявляются жесткие требования по бесперебойному снабжению горячей водой, например, в летних душевых, пансионатах, и т. п.

Тепловые мощности системы горячего водоснабжения определяются на основе среднесуточных норм потребления горячей воды [4].

Если температура воды $t_г'$, которая подается потребителю, отличается от нормированного значения, то норма расхода воды такова:

$$m_t = m_i \frac{t_г' - t_x}{t_г - t_x}. \qquad (9.1)$$

Солнечные установки, которые оборудованы резервным источником теплоты, рассчитывают по данным месяца по наибольшей за период работы сумме солнечной радиации; системы, которые работают без дублирующего источника, рассчитывают по наименьшей сумме радиации. Схемы двух и трехконтурных установок приведены на рисунке 9.1.



а – одноконтурные; б – двухконтурные; в,г – многоконтурные.

Рисунок 9.1 – Принципиальные схемы замкнутых систем

Передача теплоты от солнечного коллектора осуществляется через бак-аккумулятор или путем непосредственного смешивания теплоносителей (рисунок 9.1, а), или через теплообменник, который может быть расположен как в середине бака (рисунок 9.1, б), так и за ним (рисунок 9.1, в).

Площадь поглощающей поверхности гелиоустановок:

$$A = \frac{1{,}16 M_г (t_г - t_х)}{\eta \sum q_i}, \qquad (9.2)$$

где $M_г$ -расход горячей воды в системе горячего водоснабжения, кг/сут;

Σq_i - интенсивность суммарной дневной солнечной радиации в плоскости коллектора, Вт/м^2;

η - КПД установки солнечного горячего водоснабжения.

Интенсивность дневной солнечной радиации в плоскости коллектора для каждого светового дня:

$$q_i = P_s \cdot I_s + P_d \cdot I_d, \qquad (9.3)$$

где P_s, P_d - коэффициент расположения солнечного коллектора соответственно для прямой и рассеянной радиации:

$$P_d = \cos 2\frac{b}{2}, \qquad (9.4)$$

где b - угол наклона солнечного коллектора к горизонту;

I_s - интенсивность прямой солнечной радиации, которая приходится на горизонтальную поверхность, Вт/м^2;

I_d - интенсивность рассеянной солнечной радиации, которая падает на горизонтальную поверхность, Вт/м^2.

Среднемесячные величины P_s в зависимости от угла наклона коллектора к горизонту [7].

Значение q_i для солнечных коллекторов южной ориентации следует принимать в интервале от 8 до 16 ч. При отклонении коллекторов от юга к востоку на каждые 15° интервал времени следует считать на 1 ч. раньше; при отклонении на запад — на 1 ч позже.

КПД установки равен:

$$\eta = 0{,}8\left[\theta - \frac{8\nu[0{,}5(t_1 + t_2) - \bar{t}_н]}{\sum g_i}\right], \qquad (9.5)$$

где ν - приведенный коэффициент тепловых потерь солнечного коллектора, Вт/(м^2·К): для одностекольных коллекторов ν = 8 Вт/(м^2·К), для двухстекольных ν = 5 Вт/(м^2·К);

θ - приведенная оптическая характеристика коллектора, для одностекольных коллекторов можно принять θ = 0,73; для двухстекольных θ = 0,63;

t_1, t_2 - температура теплоносителей на входе и выходе из солнечного коллектора, °С; для двух– и трехконтурных установок рекомендуется принять, $t_1 = t_х+5$ и $t_2 = t_г+5$;

$t_х$, $t_г$ - температура воды на входе и выходе из коллектора, °С;

$t_н$ - средняя дневная температуры наружного воздуха, °С.

Ориентировочные значения площади поверхности нагрева солнечного коллектора можно принять 4,5-9 м^2 для отопления помещения площадью 15 м^2 (в среднем 0,5 площади пола помещения) и 1,5-2 м^2 для обеспечения горячей водой одного жителя.

Объем бака аккумулятора, м^3:

$$V = (0{,}06 - 0{,}08)\text{A}, \tag{9.6}$$

где А - площадь поглощающей поверхности коллектора, м^2.

Рассчитывать теплообменные аппараты следует по среднему значению расхода воды и теплоносителя.

Поверхность нагрева теплообменного аппарата, м^2:

$$A_{ma} = \frac{\Phi}{(k_{ma} \cdot \Delta t_{ma} \cdot c)}, \tag{9.7}$$

где Ф - тепловая мощность системы горячего водоснабжения и отопления, Вт;

k_{ma} - коэффициент теплопередачи теплообменного аппарата, для трубчатых теплообменников можно принять k_{ma} = 1500—1700 Вт/(м^2·К);

с - теплоемкость горячей воды, Вт/(м^3·К);

Δt_{ma} - разность температур; в данном случае:

$$\Delta t_{ma} = \frac{(\Delta t_{max} + \Delta t_{min})}{2}, \tag{9.8}$$

где t_{max}, t_{min} - соответственно максимальный и минимальный перепады температур на концах теплообменника.

Количество теплоты, которая выработана гелиоустановкой, ГДж:

$$Q_{\text{уст}} = A\eta_{\text{г}} \sum_{z,y,i} q_i \,, \tag{9.9}$$

где $\eta_г$ -годовой (сезонный) КПД установки;

z - количество месяцев работы установки (зависит от географической широты данной местности и определяется заданием на проект);

y - количество дней в месяце.

Значения $\eta_г$ в зависимости от характеристик солнечных коллекторов A_c, $м^2$/(ГДж · сут) и V_c, $м^3$/(ГДж · сут), которые соответствуют единице суточной тепловой нагрузки систем горячего водоснабжения или отопления, приведены на рисунке 9.2.

$$A_c = \frac{10^6 A}{4{,}19(t_г - t_х)}, \tag{9.10}$$

$$V_c = \frac{10^6 V}{4{,}19(t_г - t_х)}. \tag{9.11}$$

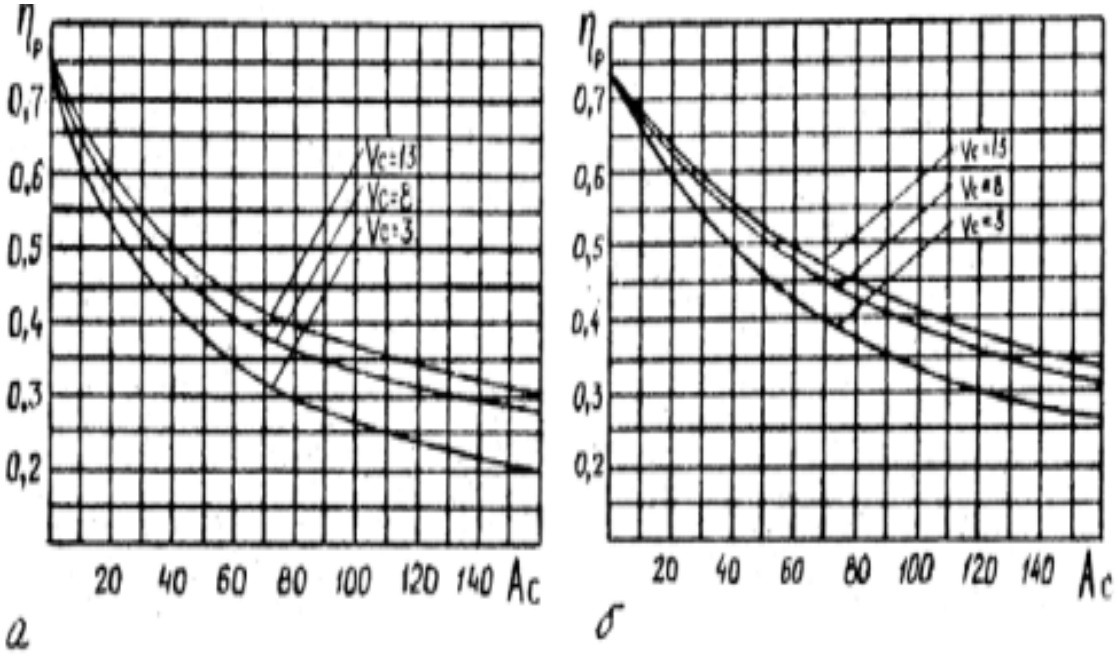


Рисунок 9.2 - Зависимость годичного (а) и сезонного (б) КПД установок солнечного горячего водоснабжения от значений A_c и V_c

Количество теплоты, выработанной гелиоустановкой за год, ГДж:

$$Q_г = \eta_г q_{пад} A, \tag{9.12}$$

где $q_{пад}$, ГДж/$м^2$ - годовые суммы интенсивности суммарной солнечной радиации.

Количество сэкономленного благодаря использованию солнечной радиации условного топлива, т, за 1 год:

$$B = \frac{0{,}0342 Q_{уст}}{\eta_{зам}}, \qquad (9.13)$$

где $Q_{уст}$- суммарное количество теплоты, выработанной за год (сезон), ГДж;

$\eta_{зам}$ -КПД замененного источника теплоты.

Подбирают резервный котел и вычисляют расход топлива.

Лекция №10. Проектирование систем геотермального теплоснабжения (1 час)

Содержание лекции:

- общая характеристика геотермального теплоснабжения;
- выбор расчетных параметров.

Цель лекции: знакомство с проектированием систем геотермального теплоснабжения.

Геотермальное теплоснабжение включает в себя разведывание месторождений геотермальных вод, получение теплоты с помощью геотермальных скважин, строительство и обустройство термоводозаборов, добычу и транспортировку геотермального теплоносителя от скважины к потребителю, его использование в системах теплоснабжения, утилизацию отработанных термальных вод и их сброс.

Известно, что поверхность Земли состоит из тектонических плит — огромных платформ земной коры, которые находятся в постоянном практически одинаковом движении.

Источники геотермальной энергии можно выявить в трех зонах, где сталкиваются две тектонические плиты, при этом одна из них смещается вниз под другую, как, например, Японские острова или Анды в Южной Америке. Геотермальный резервуар на самом деле является массой породы, которая растрескалась в земной коре и насыщена горячей водой или паром. Практически размер скважины составляет от нескольких тысяч кубических метров до нескольких кубических километров. При этом, если вода достаточно горячая, она поднимается на поверхность естественным путем, а при более низкой температуре может понадобиться насос.

Имеется четыре основных типа геотермальной энергии:

- нормальное поверхностное тепло Земли, которое используется геотермальными тепловыми насосами;
- гидротермальные системы — это резервуары пара, горячей или теплой воды, расположенные у самой поверхности Земли (сегодня для выработки электроэнергии используются именно эти ресурсы);
- глубокая корковая теплота, которая удерживается под поверхностью

земли, но не содержит воды;

- энергия магмы — теплота, которая накапливается под вулканами, причем иногда и сама магма частично находится в расплавленном виде.

В геологическом понимании геотермальная теплота — это теплота выше температур окружающей среды. Запасы этой теплоты превышают годовое потребление энергии во всем мире в 35 млн раз. Если бы можно было использовать всего 1% геотермальной энергии емкой коры, например, на глубине 10 км, то человечество имело бы в 500 раз больше энергии, чем могут дать все мировые запасы нефти и газа.

Выбор расчетных параметров. Проектируемая система должна обеспечивать максимально возможное срабатывание теплового потенциала геотермального теплоносителя и равномерность использования максимального дебита термоводозабора в течение года [6]. За расчетный расход геотермального теплоносителя следует принимать суммарный дебит скважин термоводозабора, а за расчетную температуру геотермального теплоносителя, изливаемого одной скважиной, следует принимать его температуру при дебите, соответствующем утвержденному режиму его эксплуатации.

За расчетную температуру геотермального теплоносителя $t_т$ при термоводозаборе из двух и более скважин принимается средневзвешенная температура термоводозабора, определяемая:

$$t'_m = \frac{\sum_{i=1}^{K} t_{mi} G_{mi}}{\sum_{i=1}^{K} G_{mi}}, \qquad (10.1)$$

где K - количество геотермальных скважин термоводозабора, шт.;

$t_{т1}, t_{т2}, ..., t_{тK}$ - температура в устьях скважин, °С;

$G_{т1}, G_{т2}, ..., G_{тK}$ - дебит геотермальных скважин, кг/с.

Исходными данными для расчета являются:

- температура воздуха в помещении, °С, для жилых, общественных и административных зданий; значение $t_п$ в помещениях для крупного рогатого скота, в зданиях птицеводческих предприятий, для сооружений защищенного грунта выбираются в соответствии с нормами;

- $t'_н$ - расчетная температура наружного воздуха, °С, для проектирования систем вентиляции или отопления принимается по СНИП РК 4.02-42-2006;

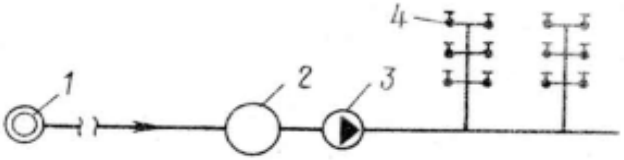
- $t_н$ - средняя температура наружного воздуха за период работы системы отопления или вентиляции по СНИП РК 4.02-42-2006, °С;

- $T_п$ - продолжительность работы пикового подогрева, которая принимается по климатическим данным, ч;

- данные о потребности теплоты для проектируемой системы теплоснабжения.

Открытые системы теплоснабжения, обеспечивающие только горячее водоснабжение. В соответствии со схемой (рисунок 10.1) геотермальная вода по однотрубной тепловой сети подается непосредственно на водоразбор.

Суточная неравномерность потребления горячей воды компенсируется с помощью бака аккумулятора.

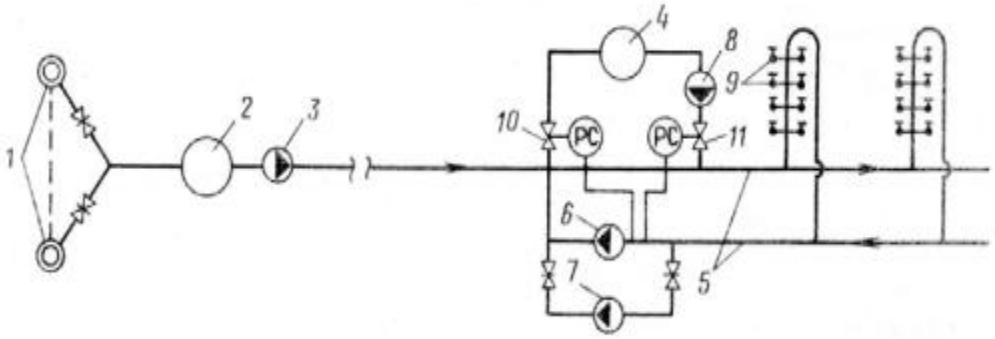


1 — геотермальная скважина; 2 — бак–аккумулятор; 3 — сетевой насос; 4 — водоразборный кран ГВ.

Рисунок 10.1 - Открытая однотрубная геотермальная система горячего водоснабжения

Недостатком схемы (рисунок 10.1) является отсутствие циркуляции теплоносителя в распределительной сети горячего водоснабжения, в результате чего неизбежно остывание теплоносителя в период отсутствия водоразбора горячей воды (например, ночью). По причине этого недостатка схема может быть рекомендована к применению только при малых расстояниях между термоводозабором и потребителем геотермальной теплоты.

Схема, представленная на рисунке 10.2, отличается от схемы на рисунке 10.1 наличием двухтрубной распределительной сети, в которой циркулирует геотермальная вода. Подпитка по мере водопотребления осуществляется из однотрубной транзитной тепловой сети.



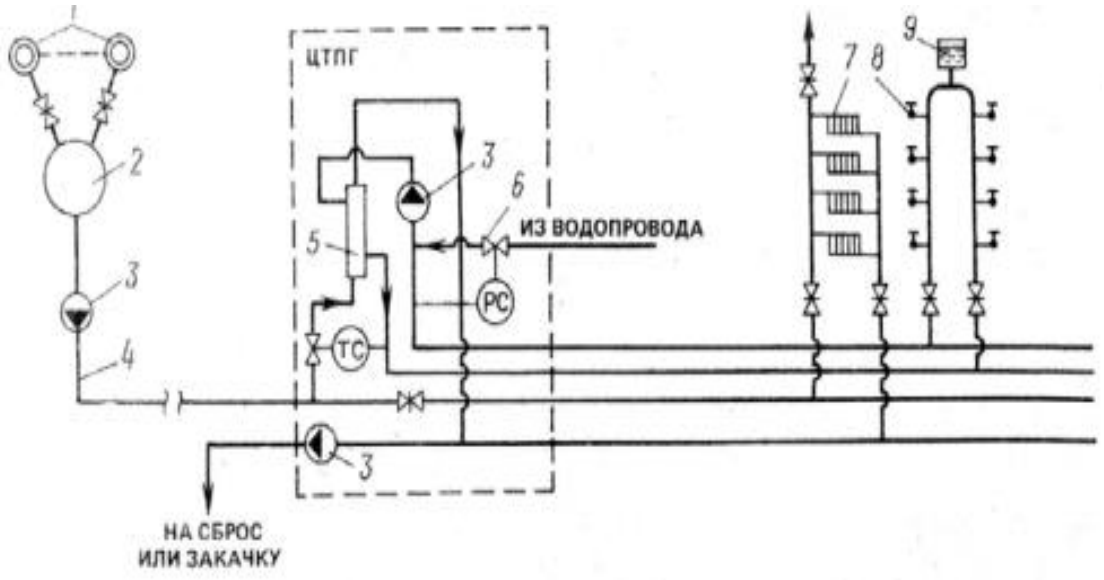
1 — геотермальные скважины термоводозабора; 2 — сборный бак аккумулятор геотермальной воды; 3 — сетевой насос; 4 — бак аккумулятор распределительной сети; 5 — двухтрубная распределительная сеть; 6, 7, 8 — сетевой циркуляционный и подпиточный насосы распределительной сети; 9 — водоразборный кран; 10 — регулятор слива; 11 — регулятор подпитки.

Рисунок 10.2 - Открытая однотрубная геотермальная система горячего водоснабжения с двухтрубной распределительной сетью

Суточная неравномерность водопотребления уравнивается баком аккумулятором. Схема может быть рекомендована при сравнительно большом удалении термоводозабора от потребителя геотермальной теплоты.

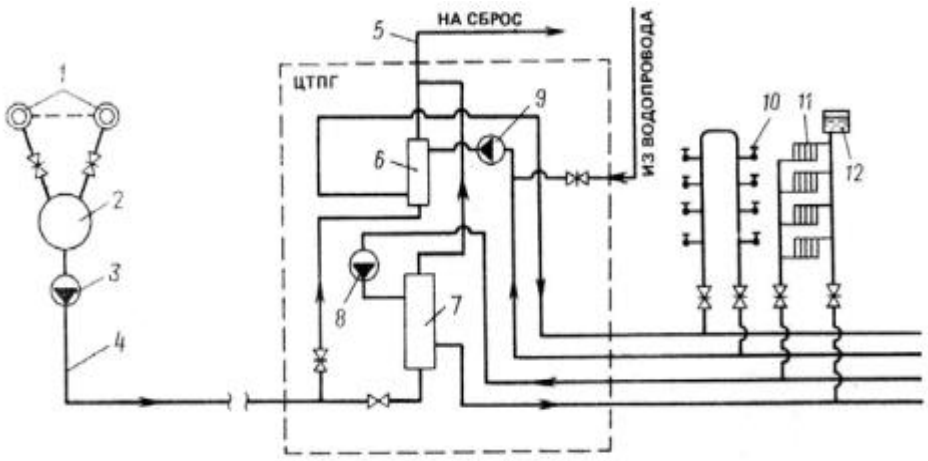
Закрытые геотермальные системы теплоснабжения, обеспечивающие отопление и горячее водоснабжение. Расположение места сброса вблизи потребителя, а также отсутствие повышенной коррозионной активности и солеотложения делает возможным создание системы с однотрубной транзитной тепловой сетью для транспортирования геотермальной воды до ЦТПГ, расположенного рядом с потребителем. После ЦТПГ геотермальная вода сбрасывается. Распределительная сеть после ЦТПГ, в зависимости от качества и температуры геотермального теплоносителя, может быть 4-х трубной с зависимым присоединением отопления (рисунок 10.3), 4-х трубной с независимым присоединением отопления (рисунок 10.4) либо с двухтрубной распределительной сетью и независимым присоединением отопления (рисунок 10.5).

В случае обратной закачки или возможности сброса вблизи термоводозабора применима схема, изображенная на рисунке 10.5. Здесь геотермальная вода поступает в ЦТПГ, расположенный вблизи термоводозабора, где отдает свою теплоту негеотермальному теплоносителю в теплообменных аппаратах, после чего закачивается в пласт или сбрасывается.



1 — геотермальные скважины; 2 — сборный бак аккумулятор геотермальной воды; 3 — сетевой насос; 4 — однотрубная транзитная теплотрасса; 5 — теплообменник горячего водоснабжения; 6 — регулятор подпитки; 7 — отопительный прибор; 8 — водоразборный кран; 9 — расширительный бак.

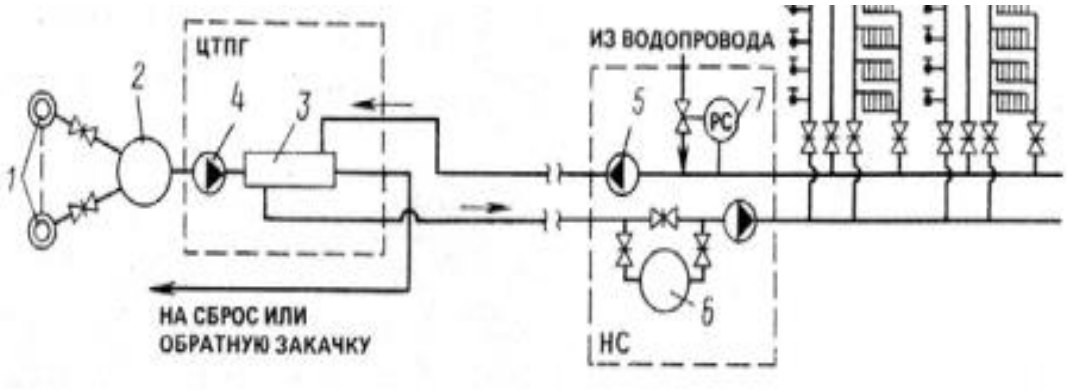
Рисунок 10.3 - Закрытая однотрубная геотермальная система теплоснабжения с зависимым присоединением отопления (распределительная сеть 4-х трубная)



1 — геотермальные скважины; 2 — сборный бак аккумулятор; 3 — сетевой насос геотермальной воды; 4 — транзитная однотрубная теплосеть; 5 — транзитная сбросная теплосеть; 6 — водоподогреватель горячего водоснабжения; 7 — отопительный теплообменник; 8 — сетевой насос распределительной сети отопления; 9 — сетевой насос горячего водоснабжения; 10 — водоразборный кран; 11 — отопительный прибор; 12 — расширительный бак.

Рисунок 10.4 - Закрытая геотермальная система теплоснабжения с независимым присоединением отопления

Подготовленный теплоноситель транспортируется от потребителя до ЦТПГ и обратно по двухтрубной распределительной сети, имеющей транзитный участок. В данной схеме (как и у всех схем с расположением ЦТПГ вблизи термоводозабора) положительным фактором является малая протяженность трубопроводов тепловой сети, соприкасающихся с геотермальной водой.



1— геотермальные скважины термоводозабора; 2 — сборный бак аккумулятор геотермальной воды; 3 — сетевой теплообменник; 4 — сетевой насос геотермальной воды; 5 — сетевой насос водопроводной воды; 6 — бак аккумулятор водопроводной воды; 7 — регулятор подпитки; 8 — водоразборный кран ГВ; 9 — отопительный прибор.

Рисунок 10.5 - Закрытая двухтрубная геотермальная система теплоснабжения

Лекция №11. Проектирование ветроэнергетических установок (1 час)

Содержание лекции:

- выбор месторасположения установки и расчетных параметров;
- расчет ветродвигательных установок.

Цель лекции: знакомство с системой проектирования.

Ветродвигатель нужно располагать так, чтобы высота нижней кромки лопасти над поверхностью земли была не менее 10—15 м.

К дополнительным требованиям относятся:

- открытость местности (самые близкие возвышения должны находиться на расстоянии не менее 2—3 км);
- возвышение должно быть в сечении близкое к круглой, или конусообразной форме;
- склоны возвышения должны быть с наклоном не более 20°;
- скорость ветра в данном районе должна быть не менее 5 м/с.

Для расчета должны быть заданы:

- мощность W, кВт, которую необходимо получить от ветродвигателя;
- скорость ветра v, при которой ветродвигатель может развивать эту мощность;
- быстроходность Z ветроагрегата при максимальном коэффициенте использования энергии ветра;
- коэффициент использования энергии ветра ξ ;
- назначение ветродвигателя (выработка электроэнергии, привод насоса и т. п.).

Расчетные параметры наружного воздуха принимают для заданного местоположения объекта. Для каждого месяца необходимо исходить от среднего значения скорости ветра.

Расчет ветродвигательных установок. Обозначим через m массу воздуха, который протекает через площадь поперечного сечения лопастей A, $м^2$, со скоростью v, м/с.

Тогда:

$$m = \rho \cdot A \cdot V , \qquad (11.1)$$

где ρ - плотность воздуха, $кг/м^3$.

Кинетическая энергия ветра:

$$\frac{m \cdot \vartheta^2}{2} = \frac{\rho \cdot A \cdot \vartheta^3}{2} . \qquad (11.2)$$

Мощность W определяется как произведение силы F на скорость v. Сила действия ветра на лопасти ветродвигателя:

$$F = C_x \cdot A \cdot \frac{p \cdot \vartheta^2}{2}, \qquad (11.3)$$

где А - площадь поперечного сечения лопастей, перпендикулярных к направлению скорости воздушного потока;

C_x - аэродинамический коэффициент, который определяется по графику на рисунке 11.1, где α — угол атаки.

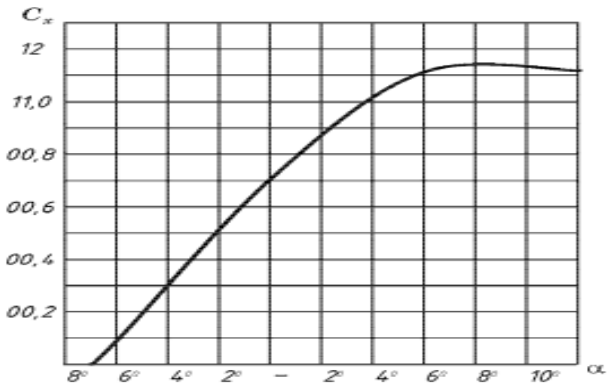


Рисунок 11.1 - Зависимость аэродинамического коэффициента C_x от угла атаки α

Если через u обозначим скорость перемещения поверхности лопасти ветроколеса, то относительная скорость набегающего ветра будет v–u. В этом случае сила будет равна:

$$F = C_x \cdot A \cdot \frac{p \cdot \vartheta^2}{2}. \qquad (11.4)$$

Мощность ветродвигателя:

$$W = F_x \cdot u = C_x \cdot \frac{A \cdot p}{2} \cdot (\vartheta - u)^2 \cdot u. \qquad (11.5)$$

Коэффициент использования энергии ветра определяется как отношение работы, выполненной движущейся поверхностью А, к энергии ветрового потока ($A \cdot \rho \cdot v^3$) / 2 :

$$\xi = \frac{C_x \cdot \frac{A \cdot p}{2} \cdot (\vartheta - u)^2 \cdot u}{A \cdot \frac{p \cdot \vartheta^3}{2}} = C_x (1 - \frac{u}{\vartheta})^2 \cdot \frac{u}{\vartheta}. \qquad (11.6)$$

В этом случае:

$$W = \frac{p \cdot A \cdot \vartheta^3}{2} \cdot \xi. \qquad (11.7)$$

В первом приближении можно принять $\xi = 0{,}3$.

При параметрах окружающей среды $t_o = 0°C$, $p_0 = 1{,}013Ч10^5$ Па мощность ветродвигателя, кВт, составит:

$$W = 0{,}5074 \cdot D^2 \cdot \vartheta^3 \xi \cdot 10^{-3}, \qquad (11.8)$$

где D - диаметр ветроколеса, м:

$$D = \sqrt{\frac{1970 \cdot W}{\vartheta^3 \cdot \xi}}. \qquad (11.9)$$

Для других значений температуры t и давления p воздуха уравнение для определения мощности W_x будет иметь вид:

$$W_x = W = \frac{p \cdot 273}{p_0(273+t)}. \qquad (11.10)$$

Соответственно диаметр ветроколеса:

$$D = \sqrt{\frac{1970 \cdot W}{\vartheta^3 \cdot \xi}} \cdot \sqrt{\frac{p_0 \cdot 273}{p \cdot (273+t)}}. \qquad (11.11)$$

Быстроходность ветродвигателя равна отношению скорости оконечности лопасти ветрового колеса к скорости ветра:

$$Z = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot R}{\vartheta}, \qquad (11.12)$$

где R - радиус колеса, м;

n - частота вращения, $с^{-1}$.

Отсюда:

$$n = \frac{\vartheta}{2 \cdot \pi \cdot R}. \qquad (11.13)$$

Коэффициент использования энергии ветра связан со скоростью ветродвигателя соотношением:

$$\xi = M \cdot Z, \qquad (11.14)$$

где M - момент конечных потерь.

Зависимости ξ и M от Z для числа лопастей i = 2-3 изображены на

рисунках 11.2 и 11.3.

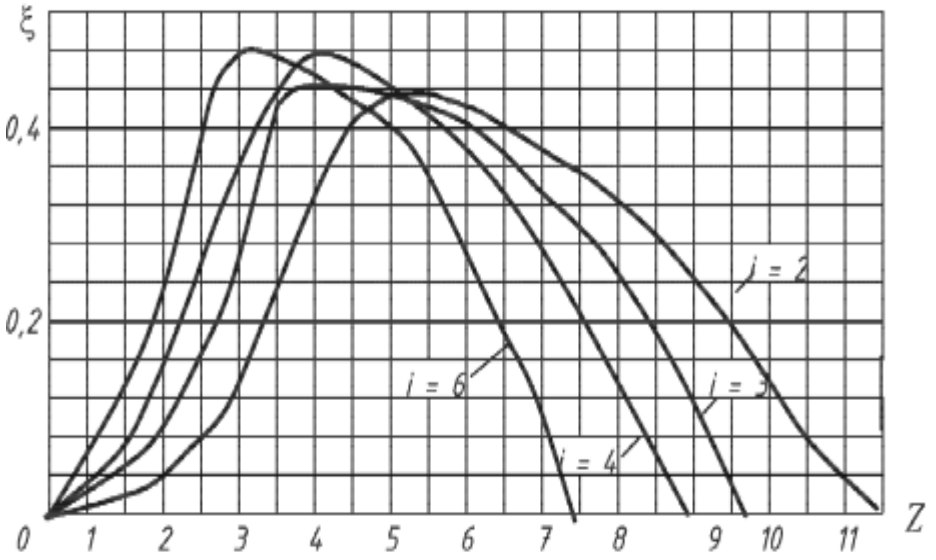


Рисунок 11.2 – Зависимость коэффициента использования энергии ветра от быстроходности двигателя Z для различного числа лопастей i

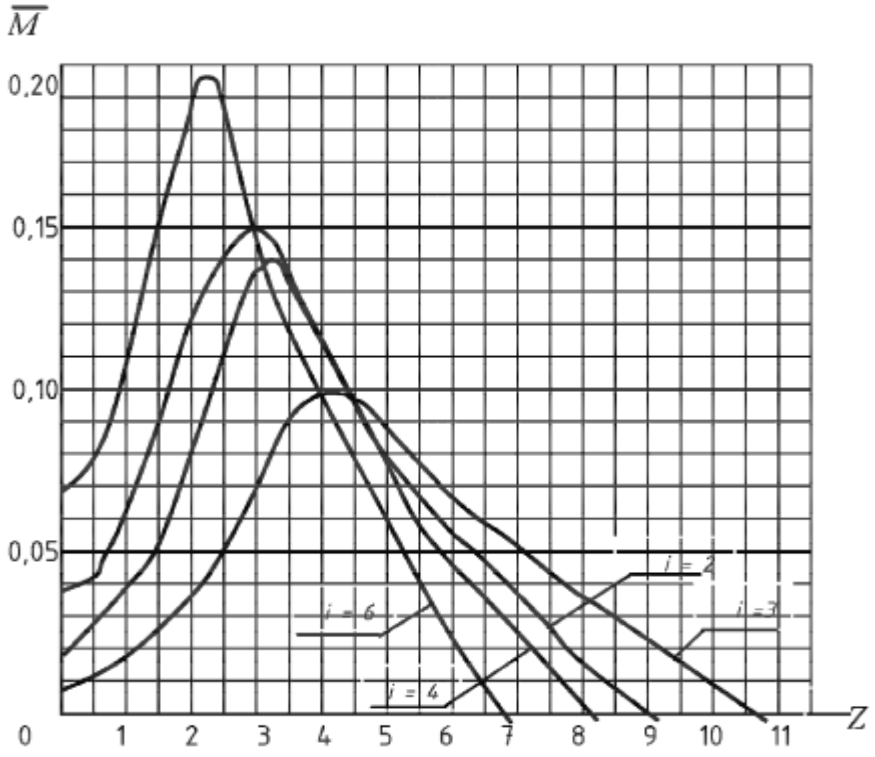


Рисунок 11.3 - Зависимость момента конечных потерь от быстроходности двигателя Z для различного числа лопастей i

По данным расчета выбирают тип ветродвигателя, а потом выбирают электродвигатель и при необходимости - водяной насос.

При определении мощности ветросиловой установки необходимо знать

отношение продолжительности безветренного периода $\tau_з$, которое идет за периодом $\tau_в$ с ветрами. Связь этих параметров определяется отношением:

$$\bar{\tau} = \frac{\tau_з}{\tau_в}. \qquad (11.15)$$

Для повышения эффективности работы ветроустановки необходимо, чтобы ее мощность была больше мощности текущего потребления энергии на величину:

$$\Delta W = W \cdot \frac{\tau_з}{\tau_в}. \qquad (11.16)$$

Эта часть энергии поступает в аккумулятор для обеспечения потребителей энергией во время штилевого периода.

Кроме того, следует учитывать значение коэффициента использования установленной мощности К ветродвигателя. Этот коэффициент равен отношению фактической энергии, вырабатываемой ветродвигателем, к тому ее количеству, которое мог бы дать ветродвигатель, если бы весь период времени он работал с установленной мощностью, т. е. энергии, которая вырабатывается им при расчетной скорости ветра.

Мощность определяют:

- для электростанции:

$$W_у = \frac{W_e}{K}; \qquad (11.17)$$

- для ветроэлектрозарядного агрегата:

$$W = \frac{W_e}{K} \cdot \left(1 + \frac{\tau_з}{\tau_e}\right); \qquad (11.18)$$

- для ветронасосной установки:

$$W_у = \frac{W_н}{K} \cdot \left(1 + \frac{\tau_з}{\tau_e}\right); \qquad (11.19)$$

- для ветряной мельницы:

$$W_у = \frac{W_M \cdot M_M}{3600 \cdot 24 \cdot K} \cdot \left(1 + \frac{\tau_з}{\tau_e}\right), \qquad (11.20)$$

где W_e - мощность электростанции, кВт;

$W_н$ - мощность, расходуемая насосной установкой, кВт;

$W_м$ - расход мощности на 1т помола, кВт;

$M_м$ - производительность мельницы, т/сут.

Лекция №12. Проектирование биогазовых установок (1 час)

Содержание лекции:
- общие сведения;
- методика расчета биогазовых установок.

Цель лекции: знакомство с проектированием биогазовых установок.

Использование методов биологической конверсии органических отходов с целью получения газообразного или жидкого топлива в настоящее время является весьма перспективным. Это позволяет решить не только энергетическую проблему, но также экономическую и экологическую, поэтому привлекает внимание специалистов–экологов, энергетиков, экономистов, биотехнологов. Она весьма существенна для сельского хозяйства, где имеется большое количество органических отходов. Перспективным сырьем в биоэнергетике являются также отходы пищевой, микробиологической, лесоперерабатывающей промышленности, сточные воды коммунального хозяйства.

Под термином биомасса (БМ) обычно понимают углеродсодержащие органические вещества растительного и животного происхождения (древесина, солома, навоз и т. п.). Часто к биомассе относят и органическую часть твердых городских отходов. Биомасса является четвертым по значению топливом в мире, которое эквивалентно 1250 млн т у.т. и составляет около 15% первичных энергоносителей в мире (в развивающихся странах — до 38%). Она играет существенную роль и в промышленно развитых странах — в среднем 2,8% общего энергопотребления (ОЭП): в США ее доля составляет 4%, в Дании — 6%; в Канаде — 7; в Австрии — 13; в Швеции — 16; в Финляндии — 20% (максимальная доля для развитых стран). Преимущества биомассы как топлива: полное отсутствие или незначительное количество выбросов соединений серы и сохранение равновесия углекислого газа СО2 в атмосфере. Наиболее широко используемой в настоящее время является растительная биомасса.

Термин «современная биомасса» подразумевает использование современных промышленных технологий получения энергии из БМ (исключается ее бытовое использование для получения теплоты и приготовления пищи). В соответствии с прогнозом, доля БМ составит 42—46% от общей доли ВИЭ в 2020 г., что существенно превышает вклад солнечной, ветровой, геотермальной и других видов ВИЭ.

На практике используются следующие методы переработки биомассы с целью получения энергии:

- прямое сжигание для непосредственного получения теплоты;
- пиролиз (сухая перегонка), направленный на получение максимального объема газообразного топлива (преимущественно водорода и СО). Генераторный газ имеет теплоту сгорания в пределах 4—8 МДж/м^3;
- спиртовая ферментация с целью получения из биомассы этилового

спирта (этанол);

- анаэробное сбраживание, являющееся наиболее перспективным средством получения топлива из органической массы. В результате действия анаэробных бактерий из биомассы получают биогаз, состоящий в основном из метана (50—80%) и двуокиси углерода (20—50%) со следами сероводорода, аммиака и других веществ.

В сутки из экскрементов одного животного (птицы) можно получить биогаза, $м^3$:

- крупный рогатый скот (живой вес 500—600 кг) — 1,5;
- свинья (живая масса 80—100 кг) — 0,2;
- курица — 0,015.

Биогаз получают также из коммунальных (городских и поселков городского типа) сточных вод. Его выход составляет 0,001 $м^3$ на 1 $м^3$ сточных вод.

Известны следующие режимы анаэробного метанового сбраживания:

- психофильный (температура процесса сбраживания от +15 до +17 °С);
- мезофильный (от +33 до +35 °С);
- термофильный (от +53 до +55 °С).

Различают три типа технологических процессов анаэробного сбраживания биомассы: непрерывный, периодический, аккумулятивный.

Кроме того, различают схемы одноступенчатого, двух– или многоступенчатого сбраживания.

Расчету биогазовых установок должен предшествовать выбор технологии и конструктивного выполнения, т. е. прежде всего нужно определить и обосновать:

- температуру брожения (мезофильный или термофильний процесс);
- продолжительность брожения;
- режим заполнения метантенка;
- систему теплоснабжения метантенка;
- систему сбора биогаза;
- технологию загрузки биомассы и разгрузки шлама.

Суточный выход биомассы для сбраживания в метантенке определяется из выражения:

$$m_{\text{сут}} = \sum_1^n N_i \cdot m_i, \qquad (12.1)$$

где N_i - количество животных данной возрастной и видовой группы, которые содержатся на ферме;

m_i - суточный выход навоза от одного животного;

n - количество групп животных.

В зависимости от условий содержания животных к их навозу прибавляется определенное количество примесей: вода, остатки корма,

подстилка и прочее.

Анализ состава навоза животноводческих ферм показал, что в нем содержится до 20—95% технической воды; подстилки — 12—18%; остатков корма 8—12%, грунта и прочих примесей до 18%.

Остатки корма и подстилки влияют на суммарное содержание сухого органического вещества в биомассе, а количество воды определяет ее влажность. Для приближенных (оценочных) расчетов можно использовать поправочные коэффициенты.

Суточный выход навоза с учетом содержимого прочих примесей (остатки корма, подстилка и пр.) определяется:

$$m_{\text{сут}}^{\text{общ}} = k_n \cdot m_{\text{общ}}\,, \tag{12.2}$$

где k_n - поправочный коэффициент (1,3—1,6), учитывающий подстилку и остатки корма.

Масса сухого вещества в навозе:

$$m_{\text{с.в.}} = m_{\text{сут}}^{\text{общ}} \cdot \left(1 - \frac{W\%}{100}\right), \tag{12.3}$$

где W% - влажность навоза, %.

Масса сухого органического вещества:

$$m_{\text{с.о.в.}} = m_{\text{с.в.}} \frac{P_{\text{с.о.в.}}\%}{100}, \tag{12.4}$$

где $P_{\text{с.о.в}}$% - содержимое сухого органического вещества в навозе.

Выход биогаза при полном разложении (сбраживании):

$$V_{\text{пол}} = m_{\text{с.о.в.}} \cdot n_{\text{ск}}, \tag{12.5}$$

где $n_{\text{ск}}$ - содержание сухого органического вещества в экскрементах, %.

Выход биогаза при неполной продолжительности сбраживания:

$$V_{\text{в}} = V_{\text{пол}} \cdot \frac{n_1\%}{100}, \tag{12.6}$$

где n_1- степень сбраживания субстрата, n_1= 60-70%.

Объем метантенка при полной загрузке:

$$V_{\text{пол.загр.}} = \frac{m_{\text{сут}}^{\text{общ}}}{\tau_{\text{сут}} \cdot \rho_{\text{с}}}, \quad (12.7)$$

где $\tau_{сут}$ - число загрузки реактора за сутки;

$\rho_с$ - плотность субстракта, кг/м^3.

Плотность навозной массы можно принимать равной плотности воды, так как ее влажность превышает 90%.

Отношение $V_{пол.загр.}$ / VM должно находиться в пределах 0,7—0,9.

Потери теплоты в метантенке определяются:

$$Q_{Т.М.} = Q_{\text{П}} + Q_{О.С.} + Q_{\text{мех}}, \quad (12.8)$$

где $Q_П$ - потери теплоты на подогрев субстрата при температуре брожения;

$Q_{О.С.}$ - потери энергии в окружающую среду;

$Q_{мех}$ - расход энергии на перемешивание субстрата в процессе брожения.

Количество теплоты, которая расходуется на подогрев загруженной на протяжении суток биомассы до температуры процесса брожения, МДж/сут:

$$Q_{О.С.} = k \cdot A_M (t_{\text{б}} - t_{о.с.}). \quad (12.9)$$

Температура загруженной биомассы $t_{з.м.}$ зависит от способа ее загрузки в метантенк. Если масса поступает непосредственно из животноводческого корпуса, то ее температура такая же, как в помещении. Если массу для сбраживания берут из хранилища для навоза, то ее температура равна температуре воздуха окружающей среды. Температура брожения зависит от принятого в проекте типа бродильного процесса; для термофильного брожения - от +52 до +54°С; для мезофильного - от +32 до +34°С.

Среднее значение теплоемкости субстрата $c_с$ = 4,18·10–3 МДж/(кг·К).

Теплопотери от метантенка в окружающую среду, Вт, определяются:

$$Q_{О.С.} = k \cdot A_M (t_{\text{б}} - t_{о.с.}), \quad (12.10)$$

где A_M - площадь наружной поверхности метантенка, м^2;

k - коэффициент теплопередачи от субстрата к окружающей среде Вт/(м^2·К);

$t_{о.с.}$-температура окружающей среды, град.

Как правило, метантенки имеют цилиндрическую форму.

Принимая отношение высоты метантенка к его диаметру H/D = 0,9—1,3,

по значению V_M можно определить A_M.

Коэффициент теплопередачи находим:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{a_B} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_3}}, \qquad (12.11)$$

где $\alpha_в$, $\alpha_н$ - коэффициенты теплообмена на внутренней и наружной поверхностях метантенка, Вт/(м^2·К);

δ_i - толщина стенки и слоев утеплителей метантенка, м;

λ_i - коэффициенты теплопроводности стенки и утеплителей метантенка, Вт/(м·К).

Учитывая, что скорость движения субстрата в процессе его механического перемещения незначительна, можно считать, что процесс теплообмена на внутренней поверхности метантенка происходит при условиях свободной конвекции. Теплопроводность бетона, из которого изготовлен метантенк 1,74—1,92 Вт/(м·К); стали — 45,4 Вт/(м·К). Теплопроводность утеплителей: маты минераловатные — 0,036 Вт/(м·К); вулканитовое волокно — 0,35 Вт/(м·К). Теплопроводность грунта зависит от его вида, плотности и влажности. Она может быть принята равной для песчаных грунтов 1,1 Вт/(м·К), для глинистых — 1,75 и для высоковлажных — 2,3 Вт/(м·К).

Тепловую потерю в окружающую среду следует определить для самого холодного и самого теплого периодов. За расчетную величину принимают их среднеарифметические значения.

Расход энергии на механическое перемешивание субстрата в метантенке определяют:

$$Q_{мех} = q_{норм} \cdot V_M \cdot z, \qquad (12.12)$$

где $q_{норм}$ - удельная нагрузка на мешалку (50 Вт/м^3·час);

V_M - объем метантенка, м^3;

z - продолжительность работы мешалки на протяжении суток (»8 ч).

Энергия биогаза, которая вырабатывается на протяжении суток:

$$Q_{б.г.} = V_в \cdot Q_н^р, \qquad (12.13)$$

где $Q_{нр}$ - теплота сгорания биогаза.

Можно принять: $Q_{нр}$ = 21 − 28 МДж/м^3.

Общая суточная выработка энергии биогазовой установкой, МДж:

$$Е_б = Q_{б.г.} - Q_{Т.М.} \quad (12.14)$$

Коэффициент товарности биогазовой установки, %:

$$К_б = \frac{Е_б}{Q_{б.г.}} \cdot 100\%.$$

Считают, что установка вырабатывает биогаз на протяжении 350 дней. На профилактический ремонт биогазовой установки дается 15 суток.

Экономия условного топлива, кг, за счет полученного в течение года биогаза составляет:

$$В_{у.т.} = \frac{Е_б \cdot 350}{29,3}. \quad (12.15)$$

Лекция №13. Проектирование аккумуляторов теплоты (1 час)

Содержание лекции:
- общие сведения;
- расчет основных показателей теплоаккумулирующих материалов.

Цель лекции: знакомство с проектированием аккумуляторов теплоты.

Аккумулятором теплоты называется устройство (или совокупность устройств), которые обеспечивают процессы накопления, сбережения и передачи тепловой энергии в соответствии с нуждами потребителя.

Применение теплового аккумулятора (ТА) позволяет повысить на 30—50% эффективность использования возобновляемых источников энергии. Наиболее целесообразным при этом является подключение таких источников к тепловым аккумуляторам в схеме с использованием внепиковой электроэнергии.

В зависимости от способа технической реализации различают ТА с прямым аккумулированием теплоты, когда теплоаккумулирующий материал является и теплоносителем, и с косвенным аккумулированием, которое происходит при различных теплоаккумулирующих и теплопередающих средах. Применяются также системы, включающие оба типа аккумулирования теплоты.

В процессе аккумулирования и отдачи теплоты изменяется энтальпия материала ТА. Это может происходить как с изменением температуры материала, так и без ее изменения, что имеет место в процессе фазового превращения [4].

В реальном процессе плотность накапливаемой энергии при аккумулировании меньше теоретической, что вызвано потерей теплоты при зарядке, хранении и разрядке, а также необратимым выравниванием поля

температур.

Отношение реального и теоретического значений накапливаемой энергии определяет эффективность теплового аккумулятора.

Плотность накапливаемой энергии, КПД процесса аккумулирования и принятый способ аккумулирования определяют объем и массу аккумулятора.

Исходными данными расчета являются: массовый расход теплоносителя G, кг/с; промежуток времени протекания теплоносителя t,с; масса $M_т$ теплоаккумулирующего материала, кг; температура теплоносителей - $t_{г.вых}$ на выходе из аккумулятора и горячего $t_{х.вх}$ - на входе в аккумулятор. Кроме того, должны быть заданы тип ТАМ и вид теплоносителя.

Методика расчета для теплового аккумулятора с твердым ТАМ, чаще всего применяемого в сельском хозяйстве. В качестве теплоносителя используется газоподобная среда (как правило, воздух).

Отношение водяных эквивалентов газа и аккумулятора:

$$\overline{W} = \frac{G \cdot c_p \cdot \tau}{M_m \cdot c_m} \ . \qquad (13.1)$$

Параметр теплопередачи:

$$\theta = \frac{\alpha \cdot A}{G \cdot c_p} \ . \qquad (13.2)$$

Относительная температура на входе:

$$\overline{t_{вх}} = \frac{t - t_{х.вх}}{t_{г.вых} - t_{х.вх}} \ . \qquad (13.3)$$

Средняя относительная температура на выходе:

$$\overline{t_{вых}} = \int \overline{t_{вх}}(\tau) d\tau. \qquad (13.4)$$

В приведенных формулах, кроме уже указанных, приняты такие обозначения:

$c_р$ - удельная теплоемкость теплоносителя, кДж/ (кг·К);

$c_т$ - удельная теплоемкость ТАМ, кДж/ (кг·К);

α - коэффициент теплообмена, Вт/(м^2·К);

А - площадь поверхности теплоотдачи, м^2;

г., х., вх., вых. - параметры теплоносителя соответственно горячего, холодного, на входе в ТАМ и на выходе из него.

Отношение водяных эквивалентов теплоносителя $W_г/W_х$ колеблется в пределах 0,8—1,0. Относительный параметр теплопередачи θ* представляет собой осредненное значение передачи теплоты холодного $Q_х$ и горячего $Q_г$ газов:

$$\theta^* = \left(\theta_x^{-1} + \theta_г^{-1} \cdot \frac{W_x}{W_г}\right)^{-1}. \quad (13.5)$$

Необходимая площадь поверхности теплообмена, м^2:

$$A = \frac{G \cdot c_p}{\theta^*}. \quad (13.6)$$

Отношение количества теплоты, переданной газу, к максимальному количеству аккумулированной теплоты является эффективность использования теплоаккумулирующего материала $U_м$, а эффективность регенерации теплоты P — отношению количества теплоты, переданной охлажденному газу, к количеству теплоты, выданной горячим газом:

$$U_M = W_X \cdot \overline{t_{вх}}, \quad (13.7)$$

$$P = \frac{W_X \cdot \overline{t_{вх}}}{W_Г}. \quad (13.8)$$

Эффективность использования теплоаккумулирующего материала и эффективность регенерации теплоты могут быть рекомендованы в качестве результирующих параметров.

Лекция №14. Проектирование объектов с теплонасосными системами теплоснабжения (1 час)

Содержание лекции:
- общие сведения;
- методика расчета биогазовых установок.

Цель лекции: знакомство с проектированием объектов с теплонасосными системами.

Тепловой насос (ТН) является одним из термотрансформаторов - устройств, обеспечивающих подачу тепла от одних тел к другим, имеющим разные температуры, чаще всего с их помощью переда ется теплота телам с более высокой температурой.

Наибольшее применение ТН нашли в следующих областях: теплоснабжение (централизованное и децентрализованное) жилых, административных и производственных объектов; обеспечение теплотой нужных параметров некоторых технологических процессов (сушка, дистилляция, тепловая обработка); теплохладоснабжение сельскохозяйственных объектов (молочно–товарные фермы,

фруктохранилища и др.).

Тепловые насосы способны обеспечить температуру нагреваемой среды от 27°С (плавательные бассейны) до 110°С, используя низкопотенциальные источники с температурой от плюс 5°С (атмосферный воздух) до 70°С (высокотемпературные сбросы теплоты, геотермальные источники).

Отечественные ТН по достигаемому коэффициенту преобразования (отношение тепловой энергии, отданной потребителю, к энергии, затраченной на привод) не уступают лучшим мировым образцам. При эффективном применении ТН обеспечивается экономия топлива в сравнении с прямым электрообогревом до 270 кг у.т. и в сравнении с котельными — до 55 кг на 1 МВт·ч тепловой энергии.

При проектировании систем тепло– и хладоснабжения (отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения) зданий, сооружений с использованием тепловых насосов и тепловых узлов к ним следует руководствоваться следующими нормативными документами:

- СНиП РК 4.02-42-2006 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»;
- СНиП РК 4.01-02-2009 Водоснабжение;
- СН РК 4.02-04-2013 «Тепловые сети»;
- СП РК 4.02-108-2014 Свод правил «Проектирование тепловых пунктов», а также другими нормативными документами федерального и регионального уровня, касающимися энергосбережения при проектировании объектов индивидуального и общественного жилищного строительства, объектов коммунального и промышленного строительства.

Решение об использовании энергосберегающих теплонасосных систем целесообразно принимать на стадии разработки и утверждения задания на проектирование.

Предпосылками для применения таких систем могут служить следующие обстоятельства:

- удаленность от систем централизованного теплоснабжения;
- ограничение в использовании электроэнергии для прямого нагрева при теплоснабжении;
- наличие вторичных энергетических ресурсов (вентиляционных выбросов, сбросной теплоты технологических процессов, серых канализационных стоков и т. п.);
- наличие холодильной нагрузки;
- относительно низкий температурный потенциал тепловых нагрузок (напольное отопление, вентиляция, подогрев воды в бассейнах и т. п.).

Теплонасосные системы (ТСТ), как правило, состоят из системы сбора низкопотенциальной теплоты, собственно тепловых насосов и традиционных источников тепловой энергии для покрытия пиковых нагрузок. В некоторых случаях применяются аккумуляторы тепловой энергии. Такие схемы, как правило, применяются для систем горячего водоснабжения с целью

выравнивания суточной неравномерности потребления горячей воды.

Тепловые насосы, как наиболее дорогое оборудование, подбираются по мощности на величину базовых нагрузок по графику их изменения. Это обеспечивает максимальное использование тепловых насосов и более стабильный режим их работы. Для обеспечения надежности работы системы в схеме предусматривается несколько агрегатов (за исключением случаев, когда их надежность обеспечивается внутренним устройством).

В качестве дополнительных традиционных источников тепловой энергии, предназначенных для покрытия пиковых нагрузок, целесообразно применять нагреватели, легко поддающиеся автоматизации работы, например, электрические или газовые. Нагреватели могут устанавливаться по отношению к тепловым насосам как параллельно (со смешиванием потоков теплоносителя), так и последовательно (догревание теплоносителя).

На стадии ТЭО необходимо рассмотреть комплекс традиционных мероприятий по энергосбережению:

- рациональные архитектурно–планировочные решения по конфигурации зданий и сооружений и расположению их на местности;
- применение энергосберегающих ограждающих конструкций;
- использование энергосберегающей системы вентиляции, в том числе с возможностью рекуперативного подогрева приточного воздуха вытяжным;
- создание рациональной системы отопления с применением автоматизированных узлов управления и учета тепловой энергии;
- установка экономичных устройств водоразбора в системе горячего водоснабжения с применением регуляторов давления;
- применение энергоэкономичных светильников и других электроприборов, а также устройств частотного регулирования электрических машин и т. п.

Целесообразно рассмотреть 2-3 варианта схем ТСТ для выбора оптимального решения. Принципиальные схемы ТСТ выбираются на основе тепловых и технико–экономических расчетов.

Согласно действующим нормативным документам (например, СНиП РК 4.02-42-2006 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», п. п. 6.13 и 8.2), применение новых технологий теплоснабжения (в том числе с применением тепловых насосов), связанных, как правило, со значительными капитальными вложениями, требует предварительного технико–экономического обоснования.

На стадии разработки технико–экономического обоснования (ТЭО) для объектов с теплонасосными системами теплоснабжения должны быть проработаны следующие вопросы:

- определены основные архитектурно–планировочные решения;
- определены расчетные тепловые, холодильные и электрические нагрузки объекта с учетом всех внутренних бытовых и технологических тепловыделений;

- рассмотрены возможные мероприятия по снижению энергетических нагрузок традиционными способами;
- определена структура потребления энергии (тепловой и электрической);
- определены суточные и годовые графики потребления тепловой и электрической энергии;
- проработана схема традиционного (централизованного или автономного) теплоснабжения и определены затраты на ее создание (с учетом выполнения требований выставленных технических условий);
- определен энергетический потенциал вторичных энергетических ресурсов объекта (мощность и график их поступления);
- определен энергетический потенциал доступных нетрадиционных возобновляемых источников энергии и потребная мощность для покрытия тепловых нагрузок здания;
- выбрана принципиальная схема системы энергоснабжения с помощью тепловых насосов и выполнена предварительная проектная проработка;
- рассчитаны капитальные затраты, связанные с созданием ТСТ, с учетом технических условий на подключение к внешним энергетическим источникам;
- рассчитаны годовые эксплуатационные затраты по традиционному варианту теплоснабжения и варианту с тепловыми насосами;
- рассчитан срок окупаемости ТСТ.

Лекция №15. Автоматизированное проектирование

Содержание лекции:
- этапы развития и совершенствования САПР.

Цель лекции: знакомство с основными положениями теории САПР.

Под термином САПР понимается система автоматизированного проектирования, в которой органично объединены усилия коллектива проектировщиков и возможности математических методов и ЭВМ на всей совокупности взаимосвязанных этапов проектирования с применением развитых средств программного и информационного обеспечения для коренного улучшения качества проектных работ и сокращения их сроков.

Классификацию САПР осуществляют по ряду признаков, например, по приложению, целевому назначению, масштабам (комплексности решаемых задач), характеру базовой подсистемы — ядра САПР.

По приложениям наиболее представительными и широко используемыми являются следующие группы САПР:

1) САПР для применения в отраслях общего машиностроения. Их часто называют машиностроительными САПР или MCAD (Mechanical CAD)

системами.

2) САПР для радиоэлектроники. Их названия — ECAD (Electronic CAD) или EDA (Electronic Design Automation) системы.

3) САПР в области архитектуры и строительства.

Кроме того, известно большое число более специализированных САПР, или выделяемых в указанных группах, или представляющих самостоятельную ветвь в классификации. Примерами таких систем являются САПР больших интегральных схем (БИС); САПР летательных аппаратов; САПР электрических машин и т.п.

По масштабам различают отдельные программно-методические комплексы (ПМК) САПР, например, комплекс анализа прочности механических изделий в соответствии с методом конечных элементов (МКЭ) или комплекс анализа электронных схем; системы ПМК; системы с уникальными архитектурами не только программного (software), но и технического (hardware) обеспечений.

По характеру базовой подсистемы различают следующие разновидности САПР:

1) САПР на базе подсистемой машинной графики и геометрического проектирования. Эти САПР ориентированы на приложения, где основной процедурой проектирования является конструирование, т.е. определение пространственных форм и взаимного расположения объектов. Поэтому к этой группе систем относится большинство графических ядер САПР в области машиностроения.

2) САПР на базе СУБД. Они ориентированы на приложения, в которых при сравнительно несложных математических расчетах перерабатывается большой объем данных. Такие САПР преимущественно встречаются в технико-экономических приложениях, например, при проектировании бизнес-планов, но имеют место также при проектировании объектов, подобных щитам управления в системах автоматики.

3) САПР на базе конкретного прикладного пакета. Фактически это автономно используемые программно-методические комплексы, например, имитационного моделирования производственных процессов, расчета прочности по методу конечных элементов, синтеза и анализа систем автоматического управления и т.п. Часто такие САПР относятся к системам CAE. Примерами могут служить программы логического проектирования на базе языка VHDL, математические пакеты типа MathCAD.

4) Комплексные (интегрированные) САПР, состоящие из совокупности подсистем предыдущих видов. Характерными примерами комплексных САПР являются CAE/CAD/CAM-системы в машиностроении или САПР БИС. Так, САПР БИС включает в себя СУБД и подсистемы проектирования компонентов, принципиальных, логических и функциональных схем, топологии кристаллов, тестов для проверки годности изделий.

Комплекс средств автоматизации проектирования в соответствии с

особенностями решаемых задач принято подразделять на средства методического, программного, технического, информационного и организационного обеспечения.

Методическое обеспечение (МО) представляет собой совокупность документов, устанавливающих состав, правила отбора и эксплуатации средств, обеспечения автоматизированного проектирования, необходимых для его выполнения. Методическое обеспечение дополнительно разделяют на средства математического и лингвистического обеспечения.

При этом математическое обеспечение, рассматриваемое как совокупность различных математических методов и алгоритмов, предназначается для выполнения преобразований описания объекта проектирования.

Лингвистическое - служит для решения второй из названных задач, а именно: для представления полученных описаний — языки проектирования, терминология.

Программное обеспечение (ПО) включает совокупность машинных программ, необходимых для выполнения автоматизированного проектирования, и документации к ним. САПР является программно-управляемой системой. Поэтому ПО составляет сердцевину средств ее обеспечения как по значению, так и по трудоемкости задания. В составе ПО САПР по функциональным признакам выделяются системы математического обеспечения ЭВМ как часть ПО, инвариантная областям применения ЭВМ, общесистемное ПО САПР (к которому, в частности, можно отнести ПО машинной графики, диалоговые системы и др.) и прикладное ПО, служащее непосредственно для решения задач проектирования конкретного класса объектов.

Техническое обеспечение (ТО) состоит из совокупности взаимодействующих средств вычислительной и организационной техники, предназначенных для выполнения автоматизированного проектирования. В большинстве случаев ТО САПР базируется на серийно выпускаемых ЭВМ различной производительности, снабженных не только штатным, но и специализированным периферийным оборудованием.

Информационное обеспечение (ИО) объединяет совокупность сведений, необходимых для функционирования САПР и представленных в заданной форме. Для ведения автоматизированного проектирования большая часть этих сведений (данных) должна записываться на машинные носители информации и в процессе работы САПР обрабатываться ЭВМ. ИО концентрирует опыт проектирования данного класса объектов, содержит необходимые данные, сохраняет описание проектируемого объекта, облегчает передачу данных при переходе от этапа к этапу проектирования.

Организационное обеспечение (ОО) содержит совокупность документов, устанавливающих состав проектной организации и ее подразделений, функции и взаимосвязи подразделений, а также форму

представления проектных документов.

Остановимся лишь на информационном обеспечении, непосредственно связанным с массивами информации.

В состав информационного обеспечения САПР включаются документы, содержащие описания стандартных проектных процедур, типовых проектных решений и элементов, комплектующих изделий, материалов и другие данные, а также данные на машинных носителях с записью указанных документов, обеспечивающие функционирование подсистем САПР. Под базой данных САПР понимается совокупность хранящихся в ЭВМ данных, которые с минимальной избыточностью и максимально возможным быстродействием удовлетворяют информационные потребности автоматизированного проектирования. В составе базы данных можно выделить по функциональному признаку четыре раздела:

1) Данные о типовых проектных решениях и ранее выполненных проектных разработках.

2) Справочники и нормативно-техническая документация.

3) Информационная модель объекта, которая составляется из данных, описывающих его на различных этапах проектирования. Эта модель развивается в процессе проектирования.

Описание объекта проектирования, получаемое на каждом предыдущем этапе, должно давать необходимые данные для работы компонентов САПР на последующем этапе. По окончании проектирования полученное описание объекта может быть передано в первую группу данных, а следовательно, должно включать все ранее перечисленные виды информации.

4) Данные, регламентирующие проектную деятельность, как отдельных исполнителей, так и организации в целом. Прежде всего, сюда относятся описания методик автоматизированного выполнения проектных процедур, информационных связей между участниками разработки.

Основными структурными элементами САПР являются подсистемы, которые подразделяются на проектирующие и обслуживающие. К проектирующим относят подсистемы, выполняющие проектные процедуры и операции, например, расчетную, чертежно-графическую. К обслуживающим относят подсистемы, предназначенные для поддержания работоспособности проектирующих подсистем, например, подсистему управления данными и др.

Одним из основных компонентов любой базы данных САПР являются справочники, включающие информацию об элементах, входящих в состав системы проектирования. Справочник должен содержать набор необходимых сведений в табличной или графической форме, позволяющих выбрать требуемое изделие, разместить их в узлах проектируемой электрической схемы, проверить правильность выбора и работоспособность устройства в целом.

Часто методическое и информационное обеспечение САПР строятся с использованием комплексного подхода:

- на первом этапе проводится предварительный расчет режимов работы системы (расстановка оборудования и прокладка кабелей и проводов на планах, формирование электрических схем, выполнение электротехнических расчетов, выполнение светотехнических расчетов и т.д.). Составляются таблицы задействованных изделий и оборудования, проводится расчет токовых нагрузок в номинальных и пусковых режимах, выполняется расчет цепей в аварийных режимах (перегрузки по току и коротком замыкании), проводится выбор сечений проводов и кабелей;

- на втором этапе осуществляется подборка электротехнических изделий для реализации заданного схемного решения. Причем проводятся проверки на электромагнитную совместимость изделий, на селективность работы защитной аппаратуры, на термическую устойчивость изделий с учетом их совместной работы и т.п.;

- на третьем этапе формируются управляющие комплектные устройства низкого (НКУ) и высокого (КТП) напряжения, через посредство которых и осуществляется управление и защита потребителей и сети. Если совокупность выполняемых функций при заданном схемотехническом решении можно выполнить, используя стандартные конструкции комплектных устройств, то предпочтение отдается именно им.

Список литературы

Основная

1 Правила устройства электроустановок республики Казахстан. Союз инженеров-энергетиков. - Астана, 2010.

2 Тепловые сети (Thermal networks) СНиП 41–02–2003. — СПб: ДЕАН, 2004. — 96 с.

3 ГОСТ 14254-2015 (IEC 60529:2013) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP).

4 Драганов Б.Х. Проектирование систем теплоснабжения сельского хозяйства. – Краснодар, 2001.

5 Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. — М.: Интермет Инжиниринг, 2007. — 670 с.

6 Амерханов Р.А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии. — М.: КолосС, 2003. — 532 с.

7 Безруких П.П. Ресурсы и эффективность возобновляемых источников энергии. — СПб: Наука, 2002. — 314 с.

8 Жила В.А. Газовые сети и установки / В.А. Жила, М.А. Ушаков, О.Н. Брюханов. — М.: Академия, 2003. — 272 с.

9 Кривцов В.С. Неисчерпаемая энергия. В 3 ч. Ч. 3. Альтернативная энергетика: учебник / В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. — Харьков: Нац. аэрокосм. унст — Харьк. авиац. инст — Севастополь: Севаст. нац. техн. унст, 2006. — 643 с.

Дополнительная

10 Рекомендации по расчету, проектированию и применению систем электротеплоснабжения животноводческих ферм и комплексов. - М.: «ВИЭСХ», 2002.

11 Технологические правила проектирования. (методическое руководство). – Москва, 2000.

12 Ефимова О.Н. Энергообеспечение сельского хозяйства. Конспект лекций. - Алматы: НАО АУЭС, 2012.

Сводный план 2019 г., поз. 207

Ефимова Ольга Николаевна
Рахимова Рауза Мадиевна

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЪЕКТОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Конспект лекций
для студентов специальности 5В081200 - Энергообеспечение сельского хозяйства

Редактор Л.Т. Сластихина
Специалист по стандартизации Г.И. Мухаметсариева

Подписано в печать _____ Формат 60x84 1/16
Тираж 50 экз. Бумага типографская №1
Объем 4 уч.-изд.л. Заказ ____.Цена 2000 тг.

Копировально-множительное бюро
некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи»
050013, Алматы, ул. Байтурсынова, 126/1

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Кафедра электроснабжения и возобновляемые источники энергии

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по АД
_____ С. В. Коньшин
«___»_____2019 г.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЪЕКТОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Конспект лекций
для студентов специальности 5В081200 - Энергообеспечение сельского хозяйства

СОГЛАСОВАНО
Директор ДАВ
_____ Р.Р. Мухамеджанова
«___»_____2019г.
Председатель ОУМК по МОиЭ
_____Б.К. Курпенов
«___»_____2019г.
Редактор
_____ Л.Т. Сластихина
«___»_____2019г.
Специалист по стандартизации
_____ Г.И. Мухаметсариева
«___»_____2019г.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры ЭВИЭ
протокол № 2
от « 4» октября 2019 г.
Зав. кафедрой ЭВИЭ,
к.т.н., доцент
_____ К.Т. Тергемес
Составители:
К.т.н.,доц. кафедры ЭВИЭ
_____ О.Н.Ефимова
Ст. преподаватель кафедры ЭВИЭ
_____ Р.М.Рахимова

Алматы 2019