

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В. А. Коротинский

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В АПК

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением по аграрному
техническому образованию в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений высшего образования
по группе специальностей 74 06 Агроинженерия и специальности
1-74 80 06 Электротехнологии и электрооборудование
в сельском хозяйстве*

Минск
БГАТУ
2014

УДК 631.172(07)
ББК 31.19я7
К68

Рецензенты:
кафедра «Энергосбережение
и возобновляемые источники энергии» БНТУ;
директор производственного монтажно-наладочного
предприятия «Спецтехналадка» *А. В. Михадюк*

Коротинский, В. А.
К68 Энергосберегающие технологии в АПК : учебно-методическое
пособие / В. А. Коротинский. – Минск : БГАТУ, 2014. – 212 с.
ISBN 978-985-519-741-7.

Содержатся сведения об основных направлениях энергосбережения в сельском хозяйстве, которое рассматривается как одно из главных направлений дальнейшего развития и эффективного функционирования АПК и как самый дешевый источник энергии. Особое внимание уделено технологическим процессам сушки сельскохозяйственной продукции, использованию нетрадиционных и возобновляемых источников энергии; представлены необходимые справочные данные.

Предназначено для студентов очной формы обучения и магистрантов, может быть полезным для студентов заочной формы обучения агроинженерных специальностей и аспирантов.

УДК 631.172(07)
ББК 31.19я7

ISBN 978-985-519-741-7

© БГАТУ, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	4
Введение.....	5
1. Эффективность использования топливно-энергетических ресурсов.....	7
2. Энергосберегающие технологии сушки сельскохозяйственных продуктов.....	16
3. Энергосбережение в зданиях и сооружениях	34
4. Отопительно-вентиляционные системы производственных помещений.....	56
5. Энергосберегающие технологии при эксплуатации теплосетей.....	94
6. Использование установок комбинированного производства энергии	102
7. Солнечная энергия и энергия ветра в системах АПК	128
8. Утилизация отходов в системах АПК	155
9. Особенности и порядок нормирования ТЭР на объектах АПК	172
Приложения	204

ПРЕДИСЛОВИЕ

Для улучшения ресурсосберегающей деятельности следует повышать профессиональные знания специалистов, поэтому в книге рассмотрены вопросы, определяющие приоритетность социальных целей, направленных на ускоренное достижение оптимальных норм и нормативов по энерговооруженности и энергообеспеченности АПК.

Основная задача учебно-методического пособия, учитывающего программы курсов «Энергосберегающие системы в АПК» для технических вузов агроинженерных специальностей и «Энергосберегающие технологии в АПК» для магистрантов, – в определенной степени облегчить и сделать более целенаправленной подготовку к практическим занятиям по повышению эффективности энергетических установок в АПК.

Пособие в первую очередь адресовано студентам и магистрантам для изучения вопросов рационального применения тепловой и электрической энергии в АПК. Приведенный материал может быть полезен аспирантам и инженерам, специализирующимся в этой области.

Некоторые теоретические и практические вопросы сопровождаются примерами методик расчета, облегчающими их понимание и усвоение. Особое внимание отводится вопросам сохранности полученной продукции, то есть вопросам сушки с учетом применения современного энергетического эффективного оборудования, обеспечивающего рациональное использование энергоресурсов.

ВВЕДЕНИЕ

В учебном пособии пойдет речь об энергосберегающих технологиях и системах в агропромышленном комплексе (АПК), которые представляют собой технические системы.

Система (*греч.* – «целое, составленное из частей; соединение») – множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определенную целостность, единство [1].

Примеры дескриптивных определений [3]:

Система – совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом и со средой.

Система – множество взаимосвязанных элементов, обособленное от среды и взаимодействующее с ней, как целое.

Примеры конструктивных определений [1]:

Система – комбинация взаимодействующих элементов, организованных для достижения одной или нескольких поставленных целей.

Система – конечное множество функциональных элементов и отношений между ними, выделенное из среды в соответствии с определенной целью в рамках определенного временного интервала.

Таким образом, главное отличие конструктивных определений состоит в наличии цели существования или изучения системы с точки зрения наблюдателя или исследователя, который при этом явно или неявно вводится в определение.

Практически каждый объект может быть рассмотрен как система. Основные системные принципы:

целостность – принципиальная несводимость свойств системы к сумме свойств составляющих ее элементов и не выводимость из последних свойств целого, зависимость каждого элемента, свойства и отношения системы от его места, функций и т. д. внутри целого;

структурность – возможность описания системы через установление ее структуры, т. е. сети связей и отношений системы, обусловленность поведения системы поведением ее отдельных элементов и свойствами ее структуры; взаимозависимость системы и среды;

иерархичность – каждый компонент системы в свою очередь может рассматриваться как система, а данная система представляет собой один из компонентов более широкой системы; множественность описания – в силу принципиальной сложности каждой системы

ее адекватное познание требует построения множества различных моделей, каждая из которых описывает лишь определенный аспект системы.

Системный подход – исследование объектов как систем [2]. Ориентирует исследование на раскрытие целостности объекта и обеспечивающих ее механизмов, на выявление многообразных типов связей сложного объекта и сведение их в единую теоретическую картину.

Системный подход основан на общей теории систем (Людвиг фон Бергаланфи) и кибернетике – теории управления (Норберт Винер, У. Росс Эшби, Стаффорд Бир). Он сформировался в 40–60-е гг. XX в.

Системный анализ – научный метод познания, представляющий собой последовательность действий по установлению структурных связей между переменными или элементами исследуемой системы. Опирается на комплекс общенаучных, экспериментальных, естественнонаучных, статистических, математических методов.

Ценность системного подхода состоит в том, что рассмотрение категорий системного анализа создает основу для логического и последовательного подхода к проблеме принятия решений. Эффективность решения проблем с помощью системного анализа определяется структурой решаемых проблем.

Системный анализ предоставляет к использованию в различных науках, системах следующие системные методы и процедуры:

- анализ и синтез, индукция и дедукция;
- формализация и конкретизация;
- структурирование и реструктурирование;
- моделирование и эксперимент;
- программное управление и регулирование;
- кластеризация и классификация;
- экспертное оценивание и тестирование и другие методы и процедуры.

Эффективность системы – это свойство системы выполнять поставленную цель в заданных условиях использования и с определенным качеством [3]. Показатели эффективности характеризуют степень приспособленности системы к выполнению поставленных перед ней задач и являются обобщающими показателями оптимальности

функционирования информационных систем. Эффективность – свойство системы, характеризующее ее способность выполнять задачи по назначению. Используется для сравнения разных систем одного назначения. Эффективность как свойство присуще только системам (организационным, техническим, биологическим и т. д.).

Эффективность – основной показатель качества работы системы, характеризующий степень ее способности выполнять свою функцию по назначению (достижение цели). Используется как для сравнения процессов самой системы, с целью выбора оптимальных параметров управления, так и для сравнительной оценки с другими системами.

Кардинальными обобщающими показателями являются показатели экономической эффективности системы, характеризующие целесообразность затрат на создание и функционирование системы.

1. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Проблема энергообеспечения АПК на современном этапе имеет большое значение, так как темпы научно-технического прогресса и интенсификации сельскохозяйственного производства, повышение технического уровня и улучшение условий труда в АПК определяются уровнем его энергообеспечения. Исходя из этого, главная задача развития энергетики АПК состоит в надежном и экономичном энергоснабжении сельскохозяйственных потребителей, повышении энергетической эффективности производства на основе внедрения современных технологических процессов, создании комфортных социально-бытовых условий жизни сельского населения.

Анализ эффективности использования различных видов энергии показывает, что в последнее время рост производства сельскохозяйственной продукции и повышение производительности труда достигались в основном за счет использования более мощной техники, роста потребления топлива, металла и электроэнергии. В результате этого в республике расходовалось в 2–3 раза больше топливно-энергетических ресурсов на единицу валового внутреннего продукта, чем в экономически развитых странах со сходными климатическими условиями и структурой экономики.

В особенностях энергосбережения топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в АПК, в первую очередь, следует выделить существование реальных причин их неэффективного использования, к которым относятся следующие:

- недооценка роли энергетики и электрификации в развитии сельскохозяйственного производства и социальной сферы села;
- дефицит вкладываемых в энергетику капитальных вложений;
- невысокий уровень автоматизации производственных процессов, что вызывает большие затраты ручного труда на производство продукции;
- обострение проблемы технического сервиса, ремонта и обслуживания энергетического оборудования, в связи с распадом централизованной системы технического обеспечения;
- недостаточное использование современных технологий, что ведет к большим потерям энергоресурсов при переработке и хранении сельскохозяйственной продукции;
- недостаточное использование местных видов топлива и вторичных энергоресурсов;
- отсутствие системы научного сопровождения энергосберегающих разработок, скоординированных научно-целевых программ, разрозненность научных коллективов и лабораторий, узость их направлений. Кроме того, инновационное развитие отрасли ориентировано в основном на использование иностранных передовых технологий и оборудования, что ограничивает развитие научно-технического прогресса отечественных разработок.

Стратегической целью научно-технической политики в электроэнергетике является создание устойчивой национальной системы развития технического прогресса, обеспечивающей в требуемом объеме все процессы производства, транспорта и использования электрической и тепловой энергии высокоэффективными отечественными технологиями и оборудованием на базе результатов фундаментальных и прикладных исследований отечественной и мировой науки. Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

- обеспечение приоритета научно-технического потенциала, включая фундаментальную науку, прикладные исследования и разработки, направленные на постоянное совершенствование и развитие

эффективных технологий и оборудования путем финансирования целевых программ, модернизации экспериментальной базы, создания опытных образцов и организации серийного производства;

- разработка нормативных правовых актов и экономических механизмов, обязывающих и стимулирующих внедрение опытных образцов новых технологий и оборудования с дальнейшей доработкой их в реальных условиях эксплуатации;

- создание системы государственной поддержки и стимулирования деятельности отдельных предприятий по разработке и реализации инновационных проектов;

- использование потенциала международного сотрудничества для применения передовых мировых достижений и повышения уровня отечественных разработок;

- разработка технологий, оборудования и материалов, обеспечивающих повышение эффективности использования традиционных энергоресурсов;

- разработка технологий и оборудования для использования местных видов топлива с технико-экономическими и экологическими показателями соответствующими наилучшим доступным техническим методам;

- оптимизация схем теплоснабжения для конкретных районов и объектов;

- разработка и внедрение адаптивных схем и интеллектуальных систем регулирования, конструкций и оборудования для систем отопления и горячего водоснабжения АПК и агрогородков;

- разработка системы подготовки и повышения квалификации персонала.

Структура приоритетных направлений научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2011–2015 гг. [15] рассматривается по основным направлениям, которые выделены в так называемые критические технологии:

1. Переработка сельскохозяйственного сырья:

- переработка зерна злаковых, в том числе производство пищевого спирта, муки для кондитерских изделий, пивоваренного солода;

- переработка сахарной свеклы и тростникового сахара-сырца, в том числе производство сахара белого;

- переработка масличных культур, в том числе производство рапсового масла, масложировой и маргариновой продукции;

- переработка фруктов и овощей, в том числе производство консервированной плодоовощной продукции, детского питания, соков, вина;

- изготовление тары и упаковки¹;

- глубокая переработка продукции животноводства, растениеводства и адаптивные системы ее хранения;

- безотходная переработка побочной и сопряженной продукции мясной, молочной, спиртовой, пивоваренной, солодовой, рыбной и других отраслей пищевой промышленности;

- сушка растительного сырья и полуфабрикатов, вакуумная заморозка полуфабрикатов и готовой продукции, обеззараживание оборудования, сырья и готовой продукции;

- системы мембранной очистки технологических и сточных вод.

2. Производство животноводческой продукции, селекция и защита сельскохозяйственных животных:

- производство животноводческой продукции (производство мяса и молока) на основе высокоинтенсивных методов хозяйствования;

- заготовка кормов;

- совершенствование методов и систем защиты сельскохозяйственных животных (санация воздушной среды в помещениях).

3. Системы и комплексы сельскохозяйственных машин и оборудования:

- разработка автоматизированных и роботизированных систем управления технологическими процессами сельскохозяйственных машин;

- создание ресурсосберегающих комплексов машин и оборудования для мелиорации, содержания животных, транспортировки животноводческой продукции;

- разработка нового поколения машин для послеуборочной доработки продукции, закладки на хранение, режимного хранения, переработки и получения готовых продуктов.

Развитие энергетики АПК сегодня находится на втором этапе, что предполагает интенсивный путь развития с использованием

¹ Оказывает влияние на эффективность энергетического использования при организации хранения продукции.

высокоэффективных энергосберегающих технологий нового поколения. Поэтому усилия в этой сфере будут сконцентрированы на формировании высокорентабельного и устойчивого сельскохозяйственного производства и переработки сельскохозяйственной продукции с высоким уровнем механизации и автоматизации, соответствующим мировым аналогам. Поэтому в качестве основных задач следует выделить необходимость завершения к 2015 г. модернизации сельскохозяйственного производства с выводом его на прибыльный уровень.

Основные научные направления повышения энергетической эффективности АПК Республики Беларусь приведены на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Основные направления энергосбережения

Проведем анализ.

Снижение конечной энергии подразумевает: во-первых, снижение материалоемкости национального дохода, т. е. если технологии,

применяемые на производстве будут нацелены на использование меньшего количества исходного материала, то и затраты на его обработку снизятся. Во-вторых, энергосберегающие технологии, которые позволят при неизменном количестве продукции, выпускаемой предприятием, снизить энергетические затраты. В-третьих, укрупнение единичных мощностей и применение комбинированных установок.

Например, конденсационная электростанция (КЭС) с единичной мощностью энергоблока 300 МВт для выработки 1 кВт·ч потребляет 263 г у. т., а КЭС с единичной мощностью 200 МВт – 278 г у. т. Примером комбинированного производства может служить теплоэлектроцентраль (ТЭЦ), где одновременно вырабатывается электрическая и тепловая энергия.

Повышение коэффициента использования энергоресурсов подразумевает:

- реконструкцию и модернизацию предприятий;
- совершенствование энергетического оборудования;
- использование вторичных ресурсов (дымовые газы котлов, печей, отработанный пар).

Основные направления повышения эффективности энергоиспользования связаны с увеличением коэффициента использования энергетических ресурсов.

Качество исходного сырья и энергоресурсов, обусловленное улучшением состава сырья (очистка, сушка), его физического состояния (помол, гранулирование, брикетирование) и химического состава (обжиг, добавка пластификаторов), хотя и требует дополнительных затрат энергии и прочих ресурсов, как правило, дает положительный суммарный эффект.

Что касается энергоресурсов, то речь идет об улучшении качества питающего электрического напряжения, предварительном подогреве жидких топлив тяжелых фракций (мазут), очистке природного газа от примесей. Все это приводит к более эффективному использованию самих энергоресурсов и сырья и улучшению рабочих характеристик технологических установок.

Техническое обслуживание и ремонт технологического оборудования – это поддержание технических устройств в нормативном эксплуатационном состоянии, что позволяет выдерживать номинальные характеристики по расходу энергоресурсов и исключить непроизводительные потери.

К основным мероприятиям можно отнести: очистку рабочих поверхностей теплообменного аппарата, осветительной арматуры и остекления цехов; наладку горелочных устройств, гидравлических режимов теплосетей; устранение дефектов теплоизоляции, утечек воды, пара, сжатого воздуха; ремонт и замену изношенных деталей и элементов.

Рационализацию режимов работы оборудования можно объяснить следующим образом. Расход энергии на работу практически любого устройства имеет две составляющие – постоянную, или холостого хода, не зависящую от загрузки устройства и связанную с переводом из нерабочего состояния в рабочее, а также переменную, возрастающую с увеличением нагрузки. Минимальный расход энергии соответствует номинальной нагрузке или номинальному режиму работы, близкому к максимальному. Так в номинальном режиме работы потери (расход энергии холостого хода) составляют в среднем 10–30 %; при снижении нагрузки наполовину доля непроизводительных энергетических затрат возрастает до 18–46 %.

Использование вторичных энергоресурсов (ВЭР) в технологических процессах АПК имеет перспективу. Наибольшим потенциалом обладают тепловые ВЭР высокотемпературных технологий (400–1000 °С), связанные с нагревом, плавкой, обжигом, термообработкой или возгонкой. Величина потерь с отходящими газами доходит до 70 %. Существенным недостатком использования ВЭР является непостоянство их как источника и дороговизна применяемого оборудования. Существенную часть неиспользуемых ВЭР составляют так называемые низкопотенциальные ВЭР, к которым относятся: пар (давлением 1–5 ати); уходящие газы (100–150 °С); охлаждающая вода с изменением температуры на 5–10 °С; вентиляционные выбросы.

Модернизация и реконструкция – это наиболее результативное, но самое дорогое направление энергосбережения, при котором заменяется или существенно совершенствуется оборудование, реорганизуется технологический процесс. При этом наиболее распространенные виды работ следующие:

- внедрение систем частотно-регулируемого электропривода для снижения расхода электроэнергии;
- замена поршневых компрессоров винтовыми для снижения энергетических затрат на выработку сжатого газа;

- замена вентиляторов устаревшего типа новыми и внедрение систем автоматического управления для снижения расхода электроэнергии на вентиляцию;

- замена осветительных ламп на более экономичные типы источников света для снижения расхода электроэнергии на освещение;
- внедрение прогрессивных производственных технологий.

Увеличение коэффициента использования энергоресурсов в установках может быть достигнуто также за счет:

- повышения технического уровня и КПД теплогенерирующих установок, совершенствования их конструкций;
- сокращения потерь в тепловых и электрических сетях;
- использования низко потенциальной теплоты с помощью тепловых насосов, утилизации теплоты вентиляционных выбросов на фермах;
- децентрализованных потребителей (биогаз, солнечная, ветровая, геотермальная энергия, гидроэнергетические ресурсы);
- использования ВЭР (например, отводящая и сбросная теплота предприятий);
- рационализации режима потребления и внедрение научно обоснованного энергетического нормирования.

При планировании энергетики с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ) важно учесть их особенности по сравнению с традиционными энергетическими ресурсами. К ним относятся следующие особенности:

- периодичность действия в зависимости от неуправляемых человеком природных закономерностей и, как следствие, колебания мощности возобновляемых источников от крайне нерегулярных, как у ветра;
- низкие (на несколько порядков ниже, чем у паровых котлов, ядерных реакторов) плотности потоков энергии и рассеянность их в пространстве.

Экономическую целесообразность использования того или иного источника возобновляемой энергии следует определять в зависимости от природных условий и географических особенностей конкретного региона. Применение возобновляемых ресурсов эффективно при комплексном подходе к ним.

Основными нетрадиционными и возобновляемыми источниками энергии для Республики Беларусь являются гидроэнергетические ресурсы, ветро-

энергетические ресурсы, солнечная энергия, биомасса и твердые бытовые отходы.

Что касается использования ядерного топлива, то правительство Беларуси утвердило проектную документацию Белорусской АЭС (рис. 1.2 и 1.3). Такое решение содержится в постановлении Совета Министров № 857 от 30 сентября 2013 г.



Рис. 1.2. Проект Белорусской атомной электростанции



Рис. 1.3. Первая Белорусская атомная электростанция:
а – строительная площадка АЭС; б – местоположение электростанции

В соответствии с документом, технико-экономические показатели объекта капитального строительства «Белорусская АЭС» таковы:

2 энергоблока установленной номинальной мощностью 1194 МВт каждый, при этом установленная мощность станции составит 2388 МВт. Срок работы АЭС – 50 лет, при среднегодовом отпуске электроэнергии при работе электростанции в базовом режиме – 17095,1 млн кВт·ч.

2. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

Тепловая (термическая) сушка является тепловым потребляющим технологическим процессом, в результате которого получают товарную или промежуточную продукцию.

По данным Европейской экономической комиссии средний КПД сушильных установок (СУ) составляет лишь 30–33 %. Повышение КПД СУ вдвое позволило бы экономить ежегодно до 60 млн т у. т., т. е. около 30 % планируемого объема экономии по стране.

К основным направлениям улучшения показателей СУ можно отнести:

- использование теплоты отработавшего сушильного агента;
- улучшение теплоизоляции и герметизации СУ;
- создание компактных конструкций;
- совершенствование и автоматизация топочных устройств;
- применение современных методов контроля и регулирования процесса сушки.

Выявление резервов рационального использования энергии имеет ряд аспектов:

- *методический* (например, разработка универсальной межотраслевой методики выявления резервов экономии энергии);
- *технический* (например, использование ВЭР, снижение тепловых потерь ограждениями СУ);
- *социально-экономический* (например, стимулирование поиска резервов экономии энергии);
- *организационный* (например, координация работ по экономии энергоресурсов);
- *экологический*.

Для оценки энергетического совершенства отдельных СУ, а также при решении задач анализа деятельности подразделений

предприятий, на которых они широко применяются, эффективно используются энергетические балансы.

Баланс позволяет количественно оценить долю полезно израсходованной энергии и ее потери, КПД и другие показатели экономичности СУ. При этом потери в сушильных системах имеют определяющее значение.

Потери энергии в системах можно классифицировать следующим образом:

1. По возможности и целесообразности устранения:
 - полные потери;
 - потери неустранимые, определяемые особенностями технологии, оборудования;
 - потери, устранение которых технически возможно;
 - потери, устранение которых в данных условиях экономически целесообразно.
2. По месту возникновения:
 - при хранении;
 - при транспортировании;
 - при переработке;
 - при использовании теплоносителей.
3. По физическому признаку и характеру:
 - потери теплоты в окружающую среду с уходящими газами;
 - потери с технологической продукцией или отходами, из-за уноса материала;
 - потери электроэнергии в трансформаторах, линиях электропередач;
 - гидравлические потери напора и механические на трение.
4. По причинам возникновения потерь:
 - из-за конструктивных недостатков;
 - из-за неправильного выбора технологического режима обработки;
 - из-за неправильной эксплуатации оборудования;
 - из-за низкого качества ремонта.

В настоящее время в народном хозяйстве Республики Беларусь эксплуатируется достаточно большое количество сушилок с КПД от 12 до 80 %. Наибольшее распространение получили (до 95 % всего парка СУ) конвективные сушилки, использующие в качестве

сушильного агента воздух, инертные или топочные газы, со средним диапазоном КПД от 12 до 60 %.

Среднестатистические данные по тепловым балансам непрерывно действующих конвективных СУ показывают, что подведенная теплота расходуется приблизительно:

- на 20–60 % при испарении влаги;
- 5–25 % при нагреве материала;
- 15–40 % при потере теплоты с уходящим сушильным агентом;
- 3–10 % при потере теплоты через ограждающие конструкции;
- 5–20 % при прочих потерях.

Для сушилок периодического действия последняя статья расхода энергии возрастает до 30–35 %. Лишь затраты теплоты на испарение влаги относятся к полезно используемым энергетическим затратам.

Показатель энергетического совершенства СУ при конвективном способе подвода теплоты имеет особую специфику. Для конвективной сушилки энергетический КПД равен:

$$\eta(t) = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_0},$$

где t_1 – температура сушильного агента на входе в сушилку, °С;

t_2 – температура сушильного агента на выходе из сушилки, °С;

t_0 – температура воздуха окружающей среды, °С.

Анализ этой формулы показывает, что КПД для конвективной сушилки может изменяться от 0 до ∞ : при $t_2 \rightarrow t_1$ он равен $\eta(t) = 0$, а при $t_1 \rightarrow t_0$ он равен $\eta(t) = \infty$. Так как температура t_2 в этом случае стремится к t_m (температура мокрого термометра), то разность $\Delta t = t_1 - t_2$ всегда больше нуля. Сказанное позволяет сделать вывод о том, что существует максимальный КПД конвективной сушилки, определяемый зависимостью:

$$\eta(t)_{\max} = \frac{t_1 - t_m}{t_1 - t_0},$$

где t_m – температура мокрого термометра, соответствующая конечным параметрам сушильного агента, °С.

Характер изменения максимального КПД от начальной температуры сушильного агента (при различных температурах и влагосо-

держании окружающей среды) для наиболее простого случая его однократного использования представлен на рис. 2.1.

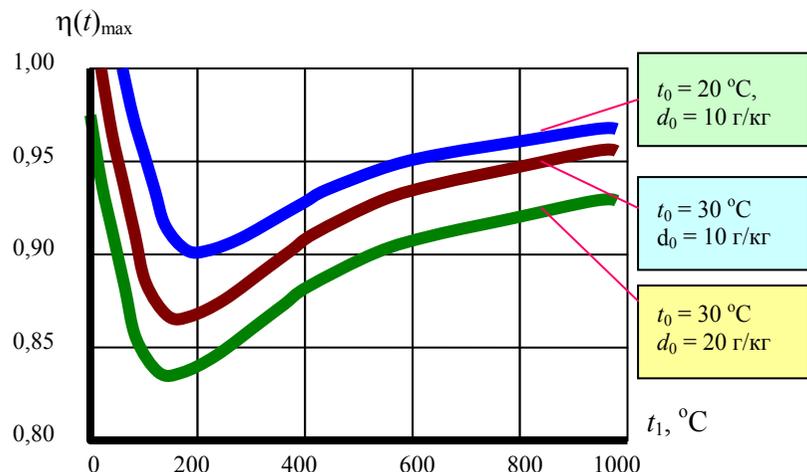


Рис. 2.1. Изменение максимального КПД при однократном использовании сушильного агента

В общем случае предельный КПД конвективной сушилки зависит:

- от начальной и конечной температур сушильного агента;
- температуры и влагосодержания окружающей среды;
- соотношения сумм удельных тепловых притоков и тепловых потерь ($\Delta = q_{\text{доп}} - q_{\text{пот}}$);
- тепловой схемы СУ (количество зон промежуточного подогрева, рециркуляции и др.).

Достаточно объективной и консервативной характеристикой энергетической экономичности СУ является удельный расход энергии на 1 кг испаренной влаги. Как известно, теоретически необходимое количество теплоты для испарения 1 кг влаги составляет при обычных условиях 2200–2700 кДж/кг. Верхний предел удельного расхода теплоты относится к случаю удаления связанной влаги. Например, в лесосушильных камерах непрерывного действия с противоточной циркуляцией сушильного агента эта величина составляет 3000–4000 кДж/кг, в камерах периодического действия – 2700–6500 кДж/кг. При сушке тонких гибких материалов типа ткани

или бумаги – 5000–8000 кДж/кг. Еще большие удельные расходы энергии имеют промышленные конвективные сушилки для сушки пастообразных материалов.

Исходя из всего вышесказанного, можно предположить следующую классификацию методов повышения тепловой экономичности конвективных СУ:

1. Теплотехнические, касающиеся сушильной установки в целом:

а) теплотехнические (выбор тепловой схемы, режимных параметров сушки, режимов работы установки, коэффициентов рециркуляции, управление конечным влагосодержанием сушильного агента и т. д.);

б) конструктивно-технологические (оптимизация числа зон промежуточного подогрева, выбор направления взаимного движения сушильного агента и материала, совершенствование системы подвода теплоты, улучшение аэродинамической обстановки в сушилке и т. д.).

2. Кинетические, способствующие повышению интенсивности сушки и тем самым влияющие на габариты установки и ее КПД:

а) методы интенсификации внешнего теплообмена (увеличение температурного напора, движущей силы массообмена, коэффициента теплоотдачи к сушимому материалу, поверхности теплообмена и т. д.);

б) методы интенсификации внутреннего теплообмена (повышение температуры материала, особенно в первом периоде сушки, снижение термодиффузионной составляющей потока массы при ее разнонаправленности с диффузионной составляющей, использование внешних полей – электрических, магнитных, звуковых, использование поверхностно-активных веществ (ПАВ), осциллирующих режимов подвода теплоты).

Тепло- и массоперенос оказывает определяющее влияние на скорость сушки, на качество продукта и расход энергии.

Интенсивность внутреннего переноса, прежде всего, определяется перепадами влагосодержания, температуры и (иногда) давления в объеме материала, а также значением коэффициентов диффузии влаги и термовлагопроводности. Перенос влаги в виде жидкости происходит в направлении уменьшения влагосодержания, температуры и давления и неразрывно связан с переносом теплоты.

Интенсификация внутреннего переноса осуществляется:

– изменением, если это допустимо технологией, структуры материала перед или при сушке с целью увеличения тепло- и массопроводности;

– введением в объем материала малых добавок, например ПАВ, что также может оказывать ускоряющее влияние на внутренний перенос;

– управлением характером распределения температуры, влагосодержания и давления в объеме материала за счет применения различных, часто изменяющихся во времени способов и параметров энергоподвода к материалу.

Интенсивность внешнего тепло- и массообмена (иногда называемого испарением) растет в прямой зависимости от перепадов температуры и концентрации испаряющегося из материала вещества в окружающей среде и у поверхности материала.

Интенсификация внешнего тепло- и массопереноса производится:

– увеличением перепада температуры и концентрации испаряющегося вещества в окружающей среде и у поверхности материала;

– увеличением скорости движения и степени турбулентности окружающей среды, изменением направления движения;

– изменением свойств окружающей среды, например, при использовании вместо воздуха инертных газов, инертных к влаге жидких сред, при осуществлении процесса в разреженной среде или при повышении давления;

– применением электромагнитных излучений (инфракрасного, высокочастотного диапазонов), позволяющих резко увеличить поток подводимой к материалу энергии.

Наиболее эффективными в большинстве случаев оказываются комбинированные методы интенсификации сушки. Экономия энергии осуществляется в результате интенсификации, прежде всего за счет:

– сокращения общей длительности процесса и, соответственно, уменьшения потерь энергии;

– локализации подвода энергии и снижения при этом нерационального ее расхода;

– снижения расхода сушильного агента и, соответственно, энергии на его перемещение.

К реализуемым на практике приемам, осуществляемым для интенсификации тепло- и массопереноса, можно отнести перемешивание материала при сушке; периодическое изменение направления движения сушильного агента относительно материала; применение высокотемпературных и осциллирующих (при чередовании нагревания и охлаждения) режимов.

Экономия энергии при сушке неразрывно связана с технологической задачей получения высушенного материала заданного качества. Первостепенное значение при этом имеют способ подвода энергии (конвективный, кондуктивный, терморadiационный и др.), а также параметры режима сушки, например, при конвективном подводе энергии – температура, влажность и скорость движения сушильного агента.

Из теплового баланса СУ очевидно, что с точки зрения экономии энергии необходимо заканчивать сушку при максимальном влагосодержании материала, допускаемом технологическими ограничениями. Пересушка сопровождается дополнительным расходом энергии на испарение влаги и перегрев материала. Контроль над качеством продукта является важным элементом общей задачи экономии энергии, так как отклонение от требуемых показателей приводит к необходимости переработки продукта или к другим мероприятиям, связанным с расходом энергии. Для реализации комплексного подхода к созданию различных экономических СУ необходима разработка систем их автоматического регулирования, которые обеспечивают значительную экономию энергоресурсов.

Из анализа тепловых балансов конвективных сушилок следует, что наибольшие потери теплоты обуславливаются отходящим сушильным агентом и потерями теплоты в окружающую среду. Очевидно, что перспективным направлением в экономии топлива и энергии в конвективных СУ является не рациональное использование теплоты уходящего сушильного агента в различного рода утилизационных установках, а всемерное сокращение этого вида потерь. Последнее в первую очередь достигается за счет рециркуляции части отработавшего сушильного агента, что сокращает расходы уходящего сушильного агента в десятки раз.

Существует две возможности организации рециркуляции в установках, использующих в качестве сушильного агента воздух:

– часть отработавшего воздуха возвращается в зону перед подогревателем так, что весь сушильный агент (свежий и отработавший воздух) подогревается до температуры на входе в сушилку;

– часть отработавшего воздуха подается в зону после подогревателя, смешивается с нагретым свежим воздухом и далее подается непосредственно на сушилку.

Увеличение влагосодержания и уменьшение температуры уходящего из сушилки сушильного агента приводят к повышению тепловой экономичности установки. Однако реализация указанного технологического приема может иметь и отрицательные последствия. Во-первых, увеличение влагосодержания и уменьшение температуры сушильного агента на выходе из сушилки может в некоторых случаях приводить к спонтанному явлению гомогенной конденсации влаги при смешении уходящего сушильного агента со свежим воздухом. Во-вторых, увеличение влагосодержания d_2 при температуре $t_2 = const$ сушильного агента на выходе из сушилки приводит к снижению движущей силы внешнего массопереноса и, соответственно, к снижению интенсивности испарения, а также к изменению коэффициентов теплообмена за счет изменения физических характеристик сушильного агента.

Существует предельный коэффициент рециркуляции, обеспечивающий при заданных t_1 и t_2 минимальный удельный расход теплоты в сушильной установке, который можно определить:

$$Kp_{\max} = \frac{h_2 - \Delta}{C(t_1 - t_2)},$$

где h_2 – энтальпия пара при температуре сушильного агента на выходе из сушилки (t_1), кДж/кг;

C – удельная теплоемкость пара, кДж/(кг·К).

Реальный коэффициент рециркуляции может выбираться в пределах от 0 до Kp_{\max} . При этом следует помнить, что чем ближе коэффициент рециркуляции приближается к максимальному значению, тем ближе КПД СУ к 1 (100 %).

Коэффициент рециркуляции может в процессе сушки изменяться. Так в первом периоде сушки, когда температура уходящего из камеры воздуха минимальна, а влагосодержание велико, коэффициент

рециркуляции должен быть минимальным. Далее он может быть увеличен. Зимой, когда влагосодержание наружного воздуха невелико, возможна работа при повышенных значениях коэффициента рециркуляции. Соответственно, при повышенном влагосодержании окружающей среды (*летом*) работа с рециркуляцией сушильного агента может оказаться нецелесообразной.

При экспериментальном исследовании конвективной сушилки для сушки картофеля, зерна и других сельскохозяйственных продуктов с рециркуляцией части отработавшего сушильного агента (рис. 2.2) получены следующие результаты. При сушке картофеля с рециркуляцией 46 % отработавшего сушильного агента удельный расход теплоты составил 3450 кДж/кг, а без рециркуляции – 3850 кДж/кг. Экономия мазута при этом составила 10 %. Некоторые данные проведенных экспериментов приведены в табл. 2.1.

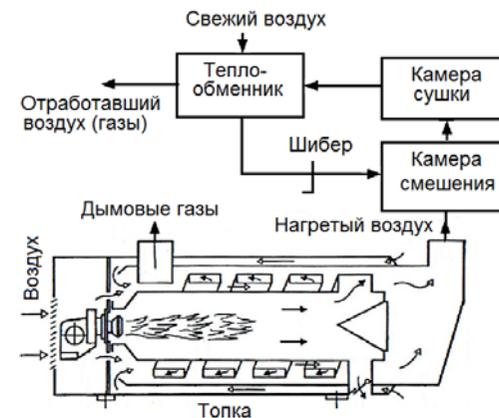


Рис. 2.2. Схема применения теплообменника для регенерации теплоты в СУ

Таблица 2.1

Удельные расходы электроэнергии на сушку, кВт·ч

Материал сушики	С рециркуляцией	Без рециркуляции
Зерно продовольственное	17,0	17,2
Картофель	20,2	20,8

Для повышения эффективности систем регенерации теплоты в СУ перспективно использование тепловых насосов – преобразователей

теплоты, позволяющих повысить температуру теплоносителя за счет совершения работы.

Тепловые насосы бывают трех видов: компрессионные, сорбционные (абсорбционные) и термоэлектрические.

При сушке зерна, одежды, древесины использование теплоты отработавшего сушильного агента при помощи теплового насоса позволяет снизить расход потребляемой энергии на 50–80 %, но при этом СУ должна работать не менее 200 ч/год, в противном случае она будет неэкономична.

Рассмотрим типовые схемы использования рекуператоров и тепловых насосов в СУ при сушке различных материалов. Простейшая утилизационная установка представляет собой теплообменник-рекуператор, в котором входящий воздух нагревается потоком отходящего воздуха (рис. 2.2 и 2.3).

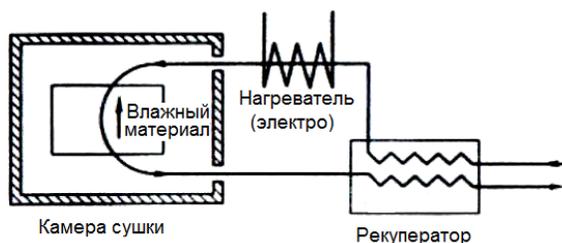


Рис. 2.3. Принципиальная схема СУ с утилизацией теплоты уходящего воздуха

Уходящий воздух поступает в испаритель теплового насоса (рис. 2.4), где отдает теплоту кипящему рабочему телу. Пары последнего сжимаются в компрессоре и поступают в конденсатор. Конденсируясь, пары нагревают поступающий в сушилку атмосферный воздух. Схема очень популярна и используется в США для сушки зерна.

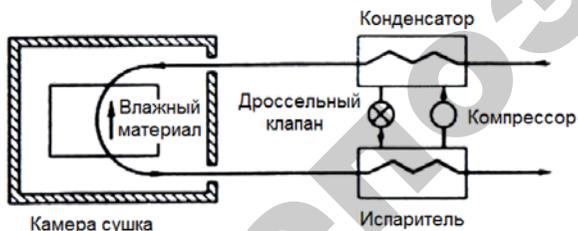


Рис. 2.4. Принципиальная схема СУ с использованием теплового насоса

Схема СУ (рис. 2.5) работает аналогично предыдущей схеме (рис. 2.4). Если невозможно нагреть воздух в конденсаторе до необходимой температуры, то дополнительно устанавливают электронагреватель.

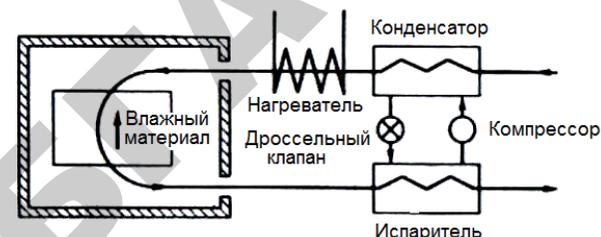


Рис. 2.5. Принципиальная схема СУ с тепловым насосом и подогревателем

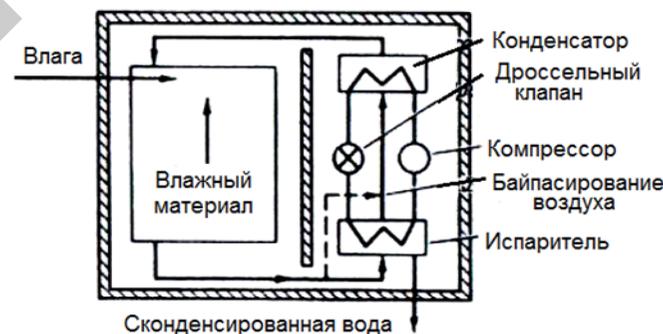


Рис. 2.6. Принципиальная схема СУ с применением теплонасосного осушителя

За рубежом получили распространение схемы СУ с применением теплонасосного осушителя. Схема с теплонасосным осушителем (рис. 2.6) представляет замкнутый воздушный контур. В испарителе влажный воздух охлаждается ниже точки росы (осушается) и поступает в конденсатор теплового насоса, где нагревается до необходимой температуры. Для уменьшения количества теплоты, необходимого для нагрева, применяется байпасирование части воздуха мимо испарителя, что увеличивает его температуру перед конденсатором.

Что касается применения электрической энергии в СУ, то ее использование при сушке сопряжено не только с необходимостью обеспечения электродвигателями приводов вентиляторов и насосов,

но и с применением электрических калориферов в качестве дополнительных нагревателей.

На крупных предприятиях, потребляющих большое количество энергии и оснащенных СУ (например, комбинаты хлебопродуктов), рациональное использование электроэнергии обеспечивается:

- максимальным использованием энергии в непиковые периоды графика нагрузки (как правило, ночной период);
- применением конденсаторных блоков или современных универсальных контроллеров ComEC и SinuMEC для улучшения качества электроэнергии (устранение гармоник и резкое снижение коэффициента нелинейных искажений) и снижения реактивной мощности для индуктивных нагрузок, что приводит к увеличению коэффициента мощности;
- применением высокоэффективных насосов, вентиляторов и электродвигателей нового поколения.

Целесообразность электрификации СУ может определяться по предельной величине стоимости электроэнергии. Во многих практически важных случаях электрифицированный вариант при приведении к сопоставимым условиям оказывается более эффективным по санитарно-гигиеническим условиям и качеству продукции.

При решении крупномасштабных задач, связанных с охраной окружающей среды (экологические задачи), существует два подхода:

- использование установки специального оборудования для очистки отходов всех видов, при этом количество отходов не изменяется;
- разработка безотходных и энергосберегающих технологий путем изменения основного, в том числе сушильного оборудования с учетом необходимости сокращения количества отходов, а иногда превращения их в формы, поддающиеся вторичной переработке (например, для сжигания для получения тепловой энергии) и т. п.

Анализ зарубежных литературных источников показывает, что исследовательские и конструкторские работы по совершенствованию технологии и технических средств сушки зерна направлены на снижение расхода энергии, материалов и затрат труда.

Фирмы США, Франции, Германии, Великобритании, Швеции и других стран выпускают установки для сушки зерна в разнообразном конструктивном оформлении, что позволяет наиболее полно удовлетворять потребности сельского хозяйства.

При всем многообразии конструкций можно выявить общие тенденции развития техники за рубежом:

1. Наибольшее распространение для сушки зерна получили конвективные СУ периодического и непрерывного действия.
2. Распространена технология сушки зерна на месте его хранения наружным или слегка подогретым воздухом (низкотемпературная сушка). Для этого используют вентилируемые металлические зернохранилища, бункеры активного вентилирования, склады-сушилки.
3. В фермерских хозяйствах применяют разнообразные по конструктивному исполнению СУ периодического действия (преимущественно передвижные).
4. В конструкциях сушилок непрерывного действия реализован ряд прогрессивных технических и технологических решений.

К таким технологическим решениям относятся:

- модульный принцип компоновки зерносушилок различной производительности;
- интенсификация технологического процесса за счет использования дифференцированных тепловых и аэродинамических режимов, предварительно нагретого воздуха;
- применение циклонов, фильтров, пылеулавливающих устройств и специальных вентиляторов для очистки отработавшего теплоносителя от пыли и примесей;
- автоматизация технологического процесса с использованием компьютеров;
- открытое исполнение сушилок (без здания), выполненных из сборных узлов полной заводской готовности;
- использование в конструкциях коррозионностойких и теплоизолирующих материалов;
- создание высокой эксплуатационной надежности основных и вспомогательных узлов сушилок (нории, вентиляторы, топочные устройства, автоматика).

Заслуживают внимания методы, применяемые за рубежом и направленные на сокращение расхода жидкого топлива при сушке зерна:

- использование топочных устройств на природном и сжиженном газе, твердом топливе (из растительных остатков и отходов);
- рециркуляция отработавшего теплоносителя, в том числе с промежуточным его подогревом;

- надежная теплоизоляция нагретых поверхностей сушилок;
- применение двух стадийной сушки нагрева и охлаждения зерна (dryaerAsian).

Зарубежная сушильная техника, поступающая на фермы, имеет высокую производительность и КПД 70–75 %, возможность использования альтернативных источников энергии, оснащается автоматизированными системами управления электроприводом и отдельных узлов, контроля их работы, регулирования технологических параметров процесса сушки. В последние годы разработаны АСУ сушильными установками и агрегатами на базе компьютерной техники (например, вентиляционно-сушильный компьютеризированный агрегат «Зеелов1» фирмы GENALA для сушки зерна на зерноскладах, табл. 2.2).

Таблица 2.2

Технические характеристики вентиляционного агрегата

Характеристика	Значение
Максимальная высота отсыпки для зерновых, м	4,5
Максимальная высота отсыпки для семян рапса, м	2,0
Максимальная начальная влажность зерна (пшеница, рожь, ячмень), %	22
Максимальная начальная влажность зерна (семена рапса), %	15
Максимальная относительная влажность подаваемого воздуха (не более), %	90
Максимальный объем сушки (пшеница, рожь, ячмень), м ³	2300
Максимальный объем сушки (семена рапса), м ³	1500
Мощность привода вентилятора, кВт	18,5
Частота вращения электродвигателя, мин ⁻¹	1450
Производительность вентилятора, м ³ /ч	27 000
Мощность электронагревателя, кВт	50

В нашей Республике долгое время находились (и находятся) в эксплуатации польские шахтные СУ типа M819, которые на современном этапе усовершенствованы с целью повышения их эффективности. После реконструкции таких СУ камера охлаждения превращена в камеру нагрева. Кроме того, установлен дополнительный бункер сухого зерна с охладительной колонкой.

На современном этапе широко используются радиационные (терморadiационные) СУ влажных материалов, принципом действия которых является использование инфракрасного излучения (ИКИ, диапазон длин волн от 0,8 мкм до 0,8 мм). При радиационной сушке нагрев материала и испарение из него влаги происходит в результате поглощения лучистой энергии, испускаемой высокотемпературным источником. Проникновение лучистой энергии вглубь материала (капиллярно-пористого тела) способствует более равномерному его нагреву по толщине, что позволяет увеличить интенсивность тепло-массообмена. Мощность теплового потока при радиационной сушке в 30–70 раз больше по сравнению с конвективной [32].

В качестве источников ИКИ используют длинноволновые (>4 мкм) газовые (безпламенные горелки) или электрические ИК-излучатели с оболочкой из пористой керамики или диносового огнеупора с температурой излучающей поверхности 300–800 °С, а также панели, обогреваемые высокотемпературными продуктами сгорания (рис. 2.7). Средневолновые ИК-излучатели (2–4 мкм) с телами накала из вольфрама или нихрома обычно изготавливают трубчатыми в оболочке из кварцевого стекла, имеющей температуру 900–1200 °С. Коротковолновые излучатели (0,8–2 мкм) выполняют в виде кварцевых галогенных ламп с температурой от 2200 °С и выше.

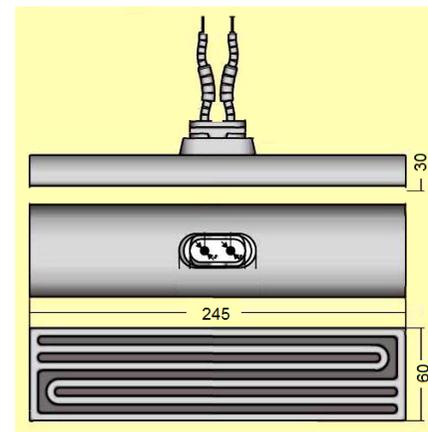


Рис. 2.7. Керамические ИК-излучатели панельного типа

ИК-метод сушки имеет существенные преимущества перед традиционным, конвекционным методом. В первую очередь это,

безусловно, экономический эффект. Скорость и затрачиваемая энергия при инфракрасной сушке в разы меньше тех же показателей затрачиваемых при традиционных методах. Положительным побочным эффектом так же является стерилизация продуктов питания.

ИК-сушка позволяет решать актуальные задачи многих производств – сушить зерно и лесоматериалы, кирпич и хлопок-сырец, лекарственные травы. Оборудование для сушки овощей и фруктов, мяса и рыбы, зерна, круп и других пищевых и не пищевых материалов, основанное на использовании ИК-излучения, является наиболее перспективным в настоящее время. Продукты, высушенные подобным методом, имеют повышенный срок хранения без изменения своих качественных характеристик.

ИК-сушка древесины длится примерно 3,5 часа, из которых активное время работы инфракрасных излучателей составляет 2 часа. Время сушки опилок составляет 30 мин. Коротковолновые инфракрасные лучи оказывают более сильное воздействие на пищевые продукты, как за счет большой глубины проникновения, так и более эффективного воздействия на молекулярную структуру продуктов.

ИК-сушка продуктов питания, как технологический процесс, основана на том, что ИКИ активно поглощается водой, содержащейся в продукте, но не поглощается тканью высушиваемого продукта. Поэтому удаление влаги возможно при невысокой температуре (40–60 °С), что дает практически полностью сохранить витамины, биологически активные вещества, естественный цвет, вкус и аромат подвергающихся сушке продуктов. ИК-сушка дает продукты, не содержащие консервантов и других посторонних веществ, эти продукты не подвергаются воздействию вредных электромагнитных полей и излучений. Само ИКИ безвредно для окружающей среды и человека, как и использующее его оборудование для сушки фруктов, овощей, мяса, рыбы, зерна, круп и т. д. Прошедший сушку продукт не критичен к условиям хранения и стоек к развитию микрофлоры.

Такая сушка продукта дает два преимущества: во-первых, при таких температурах максимально сохраняется продукт: не рвутся клетки, не убиваются витамины, не карамелизируется сахар; во-вторых, низкие температуры не греют сушильное оборудование, т. е. нет потерь тепла через стенки, вентиляцию. В то же время ИКИ при температуре 40–60 °С позволяет уничтожить всю микрофлору на поверхности продукта, делая высушенный продукт практически стерильным.

Интересные разработки для увеличения эффективности СУ на современном этапе имеются и в области СВЧ-сушки зерновых материалов. СВЧ-сушка основана на том, что диэлектрические свойства воды и сухих веществ пищевых продуктов различаются: влажный материал значительно быстрее нагревается, чем сухой.

Удельный тепловой поток ($Вт/м^3$), выделяемый при СВЧ-сушке можно определить:

$$Q = 0,555 f \operatorname{tg} \delta \varepsilon E^2,$$

где E – напряженность электрического поля, В/м;

f – частота электрического поля, Гц;

ε – относительная диэлектрическая проницаемость материала;

$\operatorname{tg} \delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь материала.

Чем ниже ε , тем на большую глубину материала проникают электромагнитные колебания. С увеличением $\operatorname{tg} \delta$ возрастает выделение теплоты при обработке материала.

СВЧ-зерносушилка (рис. 2.8) предназначена для удаления влаги из сыпучих материалов посредством микроволновой сушки и применяется для получения заданной влажности семян зерновых и масличных культур, в том числе семенного фонда, а также производит дезинфекцию, обеззараживание продукта сушки от вредных бактерий, грибков, в том числе плесени.



Рис. 2.8. Отечественная зерносушильная установка АСТ-3

Установка позволяет работать в нескольких режимах сушки, которые могут как подавлять, так и стимулировать всхожесть семян.

При обработке семенного фонда используется специальный щадящий режим обработки, при котором не разрушается живая составляющая семян.

Применение данной технологии сушки снижает микротравмированность зерновых культур, что влечет за собой при длительном хранении высокое качество продукта, повышение всхожести и скорости прорастания семян. Результаты испытаний показали, что после СВЧ-сушки происходит замедление эффекта саморазогрева продукта в буртах в 10 раз, а также уменьшается рост кислотности у масличных культур.

Микроволновая сушка обладает тем преимуществом, что у нее отсутствует передача тепла от нагревателя. При традиционной сушке на каждом из этапов (нагрев воздуха, его транспортировка, передача тепла) происходят неизбежные потери тепла, что соответствует КПД установки 50–60 %. При СВЧ-сушке источником тепла является сам продукт, поэтому указанные выше потери отсутствуют при сохранении качества высушиваемого продукта, что повышает КПД установки до 90 %.

Качественные изменения создаваемых СВЧ-зерносушилок характеризуются:

- высокой производительностью;
- малыми габаритами и весом;
- экономичностью и отсутствием загрязнения зерна канцерогенными продуктами сгорания топлива;
- осуществлением нагрева внутри зерна;
- отсутствием микротравмирования зерна, неизбежного при традиционных методах сушки;
- возможностью обработки семян с большой влажностью; возможностью использования сложных режимов сушки;
- улучшением всхожести семян при обработке семенного фонда;
- возможностью перевозки и размещения зерносушилки в любом месте;
- низкой стоимостью переработки зерна и затратами на обслуживание;
- пожаробезопасностью.

Развитие механизированного сушения зерна не исключает возможностей рационального использования солнечной сушки, которая имеет ряд преимуществ перед тепловой сушкой. Применяя солнечную сушку, можно в период уборки урожая снизить влажность

зерновой массы на 1–2 % и более. Рассыпанная тонким слоем насыпи, зерновая масса может быть прогрета солнечными лучами до температуры 35–50 °С. Обогревание зерновой массы солнцем приводит не только к снижению влажности, но и весьма благотворно действует на ее состояние.

В свежубранном зерне солнечная сушка способствует его послеуборочному дозреванию и делает партии такого зерна более устойчивыми при хранении (происходит частичная стерилизация зерновой массы от микроорганизмов). В результате нагревания поверхности насыпи и воздуха около нее происходит интенсивное испарение влаги из верхнего слоя зерна. Особенно успешно испарение происходит в ветреную погоду, так как выделяющиеся пары воды при этом не задерживаются над поверхностью насыпи.

3. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

Развитие энергетики в Республике Беларусь сегодня находится на втором этапе, что предполагает интенсивный путь развития с использованием высокоэффективных энергосберегающих технологий нового поколения.

Однако не стоит забывать о такой сфере, как объекты социальной направленности и жилой фонд, в том числе современные агрогородки. Доли потребления тепловой и электрической энергии в ЖКХ представлены на диаграмме (рис. 3.1). Причем, следует отметить, из года в год доля тепловой энергии остается практически неизменной и составляет около 60 % от общего потребления.



Рис. 3.1. Структура теплотребления в Республике Беларусь в 2012 г.

Что касается объектов социальной сферы в сельской местности, то их энергопотребление (табл. 3.1) находится еще в более выраженном преобладании доли тепловой энергии в балансе общего энергопотребления.

Таблица 3.1

Структура энергопотребления социальных объектов, %

Вид энергоресурса	Объект обследования				
	ГУО «Средняя школа № 1» г. Чашники	ГУО «Грозовская средняя школа»	Волмянский сельский дом культуры	Социальный психологический центр	Школа № 78 (г. Минск)
Тепловая энергия	87,2	90,6	99,0	65,9	89,5
Электрэнергия	12,8	9,4	1,0	34,1	10,5

В отношении экономии энергии наиболее проблемными зданиями являются здания 60–80-х гг. постройки прошлого века, имеющие средние значения термического сопротивления ограждающих конструкций (стены) около $0,34 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ и световых проемов – $0,15 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Нормы по термическому сопротивлению ограждающих конструкций зданий с 01.07.2009 г. приняты в жилых и общественных зданиях: для наружных стен – $3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; для заполнения световых проемов – $1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ [58].

Требуемые значения термического сопротивления теплопередачи в некоторых европейских странах приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Термические сопротивления теплопередаче в странах ЕС

Страна ЕС	Год принятия требований	Сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$		
		Стены	Окна	Кровля
Франция	2005	2,78	0,56	5,00
Дания	2006	5,00	0,67	5,56
Норвегия	2007	5,56	0,83	7,69
Швеция	2008	5,56	0,76	7,69
Бельгия	2008	2,00	0,67	3,33
Германия	2009	3,57	0,77	5,00
Финляндия	2010	5,88	1,00	11,1
Великобритания	2010	5,55	0,67	6,67
Италия	2010	3,03	0,50	3,45
Нидерланды	2011	3,45	0,45	3,45

К слабым местам в рациональном использовании тепловой и электрической энергии на объектах социальной сферы можно отнести следующие основные ошибки, совершаемые эксплуатирующим оборудованием персоналом:

- декоративное закрытие отопительных приборов (различные решетки, специальные панели и полное закрытие в нишах);
- использование закладки стеклоблоками вместо стандартных окон (характерно для школьных мастерских и спортзалов);
- подключение отопительных приборов с неправильно подобранными диаметрами труб замыкающих участков, когда диаметр трубы замыкающего участка равен или более диаметров труб, соединенных с отопительным прибором;
- закладка системы естественной вентиляции помещений (например, сайдингом или панелями сухой штукатурки);
- не правильное размещение линии светильников относительно окон (перпендикулярно линии окон, что не дает осуществлять регулирование при увеличении (уменьшении) естественной освещенности);
- затемнение окон декоративными шторами и большим количеством цветочных горшков и других предметов на подоконниках внутри помещений.

Кроме того, необходимо учитывать «мостики холода» (рис. 3.2), которые особенно часто проявляются в старых конструкциях домов и в домах, имеющих большой срок эксплуатации.

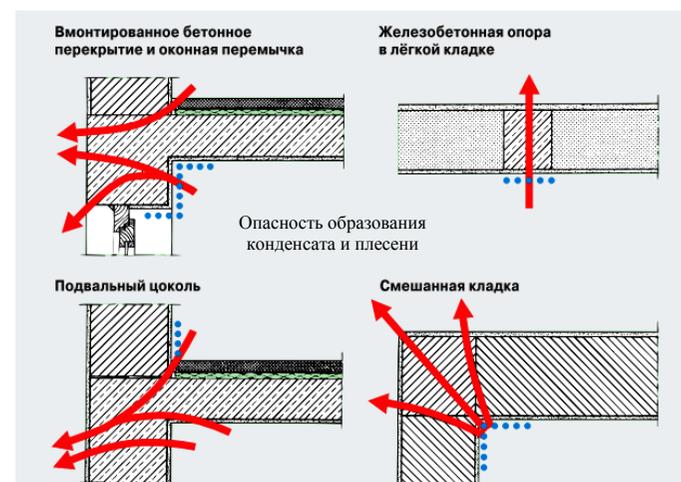


Рис. 3.2. Типовые «мостики холода» при строительстве зданий

Типовые тепловые потери в индивидуальных домах, построенных до 1993 г., как правило, имеют значения, представленные на рис. 3.3. В многоэтажных зданиях (постройки до 1993 г., рис. 3.4) потери тепловой энергии составляют: стены 42–49 %, окна 32–36 %, входная дверь в подъезд 5–15 %, подвальные и чердачные перекрытия 11–18 %.

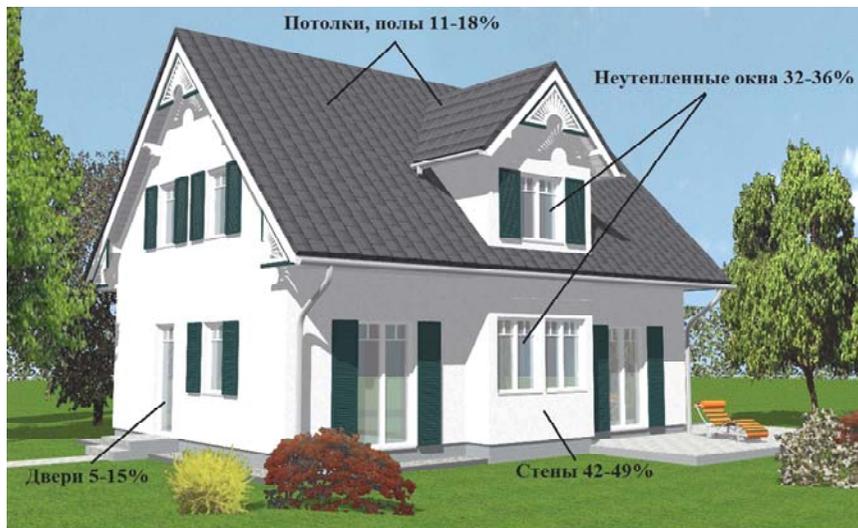


Рис. 3.3. Потери тепловой энергии через ограждения индивидуального жилого дома

Можно предложить следующие малозатратные мероприятия:

- уплотнение стыков здания и дополнительная теплоизоляция крыши;
- ремонт и уплотнение окон, дверей, устройство тамбуров;
- уменьшение площади оконных проемов с установкой в междурамном пространстве окна с прозрачной пленкой;
- локальное утепление участков стен, включая утепление ниш под отопительными приборами;
- утепление полов, подвалов и перекрытий над ними;
- утепление теплопроводов в тепловых узлах, тепловых пунктах и технических этажах (если есть);
- открытие отопительных приборов (удаление декоративных решеток);

- использование инфракрасных обогревателей для обогрева больших помещений (спортивных и актов залов);
- правильное подключение отопительных приборов;
- внедрение современных осветительных систем с автоматическим регулированием светового потока;
- рациональное размещение светильников с учетом нормируемой освещенности на рабочих поверхностях;
- использование локальной системы освещения (в читальных залах и библиотеках);
- наружное освещение следует выполнять с применением светодиодных светильников (150 Вт) и системой управления освещения;
- оптимизация использования естественного освещения;
- правильное использование отделочных материалов (изменяются коэффициенты отражения).

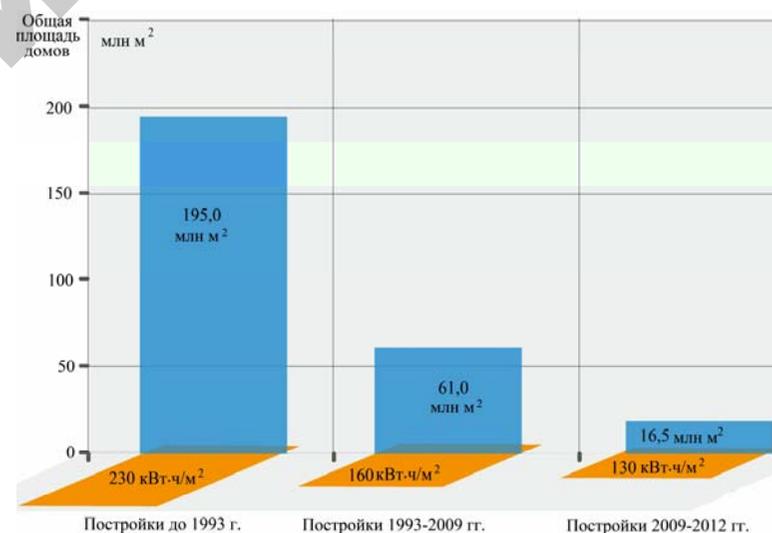


Рис. 3.4. Распределение площадей жилого фонда по удельному годовому расходу теплоты в зависимости от года постройки

Значительные резервы экономии топлива заключены в рациональном архитектурно-строительном проектировании новых общественных зданий. Экономия может быть достигнута:

- соответствующим выбором формы и ориентации зданий;
- объемно-планировочными решениями;

- выбором теплозащитных качеств наружных ограждений;
- выбором дифференцированных по сторонам света стен и размеров окон;
- применением в жилых домах моторизованных утепленных ставней;
- применением ветроограждающих устройств;
- рациональным расположением и управлением приборами искусственного освещения.

Кроме того, определенную экономию может принести применение центрального, зонального, по фасадного, поэтажного, местного индивидуального, программного и прерывистого автоматического регулирования и использование управляющих ЭВМ, оснащенных блоками программного и оптимального регулирования энергопотребления.

Как показали многочисленные энергетические обследования, перерасход теплоты в зданиях происходит в основном:

- из-за пониженного сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций по сравнению с расчетным;
- перегрева помещений, особенно в переходные (осенний, весенний) периоды года;
- потери теплоты через неизолированные трубопроводы системы отопления;
- не заинтересованности теплоснабжающих организаций в сокращении расхода теплоты;
- повышенного воздухообмена в помещениях нижних этажей.

В числе важнейших направлений экономии энергии на перспективный период необходимо выделить следующие:

- развитие систем управления энергоустановками с использованием современных средств АСУ на базе микроЭВМ;
- использование сборной теплоты, всех видов вторичных энергетических ресурсов;
- увеличение доли ТЭЦ, обеспечивающих комбинированную выработку электрической и тепловой энергии;
- улучшение теплотехнических характеристик ограждающих конструкций жилых, административных и промышленных зданий;
- совершенствование конструкций источников теплоты и отопительных систем.

Оснащение потребителей теплоты средствами контроля и регулирования расхода позволяет сократить затраты энергоресурсов

не менее чем на 10–14 %. А при учете изменения скорости ветра – до 20 %. Кроме того, применение систем пофасадного регулирования отпуска теплоты на отопление дает возможность снизить расход теплоты на 5–7 %.

За счет автоматического регулирования работы центральных и индивидуальных тепловых пунктов и сокращения или ликвидации потерь сетевой воды достигается экономия до 10 %.

Основными направлениями работ по экономии тепловой энергии в системах теплоснабжения зданий является:

- разработка и применение при планировании и в производстве технически и экономически обоснованных прогрессивных норм расхода тепловой и электрической энергии для осуществления режима экономии и наиболее эффективного их использования;
- организация учета отпуска и потребления теплоты;
- разработка и внедрение организационно-технических мероприятий по ликвидации непроизводительных тепловых потерь и утечек в сетях.

При разработке планов организационных мероприятий по экономии тепловой энергии в зданиях необходимо предусматривать выполнение работ в следующих направлениях:

- повышение теплозащитных свойств ограждающих конструкций зданий;
- повышение надежности и автоматизация систем отопления при централизованном теплоснабжении;
- разработка конструкции и методики расчетов систем прерывистого отопления зданий с переменным тепловым режимом;
- разработка методов реконструкции существующих систем отопления при изменении технологического процесса эксплуатации зданий;
- совершенствование систем отопления;
- совершенствование схем подключения систем отопления к тепловым сетям.

Для утепления зданий старой постройки (до 1993 г., рис. 3.5) и достижения нормируемого термического сопротивления при постройке современных зданий (рис. 3.6) используется «термошуба».

Термошуба – многослойная легкая конструкция с тонким штукатурным слоем, предназначенная для утепления наружных стен

жилых и административных зданий. Система «термошуба» производства «Сармат» – первая в Беларуси технология тепловой модернизации фасадов, рекомендованная для массового применения в строительстве с 1996 г.

Преимущества системы «термошуба»:

- возможность круглогодичного производства работ на фасадах при температуре от $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- утепление зданий любой этажности без усиления стен, фундамента, отселения жильцов;
- эффективная звукоизоляция стен;
- увеличение межремонтного срока эксплуатации здания до 25 лет;
- обеспечение оптимального температурно-влажностного микроклимата в помещении;
- устойчивость к воздействию температурных перепадов «белорусской зимы»;
- устранение проблем «мостиков холода» по перемычкам, металлическим балкам, балконным плитам и плитам перекрытий;
- повышение сопротивления теплопередачи наружных стен до нормативных показателей.

Система утепления наружных стен эффективными плитными материалами (см. прилож. 1) с защитным слоем из тонкослойной штукатурки армированной стеклотканью все чаще встречается на объектах Беларуси [51]. Ведущая из них «термошуба», внедренная СКТБ «Сармат», подтвердила свои высокие качества на десятках объектов. Внося практический вклад в выполнение программы тепловой реабилитации жилищного фонда Республики Беларусь, «Сармат» в 1994–1998 гг. осуществил теплоизоляцию более 100 объектов общей площадью 140 тыс. м².

Среди этих объектов – жилые дома в поселках для переселения из чернобыльской зоны, новое здание железнодорожного вокзала, крытый каток в Парке Горького, 9- и 12-этажные жилые дома по ул. Охотской и Чекалина и в микрорайоне Уручье, 12-ти этажный жилой дом по ул. Сторожовской, 16-этажный монолитный дом по ул. Ландера, общежитие на 300 мест по ул. Калиновского в Минске; здание филиалов Нацбанка и Внешэкономбанка в Борисове и Пинске; жилые дома в городах Березе, Вилейке, Витебске, Заславле, Могилеве, Осиповичах, Шклове и Бресте.

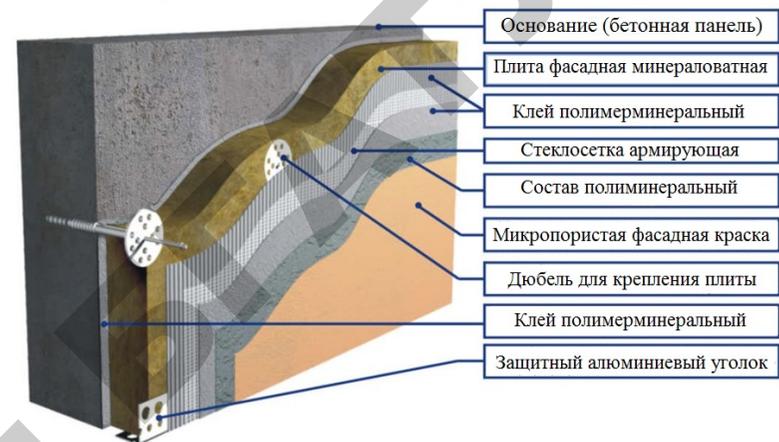


Рис. 3.5. «Термошуба» типового здания: теплоизоляционный пирог с плитой фасадной минераловатной

Работы по теплоизоляции проводились на вновь возводимых зданиях для увеличения термического сопротивления ограждающих конструкций до величины, соответствующей нормам, а также в эксплуатируемых промерзающих домах с разрушающимися фасадами, мокрыми стенами, в помещениях, в большинстве из которых температура не поднималась выше $8\text{--}20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

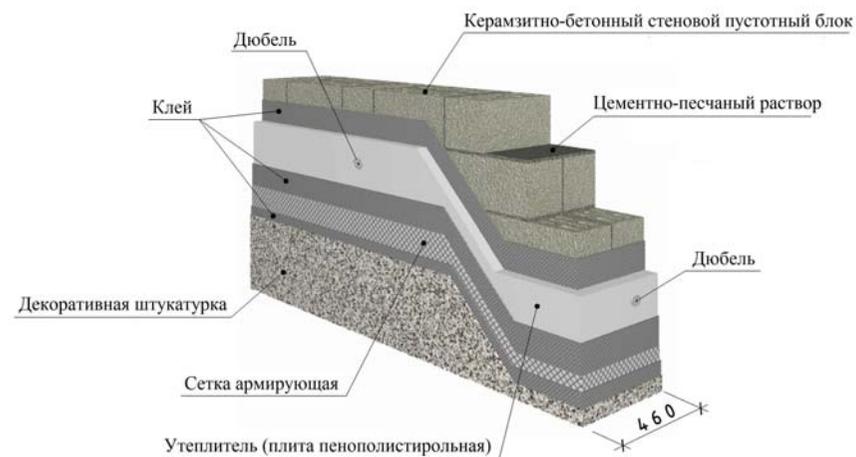


Рис. 3.6. Облицовка стены современного здания по технологии «термошуба»

На практике был проверен морозостойкий полимерминеральный клей «Сармалеп-М». Он подтвердил свои высокие характеристики во время выполнения работ при температуре окружающего воздуха до -120°C . Поэтому в наших условиях теплоизоляцию зданий по технологии «термошубы» можно проводить практически круглогодично. «Сармат» дает 10-летнюю гарантию на качество теплоизоляции зданий.

Для того чтобы снизить затраты на отопление энергетически неэффективных зданий, как сказано ранее, был разработан комплекс мер называемый тепловой реабилитацией («тепловая реновация» и «термошуба»). При реабилитации зданий следует учитывать ряд невидимых глазу нюансов таких, как теплопроводность стен, мостики холода, инфильтрация воздуха и др. Для учета всех параметров, составляющих энергоэффективность здания, и представления информации в простой и наглядной форме используется энергетический сертификат здания. Данный документ уже введен в ряде стран Европы (Германия, Польша). В нашей стране он разработан и рекомендован к применению МОО «Экопроект Партнерство».

Энергетический сертификат здания представляет собой страницу формата А4 (рис. 3.7), к которому прилагается протокол порядка 10 листов. В сертификате указывается номер сертификата, что в дальнейшем послужит созданию республиканской базы данных об энергоэффективности зданий. Далее указывается предназначение здания и адрес; дата выдачи сертификата; срок его действия (10 лет); кем выдан, с указанием реквизитов организации, проводившей сертификацию; тип здания (существующее или новое); год строительства; год реконструкции (если проводилась); расчетная площадь. Для наглядности в сертификате расположена фотография соответствующего здания. Также удобно читается энергетическая маркировка здания, представляющая собой цветовую шкалу с указанием класса энергоэффективности, к которому относится строение, и конкретной цифры потребления энергии на квадратный метр в год. Здесь же можно найти расход электроэнергии и энергии на горячее водоснабжение. В нижнем левом углу дизайнерским решением указываются выбросы парниковых газов в эквиваленте CO_2 , вырабатываемых при сжигании углеводородного топлива, необходимого для обеспечения энергетических нужд здания. Данная характеристика является оборотной стороной энергопотребления.

В дальнейшем ее можно использовать для разработки альтернативных источников энергии не связанных с выбросами парниковых газов.

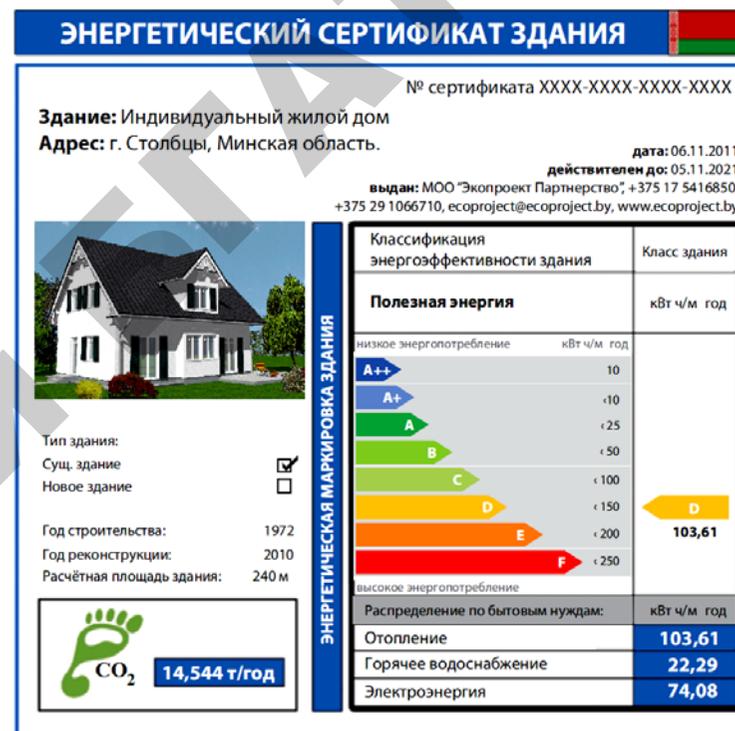


Рис. 3.7. Энергетический сертификат здания (титульный лист)

К энергетическому сертификату прилагается протокол. В нем указываются основные показатели и расчеты, на основании которых и выдается сертификат. Проведение энергетической сертификации здания после строительства позволяет выявить основные источники потерь энергии. В дальнейшем это позволяет рассчитать необходимый объем мер по тепловой реабилитации. Сертификация после тепловой реабилитации позволяет оценить качество и эффективность проведенных работ. Прикрепленный возле подъезда энергетический сертификат информирует жильцов об источнике расходов на отопление, и вкладе их дома в решение глобальной проблемы потепления климата.

На сегодняшний день данная форма сертификата, разработанная в рамках проекта «Международное сотрудничество для развития

энергоэффективности в Беларуси – продвижение энергетической сертификации зданий», носит рекомендательный характер. Создание системы сертификаций зданий позволит в дальнейшем повысить качество работ по тепловой реабилитации зданий, а также, в целом, улучшить энергетическую эффективность строительной отрасли.

Среди положительных результатов внедрения энергетической сертификации зданий, по сравнению с использованием других инструментов (энергетический аудит, энергетический паспорт), можно выделить следующие:

- сертификация является более доступным методом предварительной оценки энергетической эффективности зданий по сравнению с энергетическим аудитом;
- разработка энергетического сертификата стоит на порядок меньше аудита, так как не требует больших трудозатрат и измерений с помощью дорогостоящих приборов;
- энергетическая сертификация создает стимулы для граждан и организаций внедрять энергосберегающие мероприятия в собственных зданиях, не ожидая термомодернизации и капитального ремонта за государственные средства.

В Республике Беларусь энергетическая сертификация зданий может рассматриваться в качестве системы оценки соответствия зданий, как вида строительной продукции, требованиям, установленным законодательными актами и стандартами в отношении данной продукции в области энергетической эффективности.

Для увеличения энергетической эффективности в жилищно-коммунальном хозяйстве большое значение имеет правильное использование бытовых приборов. Годовое потребление электрической энергии основными видами бытовых приборов представлено на рис. 3.8.

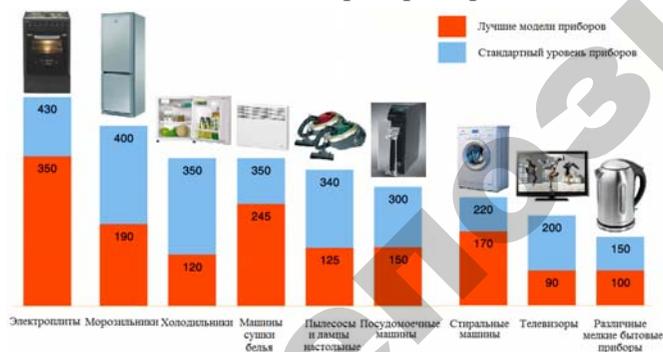


Рис. 3.8. Годовое потребление электрической энергии бытовыми приборами, кВт·ч

Стоит отметить, что еще в 2006 г. лидерами по энергопотреблению были холодильники и морозильники. Прогресс в сертификации бытовой техники убрал с рынка все затратные бытовые приборы, в первую очередь, холодильники, морозильники и стиральные машины. Но для дальнейшего уменьшения энергопотребления необходимо использовать различные методики эксплуатации бытовых приборов и следующие рекомендации, разработанные ведущими специалистами по производству техники в мире:

- во время приготовления пищи необходимо закрывать кастрюли крышками, так пища готовится быстрее;
- желательно не кипятить воды больше, чем требуется;
- если готовите на электроплите, то используйте остаточную теплоту – выключайте конфорку за некоторое время до готовности пищи;
- устанавливайте холодильник в прохладном месте, подальше от батарей отопления и электроплиты;
- следите за тем, чтобы уплотнители на двери холодильника не были повреждены, а задняя стенка была чистой;
- не ставьте холодильник вплотную к стене, оставляйте зазор для вентиляции;
- регулярно размораживайте холодильник;
- используйте специальные насадки на душ и кран, уменьшающие расход воды;
- экономьте при стирке, устанавливая на стиральной машине более низкую температуру, это может сократить потребление электроэнергии на 80 %;
- стирайте при полной загрузке стиральной машины;
- работая за столом, используйте настольное освещение – оно ярче и расходует меньше энергии;
- установите энергосберегающие лампы там, где свет нужен часто и подолгу (в коридоре, ванной комнате);
- выключайте свет, когда он не нужен, не оставляйте без нужды включенными радио, телевизор, компьютер и прочие электроприборы;
- проветривайте помещение, широко открывая окна на непродолжительное время (отопительные приборы при этом желательно отключить);
- электроника и бытовая техника потребляет электроэнергию даже в спящем режиме (отключайте приборы полностью, вынимая вилку из розетки);
- не оставляйте зарядные устройства подключенными к розетке.

В коммунальных помещениях, которые имеют большую площадь, для экономии энергии в качестве отопительного оборудования применяется инфракрасные газовые излучатели (рис. 3.9). Располагаются такие излучатели в основном под потолком и представляют собой кожух с повернутым в сторону пола рефлектором, в нижней части которого имеется керамическая насадка, состоящая из плоских плиток, на которых сосредоточено множество мелких отверстий.

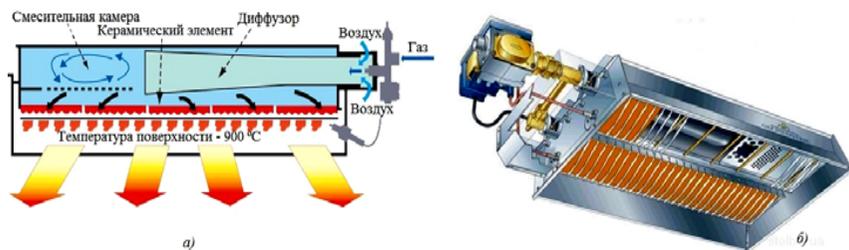


Рис. 3.9. Инфракрасный газовый обогреватель:
а – принципиальная схема работы обогревателя; б – общий вид

В пространство между кожухом и насадкой подается горячая смесь, которая разогревает плитки до очень высокой температуры, после чего процесс горения газа происходит на раскаленной поверхности керамической насадки, а она в свою очередь производит излучение тепла в отапливаемое помещение. При использовании ИК-излучателей продукты сгорания газа практически отсутствуют, а их остатки удаляются из помещения при помощи вентиляционной системы.

В жилых помещениях считается комфортной ощущаемая человеком температура воздуха +18 °С на уровне головы человека. Если используется традиционная система отопления, то температура на уровне пола при этом составляет около +16 °С (рис. 3.10, а).

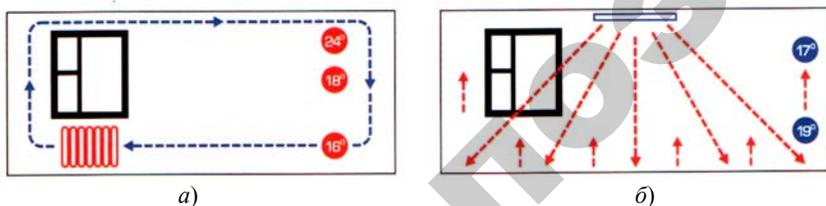


Рис. 3.10. Распределение температуры воздуха в помещении при различных системах отопления: а – традиционная конвективная система отопления; б – отопление с ИК-излучателями

Применяя систему инфракрасного обогрева, температура на уровне пола становится на 3 °С выше, то есть возрастает до +19 °С (рис. 3.10, б). Это позволяет снизить прогрев помещения на 2–3 °С и соответственно дополнительно экономить энергию.

Кроме газовых инфракрасных обогревателей эффективно используются электрические обогреватели с ИК-излучателями (рис. 3.11). Электрическая энергия, преобразованная в тепловую в ТЭНах², нагревает излучающие пластины у обогревателей типа ИЭИ или отражается от отражателя у обогревателей типа ОЭИП. 70 % энергии доставляется до человека, оборудования или ограждающих конструкций, которые уже потом отдают теплоту в помещение, постепенно нагревая воздух. Другими словами, отпадает необходимость нагревать воздух во всем помещении, чтобы обеспечить комфортную температуру.

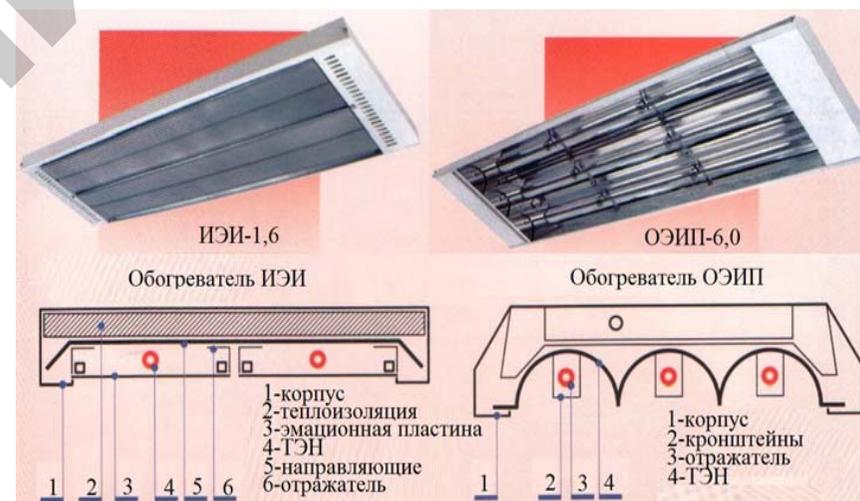


Рис. 3.11. Электрические инфракрасные обогреватели, выпускаемые в Республике Беларусь

Примерами таких помещений могут быть:

- заводские корпуса, промышленные цеха;
- складские помещения, многоярусные склады;

² ТЭН – трубчатые электрические нагреватели.

- медицинские учреждения;
- железнодорожные вокзалы и аэропорты;
- автосалоны, автомойки;
- торгово-выставочные павильоны, крытые рынки;
- спортивно-зрелищные объекты, крытые теннисные корты;
- учебные крытые полигоны площадки;
- коттеджи, дачи, гаражи, квартиры;
- автозаправочные станции и станции техобслуживания;
- другие объекты ЖКХ.

Следует помнить, что именно газовые инфракрасные обогреватели – самое экономичное оборудование из всей обогревательной техники. В основу работы обогревателя принят принцип солнца, когда теплота в виде лучей передается непосредственно в зону обогрева. Вся тепловая энергия поглощается в нижней двухметровой части помещения. Тепловые лучи не нагревают воздух.

Особенно остро вопрос обогрева помещения встает тогда, когда нужно обогреть большое производственное помещение с локальными рабочими местами. В этом случае помещение разбивается на обогреваемые зоны, в результате чего обогреватели «работают» лишь с тем объемом, где находятся люди.

Кроме того, поверхность теплоотдачи от пола и предметов, нагретых инфракрасным обогревателем, в помещениях в 5–10 раз превышает поверхность теплоотдачи традиционных отопительных приборов. Такой эффект достигается за счет монтажа оборудования на потолке, в результате чего обогреваются большие горизонтальные поверхности. Поэтому объем воздуха прогревается до заданной температуры гораздо быстрее. Для поддержания температуры эта система включается реже, чем традиционная система отопления, тем самым, потребляя меньше энергии. С увеличением высоты подвеса обогревателей (например, в складских помещениях) поверхность теплоотдачи увеличивается еще больше, увеличивается и экономичность. Отпадает необходимость поддержания высокого температурного режима в рабочих помещениях в ночное время, в выходные дни, так как инфракрасный обогреватель может создать комфортные условия в течение 30–60 мин, в то время как радиаторы – за сутки.

Один из вариантов обогрева учебного помещения в колледже (Германия) газовыми обогревателями показан на рис. 3.12.



Рис. 3.12. Использование газовых инфракрасных нагревателей в крытых павильонах:
1 – общий вид павильона;
2 – размещение обогревателей вдоль продольной стены;
3 – общий вид газового обогревателя

Основные преимущества инфракрасных нагревателей в сравнении с традиционным обогревом:

- отсутствие пыли и смещения объема воздушного пространства;
- очень низкая инерционность настройки температуры;
- отсутствие необходимости бесполезного обогрева верхних слоев воздуха (тепловое излучение направленно строго вниз);
- энергосбережение 20–50 % в сравнении с конвективными системами отопления;
- возможность зонного обогрева;
- не занимает полезную площадь внизу помещений.

В качестве средств местного обогрева для рабочих мест персонала компаний и фирм, а также в домах с маленькими детьми, как правило, используют электрическую энергию. К таким средствам местного обогрева относятся электрические обогреваемые полы помещений, которые электрическую энергию преобразуют в тепловую (рис. 3.13).

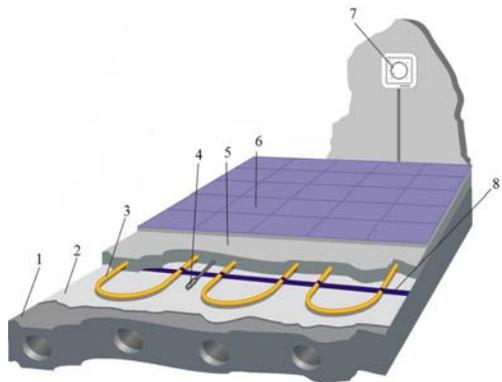


Рис. 3.13. Устройство обогреваемого пола в помещении с использованием нагревательного кабеля:

- 1 – перекрытие; 2 – теплоизоляция; 3 – нагревательный кабель;
 4 – датчик температуры; 5 – цементно-песочная стяжка;
 6 – основное покрытие пола (керамическая плитка,
 линолеум, ковровое покрытие); 7 – термостат; 8 – монтажная лента

При индивидуальном строительстве жилья на современном этапе очень популярным является изготовление водяных обогреваемых полов по всему помещению. Водяной теплый пол – это полноценная система отопления, альтернатива классической радиаторной системе отопления (вопреки бытующему обратному мнению).

Суть водяного теплого пола сводится к монтажу между полом и напольным покрытием сети мини-трубопроводов (контуров теплого пола, рис. 3.14), по которым циркулирует теплоноситель – нагретая вода (порядка +35–45 °С). Поэтому водяной теплый пол называют еще «низкотемпературной системой отопления». В общей сложности, теплоотдача, приходящаяся на каждый градус разницы между средней температурой поверхности пола и температурой в комнате, равна 11,5 Вт/м². Это означает, что для поддержания температуры в помещении 20 °С при отопительной нагрузке 50 Вт/м² температура поверхности пола должна быть на 4,5 °С выше температуры в комнате.

Стоит обратить внимание и на то, что срок эксплуатации систем теплых полов очень высок и зависит лишь от жизнеспособности и пропускной способности трубки, по которой течет теплоноситель. А это минимум 50 лет. В отличие от систем электрического подогрева, теплый пол вполне ремонтпригоден. Так как в бетоне

находится всего лишь металлопластиковая трубка, которая легко очищается от отложений через 10–15 лет.



Рис. 3.14. Система отопления на базе обогреваемого водяного пола:

- 1 – устройство водяного пола;
 2 – узел присоединения трубок к системе отопления

Система отопления на базе теплых водяных полов обеспечивает человеческому телу более высокий уровень комфорта по сравнению с обычными отопительными системами: создается легкое ощущение уюта при постоянной температуре, равномерно распределяющейся в разных помещениях. Большая поверхность нагрева при низкой температуре воды практически означает отсутствие конвективного движения воздуха, к тому же в помещении менее сухой воздух. Пылевые клещи, вызывающие аллергию, не выживают на теплом и сухом полу: более того, подогрев поверхности пола снижает влажность и конденсацию на стенах и обоях. Таким образом, предупреждается образование плесневого грибка.

Благодаря новым технологиям удалось избежать слишком высоких температур нагревания пола, что действительно провоцировало плохое кровообращение и отечность ног. Резко сократив воздушные потоки, исчезли также сквозняки, завихрения воздуха и движение пыли внутри помещений, классические неудобства конвективных и радиаторных систем. С помощью системы теплого пола человек

ощущает одинаковый уровень комфорта при температуре воздуха в среднем на 2 градуса ниже по сравнению с традиционными системами: другими словами, появляется ощущение комнатной температуры 22–23 °С, между тем как в реальности термометр показывает всего 20–21 °С. Этот эффект – результат меньшей дисперсии теплоты наружу благодаря теплоизоляции с помощью теплоизоляционных панелей, и энергосбережение в соответствии с новыми нормативами.

При понижении температуры воздуха в помещении на один градус экономится 7–8 % энергии.

По вышеупомянутым причинам система теплого пола легко интегрируется с такими источниками энергии, как солнечные панели, конденсационные котлы и тепловые насосы. Благодаря системе теплого пола более полно используется жилое пространство. Отсутствие радиаторов дает большую свободу в оформлении помещения, устраняя эстетические проблемы, связанные с ними. Теплоизоляционные панели из пенополистирола с паровым барьером способны поглощать шум от ходьбы, выполняя важную функцию звукоизоляции между жилыми этажами. Благодаря повышенной прочности панелей и трубопровода, срок эксплуатации излучающей системы теплого пола не имеет себе равных.

Отличным решением экономии энергетических ресурсов для поддержания параметров микроклимата в рабочих помещениях, предназначенных для офисов, конференц-залов и т. д., является использование встраиваемых в пол конвекторов (рис. 3. 15).



Рис. 3.15. Встраиваемые в пол конвекторы с естественной конвекцией типа WSK

Струящийся вниз тяжелый холодный воздух от остекленных фасадов и поднимающийся навстречу более легкий теплый воздух создают естественный воздушный поток. Этот нагретый воздух создает тепловую преграду перед остекленным фасадом и препятствует охлаждению помещения. К тому же он препятствует возникновению холодного сквозняка над полом, приводящего к дискомфорту (рис. 3.16).

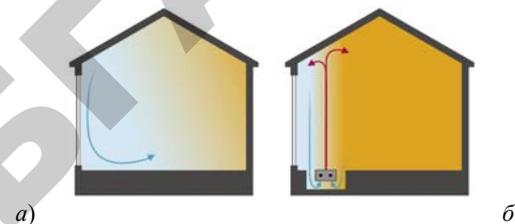


Рис. 3.16. Применение встраиваемых в пол конвекторов:

а – проникновение холодного воздуха при обычной системе больших окон в помещении; *б* – блокировка холодного воздуха встраиваемыми в пол конвекторами

Преимущества применения встраиваемых в пол конвекторов:

- защита от поступления холодного воздуха от окон;
- предотвращение запотевания окон при любой наружной и внутренней температуре;
- защита остаточной теплоты в сочетании с панельным отоплением в полу;
- непрерывный нагрев (при соответствующем потреблении);
- экономия энергии при использовании специальной системы вентилирования (производится сильное инжекционное действие на длину до 5 м, рис. 3.17).

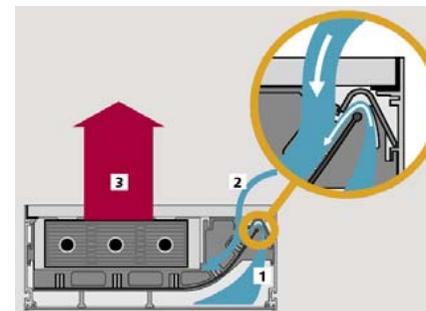


Рис. 3.17. Патентованная система вентилирования, производящая сильное инжекционное действие на длину до 5000 мм: 1 – подача холодного воздуха; 2 – охлажденный воздух (скольжение холодного воздуха); 3 – нагретый воздух для отопления помещения и защиты от потоков холодного воздуха

Технические характеристики конвекторов типа WSK представлены в табл. 3.3. Стандартная длина: 1000–5000 мм.

Таблица 3.3

Технические данные конвекторов WSK

	WSK 180	WSK 260	WSK 320	WSK 410
Ширина конвектора, мм	180	260	320	410
Высота конвектора, мм	90, 110, 140, 190			
Теплообменник	двухтрубный	двухтрубный	трехтрубный	четырёхтрубный
Ширина оребрения, мм	80	80	147	164
Рабочее давление, бар	10 (опционально до 16 бар)			

Технические характеристики конвекторов типа GSK и WSK представлены в табл. 3.4. Стандартная длина: 1000–5000 мм.

Таблица 3.4

Технические данные конвекторов GSK и WSK

	GSK 180	WSK 260	WSK 320
Ширина конвектора, мм	180	260	320
Высота конвектора, мм	115–155		
Теплообменник	двухтрубный	трехтрубный	четырёхтрубный
Ширина оребрения, мм	80	147	164
Рабочее давление, бар	10 (опционально до 16 бар)		

Технические характеристики конвекторов типа QSK представлены в табл. 3.5. Стандартная длина: 1250–3250 мм.

Четырёхтрубный теплообменник дает возможность (при наличии охлаждающего агрегата) осуществлять также режим «Охлаждение».

Таблица 3.5

Технические данные конвекторов QSK

	QSK 260	QSK 320	QSK 410
Ширина конвектора, мм	260	320	410
Высота конвектора, мм	110		
Величина шага, мм	500		
Теплообменник	четырёхтрубный		

Основные режимы конвекторов типа QSK представлены на рис. 3.18.

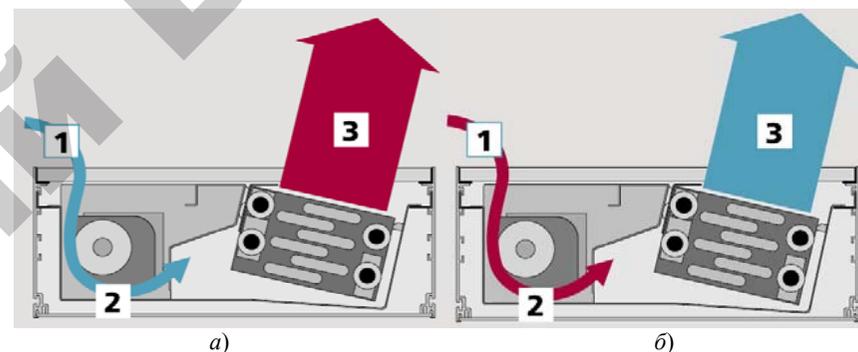


Рис. 3.18. Основные режимы работы встраиваемых в пол конвекторов типа QSK:

- а* – режим нагрева (1 – охлажденный воздух; 2 – всосанный холодный воздух распределяется через теплообменник по всей длине турбовоздуховки; 3 – нагретый воздух);
б – режим охлаждения (1 – нагретый воздух в помещении; 2 – всосанный теплый воздух распределяется через теплообменник по всей длине турбовоздуховки; 3 – охлажденный воздух)

4. ОТОПИТЕЛЬНО-ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Тепловой режим здания – это совокупность факторов и процессов, определяющих тепловую обстановку в его помещениях. От теплового режима зависят обеспечение ощущения теплового комфорта, нормальное протекание производственных процессов, долговечность строительных конструкций и технологического оборудования.

На тепловую обстановку помещения оказывает влияние ряд факторов и процессов, которые находятся в тесной взаимосвязи между собой:

- климатические воздействия;
- теплотехнические и теплофизические свойства ограждающих конструкций;
- процессы тепло- и влагообмена внутри помещения;
- системы инженерного оборудования здания и способы их регулирования.

Сочетание этих факторов и их влияние на организм человека или животного могут быть различными.

Вентиляция – обмен воздуха в помещениях для удаления избытков теплоты, влаги, вредных и других веществ с целью обеспечения допустимых параметров микроклимата и чистоты воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне.

Обслуживаемая зона (зона обитания) – пространство в помещении, ограниченное плоскостями, параллельными полу и стенам: на высоте 0,1 и 2 м над уровнем пола, на расстоянии 0,5 м от внутренних поверхностей наружных и внутренних стен, окон и отопительных приборов. Рабочая зона – пространство в помещении, ограниченное по высоте 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места пребывания работающих.

Основными вредными выделениями, которые образуются в животноводческих помещениях, являются влага, углекислый газ и избыточная теплота. Их количество зависит от вида, возраста, массы и количества животных, а так же от температуры внутреннего воздуха.

Система вентиляции – совокупность взаимосвязанных технических элементов и устройств, предназначенных для обработки, транспортирования, подачи и удаления воздуха.

По назначению системы вентиляции подразделяются на приточные, вытяжные и приточно-вытяжные.

Приточные системы вентиляции предназначены для подачи чистого атмосферного воздуха в помещения, а вытяжные – для удаления загрязненного (отработанного) воздуха из помещений. Приточно-вытяжные системы обеспечивают одновременно подачу чистого и удаление загрязненного воздуха.

В зависимости от способа организации воздухообмена различают общеобменные, местные и смешанные системы вентиляции.

Общеобменная вентиляция осуществляет обмен воздуха во всем объеме помещения. При этом вредные вещества разбавляются до предельно допустимых концентраций, а избытки теплоты и влаги ассимилируются (поглощаются) чистым воздухом.

Местная вентиляция обеспечивает подачу воздуха в определенную часть помещения или удаление его непосредственно от технологического оборудования, которое является источником вредных выделений. Местные системы вентиляции достигают максимального эффекта при минимальном количестве воздуха, но их устройство не всегда возможно.

Смешанные системы представляют собой комбинации общеобменной вентиляции с местной.

По конструктивному исполнению различают канальные и бесканальные системы вентиляции. В канальных системах воздух перемещается по разветвленной сети каналов (воздуховодов), а в бесканальных – вентиляция осуществляется через проемы в наружных ограждающих конструкциях.

В зависимости от способа побуждения воздуха различают системы вентиляции с естественным и искусственным побуждением. В системах с естественным побуждением воздух перемещается под действием естественных сил природы – гравитационного и ветрового давлений. При этом естественная вентиляция может быть неорганизованной и организованной. Неорганизованная вентиляция обусловлена фильтрацией воздуха через наружные ограждающие конструкции. Организованная вентиляция (аэрация) осуществляется через специально предусмотренные регулируемые проемы в наружных ограждениях. В системах с искусственным побуждением воздух перемещается с помощью вентилятора.

Воздухообмен – частичная или полная замена загрязненного воздуха в помещении чистым атмосферным воздухом. Расчетный воздухообмен должен обеспечивать нормируемые параметры микроклимата и чистоту воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне помещения во все периоды года.

В АПК применяются системы воздушного отопления с искусственной циркуляцией и сосредоточенной подачей воздуха в нескольких точках и системы воздушного отопления с искусственной циркуляцией и рассредоточенной подачей воздуха при помощи воздуховодов.

Для обеспечения параметров воздушного режима производственных помещений АПК применяются:

- вентиляционные башни (приточные и вытяжные);
- вентиляционные приточные шахты;
- клапаны вентиляционные приточные («форточки») и клапаны воздушные;
- вентиляторы осевые;
- вентиляторы центробежные;
- крышные вентиляторы;
- потолочные вентиляторы (дестратификаторы);
- приточно-вытяжные установки (ПВУ и другие);
- увлажнители воздуха;
- специализированное комплектное вентиляционное оборудование (типа «Климат»).

Вентиляционные башни предназначены для обеспечения подачи свежего воздуха в помещения в основном в переходной и теплый периоды года. Они представляют собой цилиндрические вертикально устанавливаемые воздуховоды с двухскоростными вентиляторами. На нижней части башни имеется рассекатель воздуха, позволяющий подавать воздух в рабочую зону помещения горизонтальными струями; кроме того имеется система автоматического управления, представляющая собой шкаф для регулирования частоты вращения электродвигателей вентиляторов нескольких вентбашен одновременно.

Технические характеристики вентиляционных башен типа КПС представлены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Вентиляционные башни КПС

Наименование параметров	КПС 108.21.08 (КПС 108.21.09)
Максимальная подача воздуха, м ³ /ч	4000/8000
Вентилятор (ТУ 105-7-154-83)	ВОВ 5.У3.000.ПС
Установленная мощность электродвигателя, кВт	0,18/0,55
Электродвигатель (ТУ 16-525.593-85)	4АМПА80-А8/4У2
Синхронная частота, об/мин	750/1500
Внутренний диаметр, мм	509

Наименование параметров	КПС 108.21.08 (КПС 108.21.09)
Частота вращения вентилятора при максимальной подаче, об/мин	697,5/1410
КПД вентилятора	0,67
Габаритные размеры, мм	1004×1004×3100
Масса, кг	86,5 (73,8)

Вентиляционные башни приточные (ВБП) и вытяжные (ВБВ) (рис. 4.1) предназначены для обеспечения притока свежего воздуха или вытяжки загрязненного (отработанного) воздуха соответственно в животноводческих, птицеводческих и иных помещений. Они состоят из зонтика (алюминиевый композитный материал – ФКМ), корпуса (оцинкованная сталь или АКМ), обратного клапана «бабочка» (АКМ), вентилятора и дефлектора (АКМ). Башни могут быть удлинены за счет составных удлинителей. Основные технические характеристики приведены в табл. 4.2.



Рис. 4.1. Вентбашня типа ВБП/ВБВ

Вентиляционная башня приточная комбинированная (ВБПК) состоит из корпуса (оцинкованная сталь), зонтика, дефлектора, воздушной заслонки (все – АКМ) с электроприводом.

Дополнительно можно комплектовать вентиляторами, приточными и смешивающими. Смешивающий вентилятор предназначен для смешивания холодного приточного воздуха с теплым, находящимся внутри помещения. ВБПК работают в комплекте с вытяжными башнями или вытяжными вентиляторами и особенно эффективны в малых помещениях. Габаритные размеры башен ВБПК аналогичны размерам ВБП.

Широкое применение для систем вентиляции в производственных помещениях АПК (животноводческие и птицеводческие) нашли вентиляционные шахты типа ШВП-ПЭ и ШВП-Ц.

Шахта вентиляционная приточная ШВП-ПЭ состоит из корпуса цилиндрического и опорного листа. На верхней части башни установлен зонт с ограждением из сетки, выполненный из оцинкованной стали.

Таблица 4.2

Технические параметры вентбашен

Тип башни	Мощность двигателя, кВт	Частота вращения, мин ⁻¹	Производительность, м ³ /ч	Диаметр, мм
ВБВ/ВБП-4,0	0,16	1430	4200	400/480
ВБВ/ВБП-4,5	0,25	1400	5700	450/530
ВБВ/ВБП-5,6	0,37	1000	6000	560/640
ВБВ/ВБП-6,3	0,37	1000	9000	630/700
ВБВ/ВБП-7,1	0,37	1000	11 000	710/796
ВБВ/ВБП-8,0	0,55	1000	17 500	800/880

На нижней части башни установлен кольцевой воздухораспределитель, оснащенный линейным электроприводом, перемещающим заслонку вдоль оси башни, что позволяет регулировать количество подаваемого воздуха. Опорный лист приварен к корпусу башни и имеет форму плоского листа. Угол установки опорного листа задается в зависимости от уклона кровли.

Количество воздуха, проходящего через шахту, зависит от величины разряжения создаваемого вытяжными вентиляционными башнями и их производительности. Технические характеристики приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Технические характеристики вентиляционных приточных шахт ШВП-ПЭ

Тип шахты	Подача воздуха, м ³ /ч	Диаметр, мм	Масса, кг
ШВП-01ПЭ	3500	470	45
ШВП-02ПЭ	4300	520	50
ШВП-03ПЭ	6700	650	55
ШВП-04ПЭ	8600	730	60
ШВП-05ПЭ	11 100	830	70
ШВП-06ПЭ	14 000	930	75

Шахта вентиляционная приточная ШВП-Ц состоит из зонта и корпуса с теплоизоляционным слоем, имеющего прямоугольное сечение; опорного листа; клапана вентиляционного приточного (типа форточки). Корпус клапана выполнен из винила, шарниры из нержавеющей стали; остальные элементы выполнены из оцинкованной стали. Угол наклона опорного листа задается в зависимости от уклона кровли. Технические характеристики приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Технические характеристики вентиляционных приточных шахт ШВП-Ц

Тип шахты	Подача воздуха, м ³ /ч	Ширина, мм	Масса, кг
ШВП-01Ц	4300	1100	110
ШВП-02Ц	4900	1250	116

Для обеспечения направленного распределения воздушных потоков в животноводческих и птицеводческих помещениях используются различные клапаны вентиляционные приточные («форточка»), корпус которых выполнен из поливинилхлорида, имеет надежную теплоизоляцию и нержавеющие шарнирные элементы. Они оснащаются козырьком от попадания осадков и защитной ячеистой сеткой. Габаритные размеры: 230×1170 и 230×990 мм. Приточные форточки применяются для равномерного распределения воздушных потоков в проветриваемом помещении. Система управления микроклиматом птичника «Климат-2000» может контролировать приток воздуха в птичник изменяя угол открытия форточки (через систему тросов и блоков).

Клапаны воздушные (рис. 4.2) применяются для плавного регулирования расхода воздуха в системах вентиляции и кондиционирования воздуха. Клапаны воздушные предназначены для пропуска воздуха или невзрывоопасных смесей воздуха, не содержащих липких и волокнистых веществ и с температурой от -400 до +700 °С. Клапаны воздушные предназначены для работы при перепаде давления до 1800 Па без деформации при длине створок 1 м. Максимально допустимая скорость воздушного потока – 15 м/с.

Таблица 4.5

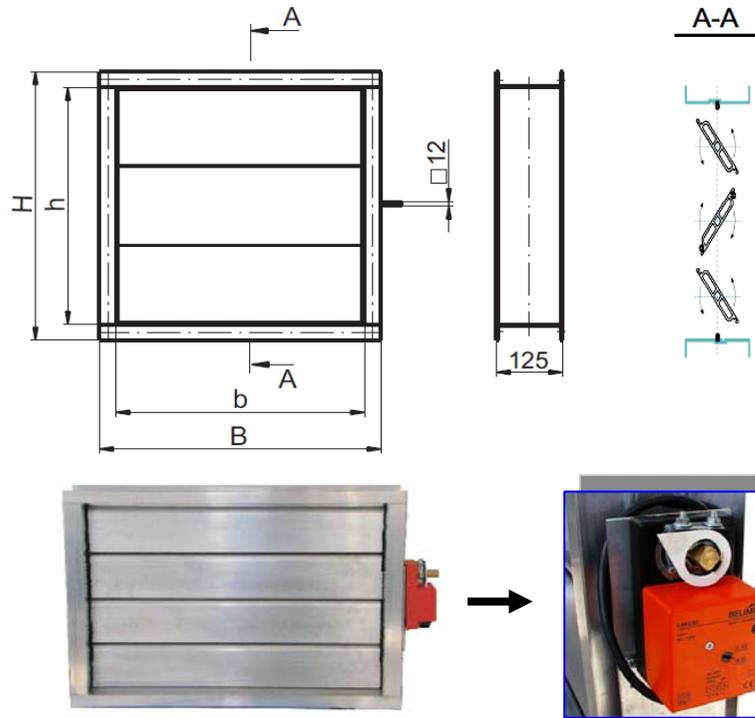


Рис. 4.2. Клапаны воздушные КВэ и КВр

Клапан воздушный состоит из алюминиевого корпуса, алюминиевых поворотных лопаток, уплотнений, шестерен и привода (ручного или электрического). Корпус и поворотные лопатки изготовлены из анодированного алюминиевого профиля, уплотнение – из профильной резины, шестерни и опорные втулки изготовлены из нейлона. Уплотнение лопаток в стыке предусмотрено профилированной резиной заделанной в лопатку. Торцевое уплотнение лопаток с корпусом предусмотрено лабиринтным упором.

Клапаны изготавливаются двух типов: КВр – клапан воздушный с ручным приводом и КВэ – клапан воздушный с электрическим приводом.

Технические характеристики клапанов воздушных приведены в табл. 4.5.

Технические характеристики воздушных клапанов

Тип клапана	Размер				Тип привода	Масса, кг
	В	Н	b	h		
КВ 1400×1500	1480	1592	1400	1512	SM24, SM230	31,88
КВ 1400×1900	1480	1992	1400	1912	SM24, SM230	39,56
КВ 1400×2400	1480	2492	1400	2412	SM24, SM230	49,16
КВ 1600×1200	1680	1292	1600	1212	SM24, SM230	33,76
КВ 1600×1600	1680	1692	1600	1612	SM24, SM230	43,84
КВ 1800×1600	1880	1692	1800	1612	SM24, SM230	47,48
КВ 2000×1600	2080	1692	2000	1612	SM24, SM230	51,12
КВ 2000×2000	2080	2092	2000	2012	GM24	62,8

В АПК применяются различные марки осевых вентиляторов, но наиболее распространенными являются вентиляторы низкого давления: ВО–10–360, ВО–12–380, ВО–06–300; АW/AR 200–1000 (рис. 4.3, табл. 4.6) и вентиляторы среднего давления: ВО–17–220, ВО–20–197 и АХС (табл. 4.7).

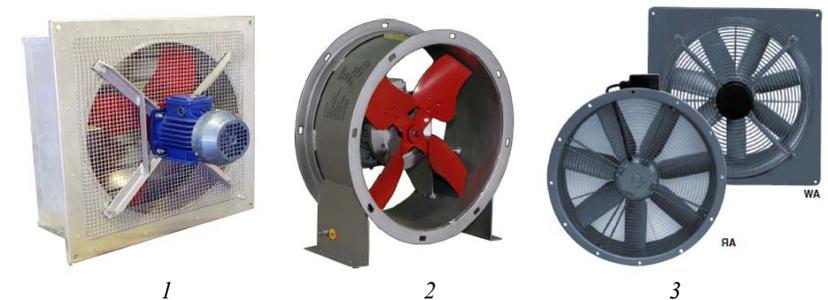


Рис. 4.3. Осевые вентиляторы низкого давления: 1 – ВО–10–360; 2 – ВО–12–380; 3 – АW/AR 500 и 560

Вентиляторы ВО–06–300 имеют производительность по воздуху в диапазоне 2–70 тыс. м³/ч; при электрической мощности привода 0,12–15 кВт.

Осевые вентиляторы выполняются, как правило, низкого давления при количестве лопаток 4 или 6 шт. Конструктивные элементы вентиляторов выполнены из стали обыкновенного качества; лопатки

рабочего колеса – из алюминиевых или стальных сплавов; покрытие элементов вентилятора лакокрасочное или полимерное.

Назначение: вентиляция промышленных, общественных и сельскохозяйственных зданий. Условия эксплуатации: температура окружающей среды от –40 °С до +40 °С.

Таблица 4.6

Технические характеристики осевых вентиляторов низкого давления

Наименование параметров	Марка вентилятора					
	AW/AR-400	AW/AR-450	AW/AR-500	AW/AR-560	AW/AR-630	AW/AR-710
Расход воздуха, м ³ /ч	4200	7380	9000	13 400	17 800	17 000
Мощность, кВт	0,16	0,6	0,78	1,4	0,6	0,9
Вес, кг	7,9	7,9	15,8	27	19	32

Наименование параметров	Марка вентилятора					
	ВО-10-360-5,6	ВО-10-360-6,3	ВО-10-360-7,1	ВО-12-380-5,6	ВО-12-380-6,3	ВО-12-380-7,1
Расход воздуха, м ³ /ч	8300	12 000	11 500	9000	15 000	12 700
Мощность, кВт	0,37	0,75	0,37	0,37	1,1	0,37
Вес, кг	28	36	37	24	42	39

Таблица 4.7

Технические характеристики осевых вентиляторов среднего давления

Наименование параметров	Марка вентилятора				
	ВО-17-220-8-01	ВО-17-220-8-04	ВО-20-197-8-01	ВО-20-197-8-03	АХС-1250-6
Расход воздуха, м ³ /ч	18 000	24 000	18 000	20 000	95 000
Мощность, кВт	3,0	7,5	7,5	4,0	37
Вес, кг	130	150	170	130	600

В птичниках применяются осевые вентиляторы ВО-10-410-12,5, совмещенные с воздушным клапаном. Корпус и диффузор

вентилятора выполнены из оцинкованной стали, а рабочее колесо из полипропилена, армированного стекловолокном. Воздушный клапан вентилятора выполнен из алюминиевых сплавов и может оснащаться ручным приводом либо электрическим, который обеспечивает автоматическое открытие и закрытие лопаток при включении и выключении вентиляторов. Он предусматривает полную герметичность при закрытых лопатках клапана, что позволяет в зимнее время не применять дополнительную герметизацию и утепление проема.

Подача воздуха вентиляторов – 44–50 тыс. м³/ч, мощность привода электродвигателя – 1,5 кВт, масса вентиляторов – 120 кг.

В помещениях содержания крупного рогатого скота (КРС) молочного стада в летний период года применяют осевые вентиляторы различных типов для охлаждения внутреннего воздуха. Эти вентиляторы имеют производительность по воздуху 5–50 тыс. м³/ч (мощность привода 0,25–1,5 кВт) и подвешиваются в верхней части помещения.

В АПК применяются также крышные вентиляторы, которые предназначены для работы без сети воздухопроводов. При оптимальном режиме работы, когда производительность больше минимальной, вентиляторы могут работать с сетью воздухопроводов. Наиболее распространены отечественные крышные вентиляторы серий ВКР и КЦ. Вентиляторы серии ВКР (рис. 4.4) – одностороннего всасывания, низкого давления, имеют назад загнутые лопатки, выполненные из углеродистой стали. Вентиляторы предназначены для эксплуатации в умеренном климате при температуре окружающей среды от –40 до +45 °С. Основные характеристики вентиляторов серии ВКР приведены в табл. 4.8.

Таблица 4.8

Технические характеристики крышных вентиляторов серии ВКР

Наименование характеристики	Индекс вентилятора				
	ВКР 4	ВКР 5	ВКР 5	ВКР 8	ВКР 12,5
Мощность электродвигателя, кВт	0,37	0,75	2,2	3,0	4,0
Частота вращения, об/мин	920	920	950	700	395
Производительность, м ³ /ч	3990	7880	16 500	20 300	43 700
Полное давление, Па	167	266	466	335	340
Масса, кг	56,4	70,4	117,0	163,0	608,0



Рис. 4.4. Крышной вентилятор серии ВКР

Вытяжные системы вентиляции (крышные вентиляторы серий DVS, DHS и DVSI, рис. 4.5) применяются в условиях агрессивной окружающей среды. Надежная эксплуатация DVS – в зданиях различного назначения (например, склады), DHS – экономичное решение для промышленных зданий с загрязненным вытяжным воздухом (например, птичники) и DVSI – применяются в административных зданиях и жилом фонде с высокими требованиями к уровню шума. Корпус и рабочее колесо вентиляторов выполнены из алюминия. Рама – из оцинкованной стали с защитным порошковым покрытием. Вентиляторы DHS имеют горизонтальный выброс воздуха, остальные – вертикальный.



Рис. 4.5. Крышные вентиляторы серий DVS, DHS и DVSI

Изменение скорости вращения однофазных вентиляторов осуществляется с помощью бесступенчатого тиристорного регулирования или пятиступенчатого трансформатора (путем переключения). Регулирование скорости двухскоростных трехфазных электродвигателей осуществляется изменением способа подключения («звезда»/«треугольник») или с помощью пятиступенчатого трансформатора. Вентиляторы монтируются на крышный короб.

Основные технические характеристики указанных вентиляторов приведены в табл. 4.9.

Таблица 4.9

Технические характеристики вентиляторов серий DVS, DHS и DVSI

Наименование характеристики	Марка вентилятора					
	450E4	450DV	499DV	500DV	560DV	630DV
Количество фаз	1	3	3	3	3	3
Потребляемая мощность, кВт	0,77	0,75	0,9	1,19	1,9	3,9
Частота вращения, мин ⁻¹	1260	1260	1200	1325	1210	1400
Расход воздуха, м ³ /ч	5700	5500	6600	7900	10 500	14 200
Масса, кг	47	38	50	52	70	99

Типовое устройство систем вентиляции в производственных помещениях содержания животных (КРС и свиней) и птицы на современном этапе отличается от классических систем, которые использовались в названных помещениях до 2000 г.

При средней (нормируемой) температуре наружного воздуха в диапазоне от –15 до +25 °С система вентиляции представляет собой естественную вентиляцию без нагрева приточного воздуха. Однако при этом помещения для содержания КРС в холодный период года должны иметь соответствующие конструктивные особенности с учетом «эффекта стока», не допускающего сквозняки и связанные с этим резкие перепады температуры (рис. 4.6).



Рис. 4.6. Типовая конструкция помещения для содержания КРС

Суть «эффекта стока», используемого при проектировании и создании вентиляционных систем в животноводческих и птицеводческих помещениях, состоит в следующем. Более теплый внутренний воздух поднимается в помещении (трубе) и скапливается наверху или уходит наружу через открытые окна, вентиляцию и другие неплотности. Поднимающийся теплый воздух уменьшает давление в основе здания, захватывая холодный воздух через открытые двери, окна или через другие формы возможной утечки. Максимальная эффективность «эффекта стока» достигается в отопительный период при минимальной температуре наружного воздуха.

При достижении температуры наружного воздуха «экстремальных» значений до -30°C (в холодный период) необходим локальный подогрев воздуха внутри помещения или $+35^{\circ}\text{C}$ (в теплый период) необходимо включение дополнительной вентиляции (разгонные вентиляторы, например, YWF4E 450 Флюгер, рис. 4.7), а также увлажнение внутреннего воздуха. В производственных помещениях для содержания КРС (взрослое поголовье) используют вентиляторы, производительностью по воздуху до $34\,000\text{ м}^3/\text{ч}$.

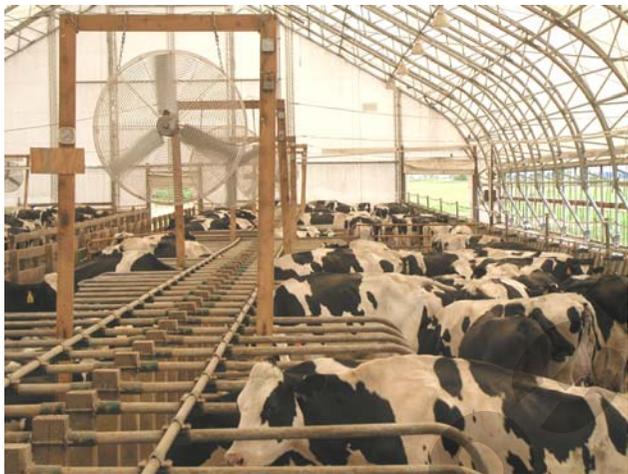


Рис. 4.7. Размещение разгонных вентиляторов в помещении содержания КРС

В помещениях коровников современная система вентиляции должна состоять из механизма приточной вентиляции и естественной (искусственной) вытяжки. Существует четыре основных варианта систем вентиляции:

- вариант 1: система основывается на осуществлении циркуляции воздуха. Приток воздушных масс осуществляется через крышные шахты, а вытяжка происходит с помощью крышных вентиляторов;

- вариант 2: система – приток воздуха происходит через перфорированный потолок, а вытяжка осуществляется через навозные каналы;

- вариант 3: система состоит из оконных блоков, через которые происходит приток воздуха, а вытяжка осуществляется через крышные вентиляторы. Может включать дополнительные настенные вентиляторы;

- вариант 4: система подходит для жарких регионов, позволяет увлажнять приточный воздух с помощью форсунок над форточками.

Естественная вытяжка происходит через крышные перекрытия или через оконные проемы (рис. 4.8), обеспечивая оптимальный приток воздуха. Искусственная вытяжка – механическая вентиляция может осуществляться через каналы навозоудаления. Важно следить, чтобы воздух равномерно циркулировал по всем отсекам для животных.

Для вентиляции ангаров под содержание КРС чаще всего используется схема вентиляции с подачей воздуха по двум парал-



Рис. 4.8. Естественная вентиляция через боковой занавес

лельным воздуховодам, которые монтируются в потолочной части (классическая схема). Это обеспечивает равномерную подачу воздушных масс, а внешний воздух поставляется из приточной камеры.

Следует помнить, что каждый проект вентиляции коровников составляется индивидуально и учитывает климатические особенности региона и возраста животных.

В качестве штор в современных конструкциях помещений для содержания КРС используют мембраны IsoCell (рис. 4.9), основные достоинства которых состоят в следующем:

- изолирующая и герметичная система позволяет снизить теплотери и исключить риск промерзания здания;
- безопасная система (отсутствует какой-либо наматывающий механизм, который может привести к серьезным травмам);
- обеспечивается много света в помещении;
- обеспечивается очень большой приток свежего воздуха;
- значительно снижается потребление электроэнергии;
- обеспечиваются более комфортные условия содержания животных и труда работников;
- превосходная высококачественная и эстетичная система;
- система с низким уровнем шума.



Рис. 4.9. Использование специальных мембран вместо обычных штор в помещениях содержания КРС

Мембраны содержат множество воздушных камер W-образной формы. Камеры изолируют внутренние ячейки мембраны от внешних ячеек и, тем самым, не пропускают холодный воздух в помещение. Прежде всего, такие мембраны используются в качестве стеновых перегородок в сельском хозяйстве, где требуется подавать большие объемы свежего воздуха.

Основные теплотехнические характеристики используемых вместо штор мембран приведены в табл. 4.10.

Таблица 4.10

Коэффициенты изоляции для различных типов стен

Наименование характеристики	Мембрана Polytherm	Квадратная мембрана	Мембрана IsoCell
Термическое сопротивление, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$	0,28	0,29	0,53
Коэффициент теплопередачи, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$	3,54	3,44	1,90

Система вентиляции птичника формирует температурно-влажностные параметры птичника. Эти параметры микроклимата индивидуальны для различных видов и периода жизни птиц.

К основным видам вентиляции птичников относятся (рис. 4.10):

- вертикальная вентиляция – вытяжка воздуха производится через вентиляционные люки в крыше птичника. Уличный воздух поступает через приточные клапаны, расположенные с обеих сторон птичника;
- поперечная вентиляция – вытяжка воздуха производится через вентиляторы, расположенные по одной стороне здания. Уличный воздух заходит в клапаны, расположенные на противоположной стороне птичника. Система снабжена регулировочным механизмом и позволяет менять скорость вращения вентиляторов;
- продольная вентиляция – построена по принципу поперечной вентиляционной системы, но движение воздушных масс происходит вдоль помещения, так как вентиляторы установлены на торцевой стене;
- тоннельная вентиляция – построена по принципу продольной вентиляции, за исключением того, что приточный воздух поступает при помощи вентиляционных жалюзи, которые смонтированы на противоположной стороне от вентиляторов. При этом создается «тоннельный эффект».

Существуют некоторые особенности вентилирования помещений при различных погодных условиях. Так, например, зимой целесообразно использовать вентиляционную систему с небольшим воздухообменом, а в жаркий период оптимальным является

комбинированная вентиляция: тоннельная совмещенная с поперечной вентиляцией. Помимо этого, при выращивании цыплят, обычно вентиляцию полностью отключают на первые три дня, и воздух увлажняют до необходимого значения.

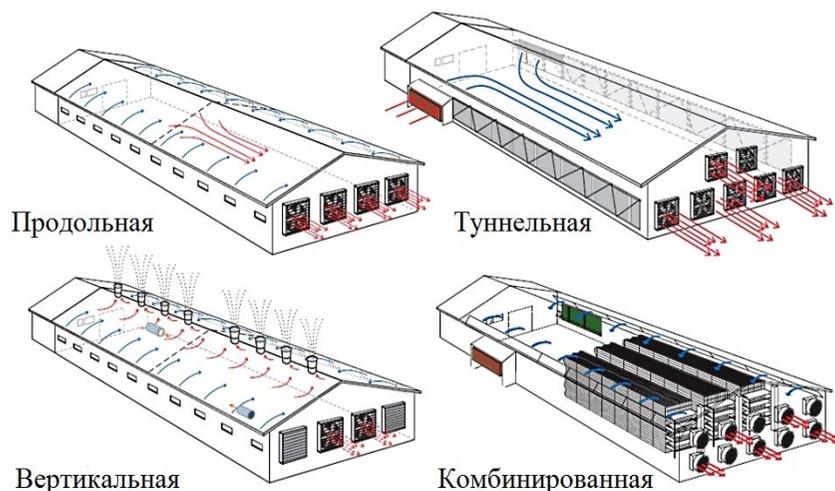


Рис. 4.10. Современные типовые схемы устройства вентиляции в птичниках

При клеточном содержании птицы оптимальным является применение тоннельной вентиляции, которая позволяет избежать застоев воздуха. Обычно для птичников применяются вентиляторы повышенной производительности, а клапана для притока воздуха снабжены электроприводом, что позволяет регулировать скорость движения воздушных масс.

Для отопления помещения на многих птицеводческих комплексах применяются газовые нагреватели мощностью от 30 до 250 кВт. В случае использования подвесных газовых нагревателей (рис. 4.11), особенно для птичников большой протяженности, рекомендуется одновременно устанавливать так называемые разгонные вентиляторы ОВР-4,0 (4500 м³/час), достаточно высокая производительность которых обеспечивает минимальный перепад температуры по всему объему помещения.

Следует отметить, что газовые нагреватели (теплогенераторы на природном газе) уменьшают запыленность воздуха на 60 %,

расходы на отопление с использованием котельных установок – в 3 раза.



Рис. 4.11. Общий вид газовых нагревателей для птичников

Рекомендуемые типы газовых и дизельных нагревателей для птичников и их технические характеристики приведены в табл. 4.11.

Таблица 4.11

Технические характеристики газовых и дизельных нагревателей для птичников

Показатель	Отечественные		Зарубежные			
	ВНС-90	ВГ-007	G-P75	GP-90	AGA-U1	TAS-800
Теплопроизводительность, кВт	90	70	70	90	105	95
Мощность, кВт	0,4	0,7	0,65	0,85	0,7	0,75
Расход газа, м ³ /ч	8,2	7,0	6,5	9,3	9,0	–
Расход дизельного топлива, л	5,4	–	5,4	6,4	7,5	9,5
Подача воздуха, м ³ /ч	5000	4000	5000	6500	7000	7000
Масса, кг	50	40	36	48	84	81

Как правило, разгонные вентиляторы имеют производительность по воздуху до 5000 м³/ч. Это обусловлено, в первую очередь, допустимыми значениями скорости передвижения воздуха в зоне поддержания параметров микроклимата.

Вентиляция свинокомплексов бывает нескольких видов.

Крышная – наиболее энергосберегающий вид вентиляции, использующий силу ветра. Вентилирование осуществляется за счет

приточных клапанов, расположенных с двух сторон, и кровельного конька, без использования вентиляторов (рис. 4.12).

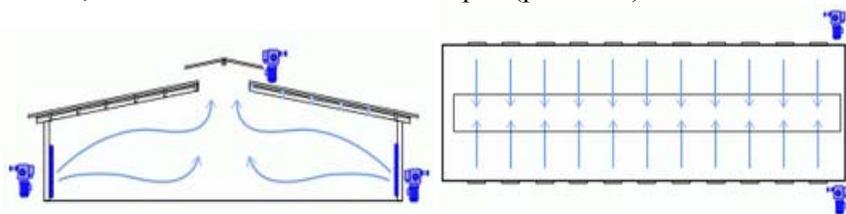


Рис. 4.12. Крышная система вентиляции свинарников

Поперечная – функционирует на базе естественной вентиляции, используя силу ветра (направление и скорость), вентиляторы отключены, что позволяет экономить электроэнергию. Когда при экономии энергии желаемые параметры микроклимата не сохраняются, имеется возможность перейти на принудительную вентиляцию, закрывая окна со стороны вентиляторов и подключая боковые вентиляторы, которые увеличивают свою скорость в соответствии с приточным воздухом (рис. 4.13).

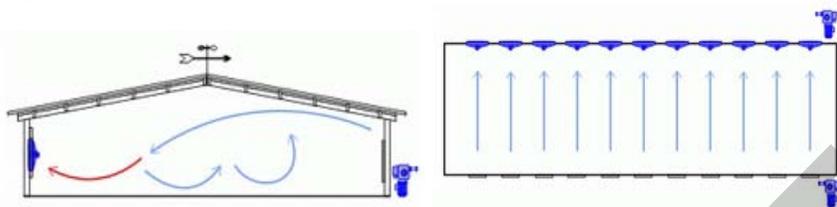


Рис. 4.13. Поперечная система вентиляции свинарников

Поперечная комбинированная – функционирует на базе естественной вентиляции, используя силу ветра. Когда при экономии энергии желаемые параметры микроклимата не сохраняются, имеется возможность перейти на принудительную вентиляцию. Закрывается штора со стороны вентиляторов, и подключаются боковые вентиляторы малой мощности. При необходимости подключаются вентиляторы большой мощности.

Крышная диффузная – функционирует на базе естественной вентиляции, используя силу ветра. Когда при экономии энергии желаемые параметры микроклимата не достигаются, имеется возможность перейти на принудительную вентиляцию, устанавливая

боковые окна в необходимую позицию, переходя к работе вытяжных шахт (рис. 4.14).

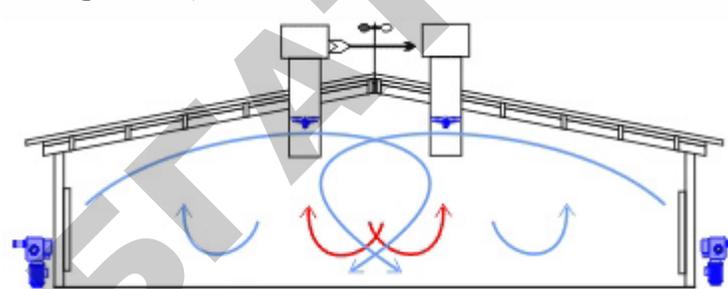


Рис. 4.14. Крышная диффузная система вентиляции свинарников

Тоннельная – функционирует на базе естественной вентиляции. Когда при экономии энергии желаемые параметры микроклимата не достигаются, имеется возможность перейти на форсированный режим «тоннель». В этом случае все боковые окна закрываются и поэтапно включаются вентиляторы большой мощности, достигая благодаря появляющемуся потоку воздуха оптимального охлаждения по всему объему помещения (рис. 4.15).

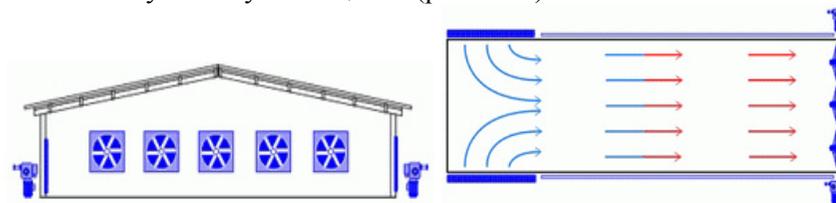


Рис. 4.15. Тоннельная система вентиляции свинарников

При выборе вида вентиляции, кроме объемов приточного воздуха, необходимо учитывать его циркуляцию в помещении и соответственно скорость ветра на участках содержания животных. Этот показатель не должен превышать 0,1 м/с – зимой и 0,2 м/с – летом. При температуре воздуха выше 22 °С скорость ветра необходимо увеличить до 0,5–1,0 м/с.

Кроме того все системы вентиляции можно условно разделить на три группы:

- системы с избыточным давлением (воздух нагнетается в свинарники);

– системы с пониженным давлением (воздух отсасывается из свинарников);

– системы с равновесным давлением (воздух одновременно нагнетается и отсасывается).

В помещениях для содержания свиней (как в помещениях птичников) используют приточные клапаны (форточки).

Летний период – окно клапана должно быть открыто более чем на 57 %. Два направления потока воздуха, который поступает в помещение, образуют микроклимат по заданным параметрам.

В зимний период – окно клапана должно быть открыто менее чем на 57 %. Образуется единый воздушный поток, который поступает в верхнюю часть свинокмплекса (птичника) таким образом, что животные (птицы) максимально защищены от переохлаждения и продувания.

Проблему экономии энергоресурсов при отоплении и вентиляции помещений АПК решают в трех направлениях:

– путем использования возобновляемых источников энергии (солнца, ветра, биогаза);

– путем использования ВЭР промышленных предприятий, а также утилизации сбросной теплоты ферм и комплексов;

– повышением тепловой защиты зданий, совершенствованием отопительно-вентиляционных систем (ОВС), улучшением систем регулирования и автоматизации сельскохозяйственных процессов.

Типовое устройство систем вентиляции в производственных помещениях перерабатывающей отрасли АПК предусматривает использование теплоутилизационного оборудования.

Улучшение теплоизоляционных характеристик зданий является эффективным средством уменьшения потерь теплоты из помещений, но для животноводческих помещений это не является решающим фактором, вследствие чего изменяются теплоэнергетические особенности (последствия) ее применения. Другой своеобразной чертой теплоэнергетики животноводческих помещений является и то, что животных необходимо рассматривать как значительные источники теплоты и влаги.

Факторы, влияющие на энергетические потребности животноводческих помещений, можно разделить на две группы:

1-я группа

Факторы, которые изменяются вне зависимости от желания человека (т. е. нет реальной возможности их коррекции): объективные

характеристики, определенные видом и возрастом животных; количество отданных животными теплоты и влаги; температура наружного воздуха и ее изменение в данной географической зоне.

2-я группа

Факторы, которые можно изменить в интересах более экономного использования энергии в целях отопления: теплоизоляция зданий; воздухообмен и система раздачи воздуха в помещении; температура воздуха внутри помещения.

Большое значение следует уделять уменьшению потерь теплоты через пол. Опыты показывают, что изоляция пола при помощи слоя с термическим сопротивлением, равным 1–2 м²·К/Вт, снижает тепловые потери через пол на 80–90 %.

Увеличение воздухообмена на 20–30 % в животноводческом помещении при неизменных общей массе животных и их поголовья с точки зрения длительности отопительного периода равнозначно двукратному снижению величины теплоизоляционных свойств здания. Это, в свою очередь, означает, что длительность периода отопления, который является главным показателем годовых затрат энергии на отопление, может быть снижена в первую очередь не за счет устройства дорогостоящей теплоизоляции, а при помощи обеспечения минимального уровня вентиляции в зимнее время или с помощью тщательной настройки вентиляционного оборудования, включая утилизацию теплоты.

Основные пути повышения эффективности отопительно-вентиляционных систем (ОВС):

– правильный расчет ОВС с учетом норм минимального воздухообмена, внутренней температуры воздуха, рекомендаций по термическому сопротивлению ограждений: $R_{(стен\ и\ пола)} > 3,2\ м^2·К/Вт$; $R_{(перекрытия)} > 6,0\ м^2·К/Вт$;

– рациональное использование современных схем устройства ОВС с учетом вида животных (птицы) и способа их содержания;

– оптимальное расположение раздаточных воздухопроводов в производственных помещениях АПК и приточных шахт, а также специального оборудования (тепловых завес, приточно-вытяжных и теплоутилизационных установок);

– применение новых технических решений ОВС, включая системы местного обогрева молодняка.

Следует помнить, что утилизация теплоты, содержащейся в вытяжном воздухе, обеспечивает до 20 % экономии теплоты, используемой на подогрев приточного воздуха, подаваемого в помещение.

Особый интерес в последнее время вызывает использование воздушных систем отопления, в которых используются газовые обогреватели и водяные воздухоподогреватели.

Газовые обогреватели могут быть следующих видов:

1. *Смесительные газовые воздухонагреватели (прямой нагрев воздуха)*. Тепловой КПД – около 100 %.

2. *Рекуперативные газовые воздухонагреватели (для работы только с рециркулируемым воздухом)*. Стандартное, типовое оборудование. Тепловой КПД у конденсирующих воздухонагревателей – около 80 %.

3. *Рекуперативные газовые воздухонагреватели (с возможностью присоединения воздуховода или смесительной камеры)*. Возможность работы с приточным и рециркулируемым воздухом.

Все обогреватели характеризуются малой инерционностью, отсутствием дымохода и отсутствием промежуточного теплоносителя (а значит, нет протечек и разморозки).

Однако использование газовых обогревателей имеет ряд особенностей:

1. *Светлые (высокоинтенсивные) излучатели*. Рекомендуемая высота размещения обогревателей – от 7 м, максимальная – 15–17 м (при этом рекомендуется на каждый метр при монтаже обогревателя выше 7 м добавлять 5 % тепловой мощности системы лучистого отопления от расчетной, но не более 25 %).

2. *Темные (низкоинтенсивные) излучатели*. Рекомендуемая высота размещения обогревателей – от 4 м, максимальная – 10–12 м (при этом рекомендуется на каждый метр при монтаже обогревателя выше 7 м добавлять 5 % тепловой мощности системы лучистого отопления от расчетной, но не более 25 %).

3. *Супертемные (ленточные) излучатели*. Рекомендуемая высота размещения обогревателей – от 4 м, максимальная – 25–30 м.

Водяные воздухонагреватели (рис. 4.16) имеют ряд положительных характеристик: пожаробезопасность; широкий выбор вариантов исполнения (приточные, приточно-вытяжные); возможность применить их не только для отопления, но и для охлаждения. Свободный выбор источника энергии (котельная на газе, жидком

топливе, дровах (пеллетах), электрическая или с использованием теплового насоса).

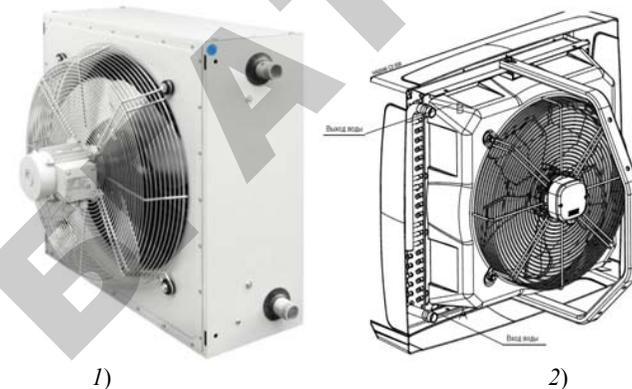


Рис. 4.16. Водяные обогреватели системы воздушного отопления фирмы ApenGroup: 1 – воздушно-отопительный агрегат A30 aeromax line; 2 – воздушно-отопительный агрегат Aqua без диффузоров воздушной струи

Водяные излучающие потолочные панели: рекомендуемая высота размещения обогревателей – от 2,5 м, максимальная – до 40 м.

Электрические воздухонагреватели: простота регулирования и исполнения, низкие капитальные затраты.

Электрические инфракрасные обогреватели: рекомендуемая высота размещения обогревателей – от 2,5 м, максимальная – до 10 м.

Для воздухонагревателей с осевыми вентиляторами, непосредственно размещаемых в помещениях (при горизонтальном размещении), оптимальная высота монтажа – не более 3–4 м. При вертикальном монтаже с раздачей воздуха вертикальными струями максимальная высота монтажа стандартных воздухонагревателей и потолочных вентиляторов (дестратификаторов) – до 18 м.

Дестратификаторы обеспечивают непрерывное перемешивание воздуха в пространствах больших (объемных) помещений, использующихся в промышленных и коммерческих целях. Их применение устраняет перекося температуры и влажности по высоте в помещении, то есть снижают энергозатраты при эксплуатации системы отопления (кондиционирования).

Дестратификаторы монтируются на потолке и управляются с помощью электрошита, оснащенного регулятором скорости. Скорость перемещения воздуха соответствует нормам по обеспечению

гигиены помещений и не превышает 0,1 м/с. Горизонтальный поток воздуха не затрагивает людей и не приводит к перемещению пыли и других легких частиц.

Для воздухонагревателей с центробежными вентиляторами (приточных установок) нет принципиальных ограничений (кроме капитальных затрат) по организации забора воздуха под потолком (на любой высоте).

В производственных помещениях АПК (хлебозаводы, мясокомбинаты и т. п.) при погрузке продукции на машины для транспортировки в магазины широко используют воздушные завесы для предотвращения холодного (теплого) воздуха в помещение.

Воздушной завесой называют как сам поток воздуха, «запечатывающий» дверной проем, так и прибор, который этот поток создает (рис. 4.17). Воздушные завесы предназначены для разделения зон с разной температурой по обе стороны открытых проемов рабочих окон, входных дверей и ворот.



Рис. 4.17. Воздушные завесы:

- 1 – агрегаты серии АВ Airbloc (Великобритания);
2 – агрегаты серии АСR Голландской компании Winterwarm

Правильно установленная воздушная завеса снижает потери тепла на 90 % и улучшает тепловой комфорт в помещении. Кроме очевидной экономии средств и энергии, воздушные завесы не допускают проникновения сквозняков, которые приводят к болезням сотрудников, сохраняют тепло и обеспечивают возможность магазинам держать двери открытыми в зимнее время года для привлечения покупателей.

В летнее время воздушные завесы могут работать без включения нагревательных элементов, оберегая охлаждаемые помещения

от проникновения тепла и удерживая кондиционируемый воздух, защищая от попадания пыли и насекомых.

Утилизация теплоты вытяжного воздуха – это процесс вторичного использования тепловой энергии в системе вентиляции. Теплота вытяжного вентиляционного воздуха – основной вторичный энергоресурс производственных, жилых и общественных зданий. Расход теплоты на нагрев вентиляционного воздуха в жилых зданиях составляет 40–50 % расхода на отопление, в производственных и общественных достигает 40–80 %. В промышленных зданиях кроме теплоты вытяжного воздуха к ВЭР относятся уходящие газы топливоиспользующего оборудования, котельных и др.

Для утилизации теплоты используются теплоутилизационные установки различных типов. Теплоутилизационные установки – это вентиляционно-отопительные установки с утилизацией, использующие теплоту вытяжного воздуха помещений (вторичных тепловых ресурсов, ВЭР) для нагрева свежего приточного воздуха. Они предназначены для вентиляции производственных, животноводческих и общественных помещений. В этом случае в качестве вторичных источников теплоты рассматриваются:

- теплота воздуха, удаляемого системами общеобменной вентиляции, кондиционирования воздуха и местных отсосов;
- теплота потоков жидкостей и газов от технологических установок.

Применяемые в вентиляции и кондиционировании воздуха утилизаторы теплоты удаляемого воздуха подразделяются на четыре типа:

- перекрестноточные и противоточные рекуперативные теплообменники пластинчатого типа;
- регенеративные теплообменники с вращающейся насадкой;
- теплообменники-утилизаторы с промежуточным теплоносителем;
- теплообменники-утилизаторы на тепловых трубках.

Приточно-вытяжные установки (ПВУ, рис. 4.18) предназначены для организации воздухообмена с рекуперацией теплоты в отдельных помещениях различного назначения (производственные, бытовые и т. п.). В холодное время года рекуператор позволяет снизить энергопотребление на нагрев приточного воздуха до 70 %, а летом сокращает расходы на кондиционирование.



Рис. 4.18. Современные ПВУ LuftMeer

ПВУ представляет собой агрегат, состоящий из приточной и вытяжной установки, расположенной в одном корпусе. ПВУ имеют различные конфигурации. Они могут быть крышные, потолочные, подвесные и т. п. Обычно установки комплектуются гибкими вставками, воздушными клапанами, фильтрами, камерами смешения, нагревателями, охладителями и шумоглушителями.

Установки с рекуперацией тепла очищают, нагревают и подают свежий воздух. Они извлекают тепло у выходящего воздуха и передают его поступающему воздуху. Установки имеют производительные и бесшумные вентиляторы, электрический нагреватель. Система автоматики позволяет регулировать воздушный поток и температуру подаваемого воздуха.

Включение установок и управление их производительностью осуществляется, как правило, при помощи тиристорного регулятора оборотов двигателя, который позволяет плавно изменять скорость вращения вентиляторов в диапазоне 0–100 %.

В классе вентиляционного оборудования приточно-вытяжные установки обладают широкой гаммой производительности – от 0,3 до 250 тыс. м³/ч. Теплопроизводительность установок (мощность нагревателя) находится в диапазоне от 6 до 2300 кВт, холодопроизводительность (например, установки КЦКП МАСКАЭРО фирмы ВУТ В (Ventus)) может достигать 1000 кВт.

Серия современных установок «Климат» представляет собой самый популярный в настоящее время класс вентиляционного оборудования, совмещающий систему приточно-вытяжной вентиляции и кондиционер в компактном теплоизолированном корпусе из оцинкованной стали со встроенной системой автоматики.

Внутри установки в изолированных приточном и вытяжном каналах размещены два радиальных вентилятора двустороннего всасывания, два кассетных фильтра, блок реверсивного теплового насоса, электрический (водяной) нагреватель и система автоматики. Реверсивный тепловой насос представляет собой заправленный в заводских условиях герметичный фреоновый контур с установленными в приточном и вытяжном каналах медно-алюминиевыми пластинчатыми теплообменниками.

При работе установки в режиме охлаждения теплообменник в приточном канале является испарителем и охлаждает приточный воздух, а теплообменник-конденсатор охлаждается удаляемым из помещения воздухом. В свою очередь, при работе в режиме нагрева, приточный наружный воздух нагревается от теплообменника, который в данном режиме работы выполняет функцию конденсатора, а расположенный в вытяжном канале теплообменник-испаритель поглощает тепловую энергию удаляемого воздуха. Основные технические характеристики установок «Климат-035», «Климат-042» и «Климат-050» приведены в табл. 4.12.

Таблица 4.12

Технические характеристики ПВУ «Климат»

Наименование характеристики	Номер модели установки		
	98, 108	97, 109	95, 120
1	2	3	4
Максимальная подача и приток воздуха, м ³ /ч	1200	3000	4000
Минимальная подача и приток воздуха, м ³ /ч	300	400	600
Мощность охлаждения воздуха (приток), кВт	4	8	12
Мощность подогрева воздуха (приток), кВт	4,2	8,4	12,6

Окончание табл. 4.12

1	2	3	4
Коэффициент хладопроизводительности	2,9–3,3	2,9–3,3	3,0–3,5
Коэффициент теплопроизводительности	4,1–5,4	4,1–5,4	4,5–5,8
Масса, кг	95,5	203	249

Приточно-вытяжная многофункциональная вентиляционная установка «Климат-7200» (табл. 4.13) предназначена для выполнения следующих функций:

- подача в обслуживаемые помещения свежего приточного воздуха без рециркуляции (смешения с вытяжным воздухом);
- удаление из обслуживаемых помещений отработанного воздуха;
- очистка приточного воздуха от пыли и аэрозолей (в зависимости от класса используемых фильтров степень фильтрации может составлять от EU-3 до EU-7);
- охлаждение или нагрев приточного воздуха с помощью встроенного реверсивного теплового насоса (режим «лето») и нагрев воздуха электрическим нагревателем (режим «зима»).

Таблица 4.13

Технические характеристики ПВУ «Климат-7200» (модель 111)

Наименование характеристики	Значение
Максимальная подача и приток воздуха, м ³ /ч	7200
Минимальная подача и приток воздуха (летний режим), м ³ /ч	5000
Минимальная подача и приток воздуха (зимний режим), м ³ /ч	2800
Мощность охлаждения воздуха (приток), кВт	30,0
Мощность дополнительного подогрева приточного воздуха, кВт	112,0
Коэффициент хладопроизводительности	3,3–4,2
Масса, кг	960

Конструктивно установка состоит из трех блоков. Внутри установки в полностью изолированных приточном и вытяжном каналах

размещены радиальные вентиляторы, фильтры, блок реверсивного теплового насоса, электрические нагреватели и система автоматики. Реверсивный тепловой насос представляет собой заправленные в заводских условиях и замкнутые внутри установки два фреоновых контура с установленными в приточном и вытяжном каналах медно-алюминиевыми теплообменниками. При работе установки в режиме охлаждения теплообменник в приточном канале является испарителем и охлаждает приточный воздух, а теплообменник-конденсатор охлаждается удаляемым из помещения воздухом.

Во всех ПВУ «Климат» использована система автоматизированного управления, которая осуществляет независимое трехступенчатое регулирование скорости приточного и вытяжного вентиляторов и автоматическое переключение режимов «нагрев/охлаждение» согласно показаниям температурных датчиков и настроек пользователя.

Особый интерес вызывают современные вентиляционные агрегаты с рекуперацией теплоты (рис. 4.19 и 4.20, табл. 4.14).



Рис. 4.19. Общий вид вентиляционных агрегатов с рекуперацией теплоты типа RIS HE 2000—5000

Таблица 4.14

Технические характеристики вентиляционных агрегатов с рекуперацией теплоты типа RIS

Наименование характеристики	2000HE	3000HE	4000HE	5000HE
Подача (вытяжка) воздуха, м ³ /ч	2000	3000	4000	5000
Мощность вентиляторов, кВт	1,5	2,5	2,2	3,0
Мощность нагревателя, кВт	15	24	27	33
Масса, кг	328	395	500	570

Вентиляционные агрегаты с рекуперацией теплоты типа RIS HE 2000–5000 (рис. 4.20) очищают, нагревают и подают свежий воздух. Установки извлекают теплоту у выходящего воздуха и передают его поступающему воздуху. Они снабжены производительными и бесшумными вентиляторами (в некоторых установках применяются вентиляторы с ременной передачей). Пластинчатые теплообменники, используемые в теплоутилизационных установках, имеют эффективность теплопередачи 58–62 %, а роторные теплообменники – 74–75 %. Агрегаты предназначены для очистки, подогрева и подачи чистого воздуха в помещения и используется только в системах вентиляции и кондиционирования чистого воздуха.

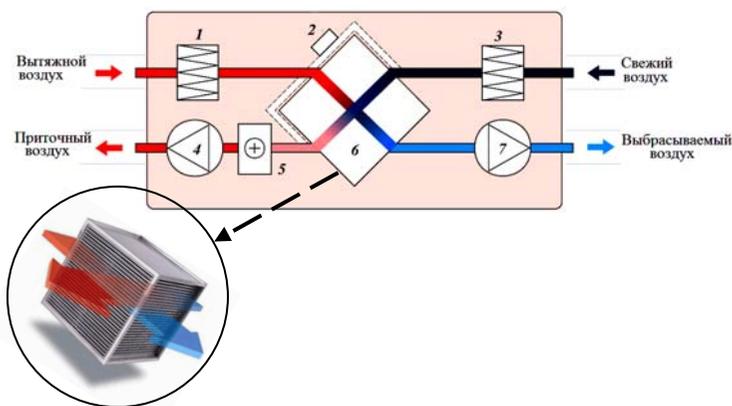


Рис. 4.20. Принципиальная схема вентиляционного агрегата с рекуперацией теплоты типа RIS HE:

- 1 – фильтр для вытяжного воздуха; 2 – воздухообводный клапан;
3 – фильтр для свежего воздуха; 4 – вентилятор приточного воздуха;
5 – электрический нагреватель; 6 – пластинчатый теплообменник;
7 – вентилятор вытяжного воздуха

Компания Systemair выпускает широкую гамму вентиляционных агрегатов с утилизацией теплоты. Они с успехом могут использоваться в системах вентиляции жилых, коммерческих и производственных зданий.

Вентиляционные агрегаты с утилизацией тепла Systemair объединяют и характеризуют следующие особенности: малые габаритные размеры оборудования позволяют использовать его при нехватке свободного пространства; применение интегрированных

и предварительно настроенных наборов автоматики; возможность управления производительностью вентиляторов; высокая энергетическая эффективность пластинчатых и роторных утилизаторов теплоты и низкий уровень шума.

Теплоутилизационные установки (рис. 4.21, табл. 4.15 и 4.16), разработанные в Республике Беларусь, предназначены для обогрева и вентиляции животноводческих и птицеводческих помещений с использованием теплоты удаляемого воздуха.

Таблица 4.15

Технические характеристики утилизационных установок типа УТ

Наименование характеристики	УТ-5	УТ-10	УТ-15	УТ-15В	УТ-20
Подача (вытяжка) воздуха, м ³ /ч	5400	9700	15 200	15 700	16 700
Мощность вентиляторов, кВт	5,5	5,5	15,0	15,0	15,0
Свободное давление на сеть, Па	800				
Масса, кг	1345	2060	2420	2560	2770

Таблица 4.16

Технические характеристики утилизационных установок типа УТ-Ф-12

Наименование характеристики	Значение
Подача (вытяжка) воздуха, тыс. м ³ /ч	12
Тепловая мощность ($\Delta t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$), кВт	64
Количество тепловых трубок, шт.	200
Коэффициент эффективности утилизатора	0,5
Габаритные размеры, мм	3000×2500×1400
Масса, кг	2150

Конструктивно установка представляет собой приточно-вытяжной вентиляционный агрегат. Корпус установки состоит из алюминиевого каркаса, к которому крепятся съемные или несъемные панели из оцинкованной стали с теплоизоляцией толщиной 25 мм. На корпусе крепятся приточные и вытяжные клапаны. Для очистки свежего воздуха в приточном канале устанавливаются воздушные фильтры класса очистки EU-3 или EU-4. Теплоутилизатор представляет собой теплообменник, состоящий из оребренных алюминиевых тепловых трубок.



Рис. 4.21. Общий вид утилизионной установки типа УТ

Для производственных помещений АПК с высокими потолками (хлебозаводы, молокозаводы, мясокомбинаты) особый интерес представляют энергосберегающие диффузоры приточного воздуха BOOSTER, монтируемые подвесом к потолку либо высоко на стене (рис. 4.22). Расход воздуха находится в пределах от 350 до 6500 м³/ч. BOOSTER особенно удобен в помещениях с потребностью в теплоте ночью и ранним утром и потребностью в холоде днем. Верхняя часть диффузора снабжена уникальными аэродинамическими дисками Swegons, нижняя – распределительной системой Varizon. Автоматика регулирует использование верхней и нижней части диффузора.



Рис. 4.22. Размещение диффузоров приточного воздуха на молокозаводе

Обогрев полов в животноводстве обеспечивает ряд преимуществ, способствующих созданию оптимальных температурных режимов в зоне пребывания животных и их защиты от неблагоприятных воздействий окружающей среды в холодный период времени года, продуктивному росту животных и уменьшению риска их заболеваний.

Обогреваемый пол – система, преобразующая электроэнергию в теплоту за счет теплового действия тока в нагревательных элементах, выполненных в виде специальных кабелей или система, использующая теплоту теплоносителя (горячая вода, пар, теплый воздух) для нагрева массива пола.

Для роста животных на начальном этапе важно чтобы температура их тел не снижалась из-за недостаточной температуры пола. Например, для роста поросят в первые 2–3 дня после рождения необходимо поддерживать температуру пола на уровне 30 °С. Затем, в течение месяца температура пола должна понижаться на 3–4 °С в неделю, до 17–18 °С.

В качестве средств местного обогрева молодняка животных, как правило, используют электрическую энергию. Она преобразуется в тепловую энергию непосредственно в электрических приборах. К таким средствам местного обогрева относятся:

- электрообогреваемые полы (рис. 4.23, 4.24);
- электропанели;
- электроковрики;
- ИК-облучатели (табл. 4.17);
- электробрудеры;
- установки комбинированного обогрева и облучения (ИКУФ, ИКУФ-1М).

Таблица 4.17

Технические характеристики ИК-облучателей (U~220 В)

Обозначение оборудования	Мощность, Вт	Диаметр, мм	Длина, мм	Срок службы, ч
ИКЗ 220-500	500	180	267	6000
ИКЗК 220-250	250	130	185	6000
ИКЗК 220-500-1	500	130	195	4000

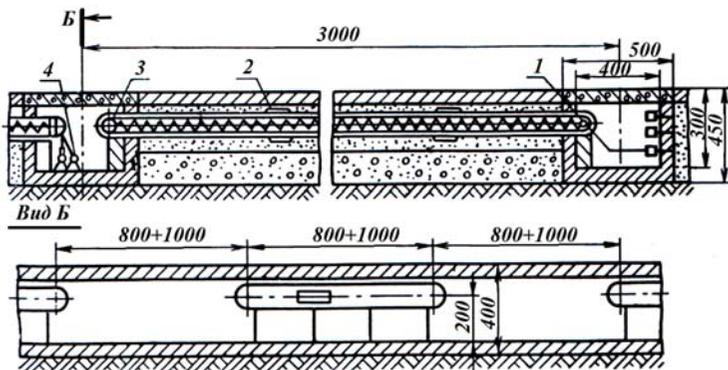


Рис. 4.23. Устройство электрообогреваемого пола с нагревательными элементами в изолированных трубах:
1 – нагревательная спираль из оцинкованной проволоки; 2 – бетон;
3 – изоляционная труба; 4 – шинный канал

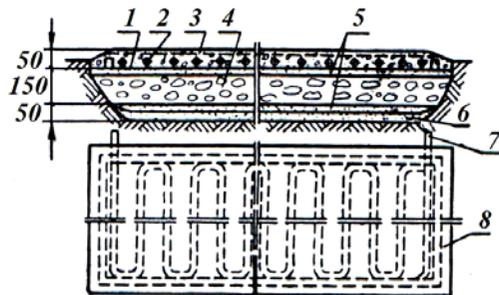


Рис. 4.24. Устройство электрообогреваемого пола с нагревательным проводом:
1 – бетон; 2 – нагревательный провод; 3 – экранная металлическая сетка;
4 – теплоизоляция; 5 – песок; 6 – гидроизоляция; 7 – выводы провода;
8 – деревянная рама

На выделенных участках пола, где требуется проведение монтажа электрообогреваемого пола, выкапывают углубление (0,3–0,6 м), дно которого тщательно уплотняют. В качестве теплоизоляции, кроме котельного шлака, можно использовать керамзит и аналогичные утеплители. Защитная сетка выполняется из стальной проволоки диаметром 3–4 мм с ячейками размером 250×150 мм, которая надежно соединяется с нулевым проводом сети. Ширина обогреваемой полосы зависит от вида животных. В коровнике

обогревают полосу шириной 0,5–0,6 м; в свинарнике-маточнике – 1,3 м; в птичнике с напольным содержанием – 0,2–0,3 от ширины помещения.

В качестве нагревательных элементов используют голые стальные провода (при питании на пониженном напряжении 30–60 В) и специальные одножильные провода марок ПОСХП, ПОСХВ, ПОСХВТ (допускают подключение на фазное напряжение до 220 В) и нагревательные кабели.

Длина и площадь сечения нагревательного элемента обуславливаются, с одной стороны, допустимыми температурами провода и поверхности пола, а с другой – его электрическими свойствами. Необходимо учитывать, что выпускаемые промышленностью стальные провода имеют диаметр 1,8–5,0 мм, а ПОСХП и ПОСХВ – 1,1–3,0 мм (моноклассическая жила) и сечение 0,75–6 мм² (многопроволочная жила).

Технические характеристики проводов приведены в табл. 4.18.

Таблица 4.18

Основные технические данные нагревательных проводов

Провод	Изоляция	Допустимая температура жилы, °С	Погонное сопротивление при $t_{\text{раб}}$, Ом/м	Максимальная удельная мощность, Вт/м
1	2	3	4	5
ПОСХП	полиэтиленовая	95	0,194	12–13
жила	моноклассическая	диаметр = 1,1; 1,2; 1,4; 1,8; 2,0; 3,0 мм		
	многопроволочная	сечение = 0,75; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0; 6,0 мм ²		
ПОСХВ	поливинилхлоридная	70	0,174	9–10
жила	моноклассическая	диаметр = 1,1; 1,2; 1,4; 1,8; 2,0; 3,0 мм		
	многопроволочная	сечение = 0,75; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0; 6,0 мм ²		
ПОСХВТ	полиэтиленовая с поливинилхлоридной оболочкой	95	0,174	10–12

Окончание табл. 4.18

1	2	3	4	5
жила	монолитная	диаметр = 1,1; 1,2; 1,4; 1,8; 2,0; 3,0 мм		
	многопроволочная	сечение = 0,75; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0; 6,0 мм ²		
стальной	нет	300	0,15–0,02	20–30

Различают резистивные и саморегулируемые кабели. Резистивный кабель представляет собой один или два тонких металлических спиральных проводника, заключенных в изоляцию. Однопроводный кабель подключается обоими концами. Для двухпроводных кабелей возможно подключение с одного конца, при этом на втором конце проводники соединяются накоротко и изолируются. Во многих случаях возможность подключения с одного конца обеспечивает преимущество, поскольку при этом требуется меньшая длина подводящих кабелей.

Достоинством является низкая стоимость, отсутствие пусковых токов, постоянство мощности по времени.

Недостатки: возможность локального перегрева кабеля, появление при монтаже холодных зон в начале и конце контура.

Рекомендуемые параметры для расчета электрообогреваемых полов и панелей отражены в табл. 4.19.

Таблица 4.19

Рекомендуемые параметры для расчета электрообогреваемых полов и панелей

Вид животных	Рекомендуемая температура пола, °С	Поверхностная мощность пола Вт/м ²	Линейная мощность нагревателей, Вт/м	Рекомендуемый шаг укладки, м
Цыплята	35–40	150–300	7,5–30	0,05–0,10
Поросята	25–30	100–200	7–20	0,10–0,15
Свиньи на откорме	18–20	80–150	12–30	0,15–0,20
Больные коровы	26–29	150–190	22–40	0,15–0,20
Телята	20–24	100–150	10–22	0,10–0,15

Правильный выбор длины и сечения нагревательного элемента возможен только при совместном решении электротехнической

и теплотехнической задач с учетом работоспособности при температуре, обусловленной технологией.

5. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛОСЕТЕЙ

Тепловые сети являются важнейшей составляющей общей системы теплоснабжения, основные направления развития которой определены в «Концепции развития теплоснабжения в Республике Беларусь на период до 2020 г.» (утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь 18.02.2010 г. № 225, Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь 22 февраля 2010 г. N 5/31300). В этом документе определены требования к оборудованию, вопросы балансовой принадлежности тепловых сетей, развития тепловых источников, тарифной политики, взаимоотношений теплоснабжающих организаций и потребителей, управления системами теплоснабжения, нормативной базы, демонополизации и формирования рыночных отношений.

Состояние тепловых сетей в республике Беларусь говорит о необходимости решения проблем энергосбережения и экономии ресурсов. Это требует применения принципиально новых технологичных и энергетически эффективных инженерных систем в строительстве и модернизации тепловых сетей, особенно в сельской местности. В настоящее время действующие тепловые сети³ характеризуются высокой степенью износа. Около 25 % тепловых сетей превысили нормативный срок эксплуатации (30 лет). Эту проблему необходимо срочно решать, иначе ситуация может стать катастрофической.

С целью конкретизации общих положений концепции по развитию теплоснабжения предусматривается сконцентрировать основное внимание на следующие направления развития тепловых сетей:

- строительство тепловых сетей при подземной прокладке с использованием предварительно изолированных труб;
- строительство тепловых сетей при надземной прокладке с высокоэффективной теплоизоляцией;
- оснащение зданий индивидуальными тепловыми пунктами по независимой схеме (при технической возможности и обеспечении

³ Общая протяженность тепловых сетей на начало 2014 г. составляла 5,7 тыс. км, при этом средние потери тепловой энергии составили 9,55 % [40].

температурных параметров теплоносителя), оборудованными средствами автоматического регулирования и учета потребления тепловой энергии;

– развитие существующих и проектирование новых автоматизированных систем управления технологическими процессами тепловых сетей.

Обновление основных производственных фондов, подключение новых потребителей в соответствии с темпами ввода жилья, приемка дополнительных тепловых нагрузок от жилищно-коммунальных организаций и промышленных потребителей требует ежегодной замены 100–120 км трубопроводов (в однострубно́м исчислении) в системе ГПО «Белэнерго», а также 550–660 км в системе жилищно-коммунального хозяйства.

Беларусь является страной с высоким уровнем централизованного теплоснабжения с преобладающим способом прокладки тепловых сетей в виде прокладки в непроходных каналах с минераловатной теплоизоляцией. Увлажнение применяемых материалов в процессе эксплуатации резко снижает теплозащитные свойства теплоизоляционных конструкций, что приводит к непроизводительным потерям теплоты превышающим нормируемые. Следует помнить, что непроизводительные потери тепловой энергии – это потери, обусловленные неудовлетворительным техническим состоянием теплоиспользующего оборудования и тепловых сетей или неудовлетворительной организацией их эксплуатации. Нормируемые потери тепловой энергии – это сумма нормируемых потерь тепловой энергии через изоляцию трубопроводов и с утечкой теплоносителя из тепловых сетей.

Основным условием нормального функционирования систем теплоснабжения является обеспечение в тепловых сетях, перед тепловыми пунктами потребителей, располагаемого напора, достаточного для возникновения в системах теплоснабжения расхода теплоносителя, соответствующего их тепловой потребности. Однако из-за низкой гидравлической устойчивости тепловых сетей при различных возмущениях в них происходит разрегулировка – тем большая, чем ниже их гидравлическая устойчивость.

Регулирование тепловой сети сводится к регулировке функционирования отдельных систем теплоснабжения путем изменения при необходимости гидравлического сопротивления, установленных дросселирующих устройств. Критериями правильности регулирования тепловых сетей являются следующие показатели:

- установление расчетного расхода теплоносителя в тепловой сети и в каждой из систем теплоснабжения;
- соблюдение необходимого температурного перепада в каждой из систем теплоснабжения;
- поддержание в отапливаемых зданиях расчетной температуры воздуха.

Кроме того, необходимо помнить, что регулированию тепловой сети обязательно должны предшествовать тщательное обследование системы теплоснабжения и разработка оптимальных для конкретной тепловой сети эксплуатационных режимов. На основании этого должны быть разработаны и осуществлены в полном объеме наладочные (оптимизационные) мероприятия. Без разработки для теплосети оптимального гидравлического режима и оптимизационных мероприятий и их выполнения в полном объеме не возможно добиться положительных результатов.

Наиболее эффективным решением поставленных выше проблем является широкое внедрение в практику строительства тепловых сетей трубопроводов с пенополиуретановой теплоизоляцией типа «труба в трубе» (рис. 5.1 и 5.2).

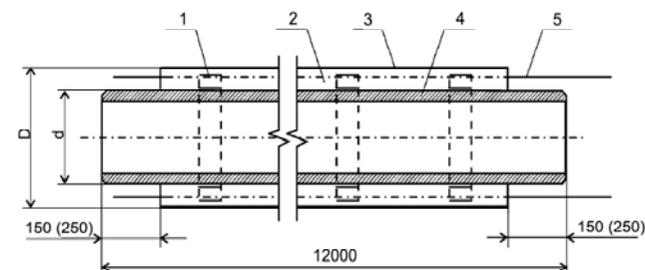


Рис. 5.1. Конструкция теплоизолированной трубы
1 – центрирующая опора; 2 – изоляция из пенополиуретана;
3 – труба-оболочка из полиэтилена; 4 – стальная труба;
5 – проводники-индикаторы системы оперативного дистанционного контроля за увлажнением теплоизоляции

Потери теплоты в трубах новой конструкции минимальны, а сама конструкция позволяет полностью исключить наружную коррозию трубопровода. При этом исполнение трубопроводов показывает высокую надежность и долговечность теплосети, а также значительное снижение эксплуатационных расходов после запуска теплосети в действие. Новые конструкции имеют еще одно важное

преимущество – систему оперативного дистанционного контроля за увлажнением изоляции, что позволяет своевременно реагировать на нарушение целостности стальной трубы или полиэтиленового гидроизоляционного покрытия и заранее предотвращать утечки и аварии.



Рис. 5.2 Расположение ПИ-труб в канале (без соединительных муфт)

Одним из энергосберегающих решений устройства тепловых сетей также является использование гибких полимерных теплоизолированных трубопроводов с тепловой изоляцией из полужесткого пенополиуретана и гидрозащитным покрытием (рис. 5.3). Напорная труба изготавливается из сшитого полиэтилена, который позволяет транспортировать теплоноситель с рабочей температурой до 95 °С.

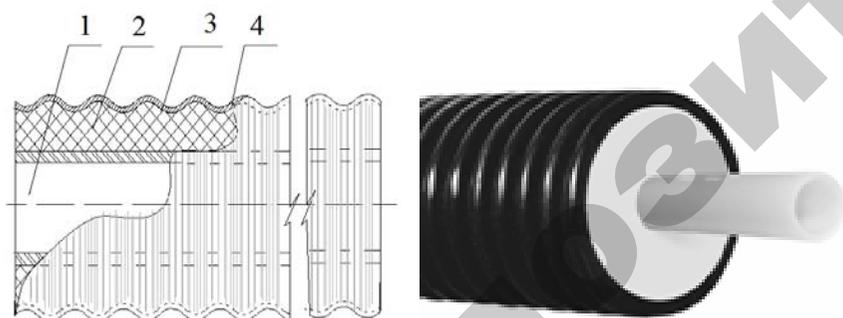


Рис. 5.3. Гибкая ПИ-труба ИЗОПЕКС:
1 – труба ПЭКС; 2 – пенополиуретановая изоляция;
3 – полиэтиленовая пленка;
4 – гофрированная гидрозащитная оболочка

Достоинства полимерных теплоизолированных трубопроводов весьма показательно можно отобразить путем сравнения с металлическими аналогами.

Первое. Гибкие трубы поставляются на строительную площадку длинномерными отрезками до 200 м в бухте или на специальном барабане. Металлические трубы – кусками по 8–12 м. Таким образом, на объект протяженностью в один километр приходится по 5–10 стыковых соединений при укладке теплотрассы при помощи гибких полимерных труб и около 100 соединений – при использовании металлических труб.

Второе. При монтаже полимерных трубопроводов не нужны сварочные работы, соединение труб производится при помощи специальных фитингов. Монтаж одного фитинга занимает 10–15 мин и не требует работы высококвалифицированных сварщиков.

Третье. Срок службы полимерного трубопровода составляет не менее 50 лет, в то время как металлическая труба (в зависимости от качества транспортируемой по ней воды) в среднем служит только 10–20 лет.

Использование гибких полимерных трубопроводов значительно сокращает время на проведение монтажных работ, что ведет к удешевлению прокладки теплотрассы. Помимо этого достигается значительный экономический эффект за счет снижения затрат на сопутствующие материалы, необходимые для теплоизоляции стыковых соединений.

Однако при их использовании возникает ряд серьезных трудностей. Распространенные на Западе гибкие теплоизолированные трубы, предлагаемые компаниями Brugg Rohrsysteme, Rehau, Uronor, Logstor, Isoplus и др., имеют ограниченные диаметры (как правило, до 110 мм) и были разработаны для небольших квартальных тепловых сетей с умеренными тепловыми нагрузками. Поэтому их распространение на рынке Республики Беларусь ограничивается теплоснабжающими организациями небольших городов с населением в несколько десятков тысяч человек, небольшими предприятиями перерабатывающей области АПК, а также коттеджными застройками и агрогородками.

Как указано в правилах [27], водяные тепловые сети из гибких ПИ-труб в период эксплуатации не должны подвергаться ежегодным гидравлическим испытаниям, а также испытаниям на расчетную температуру и тепловые потери, проверкам на наличие

потенциала блуждающих токов. Это также приводит к экономии средств и рабочего времени. Основные показатели гибких ПИ-труб приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Показатели свойств полиэтиленовой трубы

Наименование показателя	Значение
Средний коэффициент линейного теплового расширения полиэтилена K^{-1} при температурах от 0 до 70 °С	$1,5 \cdot 10^{-4}$
Теплопроводность полиэтиленовой трубы, Вт/(м·К)	0,38
Теплопроводность полиэтиленовой оболочки, Вт/(м·К)	0,43
Теплопроводность тепловой изоляции из пенополиуретана при средней температуре 50 °С, Вт/(м·К)	Не более 0,033

Кроме этих ПИ-труб широко используются аналогичные гибкие трубы типа «Изопрофлекс» и «Касафлекс» (рис. 5.4 и 5.5), разработанные и изготавливаемые в СНГ (в том числе и в Республики Беларусь).



Рис. 5.4. Прокладка гибких труб «Касафлекс»

Впервые при создании трубы применен армирующий слой (кевлар), позволяющий использовать трубу при значительно большем давлении без увеличения толщины стенки напорной трубы. Подобной технологией нанесения армирующего слоя не владеет ни одна из ведущих профильных компаний в мире. Новая технология

получила название «Изопрофлекс». Эксплуатационные характеристики труб «Изопрофлекс» позволяют использовать их в тепловых сетях с температурой теплоносителя до 95 °С и давлением до 10 бар. Для сетей с более высокими рабочими характеристиками предназначены трубы «Касафлекс». Напорная труба в них гофрированная, что позволяет конструкции оставаться гибкой, и изготовлена из хром-никелевой нержавеющей стали, стойкой к хлорированной воде тепловых сетей. Эксплуатационные характеристики труб «Касафлекс» позволяют использовать теплоноситель с температурой до 130 °С (кратковременно до 150 °С) под давлением до 16 бар.

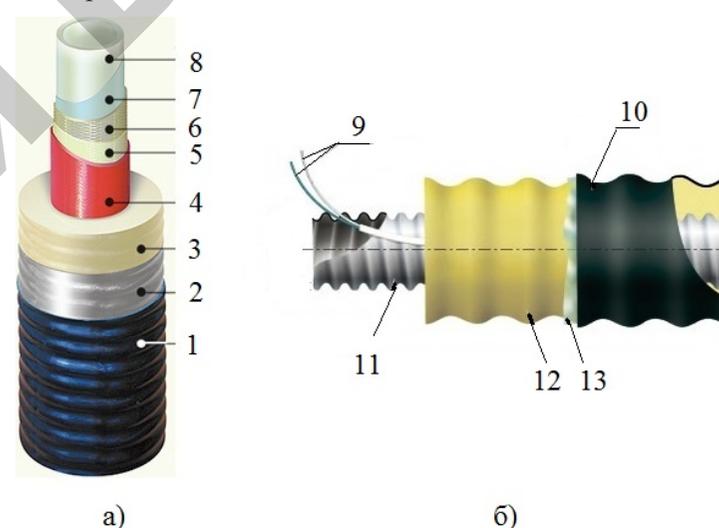


Рис. 5.5. Гибкие ПИ-трубы Изофлекс (а) и Касафлекс (б):

- 1 – защитная оболочка из полиэтилена высокого давления;
- 2 – технологическая коронирующая пленка; 3 – полужесткий пенополиуретан;
- 4 – композиция на базе сополимера этилена; 5 – адгезив (кислородно-защитный слой);
- 6 – армирующий слой (кевлар); 7 – адгезив; 8 – труба РЕХ-а;
- 9 – сигнальный кабель; 10 – защитная оболочка из полиэтилена;
- 11 – напорная гофрированная труба; 12 – теплоизоляция из пенополиуретана;
- 13 – барьерный слой

В некоторых тепловых пунктах систем отопления заданий до сих пор используют насосные узлы смешения и элеваторные узлы. Поскольку элеваторные узлы практически не допускают возможности энергетически эффективной модернизации системы отопления

и несовместимы с термостатическими клапанами, то их необходимо заменить насосными смесительными схемами и независимыми системами с теплообменником. А установка балансировочных клапанов позволит оптимизировать работу тепловых пунктов, обеспечив проектные расходы на всех нагрузках и соответственно получив их проектную теплоотдачу, а также корректную температуру обратной воды. При этом достигается значительная экономия энергии и увеличение срока службы оборудования.

Повышение энергетической эффективности тепловых сетей состоит в следующем:

- оптимизация сечения трубопроводов при перекладке;
- прокладка трубопроводов «труба в трубе» с пенополиуретановой изоляцией;
- замена минераловатной изоляции на пенополиуретановую с металлическими отражателями;
- электрохимическая защита металлических трубопроводов;
- применение систем дистанционной диагностики состояния трубопроводов;
- применение обоснованных режимов снижения температуры теплоносителя;
- исключение подсоса грунтовых и сточных вод в подземные теплотрассы;
- установка тепловых счетчиков на центральных тепловых пунктах (ЦТП);
- замена малоэффективных кожухотрубных теплообменников на ЦТП на пластинчатые с устранением течей;
- установка частотно регулируемых приводов для поддержания оптимального давления в сетях (экономия электроэнергии 20–25 % и снижение аварийности);
- закрытие малоэффективных и ненагруженных котельных;
- проведение мероприятий по оптимизации тепловых режимов здания ЦТП и вторичному использованию теплоты обратной сетевой воды и вытяжной вентиляции;
- применение блочных тепловых пунктов при модернизации их абонентских вводов;
- установка регулируемых вентилях на подаче теплоты на нагруженные участки теплотрасс;
- использование мобильных измерительных комплексов для диагностики состояния и подачи теплоты, а так же для регулирования отпуска теплоты;

- установка тепловых счетчиков на входах тепловой подачи зданий;
- внедрение автоматизированных комплексов диспетчеризации ЦТП;
- комплексная гидравлическая балансировка теплосетей;
- премирование работников осуществляющих эксплуатацию теплосетей и ЦТП с учетом показателей энергетической эффективности.

В общем случае блочный тепловой пункт должен состоять из комбинации следующих составляющих:

- узла учета и регулирования тепловой энергии для учета фактического расхода теплоносителя и теплоты, а также регулировки (снижения) расхода теплоносителя в соответствии с заданным графиком температуры;
- узла отопления для обеспечения требуемого расхода тепловой энергии с учетом погодных условий, времени суток, дней недели и пр.;
- узла горячего водоснабжения для поддержания нормативной температуры воды (55–60 °С) в системе горячего водоснабжения;
- узла вентиляции для регулирования расхода тепловой энергии в соответствии с погодными условиями и временем суток.

Применение блочных тепловых пунктов, по сравнению с традиционным абонентским вводом, позволяет:

- снизить затраты на создание теплового пункта;
- сэкономить тепловую энергию и денежные средства;
- повысить надежность теплоснабжения здания;
- упростить дальнейшую модернизацию (автоматизацию) инженерных систем зданий.

6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСТАНОВОК КОМБИНИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ

Традиционные способы получения тепловой и электрической энергии связаны с использованием специального оборудования, к которому относятся:

- тепловые электрические станции на органическом топливе (ТЭС) с использованием в турбинах водяного пара (паротурбинные установки – ПТУ), продуктов сгорания (газотурбинные установки – ГТУ), их комбинации (парогазовые установки – ПГУ);

- гидравлические электрические станции (ГЭС), использующие энергию падающего потока воды, течения, прилива;
- атомные электрические станции (АЭС), использующие энергию ядерного распада.

Тепловые электрические станции, в свою очередь, можно разделить:

- на конденсационные электрические станции (КЭС), производящие только электроэнергию (они называются также ГРЭС – государственные районные электростанции);
- теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) – электрические станции с комбинированной выработкой электрической и тепловой энергии;
- мини-ТЭЦ (малая теплоэлектроцентраль) – теплосиловые установки, служащие для совместного производства электрической и тепловой энергии в агрегатах единичной мощностью до 25 МВт;
- когенерационные установки⁴ (они предполагают совместное производство различных продуктов, которыми могут быть, как электрическая и тепловая энергия, так и другие продукты, например, тепловая энергия и углекислый газ, электрическая, тепловая энергия и холод и т. д.).

Технология преобразований энергии на ТЭС (КЭС) может быть представлена в виде цепи следующих превращений:

внутренняя химическая энергия топлива → тепловая энергия воды (пара) → механическая энергия вращения → электрическая энергия

Основным показателем энергетической эффективности электростанции является коэффициент полезного действия (КПД) по отпуску электрической энергии, называемый электрическим коэффициентом полезного действия электростанции (КПД_Э). Он определяется отношением отпущенной (выработанной) электроэнергии к затраченной энергии (теплоте сожженного топлива) и составляет 33–40 %.

Теплоэлектроцентрали отпускают электроэнергию потребителю, как и КЭС, и кроме того тепловую энергию в виде пара и горячей воды для технологических нужд производства и горячей воды для коммунально-бытового потребления (отопление, горячее водоснабжение).

⁴ Термин когенерационные установки (англ. – «совместное производство») используется в качестве синонима терминов мини-ТЭЦ и ТЭЦ.

При комбинированной выработке в тепловую сеть отдается главным образом теплота отработавшего в турбинах пара (или газа), что приводит к снижению расхода топлива.

На рис. 6.1, а представлена схема ТЭЦ с турбинами с ухудшенным вакуумом. Давление в конденсаторе турбины поддерживается такое, чтобы температура насыщения пара была достаточно высокой для нужного нагрева охлаждающей воды в конденсаторе.

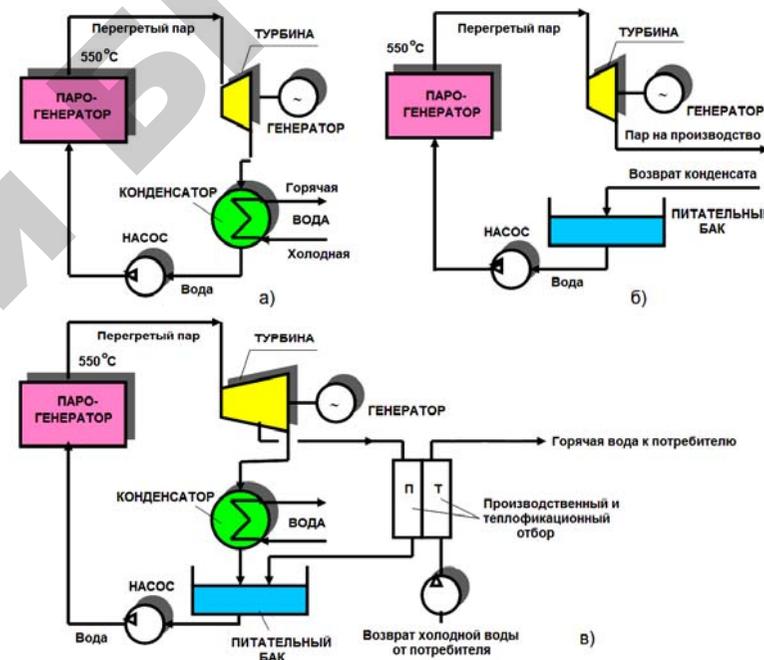


Рис. 6.1. Принципиальные схемы современных теплоэлектроцентралей

На рис. 6.1, б изображена схема ТЭЦ, в которой применены так называемые турбины с противодавлением. В установках этого типа конденсатор отсутствует, а отработавший пар из турбины направляется по паропроводу на производство, где он отдает теплоту и конденсируется; с производства конденсат возвращается для питания котлов. Давление пара на выходе из турбины определяется потребностями производства. На рис. 6.1, в показана схема ТЭЦ с турбинами с отбором пара. В этой схеме часть пара достаточно высоких параметров отбирается из промежуточных ступеней турбины.

Отработанный пар может быть либо направлен на производство, либо в специальные подогреватели-теплообменники, в которых этот пар нагревает воду, используемую для отопительных целей.

Современные ТЭЦ имеют КПД до 90–92 %, но, работая между двумя режимами в зависимости от потребления теплоты относительно производства электричества, КПД ТЭЦ обычно составляет 70–75 %, а «энергетический КПД» достигнутого производства теплоты обычно составляет 200 % (по сравнению с КЭС, ТЭЦ приблизительно удваивает использование содержащейся в топливе энергии). Кроме того, комбинированное производство теплоты и электроэнергии обычно экономит около 30 % топлива по сравнению с раздельным производством электричества и теплоты [32].

Мини-ТЭЦ – компактная энергетическая установка на базе поршневого двигателя внутреннего сгорания, работающая на природном газе и вырабатывающая одновременно тепловую и электрическую энергию. Мини-ТЭЦ предназначены для комбинированного производства электрической энергии переменного тока и тепловой энергии в виде горячей воды или пара. Использование этого оборудования позволяет потребителю стать независимым от перебоев электроэнергии или ее нехватки, одновременно получая автономное теплообеспечение.

Мини-ТЭЦ может располагаться вне здания или внутри, за счет чего имеет несколько вариантов исполнения: базовое, открытое (без кожуха глушения шума), в кожухе или в контейнере. Мини-ТЭЦ возможно устанавливать на любых новых строящихся объектах: промышленных производствах, торговых комплексах, офисных центрах, жилых микрорайонах и коттеджных поселках.

Достоинствами мини-ТЭЦ являются:

- комбинирование процесса производства электроэнергии и теплоты;
- низкая стоимость единицы тепловой и электрической мощности;
- качество и бесперебойность энергоснабжения;
- соответствие европейским экологическим стандартам;
- низкий срок окупаемости и большой ресурс энергоблока и оборудования;
- непосредственная близость к конечному потребителю и связанное с этим отсутствие затрат на сооружение коммуникаций и неизбежных потерь при передаче энергии по сетям;

- позволяет избежать затрат на строительство дорогостоящих высоковольтных линий электропередач (ЛЭП);
- компактность установок мини-ТЭЦ;
- оперативность ввода в эксплуатацию мини-ТЭЦ;
- оптимальное соответствие режиму многократного пуска и остановки;
- низкая себестоимость производимой энергии мини ТЭЦ;
- простота и удобство в эксплуатации – весь процесс управления работой станции полностью автоматизирован;
- высокая надежность основных узлов и агрегатов.

Еще одним фактором, выступающим в пользу автономных ТЭЦ, является их экологическая безопасность. Подобные установки имеют низкий уровень вредных выбросов (CO и NO_x) в атмосферу и соответствуют нормам по выбросам. При необходимости уровень выбросов NO_x можно снизить в два раза регулировкой двигателя (за счет незначительного снижения КПД порядка 1–2 %), уровень выбросов CO можно снизить установкой в систему выхлопа дополнительных окислительных катализаторов.

В качестве топлива в мини-ТЭЦ используются:

- *газообразное топливо*: природный газ магистральный, природный газ сжиженный и другие горючие газы;
- *жидкое топливо*: нефть, мазут, дизельное топливо, биодизель и другие горючие жидкости;
- *твердое топливо*: уголь, древесина, торф и прочее биотопливо.

Наиболее эффективным топливом является магистральный природный газ, а также попутный газ.

Так как работа установки полностью автоматизирована, постоянного нахождения оператора на рабочем месте не требуется. При необходимости, мониторинг работы мини-ТЭЦ можно отслеживать удаленно через сеть Интернет. В качестве двигателя мини-ТЭЦ могут использоваться поршневой двигатель (внутреннего сгорания), газовая турбина, паровая турбина, а также их комбинации.

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) применяются для привода автономных электростанций, которые часто используются в качестве резервных источников электроэнергии или в местностях, где отсутствует централизованное энергоснабжение. При оснащении теплообменным оборудованием или котлом-утилизатором они

преобразуются в мини-ТЭЦ, при этом для отопления и горячего водоснабжения используется теплота выхлопных газов, а в моделях с глубокой утилизацией – еще и теплота систем охлаждения и смазки. В механическую работу преобразуется около трети энергии топлива. Остальная ее часть превращается в тепловую.

Кроме дизельных ДВС используются также газовые и газодизельные. Первый может быть оборудован несколькими карбюраторами, что дает возможность работать на нескольких сортах газа.

Широко используются в энергетике газотурбинные двигатели, несмотря на то что они уступают поршневым по размеру удельных капложений в производство электрической и тепловой энергии (около 20 %). Основные части газотурбинного двигателя – газогенератор и силовая турбина, они размещаются в одном корпусе. Газогенератор включает в себя турбокомпрессор и камеру сгорания, где создается высокотемпературный поток газов, который воздействует на лопатки силовой турбины. За счет утилизации теплоты выхлопных газов с помощью теплообменника, водогрейного или парового котла-утилизатора обеспечивается тепловая производительность.

Когенерация представляет собой современный, высокоэффективный и одновременно экологический способ производства электроэнергии. Возникающая в процессе когенерации теплота не выбрасывается в атмосферу, а используется для отопления или в производственных целях. Благодаря использованию этой теплоты в системе отопления зданий или для подогрева воды, исключается необходимость дополнительного приобретения теплоты из других источников, что экономит значительные финансовые средства. Кроме того, благодаря совмещенной технологии получения энергии эффективность от использования топлива существенно отражается в экологических показателях по количеству содержания CO_2 в выбросах. Когенерация отличается высокой мерой полезного использования энергии, содержащейся в топливе, которая может составить около 95 %.

Когенерационные установки представляют собой сложное технологическое оборудование, предназначенное для совместного производства тепла и электроэнергии (рис. 6.2). Когенерационная установка включает следующие главные узлы и компоненты: двигатель внутреннего сгорания, генератор, систему теплообменников

и систему управления, позволяющую управлять установкой как на месте, так и из удаленного места посредством компьютера или сотового телефона.

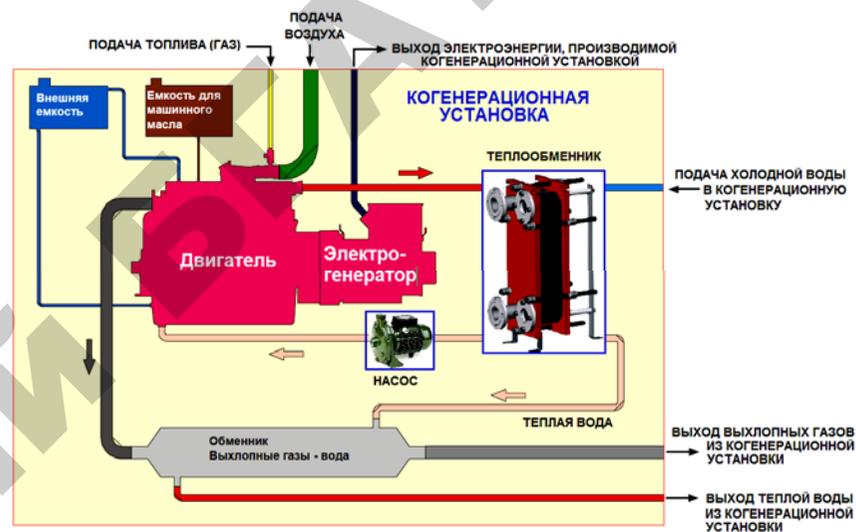


Рис. 6.2. Принципиальная схема когенерационной установки (мини-ТЭЦ)

Основным топливом для сжигания в когенерационных установках является природный газ. Однако в последнее время резко увеличивается объем оборудования, работающего на биогазе, свалочном газе, канализационном газе или при сжигании альтернативных видов топлива, как например, рудничный газ, попутный газ и т. п.

На рынке когенерационных установок на современном этапе отметились как лидеры фирмы ELTECO, FITER, GE Jenbacher, TEDOM и др.

Стандартное исполнение когенерационных установок:

- без защитного от шума кожуха (одним из вариантов такого исполнения является отделение теплового модуля от модуля двигатель-генератор; такое техническое решение предлагается для когенерационных установок больших мощностей);
- компактное блочное исполнение в защитном от шума кожухе (преимуществом этого варианта является короткий срок инсталляции и низкий уровень шума; установки в таком исполнении пользуются максимальным спросом);

– в контейнере (предназначено для размещения на открытом пространстве вне жилых или промышленных объектов; преимуществом такого исполнения является быстрая инсталляция и устойчивость от климатических воздействий);

– исполнение типа Basic (в закрытом специальном помещении).

По сравнению с альтернативным способом производства электроэнергии с использованием возобновляемых источников энергии, как, например, солнце или ветер, несомненным преимуществом когенерации является возможность поставлять электроэнергию в точно определенном объеме. Таким образом, когенерацию можно отнести к регулируемым источникам энергии. С помощью централизованной системы управления несколькими когенерационными установками можно создать так называемые распределенные электростанции (иногда называемые виртуальными электростанциями), т. е. системы, состоящие из большого количества малых источников электроэнергии, расположенных в различных регионах, которые работают как один источник большой мощности. Эти электростанции способны обеспечить и некоторые системные службы, выравнять колебания в поставке электричества из солнечной и ветровой энергии.

На схеме ниже (рис. 6.3) наглядно указан принцип экономии энергии посредством когенерации.



Рис. 6.3. Преимущество комбинированного способа производства тепловой и электрической энергии

Применение технологии одновременного производства электроэнергии и тепла повышают эффективность электростанции на 30–40% и достигают расчетного суммарного КПД в размере до 95%, а стоимость вырабатываемой электроэнергии значительно дешевле тарифов

центральной электросети. Использование когенерационных установок (мини-ТЭЦ) выгодно за счет отсутствия потерь электроэнергии и теплоты, а также необходимости постоянного ремонта старых теплотрасс.

Тригенерация – это комбинированное производство электрической, тепловой энергии и холода. Холод вырабатывается абсорбционной холодильной машиной, потребляющей не электрическую, а тепловую энергию. Тригенерация является выгодной, поскольку дает возможность эффективно использовать утилизируемую теплоту не только зимой для отопления, но и летом для кондиционирования помещений или для технологических нужд. Такой подход позволяет использовать когенерационную установку круглый год с высокой эффективностью.

Охлаждение воды в тригенерационной установке (рис. 6.4) происходит за счет процесса абсорбции горячей воды. Кроме того, при подключении компрессорных холодильных установок к тригенерационной установке можно получить не только охлажденную воду, но и температуры ниже 0 °С. Выгода от использования тригенерационной установки по сравнению с когенерационной очевидна, поскольку ее использование позволяет эффективно распределять излишки теплоты, получаемые при работе газопоршневой установки.

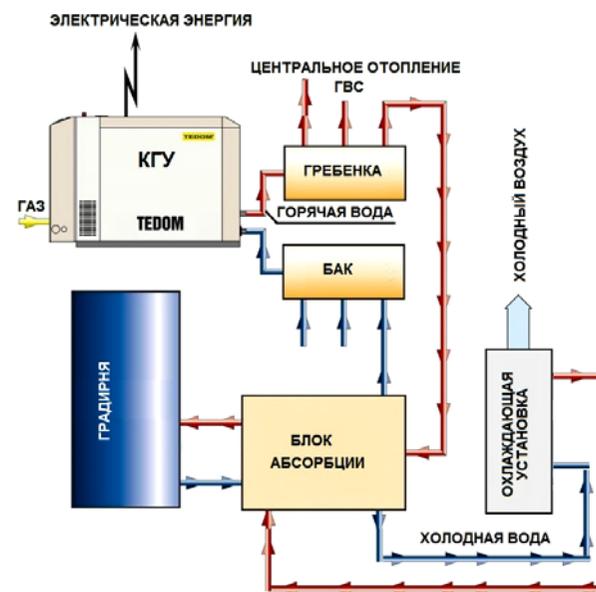


Рис. 6.4. Типовая схема тригенерационной установки для охлаждения воды

Именно вопрос утилизации теплоты в летнем периоде часто ведет к снижению нагрузки когенерационных установок, или к эксплуатации когенерационных установок мощностей меньших, чем действительно требуется. При использовании теплоты для производства холода когенерационная установка может и летом работать на полную мощность, а полученная теплота будет использоваться по назначению, где требуется кондиционировать внутренние помещения – в банках, гостиницах, торговых и административных центрах, больницах, спортивных комплексах и т. д.

Преимущества тригенерации заключаются в экономичности (для выработки холода используются излишки теплоты); минимальном износе (простая конструкция чиллера – установки охлаждения воды); малой шумности (абсорбционная установка работает бесшумно); экологичности (вода используется в качестве хладагента); высокой эффективности (КПД достигает 92–95 %).

Ключевым узлом в схемах тригенерации является абсорбционная холодильная машина (АБХМ). Абсорбционные холодильные машины – это отдельный класс устройств, который применяют для выработки холода для кондиционирования воздуха и иных процессов охлаждения. АБХМ безопасны для окружающей среды, работают на натуральных холодильных агентах (хладагентах), а в качестве топлива используются – нефть, газ или их производные, биотопливо, пар, горячая вода, солнечная энергия или избыток тепловой энергии газовых турбин – поршневых электростанций. АБХМ выпускаются такими известными фирмами как Carrier, Trane, York, Century, Broad.

Пример тригенерационной установки, сочетающей когенерационную установку с АБХМ, позволяющей использовать для охлаждения избыток теплоты горячей воды представлен на рис. 6.5. Схема тригенерации с использованием двух когенерационных модулей и АБХМ представлена на рис. 6.6.

Принцип действия АБХМ основан на том, что вода в условиях вакуума испаряется при низких температурах, и при испарении уносит тепло от воздуха системы кондиционирования. В АБХМ раствор бромистого лития (LiBr) – очень сильный абсорбент воды – поглощает пар (переносящий теплоту охлаждающей воды), превращаясь в разбавленный раствор, который откачивается в генератор,

где выпаривается, нагреваясь от горячего пара, воды, выхлопных газов и т. п. Концентрированный раствор LiBr возвращается в абсорбер, а водяной пар направляется в конденсатор, чтобы процесс повторился. КПД абсорбционных холодильных машин равен 0,64–0,66.

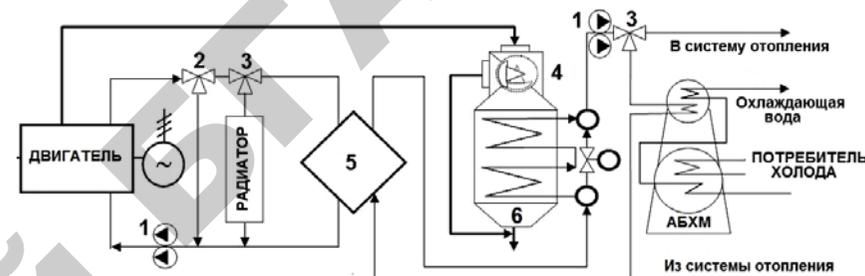


Рис. 6.5. Упрощенная принципиальная схема тригенерации:
1 – циркуляционные насосы; 2 – термостат; 3 – трехходовой клапан;
4 – регулирующая заслонка; 5 – промежуточный теплообменник;
6 – котел-утилизатор

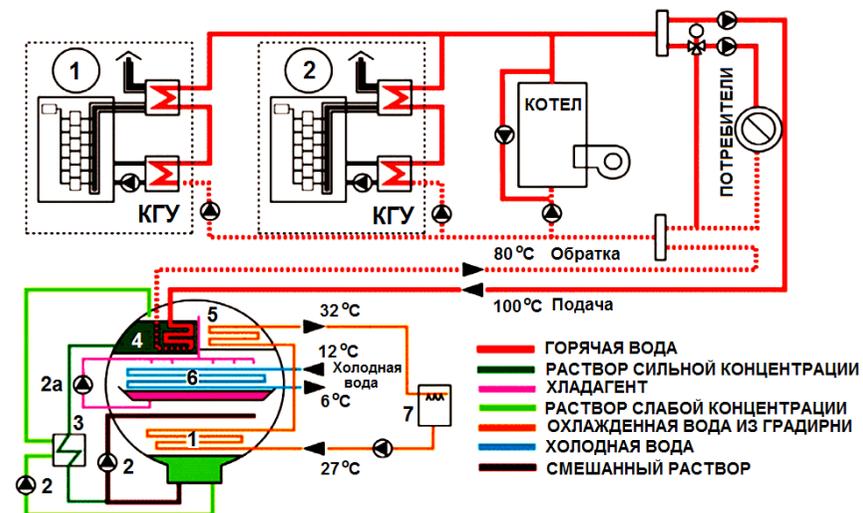


Рис. 6.6. Схема тригенерации с использованием двух когенерационных модулей и АБХМ:
1 – абсорбер; 2 – насос раствора; 2а – насос хладагента;
3 – теплообменник; 4 – ректификатор; 5 – конденсатор;
6 – испаритель; 7 – градирня

АБХМ производят охлажденную воду при использовании двух веществ (например, воды и бромистолитиевой соли), находящихся в термическом равновесии, которые разделяются путем нагрева, а затем снова воссоединяются путем отвода тепла. Целенаправленный подвод и отвод тепла в условиях вакуума при переменном давлении (примерно 8 и 70 мбар) создает дисбаланс веществ, таким образом, принудительно подвергая их десорбции или абсорбции. Для производства охлажденной воды в диапазоне температур от 6 до 12 °С обычно используется вода (хладагент) и бромистолитиевая соль (абсорбент). Для выработки низкотемпературного холода до 60 °С используется аммиак (хладагент) и вода (абсорбент). Особенностью АБХМ является использование для сжатия паров хладагента не механического, а термохимического компрессора.

Подключение когенерационной и абсорбционной установок возможно по двум схемам (рис. 6.7): типа А или типа Б.

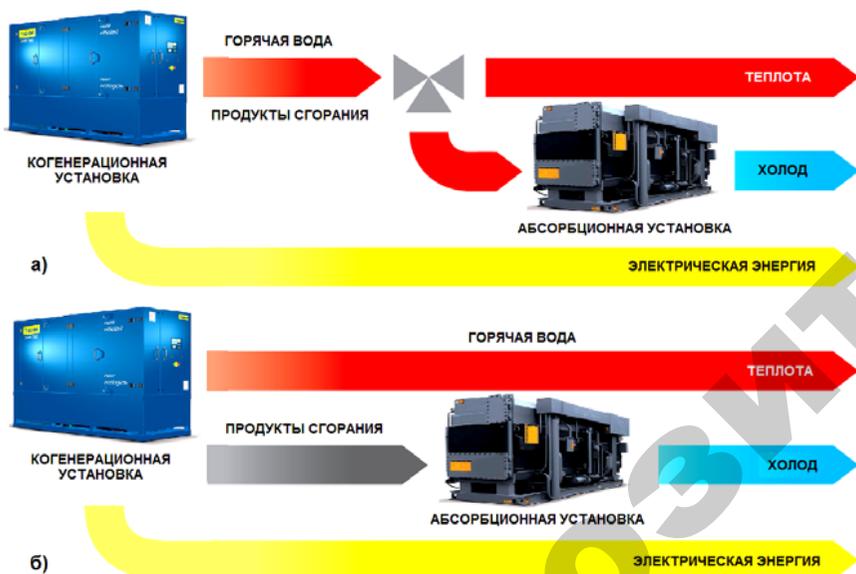


Рис. 6.7. Возможности подключения когенерационной и абсорбционной установок в режиме тригенерации: а – тип А; б – тип Б

Тип А предполагает наличие собственного теплообменника продуктов сгорания в когенерационной установке. При этом тепловая энергия когенерационной установки используется для подогрева

воды системы отопления или производства холода в абсорбционной установке. Преимущество такой схемы заключается в том, что трехходовой управляемый клапан позволяет плавную регулировку выходящей теплоты, предназначенной для охлаждения или отопления.

Тип Б предполагает, что в когенерационной установке отсутствует собственный теплообменник продуктов сгорания и дымовые газы выводятся прямо в абсорбционную установку, где находится теплообменник продуктов сгорания. Преимущество этой схемы заключается в резком увеличении эффективности абсорбции при использовании энергии продуктов сгорания по сравнению с использованием энергии горячей воды.

Генерация электрической энергии и управление когенерационными установками имеет свои особенности, которые заключаются, в основном, в режимах их эксплуатации. Возможные режимы эксплуатации когенерационных установок представлены на рис. 6.8 и 6.9.

На рис. 6.8 представлены разновидности так называемого «островного» режима работы:

- основной режим (возможна работа одной или нескольких когенерационных установок в автономном режиме без присутствия внешней электрической сети);
- с включением общего выхода (работа нескольких когенерационных установок в автономном режиме без присутствия внешней электрической сети и возможность включения выключателя (3) только после запуска всех когенерационных установок).

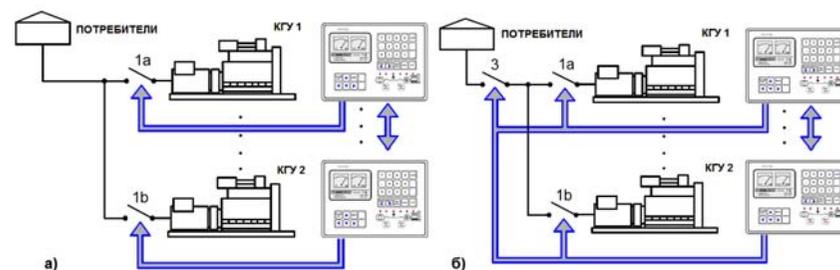


Рис. 6.8. Островной режим работы когенерационных установок: а – основной; б – с включением общего выхода

На рис. 6.9 представлены разновидности параллельного режима работы когенерационных установок с электрической сетью:

– без возможности островной эксплуатации (возможна работа одной или нескольких когенерационных установок только при присутствии внешней электрической сети);

– с возможностью островной работы без обратного фазирования, с отключением электрической сети извне (возможна работа одной или нескольких когенерационных установок только в присутствии внешней электрической сети);

– с возможностью островной работы без обратного фазирования, с отключением электрической сети извне (при потере электрической сети после отключения выключателя (2) когенерационные установки готовы работать и в автономном режиме);

– с возможностью островной работы без обратного фазирования (работа нескольких когенерационных установок: при потере электрической сети когенерационные установки отключают сетевой выключатель (2) и продолжают работу в автономном режиме, после возврата электрической сети когенерационные установки останавливаются и включают выключатель (2));

– с возможностью островной работы с обратным фазированием (работа одной или нескольких когенерационных установок: при потере электрической сети когенерационные установки отключают сетевой выключатель (2) и продолжают работу в автономном режиме, после возврата электрической сети когенерационные установки синхронизируются на электрическую сеть);

– с включением общего выхода, с возможностью островной работы без обратного фазирования (работа нескольких когенерационных установок);

– с включением общего выхода, с возможностью островной работы с обратным фазированием (работа нескольких когенерационных установок);

Некоторые типовые решения подключения когенерационных установок также приведены в прилож. 4.

В Республике Беларусь когенерационные установки используются достаточно широко в различных сферах народного хозяйства и имеют устойчивую тенденцию к развитию (см. табл. 6.1–6.4).

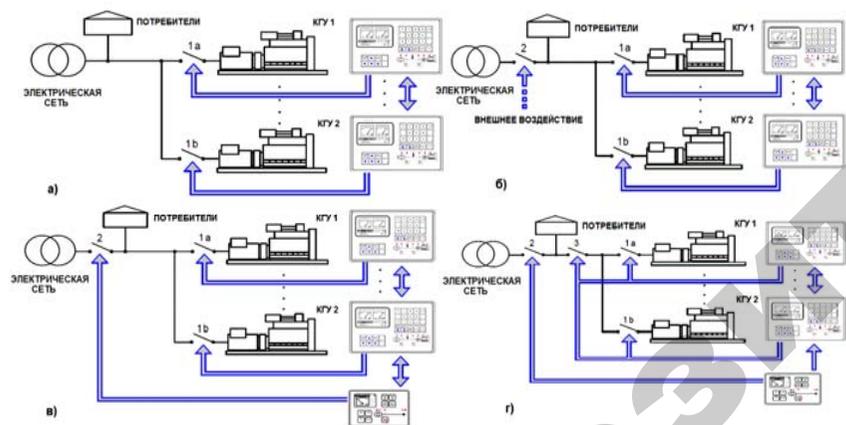


Рис. 6.9. Параллельная работа когенерационных установок с электрической сетью:

а – без возможности островной эксплуатации;

б – с возможностью островной работы без обратного фазирования, с отключением от электрической сети извне;

в – с возможностью островной работы без и с обратным фазированием; г – с включением общего выхода, с возможностью островной работы с и без обратного фазирования

Таблица 6.1

Объекты захоронения твердых коммунальных отходов, на которых технически и экономически целесообразно внедрять когенерационные установки

Местонахождение объектов захоронения твердых бытовых отходов	Проектная мощность, тыс. М ³	Срок эксплуатации, лет	Использование мощности захоронения, %	Электрическая мощность когенерационной установки, МВт	Год ввода в эксплуатацию
Новополоцк	2285	16	88	0,22	2015
Орша	4925	24	100	0,40	2015
Лида	3600	27	79	0,30	2015
Солигорск	2427	37	100	0,20	2014
Бобруйск	4660	26	60	1,00	2014

Таблица 6.2

Потенциал по строительству энергетических установок, работающих на отходах сточных вод

Область	Стоки КНС, тыс. м ³ в год	Ориентировочный выход биогаза, тыс. м ³ в год	Объем замещаемого природного газа, тыс. м ³ в год	Мощность когенерационной установки, МВт
Брестская	60469,90	6769,02	5898,72	4
Витебская	40056,30	4483,91	3907,41	1,5
Гомельская	52502,00	5877,09	5121,46	2,0
Минская	42412,30	4747,65	4137,23	1,7

Таблица 6.3

Строительство биогазовых комплексов в аграрной отрасли в 2012–2015 гг [36]

Область	Количество объектов, шт.	Суммарная электрическая мощность, МВт	Объем замещения, т у. т.	Год ввода
Брестская	3	1,7	3951	2014
Витебская	1	0,3	697	2014
Гомельская	3	3,0	6972	2014
Могилевская	1	1,2	2789	2015

Таблица 6.4

Потенциально возможный объем строительства биогазовых комплексов в аграрной отрасли в разрезе регионов

Область	Электрическая мощность когенерационных установок, МВт	Замещение топлива, тыс. т у. т.	Ферма и статус фермы
1	2	3	4
Брестская	11,7	26,2	Ферма КРС (действующая)
Витебская	15,2	34,1	Ферма КРС (действующая)
Гомельская	7,3	16,4	Ферма КРС (действующая)
Гродненская	14,5	32,6	Ферма КРС (действующая)
Минская	12,1	27,2	Ферма КРС (действующая)
Могилевская	9,8	21,9	Ферма КРС (действующая)
Итого:	70,7	158,3	

Окончание табл. 6.4

1	2	3	4
Брестская	11,7	26,2	Ферма КРС (проектируемая)
Витебская	38,8	86,8	Ферма КРС (проектируемая)
Гомельская	11,1	24,9	Ферма КРС (проектируемая)
Гродненская	25,1	56,2	Ферма КРС (проектируемая)
Минская	6,6	14,7	Ферма КРС (проектируемая)
Могилевская	0,8	1,7	Ферма КРС (проектируемая)
Итого:	94,1	210,6	
Брестская	11,8	31,6	Свинокомплекс (действующий)
Витебская	13,4	36,1	Свинокомплекс (действующий)
Гомельская	9,7	26,2	Свинокомплекс (действующий)
Гродненская	15,6	42,0	Свинокомплекс (действующий)
Минская	14,8	39,7	Свинокомплекс (действующий)
Могилевская	7,5	20,2	Свинокомплекс (действующий)
Итого:	72,8	195,8	
Брестская	6,1	13,7	Свинокомплекс (проект)
Витебская	5,9	13,3	Свинокомплекс (проект)
Гомельская	1,5	3,3	Свинокомплекс (проект)
Гродненская	2,4	5,3	Свинокомплекс (проект)
Минская	11,9	26,7	Свинокомплекс (проект)
Могилевская	4,0	8,9	Свинокомплекс (проект)
Итого:	31,7	71,1	

Компания FILTER является официальным дистрибьютором GE Jenbacher на территории Республики Беларусь. С 2003 г. она поставила газопоршневых двигателей для когенерационных установок (единичной мощностью от 0,3 до 4,0 МВт) более чем на 150 МВт электрической мощности (рис. 6.10). Основные технические и технологические решения, которые представила фирма заключались в следующем:

- реализованные проекты стандартной теплофикационной когенерации;
- обустройство промышленных потребителей пара;
- осуществление специальных проектных решений в области тригенерации;
- энергообеспечение тепличных хозяйств;
- энергообеспечение сушильных комплексов и установок;
- проекты с использованием биогазовых установок;
- энергообеспечение производственных циклов нагрева термомасел;
- реализованные проекты в области технологий попутных газов и топлива с высокой долей H_2 .

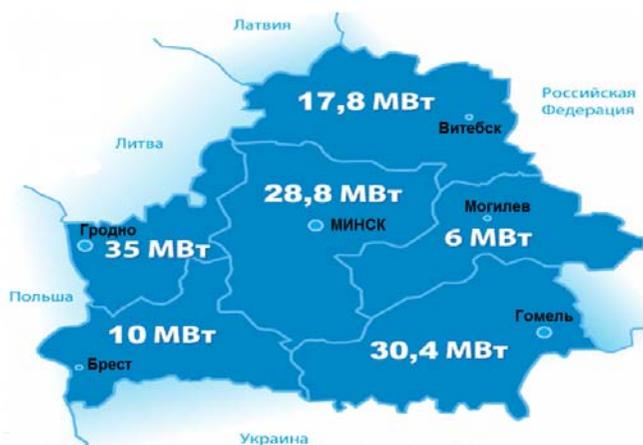


Рис. 6.10. Установленные мощности когенерационных установок фирмы FILTER (GE Jenbacher, Австрия) по Республике Беларусь

Одной из разновидностей установок комбинированного получения тепловой и электрической энергии являются микротурбинные установки. Компания Calnetix Power Solutions производит микротурбины с 1997 г. С 1997 по 2000 г. выпускались 45 и 60 кВт установки типа T45 и T60, а с 2000 по 2003 г. – установки TA80 мощностью 80 кВт. С 2004 г. по настоящее время компания выпускает только 100 кВт установки. Это модели:

- установка TA-100 RCHP для комбинированного производства электроэнергии и теплоты (когенератор) с электрической мощностью 100 и тепловой до 200 кВт;

- установка TA-100 R для производства электроэнергии (электростанция);
- установка TA-100 Offshore для производства электроэнергии для работы на нефте- и газодобывающих платформах в кожухе из нержавеющей стали;
- установка TA-100 SC (simple circle) без рекуператора для производства электроэнергии для работы на попутном газе.

В зависимости от условий эксплуатации микротурбинные установки TA-100 RCHP и TA-100 R выпускаются в двух вариантах исполнения: для эксплуатации внутри или снаружи помещения. Установки для эксплуатации снаружи помещения могут изготавливаться в исполнении для температуры наружного воздуха: до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Микротурбинная установка (рис. 6.11) представляет собой изделие полной заводской готовности. При разработке ее конструкции использован блочно-модульный принцип, позволяющий заменять в случае необходимости отдельный узел, а не изделие в целом. Все основные и вспомогательные системы и агрегаты смонтированы на единой пространственной раме. Для защиты от внешних воздействий, используется защитный корпус со звукоизоляционным покрытием.

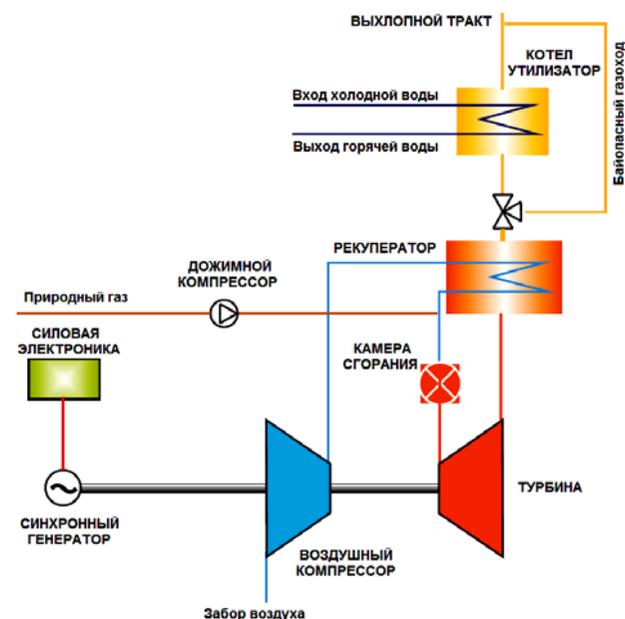


Рис. 6.11. Функциональная схема микротурбинной установки

В состав установки входят турбогенератор; камера сгорания; рекуператор; система утилизации теплоты с котлом-утилизатором; маслосистема; топливная система (с газовым дожимным компрессором); блок силовой электроники (выпрямитель, преобразователи, инверторы); цифровая система автоматического управления типа FADEC турбогенератора и силовой электроники с панелью управления оператора; воздушная система охлаждения подкапотного пространства и силовой электроники; система внутреннего электроснабжения 24 В.

Очищенный атмосферный воздух попадает в воздухозаборник, из которого поступает на вход компрессора турбины. В компрессоре воздух сжимается и за счет этого нагревается до температуры 250 °С. После этого воздух попадает в теплообменник (рекуператор), где он дополнительно подогревается до температуры 500 °С. Использование такого решения позволяет примерно в 2 раза повысить электрическую эффективность установки.

Далее нагретый сжатый воздух перед камерой сгорания смешивается с газообразным топливом высокого давления, откуда однородная газозоудная смесь поступает в камеру сгорания для горения. Для повышения давления природного газа используется штатный встроенный дожимной компрессор. Предварительное смешение воздуха с газообразным топливом позволяет снизить уровень эмиссии выхлопных газов. Покидая камеру сгорания, выхлопные газы, нагретые до температуры 926 °С попадают в колесо турбины, где, расширяясь, совершают работу, вращая его и расположенные на этом же валу колесо компрессора и высокоскоростной синхронный генератор. Покинув колесо турбины, по газоходу, выхлопные газы с температурой до 648 °С попадают в рекуператор, где отдают свое тепло сжатому воздуху после компрессора. Температура выхлопных газов после рекуператора снижается до 310 °С. На выходе из рекуператора стоит байпасная заслонка, которая направляет выхлопные газы в котел-утилизатор либо по байпасному газоходу в выхлопной патрубок. В котле-утилизаторе (газо-водяном теплообменнике) выхлопные газы отдают свое тепло сетевой воде, которая там нагревается до требуемой температуры.

В зависимости от производителей частота вращения ротора доходит до 100 000 об/мин. Частота вращения ротора в установках ТА-100 не зависит от нагрузки и автоматически поддерживается на уровне 68 000 об/мин. Это позволяет без дополнительных аккумуляторных батарей в течение 0,3 с в один прием принимать имеющуюся электрическую нагрузку (до 100 %).

Технические характеристики микротурбинной установки ТА-100 RCHP (рис. 6.12) приведены в табл. 6.5.



Рис. 6.12. Блок микротурбинных установок на ОАО «Глубокский МКК» Витебская область

Таблица 6.5

Основные технические характеристики установки

Наименование характеристики	Единица измерения	Значение
Электрическая мощность	кВт	100
Тепловая мощность (мах/ГВС/отопление)	кВт	200/172/160
КПД электрический	%	29
КПД максимальный полный	%	не менее 87
Тип электрического генератора	высокоскоростной синхронный	
Уровень шума на расстоянии 1 м	дБ	75
Уровень шума на расстоянии 10 м	дБ	62
Температура выхлопных газов на выходе	°С	около 310

Как показала практика эксплуатации микротурбинных установок на предприятиях АПК Республики Беларусь, эти установки имеют очень низкую надежность. Они, в свое время, создавались в США для использования в качестве первичного двигателя авиационного газотурбинного двигателя, имеющего ограниченный ресурс.

На предприятиях Республики Беларусь, где они эксплуатировались, практически везде вышли из строя. Так на ОАО «Глубокский молочно-консервный комбинат» из пяти установок сегодня работают только две, и то не на полную нагрузку (загрузка около 70 %).

Поэтому сегодня можно сделать вывод о преждевременном их распространении на объектах АПК в качестве комбинированных установок получения тепловой и электрической энергии.

Наряду с малыми паротурбинными установками необходимо активно осваивать дизель-генераторные теплофикационные установки, которые найдут широкое применение при энергоснабжении объектов сельского хозяйства и индивидуальной жилой застройки.

Дизель-генератор – это источник бесперебойного энергоснабжения, применяющийся там, где отсутствует возможность использовать центральные электросетевые сети. Данный прибор представляет собой ДВС и генератор переменного тока, соединенные металлической рамой с панелью управления и резервуаром для топлива. Дизель-генераторная установка может использоваться для эксплуатации в самых различных помещениях: от масштабной стройки до небольшого домика или коттеджа.

Развитие малого и среднего бизнеса, а также все возрастающее количество энергопотребителей – в частности, в децентрализованных и отдаленных сельских районах, – требуют развития относительно дешевых, компактных, автономных и универсальных энергоисточников. Вышеперечисленные проблемы настраивают на поиск комплексных методов и рациональных способов преобразования тепловой энергии с когенерацией полезных видов энергии: электричества, трансформации теплоты и холода, а также химической энергии в единой теплоэнергетической установке или в системе ТЭУ.

В таких условиях использование компактных дизель-генераторных теплоэнергетических установок (рис. 6.13) является наилучшим решением по следующим причинам:

- высокий КПД по сравнению с другими тепловыми двигателями;

- возможность приспособляемости энергоустановки к специфическим требованиям каждого потребителя;
- компактность и транспортабельность;
- гибкость в отношении используемого топлива;
- надежность и безопасность в эксплуатации и обслуживании и т. д.



Рис. 6.13. Дизель-генераторные установки малой и средней мощности

Принцип работы обыкновенного дизель-генератора крайне прост и потому эффективен. Продуцируемая в результате топливного сгорания энергия производит механическую работу, которая используется для выработки электроэнергии. Однако, помимо электричества, дизельные электрогенераторы вырабатывают также и тепловую

энергию, поэтому уже на этапе сборки они снабжаются дополнительным охлаждающим элементом, предотвращающим перегрев.

В области повышения эффективности энергетических установок для выработки электрической и тепловой энергии вызывает также интерес органический цикл Ренкина (ОЦР).

ОЦР-процесс подобен термодинамическому циклу обычной паровой турбины, в котором в качестве рабочего тела для привода турбины вместо пара используются органические вещества с высокой молекулярной массой и низкой температурой кипения. Различные рабочие тела позволяют эффективно использовать низкотемпературные источники тепла в широком диапазоне мощностей (от нескольких Вт до десятков МВт электрической мощности в одном модуле). На сегодняшний день разработаны и выпускаются озонобезопасные фреоны, позволяющие эффективно использовать тепло от источников с различной начальной температурой. Благодаря этому, ОЦР генерирующие установки получили широкое распространение в системах утилизации низкопотенциальной теплоты.

Термодинамический цикл в ОЦР осуществляется следующим образом. Органическое рабочее тело испаряется, при подводе теплоты от источника, в испарителе. Пары рабочего тела расширяясь, вращают осевую турбину, соединенную с синхронным генератором. После этого отдавшие свою энергию пары конденсируются в водяном или воздушном теплообменнике-конденсаторе. Конденсат подается с помощью насоса в испаритель – термодинамический цикл замыкается. Источник теплоты и охлаждающее вещество не имеют прямого контакта с рабочим телом или турбиной. Данный цикл рассчитан на комбинированное производство тепловой и электрической энергии (когенерацию). Применение: геотермальные электростанции, котельные на произвольном топливе; утилизация низкопотенциальной теплоты в промышленности и автономное энергоснабжение частных хозяйств.

Преимущества технологии и эксплуатации ОЦР:

- высокий общий КПД цикла (до 98 %) и электрический КПД (до 24 %) при переменных начальных температурах [37];
- низкая механическая нагрузка на турбину вследствие низкой окружной скорости;
- отсутствие редуктора между турбиной и генератором вследствие низкой скорости турбины;
- нет необходимости в системе водоподготовки;

- отсутствие капельной эрозии;
- длительный срок автономной эксплуатации (около 50 тыс. ч) и общий срок службы более 20 лет;
- работа в автоматическом режиме и простая процедура запуска;
- невысокие требования к обслуживанию и простота использования;
- низкий уровень шума и вибрации;
- хорошая рабочая характеристика при частичной нагрузке.

Благодаря этим преимуществам, электростанции на основе технологии ОЦР быстро распространяются по всему миру. Так на современном этапе в Германии имеется 62 установки, Австрии – 32, Италии – 23, всего в Европе насчитывается до 132 установок [37].

ОЦР электростанция представляет собой модульную конструкцию, содержащую все необходимые агрегаты (турбина, генератор, теплообменники, насос рабочего тела, трубопроводы, измерительные приборы, шкаф управления и автоматики и т. д.) смонтированные на общей раме. Таким образом, упрощается транспортировка, монтаж и сервисное обслуживание.

Применение когенерационных установок с ОЦР позволяет осуществлять комбинированную выработку теплоты и электроэнергии, используя торфяные пеллеты в качестве топлива (рис. 6.14).

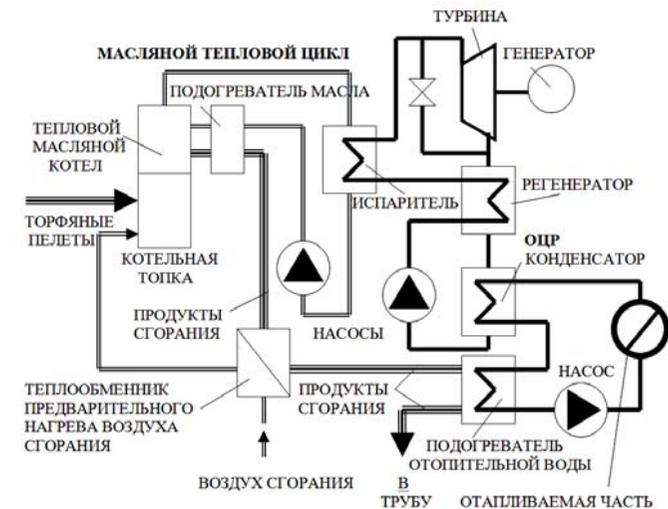


Рис. 6.14. Схема когенерации при использовании ОЦР

Область применения модулей, работающих на ОЦР, достаточно разнообразна и включает различные сферы народного хозяйства.

В качестве примеров приведем блок-схемы использования модулей ОЦР при производстве пеллет (рис. 6.15) и на лесоперерабатывающих заводах при производстве дров, соответствующих Балтийскому стандарту, то есть имеющих влажность не более 20 % (рис. 6.16).

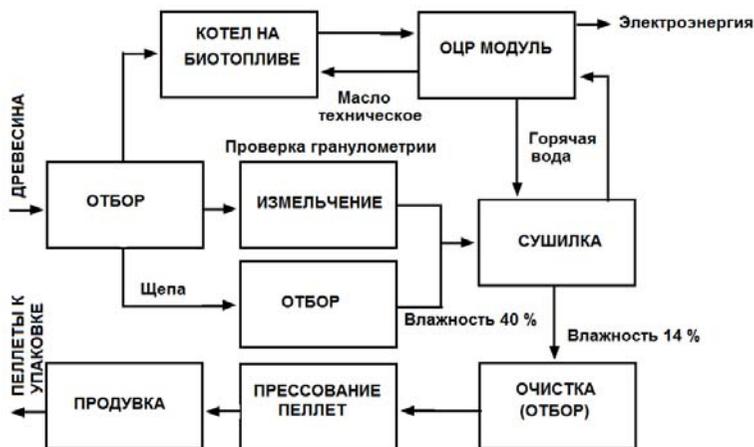


Рис. 6.15. Применение ОЦР модулей при производстве пеллет



Рис. 6.16. Применение ОЦР модуля на лесоперерабатывающих заводах при производстве дров

7. СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ И ЭНЕРГИЯ ВЕТРА В СИСТЕМАХ АПК

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии – источники электрической и тепловой энергии, использующие энергетические ресурсы рек, водохранилищ и промышленных водостоков, энергию ветра, солнца, редуцируемого природного газа, биомассы (включая древесные отходы), сточных вод и твердых бытовых отходов [38].

В 2015 г. за счет увеличения использования местных видов топлива и возобновляемых источников энергии доля собственных энергоресурсов в балансе котельно-печного топлива Республики Беларусь должна составить не менее 30 %.

В период до 2016 г. предусматривается ввод 162 МВт ветроэнергетических установок (ВЭУ), а при наличии инвестиционных средств суммарная электрическая мощность ветроэнергетических парков может достигнуть 300 МВт, в том числе в Витебской и Гродненской областях до 60 МВт, Могилевской области – до 50 МВт.

Потенциальные запасы возобновляемых источников энергии (биогаз, фитомасса, энергия солнца, ветра, геотермальная, отходы коммунальные и растениеводства) не позволяют создавать относительно большие экономически оправданные мощности в электроэнергетике. Их использование целесообразно в небольших локальных установках, перечень которых определен в Национальной программе развития местных и возобновляемых энергетических источников на 2011–2015 гг. Объем использования согласно данной программе оценивается около 600 тыс. т у. т.

Солнечная энергия генерируется солнцем: это теплота, излучение и природные циклы (ветер, поток воды и рост растений, движущей силой которых является энергия солнца). Полный поток энергии, излучаемой Солнцем составляет $3,9 \cdot 10^{26}$ Дж/с. Солнечное излучение – это электромагнитная энергия, испускаемая солнцем.

Солнечная энергия, достигающая поверхности Земли, рассеивается различными способами (рис. 7.1). Энергия солнца чистая, легко используемая, дешевая, поступает постоянно в изобилии, не оказывает негативного воздействия на окружающую среду, и может быть использована в качестве децентрализованного источника энергии.

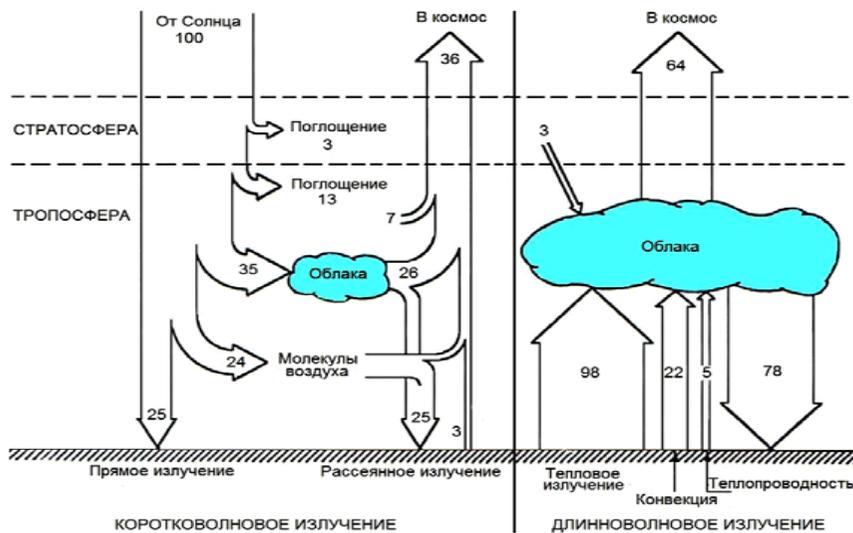


Рис. 7.1. Тепловой баланс системы «Земля – атмосфера – космос»

Интенсивность солнечного излучения, поступающего на поверхность Земли, зависит от степени атмосферного поглощения, широтного расположения местности, склонения Солнца и облачности. Даже в ясный день около 13 % приходящего солнечного излучения поглощается пылью, водяным паром и прочими мельчайшими частицами, взвешенными в воздухе.

Разработаны различные технологии использования обильной энергии солнца. От небольших блоков питания для индивидуальных домовых систем до крупномасштабных систем, концентрирующих солнечную энергию. Эти солнечные системы объединяет то, что они позволяют нам диверсифицировать источники энергии, повысить эффективность и, в конечном счете, удовлетворить наши потребности в энергии экологически чистым и рациональным способом.

В зависимости от способа использования, солнечная энергия относится к одной из двух категорий: активная и пассивная. В системах преобразования активной солнечной энергии используется солнечный коллектор (рис. 7.2).

В свою очередь активная солнечная энергия подразделяется на две категории: тепловую и фотогальваническую солнечные энергии.

Тепловая солнечная энергия применяется в системах нагрева, например: нагрев воды и воздуха, тепловая обработка пищевых продуктов и сушка, дистилляция и производство пара. Технологии, использующие тепловую солнечную энергию, применяются при создании солнечных водонагревателей, концентраторов, плит и опреснителей. Фотогальваническая солнечная энергия используется для генерации электричества, используя кремниевые элементы для преобразования солнечной энергии в электрическую, которую можно использовать непосредственно или путем накопления в аккумуляторной системе.



Рис. 7.2. Вакуумный солнечный коллектор (гелиоколлектор)

Принцип действия солнечных элементов большинства распространенных типов основан на фотогальваническом эффекте. Суть этого эффекта в появлении разности потенциалов (или напряжения) между двумя слоями полупроводникового материала при падении света на этот двухслойный материал.

Солнечные модули, как правило, изготавливаются из кремния, который обработан таким образом, чтобы при падении света в нем появлялись свободные электроны, создающие электрический ток. В настоящее время это практически единственный материал, используемый для массового производства солнечных фотоэлементов. Кроме него, для производства высокоэффективных солнечных фотоэлементов используется арсенид галлия (GaAs). КПД таких элементов доходит до 25–28 % при концентрированной солнечной радиации. Специальные типы фотоэлементов, используемые в космических аппаратах, имеют КПД величиной более 30 %.

Компания HNVST – известный производитель солнечных батарей, выпускает солнечные фотоэлектрические панели из аморфного (тонкопленочного) и кристаллического кремния, соответствующие строгим требованиям коммерческих и промышленных организаций во всем мире (рис. 7.3).



Рис. 7.3. Общий вид солнечных фотоэлектрических панелей

Особенности и преимущества солнечных батарей из кристаллического кремния:

- высокоэффективные солнечные элементы из монокристаллического и поликристаллического кремния;
- оптимальное сочетание высококачественного сырья и компонентов;
- легкий анодированный алюминиевый каркас солнечной панели;
- высокая надежность даже в экстремальных метеорологических условиях;
- мощность до 400 Вт;
- КПД 16 %.

В солнечном элементе этого типа используется один слой кремния в качестве полупроводника. Для производства кремния такого типа он должен иметь очень высокую степень чистоты, а значит изготовление солнечных батарей этого типа самое дорогостоящее. Надежность и высокий КПД солнечных батарей монокристаллического типа является их главным достоинством.

Области применения таких батарей:

- электростанции, подключенные к общей электросети;
- солнечные системы уличного освещения;
- солнечные системы освещения домов;
- солнечные модули электропитания;
- другие автономные системы;
- система напорной подачи воды.

Термин пассивная солнечная энергия используется, когда архитектурное проектирование, природные материалы или поглощающие структуры самого здания используются в качестве энергосберегающей системы. Само здание служит солнечным коллектором и аккумулятором солнечной энергии, что позволяет проектировщику уменьшить потребность в решениях для подвода внешней энергии: освещения, обогрева и охлаждения, подачи воды и т. д.

Задача пассивного солнечного дизайна – создать такие архитектурно-строительные системы, которые улавливают солнечное тепло, направляют его вглубь помещения, аккумулируют и отдают в нужное время, значительно сокращая расходы на отопление. Существуют различные приемы пассивного использования солнечной энергии для отопления зданий. Наиболее распространенными из них можно считать устройство световой прозрачной теплоизоляции и встроенных или пристроенных теплиц и зимних садов. Эффективным является комбинированное использование нескольких систем.

Можно выделить восемь принципов солнечного дизайна таких построек:

Принцип 1. Дом нужно размещают так, чтобы стена и кровля были ориентированы на юг с отклонением не более 10–20°. Принимают в расчет особенности ландшафта: деревья, постройки, особенности рельефа, которые могут защитить дом от суровой погоды или ветра зимой или укрыть его от слишком яркого солнца летом.

Принцип 2. При разработке дизайна учитывают годичный цикл. Перед строительством нужно побывать на месте будущего дома несколько раз в течение года, изучить положение солнца, определить розу ветров.

Принцип 3. Используют надежную тепло- и гидроизоляцию. Вход оборудуют по принципу тамбура с двумя дверями.

Принцип 4. Окна используют в качестве солнечных коллекторов и приспособлений для охлаждения. Вертикальное, ориентированное

к югу остекление особенно эффективно для сбора солнечного тепла зимой. Используют шторы или жалюзи из теплоизолирующего материала, чтобы свести к минимуму ночные тепловые потери в течение зимы и не допускать чрезмерного нагревания весной, летом и осенью.

Принцип 5. Нужно учитывать то, что перестекленный дом будет перегреваться.

Принцип 6. Нужно правильно рассчитать дополнительную систему обогрева.

Принцип 7. Воздухообмен должен происходить через специальные отверстия во внешних стенах с вмонтированными вентиляторами в кухне и ванной, а не через щели в плохо изолированных дверях и окнах.

Принцип 8. Хорошая организация воздушных потоков в здании является основой распространения полученной теплоты по помещениям за счет естественной конвекции.

Для условий Беларуси, в прогнозируемом периоде (до 2020 г.) составляющая производства электроэнергии с помощью солнечной энергии будет практически не ощутима. Основными направлениями использования энергии солнца будут солнечные водоподогреватели и различные гелиоустановки для интенсификации процессов сушки и подогрева воды в сельскохозяйственном производстве. Кроме того, активная и пассивная солнечная энергия имеет все предпосылки использования при проектировании агрогородков и удаленных небольших объектов в сельском хозяйстве.

Простейшим и наиболее дешевым способом использования солнечной энергии является нагрев бытовой воды в плоских солнечных коллекторах (рис. 7.4). Используя энергию солнца, гелиосистемы позволяют ежегодно экономить традиционное топливо:

- до 75 % – для горячего водоснабжения (ГВС) при круглогодичном использовании;
- до 95 % – для ГВС при сезонном использовании;
- до 50 % – для целей отопления;
- до 80 % – для целей дежурного отопления.

Следует учитывать, что каждая система индивидуальна, и процент экономии энергоресурсов при использовании гелиосистемы необходимо рассчитывать.



Рис. 7.4. Блок плоских солнечных коллекторов, состоящий из двух модулей

Более сложными являются устройства с вакуумными солнечными коллекторами. В солнечные летние дни разница в работе хороших плоских и вакуумных солнечных коллекторов практически незаметна. Однако при низкой температуре окружающей среды преимущества вакуумных коллекторов становятся очевидны. В летнее время есть разница между максимальными температурами нагрева воды в коллекторах. Если для плоских коллекторов максимальная температура не превышает 80–90 °С, то в вакуумных коллекторах температура теплоносителя может превышать 100 °С. С одной стороны, это требует постоянного отвода тепла от вакуумного коллектора, чтобы он не закипел. Однако с другой стороны, в системах с плоскими коллекторами существует проблема размножения бактерий и других микроорганизмов (там тепло и влажно), которой нет в системах с вакуумными коллекторами. Обычно системы с плоскими коллекторами используют сезонно, с весны по осень. В зимнее время производительность систем с плоскими солнечными коллекторами падает за счет тепловых потерь в окружающую среду. Солнечный вакуумный коллектор обеспечивает сбор солнечного излучения в любую погоду, практически вне зависимости от внешней температуры. Коэффициент поглощения энергии таких коллекторов составляет 98 %. Изоляция в виде вакуума позволяет избежать потерь теплоты. Эффективность различных коллекторов приведена на рис. 7.5.



Рис. 7.5. Зависимость КПД солнечных коллекторов в различных типов от разности температур внутри трубок коллектора (теплоносителя) и окружающей среды

Благодаря высокой теплоизоляции вакуумные солнечные коллекторы работают очень эффективно при низких температурах окружающей среды. Преимущество вакуумных коллекторов (перед плоскими коллекторами) начинает проявляться при температуре воздуха ниже +15 °С, при отрицательных температурах воздуха вакуумным коллекторам альтернативы нет.

Солнечные тепловые установки на основе вакуумных коллекторов могут применяться как для целей горячего водоснабжения, так и для отопления дома. При этом в летнее время можно полностью получать горячую воду от солнечного нагревателя. В остальное время года за счет энергии солнца можно получать до 60 % горячей воды.

Часто возникает вопрос, насколько реально отапливать дом за счет энергии солнца. К сожалению, в Республике Беларусь о значительной доле солнечного отопления в тепловом балансе говорить не приходится. Однако солнечная отопительная установка на основе вакуумных солнечных коллекторов может с успехом справляться с задачей поддержания минимальной заданной температуры дома весной и осенью.

Обычно рекомендуют рассчитывать систему солнечного тепло-снабжения в расчете на ГВС. При этом можно раза в два увеличить количество коллекторов для того, чтобы гарантированно обеспечить ГВС в весенне-осенний период и иметь заметную добавку к генерации теплоты в зимний период. Если увеличить количество коллекторов в 3–5 раз, то можно ощутить добавку солнечной теплоты в отопительный баланс в межсезонье.

Расчеты такой системы выполняют специализированные организации, но в первом приближении можно выполнить их самостоятельно с использованием диаграммы (рис. 7.6).

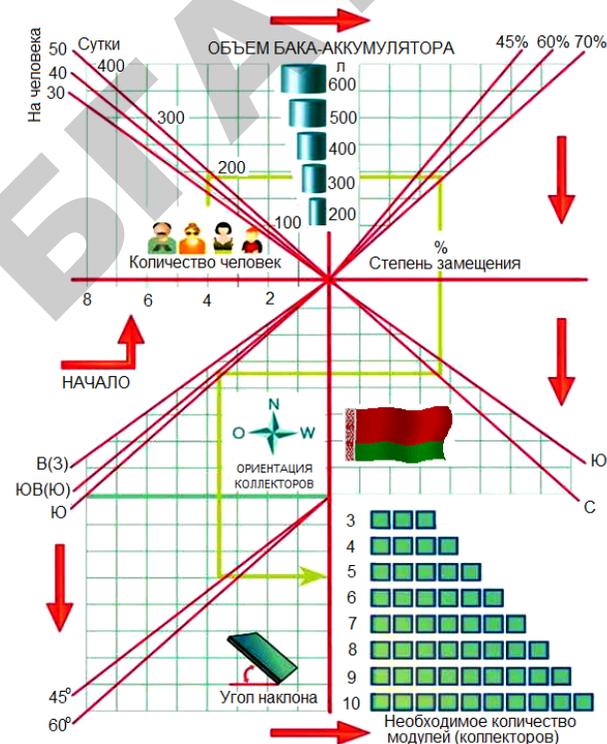


Рис. 7.6. Номограмма для приблизительного расчета солнечных коллекторов для системы горячего водоснабжения индивидуального дома (до 8 чел.)

Как правильно расположить солнечные коллекторы? Солнечные коллекторы нужно ориентировать по возможности строго на юг. Однако можно отклониться от южного направления на 30° без существенного падения производительности. Для фотоэлектрических панелей можно без существенного ухудшения отклоняться до 45°. Превышение этих рекомендуемых цифр сильно ухудшит эффективность системы солнечного тепло- или электроснабжения.

Располагать солнечные коллекторы и солнечные батареи для круглогодичного использования обычно рекомендуют под углом к горизонту, примерно равным широте местности. Если система

эксплуатируется в основном летом, то нужно уменьшить этот угол на 15° , если в основном зимой – увеличить на 15° .

Если широта местности больше 60° , то коллектор можно вообще устанавливать вертикально (таким образом, решается также проблема со снегом – на вертикальных поверхностях он обычно не задерживается). Если вакуумный коллектор установлен под углом менее 80° , то нужно, чтобы под коллектором было свободное пространство для падающего с него снега.

Обычно коллекторы (как плоские, так и вакуумные) и солнечные батареи, установленные прямо на крышах, в наших условиях на большую часть зимы оказываются занесенными снегом и льдом, поэтому фактически не работают. Если важно обеспечить работу системы солнечного энергоснабжения зимой, рекомендуется устанавливать их или вертикально, или под углом около 60° , но с обеспечением свободного пространства под коллекторами, куда с коллекторов может спадать снег и лед.

Одна из самых простых, распространенных и недорогих вакуумных трубок для солнечных водонагревательных установок представлена на рис. 7.7.

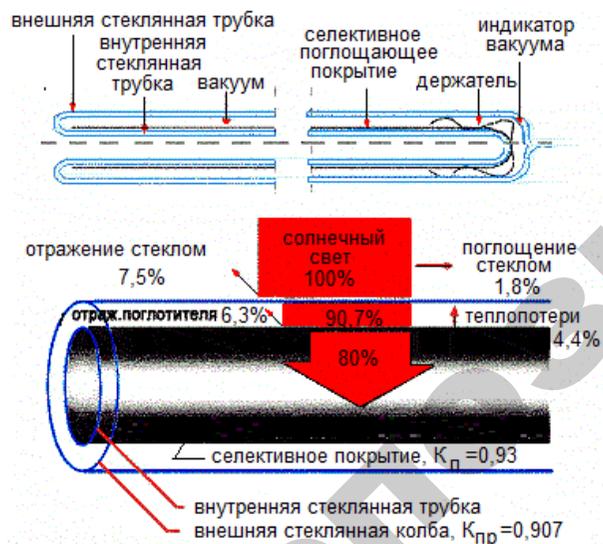


Рис. 7.7. Устройство простейшей вакуумной трубки для солнечного коллектора

Она используется в системах с открытым контуром или с низким давлением. В системах, где теплоносителем является вода, рекомендовано применение при продолжительных температурах не ниже -30°C . На основе данной трубки изготавливаются некоторые другие модификации. Такие трубки являются изобретением китайских производителей и используются только в изделиях китайских фирм. Основные характеристики солнечных коллекторов представлены в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Технические характеристики коллекторов

Параметр	Значение
Длина трубок, мм	1500 (1800)
Внешний диаметр трубок, мм	47 (58)
Максимальная температура, $^\circ\text{C}$	250
Материал трубки	Боросиликатное стекло
Время эксплуатации коллектора, лет	15

Более совершенным устройством солнечного коллектора является вакуумная трубка с медными каналами, которая разработана на основании выше описанной трубки для закрытых активных систем. Внутри введена контактная пластина и медная трубка. Характеристики аналогичны (см. табл. 7.1).

Современные солнечные коллекторы улучшенных характеристик представляют устройства в виде вакуумных трубок с тепловым стержнем (тепловой трубой). Такие устройства состоят из трубки (рис. 7.7 и 7.8), внутри которой введена контактная пластина и теплопроводный стержень – тепловая трубка. Данная трубка устойчива к замораживанию и работоспособна без повреждений до -50°C . Внутри стержня находится небольшое количество антифриза при малом давлении, поэтому испарение жидкости начинается при достижении температуры внутри трубки $+30^\circ\text{C}$. Это более продвинутый тип трубки, который может работать при низких температурах и давлении водопровода.

Улучшенная версия вакуумной трубки с тепловым стержнем. Внутри прозрачной вакуумной трубки устанавливается плоская поглощающая пластина соединенная с тепловым стержнем. Имеет

больший диаметр (70 мм) и, соответственно, площадь поглощающей поверхности. Из-за большей площади поглощения время перехода в режим выделения тепла может быть всего две минуты.

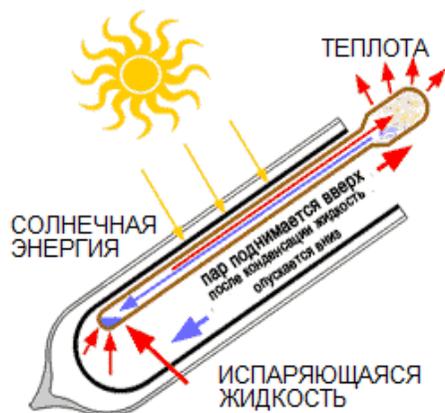


Рис. 7.8. Вакуумная трубка с тепловым стержнем (тепловая трубка)

Системы солнечного горячего водоснабжения с пассивной циркуляцией теплоносителя (рис. 7.9) наиболее часто используются на практике строительства индивидуальных домов. Такие системы выполняются одноконтурными и двухконтурными.

Работа одноконтурной термосифонной системы для прямого нагрева воды (рис. 7.9, а) осуществляется следующим образом. Солнечное излучение, проходя через прозрачное покрытие (остекление) коллектора нагревает его поглощающую панель и воду в ее каналах. При нагреве плотность воды уменьшается, нагретая жидкость начинает перемещаться в верхнюю точку коллектора и далее по трубопроводу – в бак-аккумулятор. В баке нагретая вода перемещается в верхнюю точку, а более холодная вода размещается в нижней части бака, т. е. наблюдается расслоение воды в зависимости от температуры. Более холодная вода из нижней части бака по трубопроводу поступает в нижнюю часть коллектора. Таким образом, при наличии достаточной солнечной радиации, в коллекторном контуре устанавливается постоянная циркуляция, скорость и интенсивность которой зависят от плотности потока солнечного излучения. Постепенно, в течение светового дня, происходит полный прогрев всего бака, при этом отбор воды для использования

должен производиться из наиболее горячих слоев воды, располагающихся в верхней части бака. Обычно это делается подачей холодной воды в бак снизу под давлением, которая вытесняет нагретую воду из бака.

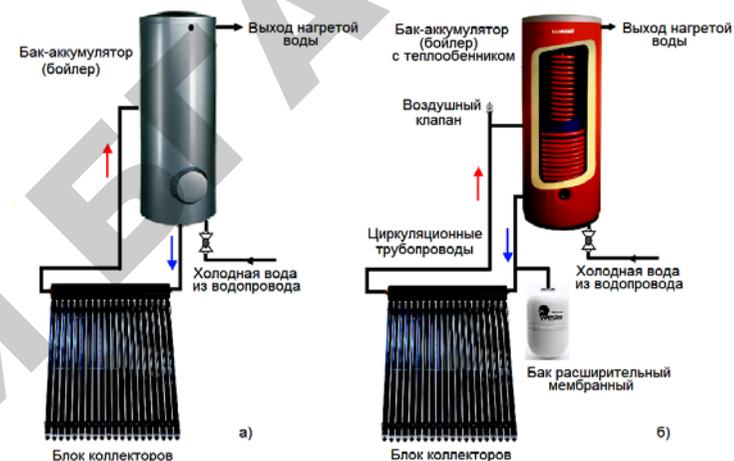


Рис. 7.9. Принципиальные схемы систем солнечного горячего водоснабжения с пассивной циркуляцией теплоносителя: а) одноконтурная; б) двухконтурная

Особенностью таких систем является то, что в случае термосифонной системы нижняя точка бака-аккумулятора должна располагаться выше верхней точки коллектора и не далее 3–4 м от коллекторов, а при насосной циркуляции теплоносителя расположение бака-аккумулятора может быть произвольным.

Работа двухконтурной термосифонной системы (рис. 7.9, б) аналогична работе одноконтурной системы, но в ней имеется отдельный замкнутый коллекторный контур, состоящий из коллекторов, трубопроводов и теплообменника в баке-аккумуляторе. Этот контур заправляется специальным (как правило, незамерзающим) теплоносителем. При нагреве теплоносителя в коллекторе он поступает в верхнюю часть теплообменника, отдает тепло воде в баке и охлаждаясь движется вниз в коллекторы, осуществляя постоянную циркуляцию при наличии солнечной радиации.

Полный прогрев бака происходит постепенно, в течение всего светового дня, но поскольку отбор воды к потребителю производится из наиболее прогретых верхних слоев, пользование горячей водой возможно и до полного прогрева.

В системах с принудительной циркуляцией (рис. 7.10) в коллекторный контур включается циркуляционный насос, что дает возможность устанавливать бак-аккумулятор в любой части здания. Направление движения теплоносителя должно совпадать с направлением естественной циркуляции в коллекторах. Включение и выключение насоса производится электронным блоком управления, представляющим собой дифференциальное управляющее реле, сравнивающего показания датчиков температуры, установленных на выходе из коллекторов и в баке. Насос включается, если температура в коллекторах выше температуры воды в баке. Существуют блоки, позволяющие менять скорость вращения и подачу насоса, поддерживая постоянную разность температур между коллекторами и баком. Системы с активной циркуляцией теплоносителя обычно бывают двухконтурные.

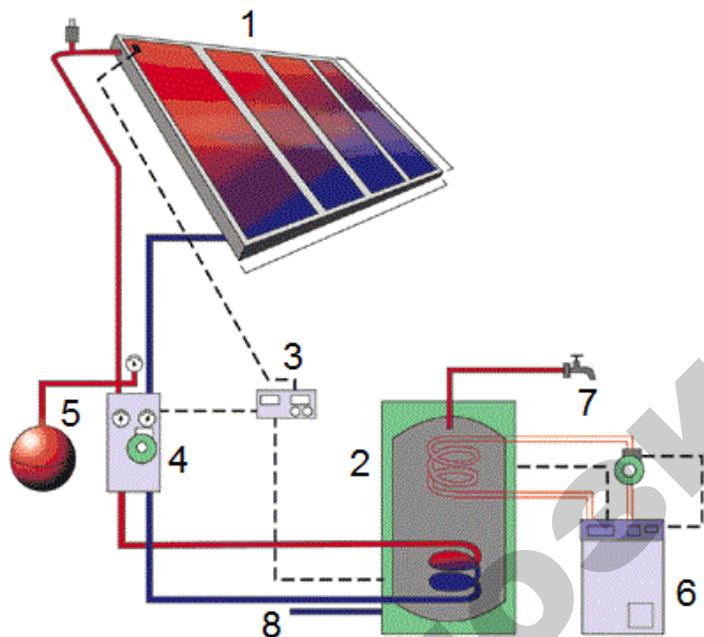


Рис. 7.10. Схема солнечного горячего водоснабжения с принудительной циркуляцией:

- 1 – коллектор; 2 – бойлер; 3 – контрольная панель; 4 – насос;
5 – расширительный бак; 6 – источник дополнительного подогрева;
7 – выход горячей воды; 8 – вход холодной воды

Что касается АПК Республики Беларусь, то, начиная с 2007 г., передовые хозяйства стараются применять солнечные коллекторы на фермах (рис. 7.11) при содержании КРС на глубокой подстилке. В этом случае не используются системы с отоплением помещений (ОВС, см. раздел 4), что предъявляет особые требования к системе выпойки животных – теплой водой 22–24 °С.



Рис. 7.11. Расположение вакуумных солнечных коллекторов на крышах ферм КРС (система подогрева питьевой воды для животных):
а – Агрофирма «Унибокс»; б – СПК «Агрокомбинат Снов»

Как показывает практика, такие системы подогрева воды эффективны в течение всего года, а летом могут служить для обеспечения нужд ГВС для технологических процессов на фермах КРС и обеспечения бытовых потребностей обслуживающего персонала. Единственное условие по эксплуатации солнечных коллекторов в летний период времени при максимальной солнечной активности состоит в достаточно интенсивном отборе теплой (горячей, до +60 °С) воды или накрытии части поверхности солнечного коллектора брезентом, чтобы не допустить закипание теплоносителя в вакуумных тепловых трубах.

Перспективным в этом случае является использование абсорбционных холодильных машин в комплекте с солнечными коллекторами, которые решают сразу все проблемы эксплуатации солнечной системы и обеспечивают дополнительную функцию охлаждения, так необходимую на фермах КРС в летнее время.

Компания NHV SOLAR представляет «Солтор-7.2» – концептуальную солнечную мобильную фотоустановку (рис. 7.12), способную улавливать солнечную энергию, преобразовывать ее в электроэнергию переменного тока и заряжать бортовую аккумуляторную батарею для обеспечения электроснабжения в любое время в любом месте.



Рис. 7.12. Мобильная установка с фотоэлектрическим преобразователем для питания автономных устройств в местах с ограниченным электроснабжением

Особенности и достоинства:

- экологически чистая энергия (для работы установки не требуется никакого ископаемого топлива);
- уменьшение углеродного следа (генерация электроэнергии без выделения загрязнений);
- бесшумная работа (в процессе генерации электроэнергии не задействованы никакие подвижные механические части);
- солнечные панели легко разворачиваются благодаря действию силового исполнительного механизма;
- компактная и прочная конструкция (установка в любом месте в любое время);
- эксплуатация одним человеком.

В мировом рейтинге стран развивающих на своей территории ветроэнергетику Беларусь занимала в 2010 г. 67-е место, хотя располагает ветроэнергетическими ресурсами, достаточными для обеспечения 10–20 % требуемой электроэнергии в стране [18].

Беларусь не располагает собственными топливно-энергетическими ресурсами. В связи с этим для Беларуси чрезвычайно важно включать в топливно-энергетический баланс вторичные энергоресурсы и возобновляемые источники энергии, одним из которых является ветер.

Ветроэнергетика, как и любая отрасль хозяйствования, должна обладать тремя обязательными компонентами, обеспечивающими ее функционирование:

- ветроэнергетическими ресурсами;
- ВЭУ;
- развитой ветротехнической инфраструктурой.

1-й компонент. Для ветроэнергетики Беларуси энергетический ресурс ветра практически неограничен. В стране имеется развитая

централизованная электросеть и большое количество свободных площадей, не занятых субъектами хозяйственной деятельности. Поэтому размещение ВЭУ и ветроэнергетической станции (ВЭС) обуславливается только грамотным размещением ветроэнергетической техники на пригодных для этого площадях.

2-й компонент. Возможности приобретения зарубежной ветротехники весьма ограничены.

3-й компонент. Отсутствие инфраструктуры по проектированию, внедрению и эксплуатации ветротехники и, соответственно, практического опыта и квалифицированных кадров можно преодолеть только в ходе активного сотрудничества с представителями развитой ветроэнергетической инфраструктуры зарубежья.

Поскольку характеристики ветра внутри континента отличаются от характеристик ветра прибрежных зон и вблизи побережья, характеристики соответствующих ВЭУ (начальная скорость вращения, скорость достижения номинальной мощности и др.) также разнятся.

Так, хорошо зарекомендовавшие себя в эксплуатации ВЭУ внутриконтинентального базирования ряда немецких фирм начинают работу со скоростей ветра 3,0–4,0 м/с и достигают номинальной мощности при скоростях 10–13 м/с. Следовательно, освоение ветроэнергетики в Беларуси необходимо вести, ориентируясь на ВЭУ зарубежного производства внутриконтинентального базирования.

Карта зонального распределения среднегодовых фоновых скоростей ветра в Беларуси определяет перспективные зоны использования ВЭУ, однако, необходимо обязательно учитывать потребность в электроэнергии в данном регионе и готовность электрических сетей принять дополнительные электрические генерируемые ресурсы.

Согласно мировой практике, типоряд ВЭУ В12 и В14 по номинальной мощности соответствует диапазону от 1 кВт до 1,5 МВт. При этом ВЭУ В12 для континентального базирования в Европе обладают диапазоном номинальной рабочей скорости ветра в центре ветродвигателя от 12 до 14 м/с. Определен также типоряд ВЭУ В6, В8, В10 на соответствие ветровым климатическим зонам, характерным для равнинно-холмистой местности. Для типоряда ВЭУ В6, В8, В10 на уровне оси ветродвигателя номинальная рабочая

скорость ветра соответственно распределяется в диапазонах 6–8; 8–10 и 10–12 м/с. Работы по оценке технического ветроэнергетического ресурса Беларуси выполнены совместно НПП «Ветромаш», РУП «Белэнергосетьпроект» и Госкомитетом по гидрометеорологии (см. табл. 7.2 и 7.3).

Гарантированная выработка утилизируемой энергии ветра с 7 % территории Беларуси составит 14,65 млрд кВт·ч. Использование же зон с повышенной активностью ветра гарантирует выработку энергии ВЭУ до 6,5–7,5 млрд кВт·ч с окупаемостью затрат в течение 5–7 лет.

Эти карты, являясь основной частью Ветроэнергетического атласа Беларуси, в достаточной мере обосновывают по региональным признакам возможности практической реализации возведения ВЭУ и ВЭС на территориях страны в целом и каждой области.

Таблица 7.2

Ветроэнергетические ресурсы территории Беларуси [43, 44]

Область	Используемая территория, тыс. км ²	Номер зоны	Территория зоны, тыс. км ²	Выработка энергии, млрд кВт·ч		
				Максимум в зоне	Утилизируемый ветроэнергоресурс	
					100 %	7 % на 10 лет
1	2	3	4	5	6	7
Брестская	14,9	II	10,9	23,51	20,78	1,45
		III	3,1	11,74	9,04	0,63
		IV	0,9	6,11	4,06	0,29
		Итого		41,36	33,88	2,37
Витебская	12,5	II	1,0	2,41	2,02	0,14
		III	4,2	20,11	16,43	0,12
		IV	7,3	53,13	35,33	2,47
		Итого		75,65	53,78	2,73
Гомельская	12,4	II	1,4	3,02	2,67	0,19
		III	8,5	32,43	24,96	1,75
		IV	2,5	16,30	10,84	0,75
		Итого		51,75	38,47	2,69

1	2	3	4	5	6	7
Гродненская	11,2	II	6,0	12,93	11,43	0,80
		III	2,9	11,09	8,29	0,58
		IV	2,3	15,22	10,12	0,71
		Итого		39,24	29,84	2,09
Могилевская	12,4	II	10,5	22,74	18,07	1,31
		III	1,9	7,25	5,58	0,39
		Итого		29,99	23,65	1,70
Минская	13,9	II	9,9	25,42	22,48	1,68
		III	1,3	4,84	3,73	0,26
		IV	2,7	19,93	17,62	1,23
		Итого		50,19	43,83	3,07
Всего по Беларуси:	77,4	II	39,7	90,03	77,45	5,47
		III	21,9	87,46	68,03	3,73
		IV	15,7	110,59	78,02	5,45
		Итого		288,08	223,50	14,65

Примечание.

1. ПВЭР – полный ветроэнергетический ресурс, который основан на расчетах с приведением зональных показателей фоновых скоростей ветра к среднему с высотой опоры ВЭУ коэффициенту повышения (1,25), включая длительность работы в номинальном режиме (≈3000 ч).

2. ТВЭР – технический ветроэнергетический ресурс основан на особенностях рельефа территории регионов с учетом коэффициентов работы ВЭУ – электромеханического (0,94) и простоя (0,93).

3. ЭВЭР – экономический ветроэнергетический ресурс определяется при планировании развития ветроэнергетики Беларуси.

В Беларуси определены 1840 площадок для строительства ВЭУ (ВЭС) с энергетическим потенциалом более 200 млрд кВт·ч [43, 44]⁵.

Наиболее эффективно обеспечивается использование современной зарубежной ветротехники на территориях зон со среднегодовыми фоновыми скоростями не ниже 4,5 м/с на холмистом рельефе (окупаемость ВЭУ при среднегодовой скорости ветра 6–8 м/с укладывается в срок около 5 лет). К таким регионам относятся:

⁵ Это гряды холмов высотой от 20 до 80 м с фоновой скоростью ветра 5 м/с и более, на которых можно возвести от 5 до 20 ВЭУ.

возвышенные районы большей части севера и северо-запада Беларуси, центральная зона Минской области, включая прилегающие с запада районы, Витебская возвышенность.

Таблица 7.3

Характеристика ветроэнергетических ресурсов по региональным признакам [43, 44]

Показатель	Регионы и их высота над уровнем моря, м				
	100–150	150–200	200–250	250–300	Более 300
Класс площадок	I	II	III	IV	V
Площадь регионов, км ²	91 741	99 421	13 907	2283	208
Фоновая среднегодовая скорость ветра, м/с	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3
Среднегодовая скорость ветра на высоте 10 м, м/с	4,5	4,9	5,4	5,8	6,2
Среднегодовая скорость ветра на высоте 70 м, м/с	6,5	6,8	7,3	7,9	8,2
Расчетная скорость ветра (для ВЭУ – номинальная)	10,4	10,9	11,7	12,6	13,1
Ветровой поток на высоте 10 м, Вт/м ²	171	196	243	308	344
Суммарная площадь под ВЭУ, км ²	18348	19884	2781	457	42
Типы ВЭУ	B6, B8	B8, B10	B10, B12	B12, B14	B14
Суммарная мощность ВЭУ на площадках, МВт	38 530	47 722	8065	1645	176
Годовая выработка ВЭУ (ТВЭР), млрд кВт·ч	115,6	143,2	24,2	4,9	0,5
Установленная мощность ВЭУ с 40-м колесом, МВт	0,33	0,38	0,47	0,59	0,66

Окончание табл. 7.3

Показатель	Регионы и их высота над уровнем моря, м				
	100–150	150–200	200–250	250–300	Более 300
Расчетное число ВЭУ с 40-м колесом и N = 500 кВт на площадках ⁶ , шт.	165 133	178 957	25 032	4109	378

Примечание.

1. Распределение характеристик ветроэнергетических ресурсов проведено по региональным признакам, оцениваемым рельефом местности.

Исходя из ветроэнергетического потенциала, только в Минской области насчитывается 1076 строительных площадок под размещение на каждой от 3 до 10 ВЭУ континентального базирования мощностью до 1 МВт. Среднегодовая выработка только 10 % этих ВЭУ в статистическом распределении времени работы в номинальном режиме от 2500 до 3300 ч в год на срок эксплуатации установок составляет около 2676 млн кВт·ч [44, 45].

Реформирование белорусской энергосистемы предполагается осуществить в три этапа в течение 2010–2015 гг. [46]⁷. В соответствии с этим документом целью реформирования белорусской энергосистемы является создание республиканского оптового рынка электрической энергии.

На первом этапе (2010–2011 гг.) создано РУП «Высоковольтные электрические сети» и проводится разработка нормативной правовой базы функционирования энергосистемы в новых экономических условиях. Основными задачами предприятия планируется эксплуатация высоковольтных электрических сетей, передача электроэнергии и оперативно-диспетчерское управление объединенной энергосистемой.

На втором этапе (2012–2013 гг.) будет создано РУП «Белгенерация», в состав которого войдут наиболее крупные электростанции.

На третьем этапе (2014–2015 гг.) будет завершен процесс реформирования белорусской энергосистемы, создание оптового

⁶ 9 ВЭУ на площади 1 км².

⁷ Это предусмотрено стратегией развития энергетического потенциала Беларуси, утвержденной постановлением правительства №1180.

рынка электрической энергии и условий для эффективного привлечения инвестиций.

Осуществление таких структурных преобразований белорусской энергосистемы позволит решить многие задачи. Будут сформированы рыночные структуры и организован республиканский оптовый рынок электрической энергии, обеспечена прозрачность затрат на всех стадиях производства, передачи, распределения и продажи электрической и тепловой энергии.

Предлагаемый альтернативный инновационный сценарий позволяет снизить потребление газа в энергетике до 2020 г. почти наполовину: с нынешних 18,5 до 9,3 млрд м³. В качестве реальной альтернативы атомной энергетике выступает, прежде всего, развитие ветроэнергетики, использование энергии биомассы и выработка биогаза. По данным экспертов, строительство 3,5 тыс. ВЭУ, мощностью 2 МВт каждая, позволит производить такой же объем электроэнергии, как и два энергоблока планируемой к строительству АЭС. Это потребует 7 млрд долл. США инвестиций, включая подготовку ВЭУ к эксплуатации, что меньше 9 млрд долл. США, необходимых для атомной станции. Цикл строительства ВЭУ занимает менее года, поэтому можно оперативно корректировать ввод ветроэнергетических мощностей в зависимости от динамики энергопотребления [46].

За последние десять лет в Республике Беларусь в эксплуатации находилось 5 различных ВЭУ:

1. Ветроэнергетическая установка «Нордекс 29/250»: мощность – 250 кВт; ввод в эксплуатацию – 2000 г.

2. Ветроэнергетическая установка «Якобс 48/600»: мощность – 600 кВт; ввод в эксплуатацию – 2001 г.

Обе установки расположены в д. Занарочь Мядельского района Минской области эксплуатирующей организацией ЧУП «ЭкоДомСтрой» в рамках гуманитарной программы МБОО «ЭкоДом» (по согласованию с Департаментом по гуманитарной деятельности управления делами Президента Республики Беларусь) в результате реализации при содействии зарубежных партнеров. На данный момент установки работают.

3. Ветроэнергетическая станция «ВЭС-200 кВт»: мощность – 200 кВт (3 энергоблока по 77 кВт производства ООО «Аэролла»);

ввод в эксплуатацию – 26.05.2008; место – СПК «Свитязянка 2003» Кореличского района Гродненской области.

4. Ветроэнергетическая установка «ВЭУ-250»: установленная мощность – 250 кВт (производства ООО «Аэролла»); тип – роторная; место – Международный инновационный экологический парк «Волма»; состояние – в стадии модернизации с увеличением мощности до 500 кВт. В настоящее время используется только в учебных или демонстрационных целях.

5. Ветроэнергетическая установка «ВЭУ-6»: мощность – 6 кВт (производства ООО «Аэролла»); место – Международный инновационный экологический парк «Волма»; за время работы (1200 ч) выработано около 1100 кВт·ч. Состояние: работает, обеспечивает внутренние потребности.

Руководство Республики Беларусь осуществляет поддержку развития альтернативной энергетики. Так, была принята целевая государственная программа, согласно которой доля местных видов топлива и альтернативных источников энергии к 2012 г. в энергобалансе должна быть доведена до 25 %. На первом этапе ставка была сделана преимущественно на использование угля, торфа и древесины. Основным направлением стимулирования строительства новых объектов, работающих на местных видах топлива, стали закупки концерном «Белэнерго» электроэнергии, вырабатываемой такими предприятиями, по повышенным тарифам. Принято решение в первые 5 лет их эксплуатации покупать электроэнергию в 1,3 раза дороже обычных тарифов.

За последние шесть лет доля местных видов топлива значительно выросла – с 5,3 до 21,7 %, что позволило сократить долю импортируемых топливно-энергетических ресурсов ЖКХ с 94,7 до 78,3 %.

К 2020 г. Беларусь собирается снизить энергоемкость ВВП до 210–220 кг нефтяного эквивалента на 1 тыс. долл. США ВВП и выйти по этому показателю на уровень Швеции. В 2015 г. энергоемкость ВВП должна снизиться не менее чем на 50 %, в 2020 г. – не менее чем на 60 % к уровню 2005 г.

Вопрос развития ветроэнергетики в Беларуси – это вопрос не столько ветрового потенциала, сколько вопрос экономики и энергетической политики. В позапрошлом веке трудно было найти белорусскую деревню, в которой не стояла бы ветряная мельница. Устройства были стационарными и передвижными: очень широко

были распространены плавучие мельницы «водяки» и сукновальни, передвижные «ветряки». На зимовку такие «водяки» заводились в тихие затоны в стороне от фарватера. Производились они для собственных нужд и на «экспорт» – в Украину и Россию. Эти устройства не требовали сооружения плотин и не наносили вреда окружающей среде, в отличие от плотинных. Поэтому еще недавно мнение о бесперспективности развития ветроэнергетики в Беларуси как среди лиц, ответственных за принятие решений, так и специалистов по традиционной энергетике, не соответствует исторической действительности.

Количество площадок для ВЭУ, конечно, существенно больше, чем 1840, но выбирать их следует не только по скорости ветрового потока, но и с учетом наличия и мощности сетей в непосредственной близости от площадки.

Появление на международном рынке ВЭУ мощностью 1,5–2,0 МВт континентального базирования (высотой 90–110 м) в принципе изменяет перспективы развития ветроэнергетики в стране.

В Беларуси в 2014–2018 гг. могут быть построены ветропарки суммарной мощностью до 300 МВт. Об этом говорится в Стратегии развития энергетического потенциала Республики Беларусь, которая утверждена постановлением Совета Министров № 1180 и рассчитана на период до конца 2020 г.

Презентация первой в Беларуси ВЭУ мощностью 1,5 МВт (ВЭУ – HEAG HW82/1500, пилотный проект) состоялась в Гродненской области в апреле 2011 г. Участие в презентации приняли представители китайской компании HEAG, Министерства энергетики Беларуси, ГПО «Белэнерго», РУП «Гродноэнерго», местных властей. ВЭУ размещена в поселке Грабники Новогрудского района. Высота расположения установки над уровнем моря – около 320 м. Длина каждой из трех лопастей ветроколеса составляет около 40 м, высота мачты – 81 м. Вес оборудования – около 200 т, вес гондолы – 65 т. Производителем является китайская компания HEAG. Среднегодовая выработка электроэнергии установкой в Новогрудском районе составит примерно 3,8 млн кВт·ч, что соответствует экономии условного топлива – около 1,1–1,25 тыс. т. Общая стоимость проекта оценивается в 8–9 млрд бел. руб. [46].

По результатам обследования площадки в районе поселка Грабники в дальнейшем здесь возможно размещение ветропарка из семи-восьми ветроэнергетических установок. Суммарная ориентировочная среднегодовая выработка электроэнергии такого ветропарка составит около 25–30 млн кВт·ч.

В заключение необходимо отметить что, эффективность внедрения ВЭС можно оценить на основании срока окупаемости затрат:

$$T = \frac{C_k}{(1-Z)C_A K_i 8760}$$

где C_k – удельные капитальные затраты (табл. 7.4), евро/кВт;

C_A – тариф на электроэнергию, евро/кВт·ч;

Z – годовые эксплуатационные затраты (они принимаются на основе имеющихся справочных данных в пределах 20 %, т. е. равными 0,2);

K_i – коэффициент использования номинальной мощности ВЭУ (можно принять 0,305–0,457).

Таблица 7.4

Расчет удельных затрат на ВЭУ

Стоимостная характеристика	Затраты, евро/кВт
Ветрогенератор (турбина)	1300
Фундамент под ВЭУ	35–40
Транспортные расходы	45–55
ТП 0,69/20(10) ⁸ кВ	35–50
ТП 20 (10)/110(35) кВ	45–55
Строительство дорог	14–16
Кабельная сеть ветропарка ВЭС	26–29
ЛЭП для ветропарка	37–40
Монтаж ВЭУ (специальный кран)	35–50
Ввод в эксплуатацию (наладка)	15–25

⁸ Цифры в скобках относятся к энергосистеме Беларуси.

Годовые эксплуатационные издержки включают:

- издержки на техническое обслуживание и текущий ремонт, 10 % от стоимости ВЭУ, деленные на срок эксплуатации 25 лет;
- отчисления на погашение процентной ставки за кредит, 10 % от стоимости ВЭУ, деленные на срок эксплуатации 25 лет;
- отчисление на эксплуатацию сетей, 6 % от годового дохода продаж электроэнергии;
- налоги, 10–15 % от годового дохода продаж электроэнергии;
- затраты на топливо отсутствуют, а затраты на заработную плату невелики и входят в издержки по техническому обслуживанию ВЭУ.

Для Республики Беларусь:

- предпочтительными вариантами строительства ВЭС являются площадки, расположенные в Гродненской, Витебской и Минской областях, где среднегодовая скорость ветра на высоте 10 м от земли превышает 4,8 м/с, а на высоте 100 м – более 10 м/с;
- целесообразен выбор ВЭУ мощностью 1,5–3,0 МВт с расчетной скоростью ветра 11 м/с и высотой опоры 110 м;
- не следует внедрять ВЭУ мощностью менее 1 МВт, демонтируемые в странах ЕС в связи с техническим перевооружением мировой ветроэнергетики и предлагаемые на рынке;
- при проектировании ВЭС необходимо учитывать возможность ее расширения и выбора элементов электрической схемы связи с энергосистемой;
- для АПК внедрение малых ВЭУ на современном этапе считается нецелесообразным.

Глобальная стратегия развития энергетики, а следовательно и всей цивилизованной жизни на Земле в XXI в., хорошо иллюстрируется так называемой 3Э-трилеммой (рис. 7.13) – (Э: Экономика, Э: Энергетика, Э: Экология) [42]. При обычном способе развития цивилизации по стандартному пути для активизации экономического развития необходимо увеличивать расход и производство энергии. Однако это создает серьезные экологические проблемы вследствие увеличения выбросов вредных веществ в окружающую среду. И наоборот, если политический выбор государств направлен на снижение вредных выбросов, это тормозит развитие экономики. Единственным способом разрешения этой трилеммы является развитие экологически чистых технологий производства энергии.

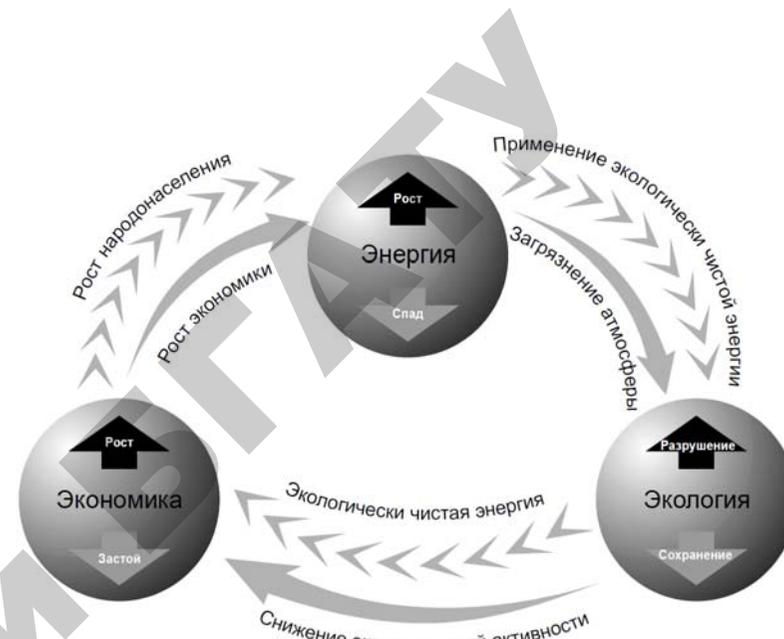


Рис. 7.13. Трилемма

Вопрос широкого использования возобновляемых источников энергии в Беларуси рано или поздно придется решать. И дело даже не в том, что наша республика не имеет значительных промышленных запасов нефти, газа или другого ископаемого топлива. Мировые тенденции использования альтернативных источников энергии таковы, что первыми их осваивать начинают не страны, обделенные природными ресурсами, а страны с развитой научной и технической базой, страны, где вопросы экологии находятся не на последнем месте.

Из всех видов возобновляемых источников энергии наиболее привлекательной в этом смысле представляется энергия Солнца, в особенности способ ее непосредственного преобразования в электрическую энергию с помощью фотоэлектрических преобразователей энергии. Они характеризуются очень большим временным ресурсом работы, не имеют движущихся частей, не создают шума, с их работой не связана эмиссия каких-либо вредных веществ и поэтому солнечные элементы весьма притягательные для потребителей в качестве альтернативы обычным источникам энергии. Они хорошо сочетаются с современным строительным дизайном, более того, ввиду достаточно больших эффективностей (не менее 14–15 %)

и модульного принципа наращивания мощности, могут использоваться в системах с мощностью до нескольких МВт – «солнечные электростанции», которые могут явиться составными частями региональных энергосистем.

Перспективность использования фотоэлектрических преобразователей, как возобновляемого источника энергии, подтверждается тем, что прирост производства солнечных батарей во всем мире за последние 2–3 десятилетия составил, в среднем, примерно 25 % в год.

Кроме того, солнечная энергия имеет малую пространственную плотность. Для трансформации солнечной энергии в электрическую необходимо использование достаточно больших площадей. Для Беларуси годовое потребление электроэнергии в 2013 г. составляло 30,5 млрд кВт·ч [40]. Чтобы покрыть эту потребность необходимо около 230 км² или 0,11 % территории республики. То есть, квадрат 15,2×15,2 км², отданный под солнечную электростанцию, может обеспечить всю потребность нашей страны в электроэнергии. Беларусь является государством с относительно невысокой плотностью населения, кроме того, имеется значительная область Чернобыльской зоны, временно непригодная для земледелия или сосредоточенного проживания людей. Эта зона вполне может использоваться для площадок строительства солнечных электростанций.

8. УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ В СИСТЕМАХ АПК

Территория Республики Беларусь занимает 207,6 тыс. км². Протяженность с севера на юг составляет 560 км, с востока на запад – 650 км.

Сельскохозяйственные земли занимают 44,9 %, из них пашня – 30 % общей площади. Слабо используемые земли в народном хозяйстве (пески, кустарники, болота и т. д.) составляют 15 % общей площади. Население Республики Беларусь по состоянию на 01.02.2012 г. составляет 9463 тыс. чел. Из них 1885,1 тыс. проживают в г. Минске. Более 75 % населения проживает в городах и только 25 % – сельские жители. Динамика численности населения с 1990 г. представлена на рис. 8.1.

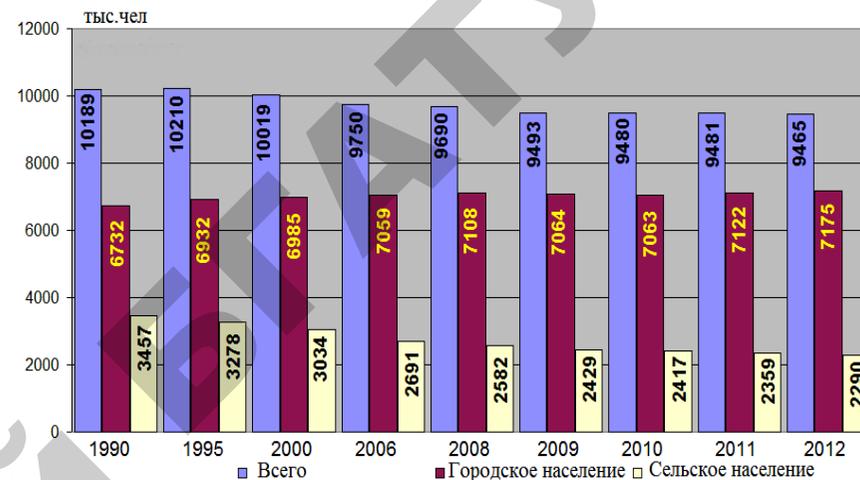


Рис. 8.1. Численность сельского и городского населения Беларуси

Сельское хозяйство Беларуси специализировано на выращивании традиционных для умеренных широт культур. В растениеводстве преобладают зерновые преимущественно ячмень, рожь, пшеница, картофель, кормовые культуры. В связи со структурными преобразованиями и ориентацией на возобновляемые источники энергии в республике расширяются объемы возделывания зернобобовых и масличных культур.

В животноводстве в основном выращивается крупный рогатый скот для производства молока и мяса, а также свиньи и птица. Динамика поголовья скота и птицы с 2004 г. представлена в табл. 8.1

Таблица 8.1

Поголовье скота и птицы на начало каждого года

Год	КРС	Свиньи	Овцы	Лошади	Птицы
2010	4151	3782	127	125	34,1
2011	4151	3887	124	113	37,0
2012	4247	3989	125	100	40,0

Примечание. Птица приведена в млн голов, остальные – тыс. гол.

Энергосистема Республики Беларусь имеет сложный характер, но отлично интегрирована в общую единую энергосеть соседних

государств. Схема энергосистемы Беларуси и соседних государств приведена на рис. 8.2.



Рис. 8.2. Схема энергосистемы Республики Беларусь

Между энергетическими компаниями Беларуси, России, Эстонии, Латвии и Литвы, электрические сети которых работают в едином электрическом кольце, действует Соглашение о параллельной работе энергосистем от 7 февраля 2001 г.

Биоэнергетика – технологии использования возобновляемых органических ресурсов, так называемой биомассы для производства энергии, включая электроэнергию, энергию жидких, твердых и газообразных видов топлива, теплоты, химических веществ и других материалов. Биоэнергетика после солнца является самым мощным возобновляемым источником энергии.

Топливо из биомассы начинает становиться более популярным из-за растущих цен на ископаемые виды топлива. Кроме того, использование биоэнергетических источников снижает загрязнение, помогает контролировать выбросы двуоксида углерода.

Что же такое биомасса, и как она может быть использована для получения теплоты и электричества?

Биомасса – любые материалы биологического происхождения, продукты жизнедеятельности и различные органические отходы. Биомасса будет существовать на Земле, пока на ней существует

жизнь. По данным Европейской Экономической комиссии ООН ежегодный прирост органического вещества на Земле эквивалентен производству такого количества энергии, которое в десять раз больше годового потребления энергии всем человечеством на современном этапе.

Основные направления использования биомассы в энергетике:

1-я группа:

- дрова (хвойные, лиственные породы и быстрорастущие деревья);
- производство пеллет (древесные или торфяные гранулы);
- производство горючих брикетов (древесные, травяные, торфяные);
- производство древесной щепы (для прямого сжигания);
- соломенные или травяные тюки (в специальных топках);

2-я группа:

- газификация;
- пиролиз;

3-я группа:

- производство этанола;
- производство биодизельного топлива;

4-я группа:

- производство биоводорода;

5-я группа:

- производство биогаза.

В условиях Беларуси развитие биоэнергетики экономически целесообразно и технически осуществимо. В Беларуси действует: свыше 6300 комплексов КРС; свыше 100 свиноводческих комплексов и 60 птицеводческих комплексов, на базе которых ежегодно образуются миллионы тонн отходов (табл. 8.2).

Таблица 8.2

Прогноз выхода навоза и помета в 2012 г., т

Животные (птицы)	КРС	Свиньи	Птицы
Выход навоза (помета)	212 350	79 780	2400

Эти отходы (практически без их предварительной обработки) сбрасываются на поля как удобрения. Однако, помимо пользы, они одновременно наносят значительный экологический ущерб.

Размываясь снеговыми и ливневыми водами, навоз с полей, а также не обезвреженные воды предприятий животноводства, в особенности свиноводческих ферм, попадают в водоемы. Такие сточные воды содержат большое количество биогенных элементов, среди которых находятся фосфор и азот, способствующие массовому развитию водорослей.

Потенциал биогаза от всех источников составляет 160 тыс. т у. т. в год.

Источники биомассы, характерные для нашей республики, можно разделить на пять основных групп:

- продукты естественной вегетации (древесина, древесные отходы, древесный мусор и торф);

- биомасса растительного происхождения (рапс, солома, жмых, силос и т. п.);

- отходы жизнедеятельности человека (твердые бытовые отходы, отходы промышленного производства и осадки очистных сооружений);

- отходы сельскохозяйственного производства (навоз, куриный помет, ботва и т. п.);

- отходы агропромышленного комплекса (меласса, барда спиртовая, мезга картофельная, дробина пивная, глицерин технический, отходы мясо- и молоко переработки и т. п.);

- специально выращиваемые быстрорастущие агрокультуры, растения и лесные насаждения.

В Республике Беларусь твердые бытовые отходы направляются на свалки и два мусороперерабатывающих завода (Минский и Могилевский). Ежегодно вывозится (тыс. т): бумаги – 648,6; пищевых отходов – 548,6; стекла – 117,9; металла – 82,5; текстиля – 70,8; дерева – 54,2; кожи и резины – 47,2; пластмассы – 70,8. Содержание органического вещества в бытовых отходах составляет 40–75 %, углерода – 35–40 %, зольность – 40–70 %, горючие компоненты в бытовых отходах составляют 50–88 %, теплотворная способность твердых биологических отходов (ТБО) – 800–2000 ккал/кг. Потенциальная энергия, заключенная в твердых бытовых отходах, образующихся на территории Беларуси, равноценна 470 тыс. т у. т.

При их переработке с целью получения газа эффективность составляет не более 20–25 %, что эквивалентно 100–120 тыс. т у. т.

Кроме того, необходимо учитывать многолетние запасы ТБО, которые имеются во всех крупных городах и создают проблемы их складирования. Только по областным городам переработка ежегодных коммунальных отходов в газ позволила бы получить около 50 тыс. т у. т., а по г. Минску – до 30 тыс. т у. т. энергии. В целом же в Беларуси перерабатывается лишь 16 % отходов.

Эффективность данного направления следует оценивать не только по выходу биогаза, но и по экологической составляющей, которая в данной проблеме будет основной.

Для получения полезных продуктов или веществ биомасса требует переработки, которая носит комплексный характер и позволяет решить ряд чрезвычайно важных проблем:

- санитарно-экологическую (обеззараживание отходов);

- агрохимическую (получение эффективных органических удобрений);

- энергетическую (получение качественного топлива, а затем тепловой и электрической энергии);

- социальную (улучшение условий труда и быта населения, увеличение урожайности сельскохозяйственных культур, повышение продуктивности животных, сокращение применения ядохимикатов и т. д.).

На сегодня реализованы следующие крупные биогазовые комплексы в аграрном секторе: ОАО «Гомельская птицефабрика» (340 кВт); РУСП СГЦ «Западный» (500 кВт); Птицеплемзавод «Белорусский» (340 кВт), СПК «Агрокомбинат Снов» (2 МВт) (рис. 8.3) и СПК «Рассвет» им. Орловского (4,8 МВт) (рис. 8.4).

Понимая важность вопросов энергосбережения и утилизации отходов, в республике Беларусь планируется в 2014 г. завершить новые крупные проекты – 7 биогазовых установок и комплексов, работающих на отходах сельскохозяйственного производства, электрической мощностью 1–3 МВт. К ним относятся следующие: ОАО «Гастелловское» (электрическая мощность 3 МВт); ОАО «Совхозкомбинат “Сож”» (электрическая мощность 1 МВт); ЗАО «Липовцы» (электрическая мощность 1 МВт); СПК «Маяк коммуны» (электрическая мощность 1 МВт); РУСП «Свинокомплекс “Борисовский”» (электрическая мощность 1 МВт); РУСП «Совхоз “Слуцк”» (электрическая мощность 1 МВт) и СПК «Вишневецкий» (электрическая мощность 1 МВт).



Рис. 8.3. Биогазовый комплекс ОАО «Агрокомбинат Снов»



Рис. 8.4. Биогазовый комплекс на 4,8 МВт в СПК «Рассвет» им. Орловского

С помощью иностранных инвесторов планируется в этот же период построить 6 биокомплексов на очистных сооружениях и 5 биокомплексов на спиртзаводах. К ним относятся следующие: КУП «Минскводоканал» (инвестиции около 20 млн долл. США и 15 млн долл. США); КУП «Бобруйскводоканал» (инвестиции около 5 млн долл. США); КУП «Барановичиводоканал» (инвестиции около 5 млн долл. США); КУП «Бобруйскводоканал» (инвестиции около 4 млн долл. США); КУП «Слонимводоканал» (инвестиции около 3 млн долл. США) и 5 комплексов «Белгоспищепром» (инвестиции около 15 млн долл. США).

Следует отметить, что главное экологическое преимущество технологии производства биогаза состоит в уменьшении выбросов метана, углекислого газа и окиси азота в атмосферу. В течение процесса брожения выделяется ровно такое количество углекислого газа, какое прежде было поглощено растениями в процессе фотосинтеза, а метан, оказывающий в 21 раз более сильное влияние на парниковый эффект, чем углекислый газ, захватывается и не выбрасывается в окружающую среду.

Реализация государственной политики в сфере использования возобновляемых источников энергии осуществляется согласно документам [8, 16–20].

Развитие сельского хозяйства Республики Беларусь будет осуществляться в соответствии с Государственной программой укрепления аграрной экономики и развития сельских территорий на 2011–2015 гг. Важнейшими задачами развития сельского хозяйства являются формирование конкурентоспособного, экологически

безопасного производства сельскохозяйственной продукции, обеспечивающего в полном объеме внутренние потребности страны, наращивание экспортного потенциала, а также увеличение рентабельности продаж.

К приоритетным направлениям, обеспечивающим повышение сельскохозяйственного производства, относятся:

- создание высокоэффективных интеграционных структур корпоративного типа по технологическим продуктовым цепочкам от производства исходного сырья до сбыта готовой продукции;
- интенсификация сельскохозяйственного производства на основе эффективного использования производственных и климатических условий, трудовых ресурсов, инфраструктуры сбыта внутри страны и за рубежом с ориентацией на потребности перерабатывающей промышленности и спрос на мировом рынке продовольствия;
- модернизация организаций, перерабатывающих сельскохозяйственное сырье, внедрение нового оборудования и технологий, позволяющих осуществлять глубокую переработку сырья, расширять ассортимент, а также обеспечивать выпуск продукции с высокой добавленной стоимостью.

Проводимая в Республике Беларусь экологическая политика направлена на обеспечение экологической безопасности, эффективное использование природных ресурсов при сохранении целостности природных комплексов, в том числе уникальных. К основным направлениям ее реализации можно отнести:

- значительное улучшение качества компонентов окружающей среды на основе повышения технологического уровня производства;
- сокращение объемов образования отходов, выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и сбросов загрязненных сточных вод в поверхностные водоемы, предотвращение загрязнения подземных вод, почв и деградации сельскохозяйственных угодий;
- реализация комплекса мероприятий по предотвращению и минимизации вреда, причиненного окружающей среде катастрофами техногенного и природного характера, за счет проведения превентивных организационно-технических мер в сфере производства, разработки и внедрения в практику современных методов, технологий и оборудования для гидрометеорологических наблюдений и подготовки гидрометеорологических прогнозов;
- увеличение уровня вовлечения отходов в гражданский оборот, обезвреживания накопленных опасных отходов производства;

- сохранение биологического разнообразия, природных ландшафтов, естественных экологических систем путем развития сети особо охраняемых природных территорий;
- развитие Национальной системы мониторинга окружающей среды на основе внедрения прогрессивных технологий наблюдения, сбора данных, получения и представления экологической информации;
- формирование экологической культуры населения через систему образования;
- предупреждение экологических угроз, связанных с увеличением выбросов парниковых газов в атмосферу, антропогенным изменением климата и техногенными катастрофами.

Задачи в сфере повышения эффективности, использования местных и возобновляемых энергоресурсов в Республике Беларусь:

1. Снизить энергоёмкость ВВП к уровню 2005 г.; не менее чем на 50 % в 2015 г.; не менее чем на 60 % в 2020 г.
2. Обеспечить экономию энергоресурсов (в сопоставимых условиях): не менее 7,1–8,9 млн т у. т. в 2011–2015 гг.; не менее 5,2 млн т у. т. в 2016–2020 гг.
3. Обеспечить долю использования собственных энергоресурсов в балансе энергоресурсов для производства тепловой и электрической энергии: не менее 25 % в 2012 г.; не менее 28 % в 2015 г.; не менее 32 % в 2020 г.

Финансирование мероприятий по рациональному использованию энергии и собственных энергоресурсов в 2010–2015 гг. представлено на рис. 8.5. Общий объем финансирования составит 8662,5 млн долл. США.

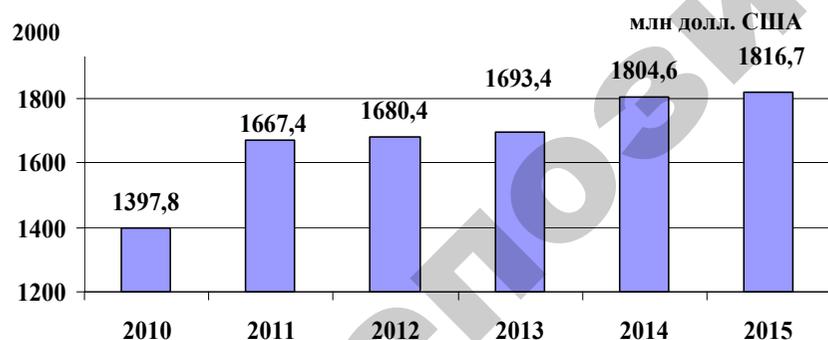


Рис. 8.5. Объем финансирования мероприятий по энергосбережению

Программа строительства энергетических источников, работающих на биогазе, имеет следующие задачи:

- снижение экологической нагрузки на окружающую среду;
- получение биогаза и использование его для выработки электрической и тепловой энергии в целях замещения импортируемых топливно-энергетических ресурсов;
- получение высококачественных органических удобрений;
- уменьшение засоренности посевных площадей от внесения на них не переработанной органики.

В результате реализации этой Программы в республике будут введены в эксплуатацию 39 биогазовых установок суммарной электрической мощностью 40,4 МВт, что позволит ежегодно вырабатывать около 340 млн кВт·ч электрической энергии и замещать импортируемый природный газ в объеме более 145 тыс. т у. т.

Реализация национальной программы «Развитие местных, возобновляемых и нетрадиционных энергоисточников на 2011–2015 гг.» предполагает:

- строительство 102 биогазовых комплексов в организациях сельского и жилищно-коммунального хозяйства, микробиологической промышленности и на полигонах коммунальных и бытовых отходов суммарной электрической мощностью 77,8 МВт;
- строительство ветроэнергетических станций суммарной электрической мощностью 365–385 МВт;
- внедрение 184 гелиоустановок для нужд горячего водоснабжения;
- внедрение 166 тепловых насосов для использования низкопотенциальных вторичных энергоресурсов и геотермальной энергии.

В условиях мирового финансового кризиса и ограниченности ресурсного потенциала повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов приобретает для республики особую значимость. Экономия становится не просто обязательным принципом хозяйствования, но важнейшим требованием поддержания национальной безопасности страны.

В качестве основных направлений научно-исследовательских и поисковых работ для развития биоэнергетики в Республике Беларусь можно рассматривать:

- получение новых сведений о ресурсах биотоплива и его характеристиках;

- изучение процессов и создание основ технологий подготовки, переработки и конверсии биотоплива в энергетическую продукцию;
- изучение сопутствующих экологических проблем, в том числе загрязнение окружающего пространства отходами производства и вредными газовыми выбросами (оксидами серы, азота и др.);
- разработка и обоснование технологий использования материалов переработки отходов для производства топлива, теплоты и электроэнергии;
- оценка экономически целесообразного потенциала биоресурсов для производства топлива, теплоты и электроэнергии, включая их использование в агрогородках.

В результате проведенного анализа действующих биогазовых комплексов выявлены основные причины, сдерживающие развитие биогазовой энергетики в Республике Беларусь.

Строительство биогазовых комплексов является единственным направлением, позволяющим организациям Минсельхозпрода существенно увеличить долю местных видов топлива в балансе котельно-печного топлива, а так же увеличить использование альтернативных источников энергии. Потенциально возможная мощность биогазовых комплексов в аграрной отрасли республики по состоянию на 01.01.2013 г. составляет на фермах по выращиванию КРС 70,7 МВт; на свиноводческих комплексах – 72,8 МВт; на птицефабриках – 31,7 МВт. В соответствии с имеющимся потенциалом биосырья (табл. 8.1) в Национальной программе «Развитие местных, возобновляемых и нетрадиционных энергоисточников на 2011–2015 гг.» запланировано строительство 102 биогазовых комплексов с суммарной электрической мощностью 77,8 МВт, при этом в организациях Минсельхозпрода предусмотрено строительство 22 биогазовых комплексов общей мощностью 21,7 МВт.

В настоящее время в Беларуси действуют 6 биогазовых комплексов, работающих на навозе и птичьем помете, с общей установочной электрической мощностью около 9,0 МВт. Наиболее успешный в Беларуси биогазовый проект реализован на сельскохозяйственном предприятии «СГЦ Западный». Комплекс, работающий на свином навозе, построен немецкой компанией «Биогаз-Норд». Для стабилизации выхода биогаза используют отходы переработки рыбы компании «Санта-Бремор», а также отходы

зернопереработки. Выработка электроэнергии находится на постоянном стабильном уровне (табл. 8.3).

Таблица 8.3

Технические характеристики эксплуатации комплексов [21]

Наименование	Биогазовый комплекс			
	РУП «Племптицезавод «Белорусский»	РУСП СГЦ «Западный»	ОАО «Гомельская птицефабрика»	СПК «Рассвет» им. Орловского
Дата ввода в эксплуатацию	2008	2008	2009	2012
Мощность, кВт	340	520	330	4800
Ферментер, м ³	1500	1500	1500	8×2890
Плановая выработка биогаза, м ³ /сут	6720	4700	4000	48 600
Фактическая выработка биогаза, м ³ /сут	1953	4900	–	26 691
Плановая выработка электроэнергии, кВт·ч/сут.	16 320	10 110	8025	111 781
Фактическая выработка электроэнергии, кВт·ч/сут.	4200	10 500	–	59 127
Плановая выработка теплоты, Гкал/сут.	17,8	1103	8540	107 519
Фактическая выработка теплоты, Гкал/сут.	4,7	1200	–	56 873

Примечание. Фактическая выработка принята за 2012 г.; биогазовый комплекс ОАО «Гомельская птицефабрика» в 2012 г. не работал.

Биогазовый комплекс СПК «Агрокомбинат Снов» введен в эксплуатацию в декабре 2011 г. Строительство комплекса финансировала швейцарская компания TDF-Ecotech Technology. Установки работают на смеси навоза КРС и свиного навоза. На современном этапе биогазовый комплекс имеет загрузку 50 %, так как в навозе КРС содержится много песка; вырабатываемая тепловая энергия не используется, что приводит к потерям и увеличению сроков окупаемости проекта. Отходы мясопереработки, имеющегося собственного мяскокомбината, и зернопереработки в качестве

добавок в навоз не используются, а применяется дорогой кукурузный силос.

Анализ текущей эксплуатации биогазового комплекса в КСУП ППЗ «Белорусский» показывает, что выработка энергии из года в год падает, что говорит о неэффективности использования вложенных бюджетных средств. Необеспечение заданных параметров работы комплекса вызвано грубыми нарушениями технологии производства биогаза и эксплуатации оборудования комплекса (не проводится техническое обслуживание и планово-предупредительные ремонты).

Аналогичная ситуация наблюдается и на биогазовом комплексе в ОАО «Гомельская птицефабрика».

На биогазовом комплексе СПК «Рассвет» им. Орловского из четырех блоков (установленной мощностью по 1,2 МВт) только два работают в номинальном режиме и полностью используют тепловую энергию для технологических нужд комплекса и рядом расположенных сельскохозяйственных объектов. Основная причина – нехватка растительного сырья (субстрата).

Следует отметить, что согласно закону [17] на первые 10 лет с момента ввода биогазового комплекса в эксплуатацию, устанавливается повышающий коэффициент 1,3 при продаже электрической энергии в государственные сети, что должно стимулировать развитие биоэнергетики.

Однако анализ эксплуатации биогазовых комплексов выявил ряд сдерживающих факторов и технологических недостатков. Учитывая весьма высокую стоимость биогазовых комплексов, сложное финансовое положение организаций Минсельхозпрода и высокие процентные ставки по банковским кредитам реализация проектов внедрения данных комплексов за счет собственных средств или кредитов банков для большинства организаций не представляется возможной. Единственной возможностью реализации предусмотренных Программой проектов является привлечение иностранных инвесторов. Однако, их интерес к данным проектам в настоящее время не высок по причине недостаточной величины существующих тарифов на электрическую энергию, вырабатываемую из возобновляемых источников энергии, в частности, из биогаза, для обеспечения оптимальных сроков окупаемости проектов. Для уменьшения сроков окупаемости проектов внедрения биогазовых комплексов и повышения заинтересованности инвесторов Минсельхозпродом необходимо

повысить тарифы на электрическую энергию, вырабатываемую из ВИЭ, до уровня европейских стран – не менее 0,20–0,28 евро/кВт·ч в зависимости от мощности установки и типа используемого сырья (сейчас тариф не более 0,14 евро/кВт·ч). В Министерство экономики внесены соответствующие предложения.

Согласно Государственной программе развития Белорусской энергетической системы на период до 2016 г. [13] и в целях адаптации структуры управления энергосистемой к рыночным условиям предусматривается ряд мероприятий для совершенствования системы управления:

- разделение энергетического производства по видам деятельности на производство, передачу, распределение и продажу электрической и тепловой энергии;
- обеспечение прозрачности затрат на всех стадиях производства, передачи, распределения и продажи электрической и тепловой энергии;
- формирование рыночных структур и организация республиканского оптового рынка электрической энергии (мощности);
- акционирование производящих и продающих электрическую и тепловую энергию организаций.

Конечной целью совершенствования системы управления энергосистемой является переход на рыночные отношения, акционирование организаций и приватизация энергетических объектов, создание республиканского оптового рынка электрической энергии (мощности), что будет способствовать:

- созданию благоприятных условий для привлечения частного капитала, отечественных и зарубежных инвесторов в электроэнергетику;
- диверсификации поставок электрической энергии в результате формирования рыночной инфраструктуры и механизмов для интеграции в энергетический рынок стран Европейского союза и государств – участников СНГ;

– выполнению принятых Республикой Беларусь обязательств в части формирования общего электроэнергетического рынка Союзного государства, ЕврАзЭС, СНГ.

– В этой связи разработана перспективная структура управления электроэнергетикой Республики Беларусь, включающая управляющую организацию, которая в своем составе будет иметь все необходимые структуры по эксплуатации и обслуживанию самых разнообразных энергетических установок (рис. 8.6).

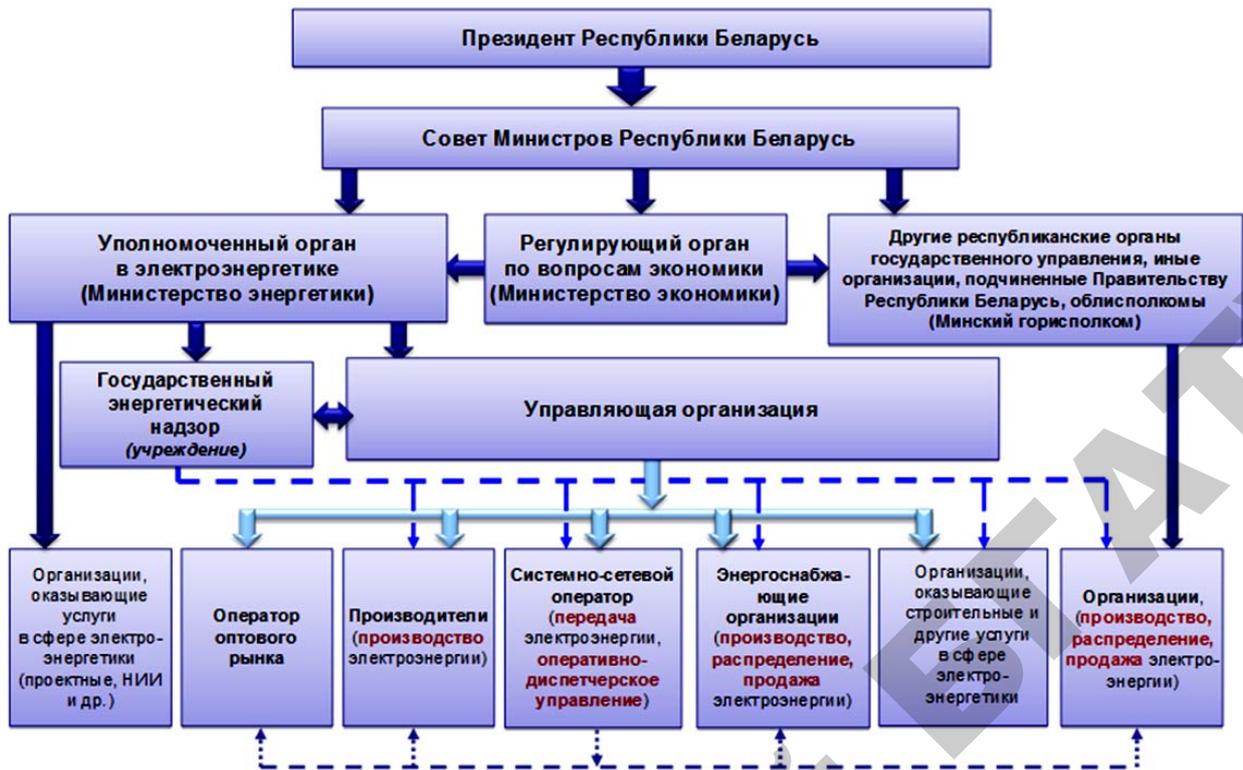


Рис. 8.6. Перспективная структура управления электроэнергетикой Республики Беларусь

Решение этой задачи должно изменить отношение к эксплуатации существующих и строящихся биогазовых комплексов.

По результатам анализа эксплуатации биогазовых комплексов можно выделить следующие критерии их эффективности:

- электрическая эффективность когенерационной установки (высокая загрузка когенерационной установки возможна только при условии быстрого проведения работ по техобслуживанию биогазовой установки; чем старше установка, тем важнее этот аспект);

- затраты и количество технических осмотров и обслуживания;

- применение тепловой энергии, вырабатываемой когенерационной установкой, (собственное потребление теплоты составляет около 30 %);

- количество входящих субстратов (регулярное измерение вязкости и пригодности к перемешиванию позволяет своевременно обнаружить нарушения в концентрации субстратов, при этом эксплуатирующее предприятие может заранее реагировать на изменения загружаемого сырья) и затраты на них (одной из основных составляющих являются затраты на сырье, составляющие около 50 % от общей суммы затрат на эксплуатацию установки);

- затраты на логистику (очень важный вопрос, так как, например, на биогазовом комплексе СПК «Рассвет» им. Орловского при работе установки 8400 ч в год требуется перевезти 34 тыс. т кукурузного силоса и 112 тыс. т навоза КРС);

- затраты на обслуживающий и работающий персонал.

По результатам исследования биогазовых комплексов можно сделать следующие выводы, отражающие основные причины, сдерживающие развитие биогазовой энергетики в аграрной сфере:

недостаточная биотехнологическая оценка сырьевой базы (не учитываются вид и количество подстилочного материала в навозе);

- используется не контролируемый гидросмыв навозных стоков, что приводит к наличию в нем песка и инородных частиц размером более 10 мм;

- несоблюдение технологических регламентов по составу (смесь субстрата составляется без учета рекомендуемых значений) и подаче (не выдерживается по времени и периодичности) субстрата;

- не учитывается и не анализируется логистика доставки сырья к биогазовым комплексам;

- отсутствие стационарных и мобильных лабораторий контроля качества сырья;

- не решается вопрос эффективного использования тепловой энергии, вырабатываемой когенерационным блоком;

- не предусматривается поэтапное строительство и ввод в эксплуатацию биогазовых комплексов большой мощности;

- отсутствие подготовленных специализированных бригад для проведения технического обслуживания и ремонта оборудования и ряд других причин.

Кроме того крайне необходимо создание международных и региональных образовательных центров в области эксплуатации биогазовых комплексов для специалистов АПК.

Таким образом, в Республике Беларусь основное направление в утилизации отходов направлено на сельское хозяйство, включая перерабатывающие предприятия аграрного комплекса (молокозаводы, мясокомбинаты, заводы по производству спирта и т. д.), старые свалки и канализационные стоки.

Что касается коммунального хозяйства, как в промышленном, так и в частном масштабе, то здесь еще предстоит напряженно поработать. В ближайшей перспективе организация раздельного сбора пищевых и промышленных отходов у населения является не выполнимой задачей. Так как, проживая в домах повышенной этажности (8–16 этажей) и имея мусоропровод, население вряд ли добровольно будет осуществлять раздельный сбор отходов. Кроме того, очень важным является наличие специальных служб (фирм), которые бы занимались доставкой собранных отходов по назначению, а их пока нет. Все эти проблемы рано или поздно могут быть решены. Конечно, требуется поддержка государства.

Дополнительные материалы по перспективам использования отходов для получения энергии представлены в приложении 5.

9. ОСОБЕННОСТИ И ПОРЯДОК НОРМИРОВАНИЯ ТЭР НА ОБЪЕКТАХ АПК

Основная задача нормирования расхода ТЭР – обеспечить применение при планировании производства продукции (работ, услуг) технически и экономически обоснованных и (или) прогрессивных норм расхода топлива, тепловой и электрической энергии.

Нормы расхода топлива, тепловой и электрической энергии служат для планирования потребления всех ресурсов, оценки эффективности их использования и для внедрения внутрипроизводственного хозрасчета на предприятиях. Нормы расхода топлива, тепловой и электрической энергии должны:

- разрабатываться на всех уровнях планирования по соответствующей номенклатуре продукции и видов работ на единой методической основе;

- учитывать условия производства, достижения научно-технического прогресса, планы организационно-технических мероприятий, предусматривающие рациональное и эффективное использование топлива, тепловой и электрической энергии;

- систематически пересматриваться с учетом планируемого развития и технического прогресса производства, достигнутых экономических показателей использования ТЭР;

- быть взаимоувязанными с другими показателями хозяйственной деятельности соответствующих уровней планирования (экономическими нормативами, контрольными цифрами, лимитами и др.).

Нормы расхода топлива, тепловой и электрической энергии в производстве классифицируются по следующим основным признакам [12]:

а) по степени агрегации:

- индивидуальные;
- групповые средневзвешенные;

б) по составу расходов:

- технологические;
- цеховые;
- общепроизводственные (общезаводские);

в) по периоду действия:

- текущие (годовые и квартальные);
- перспективные (по годам).

Технологическая норма – норма расхода ТЭР, которая учитывает их расход на основные и вспомогательные технологические процессы производства данного вида продукции, расход на поддержание технологических агрегатов в горячем резерве, на их разогрев и пуск после текущих ремонтов и холодных простоев. Не включают в технологическую норму расхода ТЭР: нерациональные затраты и потери, вызываемые отступлением от принятой технологии; несоблюдение требований по качеству сырья и выработка брака.

Цеховая норма устанавливается на единицу продукции, выпускаемую данным цехом. В нее включаются: технологическая норма; весь расход энергоресурсов на вспомогательные и подобные нужды цеха (освещение, отопление, вентиляция, санитарно-гигиеническая обработка, внутрицеховой транспорт, потери в цеховых сетях).

Общепроизводственная (общезаводская) норма – норма расхода ТЭР, которая учитывает расходы энергии на основные и вспомогательные технологические процессы. Вспомогательные нужды производства (общепроизводственное цеховое и заводское потребление на освещение, водоснабжение, очистку сточных вод и др.), а также технически неизбежные потери энергии в преобразователях, в тепловых и электрических сетях предприятия, отнесенные на производство данной продукции, также учитываются при расчете этих норм.

Не включаются в нормы расхода топлива, тепловой и электрической энергии на производство продукции:

- расходы на строительство и капитальный ремонт зданий и сооружений;

- монтаж, пуск и наладку технологического оборудования (нового и после капитального ремонта);

- научно-исследовательские и экспериментальные работы;

- отпуск на сторону (для поселков, столовых, клубов, детских садов и т. д.);

- потери топлива при хранении и транспортировке.

Расход топлива, тепловой и электрической энергии на эти нужды должен нормироваться отдельно.

Основными исходными данными для определения норм расхода топлива, тепловой и электрической энергии являются:

- первичная техническая и технологическая документация;

- технологические регламенты и инструкции;

- экспериментально проверенные энергобалансы и нормативные характеристики энергетического и технологического оборудования;

- паспортные данные оборудования;

- нормативные показатели, характеризующие наиболее рациональные и эффективные условия производства (коэффициент использования мощности, нормативы расхода энергоносителей в производстве, удельные тепловые характеристики для расчета расхода на отопление и вентиляцию, нормативы потерь энергии при передаче и преобразовании и другие показатели);

- данные об объемах и структуре производства продукции;
- данные о плановых и фактических удельных расходах топлива и энергии за прошедшие годы, а также акты проверок их в производстве;
- данные передового опыта отечественных и зарубежных предприятий, выпускающих аналогичную продукцию, по экономному и рациональному использованию топлива и энергии и достигнутым удельным расходам;
- организационно-технические мероприятия по экономии топлива и энергии.

Состав норм расхода ТЭР – это перечень статей их расхода, учитываемых в нормах на производство продукции. Состав норм расхода топлива и энергии устанавливается соответствующими отраслевыми методиками и инструкциями, разрабатываемыми с учетом особенностей производства продукции, на основе которых на каждом предприятии определяется конкретный состав норм расхода. Произвольное изменение состава норм не допускается.

Если предприятие, кроме основной продукции, выпускает полуфабрикаты для поставки другим предприятиям и товары народного потребления, то расход ТЭР на их производство нормируется отдельно и не включается в нормы расхода на производство основной продукции.

Пример состава норм расхода ТЭР для АПК (мясокомбинат) приведен в табл. 9.1.

Таблица 9.1

Состав норм расхода ТЭР

Наименование норм	Статьи расхода, включаемые в норму	Топливо	Тепловая энергия	Электроэнергия
1	2	3	4	5
<i>Технологическая норма</i>				
1. Тепловая энергия, отпущенная промышленными котельными	собственный расход топлива (на выработку теплоэнергии); собственные нужды котельной; расход топлива на растопку котлов; расход теплоэнергии на разогрев мазута	+	–	–
		–	+	+
		–	+	+
		+	–	–

1	2	3	4	5
<i>Цеховая норма</i>				
	технологическая норма; освещение цеха; вентиляция цеха; потери в цеховых сетях	+	+	+
		–	–	+
		–	–	+
		+	+	+
<i>Технологическая норма</i>				
2. Выпускаемая продукция (например, мясо)	производство мяса; производство сухих и вареных кормов; мойка автомашин, тары, инвентаря, оборудования	–	+	+
		–	+	+
		–	+	+
<i>Цеховая норма</i>				
	технологическая норма; освещение цеха; вентиляция цеха; потери в цеховых сетях; мойка полов и стен; внутрицеховой транспорт	–	+	+
		–	–	+
		–	–	+
		–	+	+
		–	+	–
		–	–	+
<i>Общепроизводственная заводская норма</i>				
	цеховая норма; освещение территории; освещение общезаводских объектов; отопление общезаводских объектов; вентиляция общезаводских объектов; потери в общезаводских сетях; санитарно-гигиенические нужды (душ, стирка и т. п.); внутризаводской транспорт; содержание складов; водоснабжение; очистка сточных вод; производственные нужды ремонтных цехов; производство сжатого воздуха; нужды автобазы	–	+	+
		–	–	+
		–	–	+
		–	–	+
		–	+	+
		–	+	+
		–	–	+
		–	–	+
		–	+	+
		–	–	+
		–	+	+

Основными методами разработки норм расхода ТЭР являются расчетно-аналитический, отчетно-статистический расчетно-статистический и опытный методы.

Расчетно-аналитический метод предусматривает определение индивидуальных норм расхода топлива, тепловой и электрической энергии расчетным путем по статьям расхода в соответствии с установленным составом норм. При этом возможно непосредственное определение норм «прямым счетом» или косвенное, «от базы» по изменению нормативных составляющих энергопотребления в плановом году по сравнению с базисным.

Отчетно-статистический метод предусматривает определение норм расхода ТЭР на основе анализа статистических данных о фактических удельных расходах топлива, тепловой и электрической энергии и факторов, влияющих на их изменение, за ряд предшествующих лет.

Расчетно-статистический метод предусматривает определение норм расхода ТЭР на основе расчета и анализа статистических данных о фактических удельных расходах топлива, тепловой и электрической энергии и факторов, влияющих на их изменение, за ряд предшествующих лет.

Опытный метод разработки норм расхода заключается в определении удельных затрат топлива, тепловой и электрической энергии по данным, полученным в результате испытаний (эксперимента). При этом оборудование должно быть в технически исправном состоянии и отлажено, а технологический процесс должен осуществляться в режимах, предусмотренных технологическими регламентами или инструкциями.

Расчетно-аналитический, отчетно-статистический и расчетно-статистический методы применяются для разработки групповых и индивидуальных норм. Опытный метод используется для определения только индивидуальных норм.

Энергосбережение неразрывно связано с формированием и реализацией организационно-технических мероприятий (ОТМ) по экономии топлива, тепловой и электрической энергии, которые разрабатываются и группируются по следующим основным направлениям применительно к производству продукции согласно установленной номенклатуре:

- совершенствование технологии производства;

- улучшение использования и структуры производственного оборудования;
- улучшение использования топлива и энергии в производстве;
- повышение качества сырья и применение менее энергоемких его видов.

Одним из важнейших факторов экономии ТЭР является использование ВЭР, образующихся в производстве одних видов продукции и используемых для производства других видов продукции. Использование ВЭР не приводит к снижению норм расхода ТЭР и к сокращению их потребности в данном производстве, а покрывает определенную часть общей потребности.

При разработке организационно-технических мероприятий по экономии топлива, тепловой и электрической энергии необходимо использовать отраслевые руководящие материалы.

Например, основные типовые направления ОТМ можно определить как следующие:

- внедрение энергосберегающего оборудования, приборов, материалов;
- совершенствование технологии и структуры производства;
- повышение уровня использования вторичных энергоресурсов, отходов производства;
- повышение коэффициента использования производственного оборудования;
- повышение эффективности использования топлива и энергии;
- повышение качества сырья и использование менее энергоемких его видов;
- внедрение систем регулирования, контроля и учета потребляемых энергоресурсов;
- перевод теплогенерирующих источников на местные виды топлива;
- использование вторичных энергоресурсов;
- прочие мероприятия (организационные, экономические и др.).

Общая формула для определения технологической нормы для производства любой продукции представляет собой следующее выражение:

$$H_T = \frac{A_{Ti}}{\Pi_i},$$

где A_{Ti} – годовой расход энергоресурса на технологические нужды при производстве i -го вида продукции (вид расходуемого ресурса:

W – электроэнергия, кВт·ч;

Q – тепловая энергия, Мкал;

B – топливо прямого использования, т у. т.);

Π_i – годовой объем выпуска i -го вида продукции.

Норму расхода тепловой энергии на технологические нужды при производстве определенной продукции определяют следующим путем.

Составляют перечень статей расхода отдельно для пара и горячей воды на технологические нужды при производстве определенной продукции. Перечень всех установленных на предприятии и участвующих в технологическом процессе машин и аппаратов составляют по видам продукции, потребляющей тепловую энергию. Резервное и неиспользуемое оборудование в расчет не включают. Технологическая норма расхода тепловой энергии на производство i -го вида продукции определяется как сумма годовых расходов тепловой энергии на производство каждой операции данного технологического процесса.

Технологическую норму расхода электрической энергии для определенного вида продукции также рассчитывают как сумму по операционным удельным расходам.

Далее производят расчет цеховых норм расхода тепловой энергии, предварительно определив расходы тепловой энергии согласно статьям расходов, например:

- на санитарную обработку помещений цеха (мытьё полов и стен);
- на душевые и туалетные комнаты;
- на сушку и стирку спецодежды.

Потери тепловой энергии в трубопроводах подсчитывают по статьям общезаводских расходов и далее распределяют пропорционально на все виды выпускаемой продукции. Общую площадь полов и панелей всех помещений цеха, подлежащих мойке, определяют по строительным чертежам.

Определение общецеховых норм расхода тепловой энергии на производство продукции осуществляется по формуле, Мкал/т:

$$H_{ci} = H_{ti} + \frac{Q_{оп} H_{ti}}{\sum (H_{ti} \Pi_i)},$$

где i – индекс вида продукции, выпускаемой в данном цеху;

H_{ti} – технологическая норма расхода тепловой энергии на производство i -го вида продукта, Мкал/т;

$Q_{оп}$ – общий расход тепловой энергии на вспомогательные нужды по i -му цеху, Мкал.

Под знаком суммы стоят произведения технологической нормы на объем производства i -го вида продукции. Поэтому в знаменателе данной формулы учтен годовой выпуск всей продукции в данном цехе.

Для определения общепроизводственной цеховой нормы расхода электрической энергии используют следующие формулы (табл. 9.2, как пример).

Определение общепроизводственных норм расхода тепловой энергии на производство продукции осуществляется по формуле, Мкал/т:

$$H_3 = H_{wi} + \frac{Q_{оп} H_{wi}}{\sum (H_{wi} \Pi_i)},$$

где H_{wi} – общецеховая норма расхода тепловой энергии на производство i -го вида продукции, Мкал/т;

$Q_{оп}$ – общий расход тепловой энергии на вспомогательные нужды по предприятию, Мкал.

Таблица 9.2

Структура норм расхода электрической энергии

Наименование норм	Статьи расхода, включенные в норму (расчетные формулы)	Условные обозначения
Технологическая норма (H_T)	Удельный расход электроэнергии по статьям технологического процесса для каждой единицы электрооборудования с учетом расходов на пуск и потери, включая мойку тары, технологического оборудования	W_i
	$H_T = \sum W_i$	

Наименование норм	Статьи расхода, включенные в норму (расчетные формулы)	Условные обозначения
Общехозяйственная норма ($H_{ц}$)	1. Расход электроэнергии в состав технологической нормы. 2. Расход электроэнергии на вспомогательные нужды: электрическое освещение $H_{ц} = H_{тi} + \frac{W_{ос} H_{тi}}{\sum (H_{тi} \Pi_i)}$	$H_{т}$ $W_{ос}$
Общепроизводственная норма (H_3)	1. Расход электроэнергии, входящий в состав общехозяйственной нормы. 2. Расход электроэнергии на вспомогательные нужды предприятия: освещение территории и объектов; санитарно-гигиенические нужды; водоснабжение и очистка сточных вод; производственные нужды ремонтных мастерских; потери электроэнергии в общезаводских сетях и трансформаторах $H_3 = H_{ц} + \frac{(W_{от} + W_{сан} + W_{вс} + W_{рм} + W_{ст}) H_{цi}}{\sum (H_{цi} \Pi_i)}$	H_c $W_{от}$ $W_{сан}$ $W_{вс}$ $W_{рм}$ $W_{ст}$
Норма расхода электроэнергии на выработку 1 Гкал теплоты	Расход электроэнергии оборудованием котельной, участвующим в производстве теплоты $H_{тк} = \frac{W_{тк}}{\Pi_{тк}}$	$W_{тк}$
Норма расхода электроэнергии на выработку 1 Гкал холода	Расход электроэнергии оборудованием по выработке холода $H_x = \frac{W_x}{\Pi_x}$	W_x

Удельный расход электрической энергии на производство продукции на рабочих машинах, аппаратах и установках непрерывного действия с равномерной нагрузкой (кВт·ч/т):

$$W_{пр} = P_n K_n \frac{A_c}{q_{об}}$$

где P_n – номинальная (паспортная) мощность электродвигателя привода оборудования, кВт;

K_n – коэффициент использования мощности электродвигателя (можно принять по табл. 9.9);

$q_{об}$ – производительность оборудования по обрабатываемому сырью или готовому продукту, т/ч;

A_c – расход сырья, обрабатываемого на данном оборудовании в расчете на 1 т готовой продукции, кг/т.

Расход электрической энергии на освещение территории предприятия, кВт·ч, рассчитываем по формуле:

$$W_{ос} = K_c P_{нар} n_m,$$

где K_c – коэффициент спроса для осветительных установок системы наружного освещения (можно принять $K_c = 1,0-1,1$);

$P_{нар}$ – суммарная установленная мощность светильников наружной системы освещения, кВт;

n_m – использование максимума осветительной нагрузки (можно принять 3500 ч/год), ч/год.

Расчет расхода электрической энергии на внутреннее освещение произведен по формуле:

$$W_{осв} = P_{вн} T_{св} K_o K_c K_z K_H,$$

где $P_{вн}$ – суммарная установленная мощность светильников системы внутреннего освещения, кВт;

$T_{св}$ – время работы светильника за расчетный период (можно принять согласно рекомендациям табл. 9.3, 9.4), ч/год;

K_o – коэффициент одновременности включения осветительных приборов (можно принять согласно рекомендациям табл. 9.5);

E_H , лк	Продолжительность работы установки в год (ч) при высоте помещения, м							
	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	7,0
300	3810	3290	2970	2740	2570	2440	2260	2030
400	4300	3840	3430	3150	2940	2780	2540	2260
500	4300	4300	3900	3560	3310	3110	2830	2490
Трехсменная работа								
150	4890	4520	4290	4120	4000	3900	3760	3590
200	5200	4790	4520	4330	4190	4080	3910	3710
300	5840	5320	4980	4740	4560	4420	4210	3950
400	6480	5850	5440	5250	4930	4760	4510	4200
500	6500	6380	5900	5560	5310	5110	4780	4440

Таблица 9.5

Значения коэффициента одновременности

Тип помещения	K_o
Помещения для посетителей	0,9
Производственные	0,8
Складские	0,7
Административно-бытовые	0,95
Торговые	0,9

Таблица 9.6

Коэффициент спроса осветительной нагрузки

Наименование объекта	K_c
Мелкие производственные здания	1,0
Производственные здания, состоящие из отдельных больших пролетов	0,95
Административные здания и предприятия общественного питания	0,9
Производственные здания, состоящие из нескольких отдельных помещений	0,85
Лабораторные и конторско-бытовые здания, лечебные, детские и учебные учреждения	0,8
Складские здания, подсобные помещения и т. п.	0,6
Наружное и аварийное освещение	1,0

K_c – коэффициент спроса (можно принять согласно рекомендациям табл. 9.6);

K_z – коэффициент запаса освещенности, учитывающий потери осветительной сети (можно принять согласно рекомендациям табл. 9.7);

K_H – коэффициент, учитывающий дополнительное число часов работы светильников в пасмурное время (можно принять 1,02–1,05).

Таблица 9.3

Максимум осветительной нагрузки при освещении общепроизводственных объектов (рекомендуемые значения)

Наименование потребителя	n_m , ч/год
Административные помещения (здания)	1150
Складские помещения	2100
Мойка	2100
Мастерские сантехников	2100
Гаражи	600
Прачечная	600
Зарядная	2100
Столярная мастерская	600

Таблица 9.4

Продолжительность работы осветительной установки в зависимости от сменности работы и нормируемой освещенности (E_H)

E_H , лк	Продолжительность работы установки в год (ч) при высоте помещения, м							
	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	7,0
Односменная работа								
150	820	640	530	470	420	390	340	300
200	1110	850	700	600	540	490	420	350
300	1740	1300	1050	890	770	690	580	470
400	2150	1740	1390	1180	1010	900	750	580
500	2150	2150	1740	1450	1250	1100	910	700
Двухсменная работа								
150	2820	2470	2270	2130	2020	1950	1830	1690
200	3130	2750	2500	2340	2210	2110	1970	1810

Таблица 9.7

Коэффициент запаса освещенности

Помещения	Примеры помещений	Коэффициент запаса, K_z				
		При естественном освещении в расположении светопропускающего материала			При искусственном освещении	
		вертикально	наклонно	горизонтально	газоразрядные лампы	лампы накаливания
Помещения административных зданий	Кабинеты, рабочие и учебные помещения, лаборатории	1,2	1,4	1,5	1,5	1,3
Производственные помещения	Склады, мастерские, для содержания животных	1,3	1,5	1,5	1,5	1,3

Примечание. Расчетный коэффициент запаса освещенности учитывает ее снижение в процессе эксплуатации вследствие загрязнения и старения светопрозрачных заполнений в световых проемах, источников света (ламп) и светильников, а также снижение отражающих свойств поверхностей помещения.

Потребление электроэнергии системой освещения в помещениях различного назначения АПК (Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь) должно рассчитываться с учетом специфики и режима работы осветительных приборов, географической широты расположения помещений и сезонности работы.

Расход электрической энергии на санитарно-бытовые нужды (производят для каждого потребителя отдельно), кВт·ч:

$$W_{\text{сан}} = K_{\text{и}} P_{\text{и}} n_{\text{с}} n,$$

где $n_{\text{с}}$ – число часов работы в смену, ч;

n – число рабочих смен в году.

Расход электрической энергии на водоснабжение, кВт·ч:

$$W_{\text{вс}} = \sum (K_{\text{и}} P_{\text{и}} N_{\text{сут}} N_{\text{год}}),$$

где $N_{\text{сут}}$ – число часов работы в сутки, ч;

$N_{\text{год}}$ – число суток работы в год (обычно принимается $N_{\text{год}} = 365$);

$P_{\text{и}}$ – установленная мощность i -го потребителя, кВт.

Расход электрической энергии на производственные нужды ремонтно-механических служб (станочное оборудование), кВт·ч:

$$W_{\text{рм}} = \sum (K_{\text{и}} P_{\text{и}} N_{\text{г}} K_{\text{м}} t_{\text{см}}),$$

где $K_{\text{м}}$ – коэффициент использования времени смены (можно принять по табл. 9.8.);

$t_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч.

Таблица 9.8

Рекомендуемые значения коэффициента спроса и использования времени смены для станочного оборудования ремонтно-механических мастерских

Станочное оборудование	$K_{\text{и}}$	$K_{\text{м}}$
Станок заточной с вентилятором	0,15	0,11–0,12
Станок заточной	0,16	0,10–0,12
Сверлильный станок	0,15	0,10–0,15
Ножницы	0,15	0,11
Токарно-винторезный станок	0,17–0,18	0,24–0,25
Фрезерный станок	0,17–0,42	0,16–0,27
Строгальный станок	0,16	0,21
Шлифовальный станок	0,16	0,14–0,15
Гидравлический пресс	0,47	0,05
Токарный станок	0,18	0,11
Циркуляционная пила	0,49	0,32
Фуговальный станок	0,37	0,16
Рейсмусовый станок	0,40	0,17
Пила ленточная	0,42	0,20
Компрессор	0,65	0,10
Дистиллятор	0,65	0,30

Таблица 9.9

Коэффициент использования установленной мощности ($K_{\text{и}}$) электрооборудования

Наименование оборудования	$K_{\text{и}}$
Оборудование для кипячения, подогрева жидкостей	0,5
Котлы пищеварочные и автоклавы	0,7

Окончание табл. 9.9

Наименование оборудования	$K_{и}$
Электроплиты	0,6
Электромармиты, кофемолки	0,8
Машины для очистки и нарезки овощей	0,8
Машины для измельчения мяса	0,7
Машины для нарезки мясных и гастрономических продуктов	0,7
Месильные машины	0,9
Автоматы газированной воды (цеховые)	0,4–0,45
Машины контрольно-кассовые	0,25–0,4
Катки сушильно-гладильные	0,8
Электромеханический пресс для сушки одежды	0,9
Машины посудомоечные (промышленные пылесосы)	0,8
Транспортер	0,2–0,25
Холодильное оборудование	0,6
Подъемное оборудование (лифт)	0,7
Подъемное оборудование (таль электрическая)	0,25
Упаковочные машины	0,3–0,4
Стиральные машины	0,7
Весы электронные	0,35–0,4
Телеустановка	0,8
Электрополотенце	0,2
Вентиляционные установки	0,6–0,8
Кондиционер	0,7
Усилитель давления	0,5
Компрессор	0,8
Автоматическая телефонная станция	0,2
Оборудование для административной связи	0,3
Лабораторное оборудование	0,3–0,45
Компьютерное оборудование	0,4

Расход электрической энергии электропотребляющим оборудованием (в общем случае), кВт·ч:

$$W_{эп} = \sum (K_{и} P_{yi} N_{об} T),$$

187

где $N_{об}$ – количество однотипного оборудования, шт.;

T – число часов работы оборудования за расчетный период, ч;

P_{yi} – установленная мощность i -го потребителя, кВт.

Расход тепловой энергии на обогрев зданий включает расход на отопление, вентиляцию, тепловые завесы, Гкал:

$$Q_{об} = Q_o + Q_v + Q_{tz},$$

где Q_o – годовой расход тепловой энергии на отопление зданий;

Q_v – годовой расход тепловой энергии на вентиляцию;

Q_{tz} – годовой расход тепловой энергии на тепловые завесы.

Годовой расход тепловой энергии на отопление зданий определяется:

$$Q_o = q_{от} V 24 \cdot T (t_{вн} - t_{нсп}) 10^{-6},$$

где $q_{от}$ – удельная тепловая отопительная характеристика здания, ккал/(м³·ч·°С);

V – объем зданий по наружному обмеру, м³;

T – количество дней в отопительном периоде принимаем согласно [39] сут.;

$t_{вн}$ – внутренняя температура помещения, °С (табл. 9.11);

$t_{нсп}$ – средняя за отопительный период температура наружного воздуха, °С [39];

Годовой расход тепловой энергии на вентиляцию зданий определяется:

$$Q_v = q_v V 24 \cdot (T - T_{вых}) (t_{вн} - t_{нсп}) n \cdot 10^{-6},$$

где q_v – удельная тепловая вентиляционная характеристика, ккал/(м³·ч·°С);

$T_{вых}$ – сумма выходных и праздничных дней, приходящихся на отопительный период;

n – среднее число часов работы системы вентиляции в течение суток.

188

Годовой расход тепловой энергии на воздушно-тепловые завесы:

$$Q_{tz} = L c (t_b - t_0) n_3 T_3 \cdot 10^{-6},$$

где L – количество подаваемого воздуха тепловой завесой, м³/ч (паспортные данные);

c – теплоемкость воздуха, равная 0,31 ккал/м³ °С;

t_b – температура воздуха, выходящего из тепловой завесы, °С ($t_b = 36$ °С);

t_0 – средняя температура воздуха, поступающая в тепловую завесу, °С;

n_3 – среднее число часов работы системы вентиляции в течение суток;

T_3 – количество дней работы тепловой завесы.

Расход тепловой энергии на горячее водоснабжение за год, Гкал:

$$Q_{гв} = N_{гв} c m (t_{гв} - t_{хв}) T_p \cdot 10^{-6},$$

где $N_{гв}$ – норма расхода горячей воды на 1 потребителя в сутки (табл. 9.12);

m – расчетное количество потребителей;

$t_{гв}, t_{хв}$ – температуры горячей и холодной воды соответственно, °С;

T_p – количество рабочих дней в году (по балансу рабочего времени).

Расход теплоты на прочие нужды горячего водоснабжения за год, Гкал:

$$Q_{пр} = H c m_o n (t_{гв} - t_{хв}) T_p \cdot 10^{-6},$$

где H – характерный расход горячей воды одним водоразборным прибором, л/ч (табл. 9.12);

m_o – число однотипных приборов;

n – время работы прибора в сутки, ч (продолжительность определяется опытным путем).

Годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию животноводческих помещений, Гкал:

$$Q_{овс} = q_{ов} V 24 \cdot T (t_{вн} - t_{нр}) \cdot 10^{-6},$$

где $q_{ов}$ – удельная тепловая отопительно-вентиляционная характеристика животноводческого здания, ккал/(м³ ч °С) (табл. 9.10);

V – объем зданий, определяемый в зависимости от числа голов животных, м³.

Таблица 9.10

Удельные тепловые характеристики зданий [43]

Наименование здания	Объем здания по наружному обмеру, тыс. м ³	Удельные тепловые характеристики, ккал/м ³ ч °С	
		для отопления, q_o	для вентиляции, q_v
Бытовые и административно-вспомогательные помещения	0,5–1,0	0,6–0,45	–
	1,0–2,0	0,45–0,4	–
Административные здания	до 5	0,43	0,086
	до 10	0,38	0,08
	до 15	0,35	0,07
	свыше 15	0,32	0,06
Бани	до 5	0,28	1,0
Прачечные	до 5	0,38	0,8
Ремонтные мастерские	от 5 до 10	0,6–0,51	0,2–0,15
Гаражи	до 2	0,81	–
	до 3	0,70	–
	до 5	0,64	0,70
	свыше 5	0,58	0,65
Мастерские и цехи ФЗУ	5–10	0,5	0,5
	10–15	0,4	0,3
Насосные	до 0,5	1,05	–
	0,5–1,0	1,00	–
Проходные	до 0,5	1,3–1,2	–
	0,5–2,0	1,2–0,7	–

Таблица 9.11

Расчетная внутренняя температура воздуха
в помещениях отапливаемых зданий [43]

Здание	Помещение	Расчетная температура воздуха, $t_{вн.}$, °С
Административные и бытовые здания	Управления, общественные органы	18
Административные и бытовые здания	Вестибюли, гардеробы уличной одежды, курительные, уборные и умывальники при них	16
Административные и бытовые здания	Душевые	25
Административные и бытовые здания	Гардеробные при душевых	23
Производственные здания	Категория работ: легкие физические работы Ia	22
	легкие физические работы Ib	21
	ср. тяжести физические работы IIa	18
	ср. тяжести физические работы IIб	17
	тяжелые физические работы III	16
Обслуживание автомобилей	Для хранения автомобилей	5
Обслуживание автомобилей	Для постов технического обслуживания	10
Обслуживание автомобилей	Складские	10
Животноводческие помещения для содержания КРС	Коровы, молодняк старше года, быки-производители в стойлах	10
Животноводческие помещения для содержания КРС	Молодняк возрастом 6–12 месяцев в боксах, групповых клетках	12

Окончание табл. 9.11

Здание	Помещение	Расчетная температура воздуха, $t_{вн.}$, °С
Животноводческие помещения для содержания КРС	Коровы и молодняк молочных пород на глубокой подстилке	3
Животноводческие помещения для содержания КРС	Телята до 6 месяцев	15
Животноводческие помещения для содержания КРС	Для санитарной обработки, доильно-молочное отделение	18
Животноводческие помещения для содержания свиней	Свинарник-откормочник	18
Животноводческие помещения для содержания свиней	Свинарник для молодняка и поросят-отъемышей	20
Животноводческие помещения для содержания свиней	Для санитарной обработки свиноматок	25
Животноводческие помещения для содержания птицы	Взрослая птица: куры	16–18
Животноводческие помещения для содержания птицы	Молодняк птицы: бройлеры возраст 1 неделя	28–26
Животноводческие помещения для содержания птицы	Молодняк птицы: бройлеры возраст 2–3 недели	22
Животноводческие помещения для содержания птицы	Молодняк птицы: бройлеры возраст 4–6 недель	20
Животноводческие помещения для содержания птицы	Молодняк птицы: бройлеры возраст 7–9 недель	18

Таблица 9.12

Нормы расхода горячей воды потребителями [38, 43]

Наименование потребителя	Единица измерения	Нормы расхода горячей воды, $N_{гв}$, л/сут	Расход горячей воды прибором, л/ч
Прачечные: – механизированные – немеханизированные	1 кг сухого белья	15 25	по технологии 200
Административные здания	1 работающий	7	60
Цехи с избытками явной теплоты (более 20 ккал/(м ³ ч))	1 работающий в смену	24	40
Остальные цехи	То же	11	40
Душевые в бытовых помещениях	1 душ. сетка	270	270
Животноводческие фермы	1 корова	15	по технологии
	1 теленок	2	
	1 свиноматка	4,5	
	1 поросенок	1,5	

Таблица 9.13

Характеристики животноводческих зданий [43]

Наименование зданий	Число голов (ското-мест)	Объем на 1 голову (ското-место), м ³	Удельная тепловая характеристика
Коровники	100, 200	30–35	1,1–1,2
	100, 200, 400	39–43,4	0,44–0,7
Родильные на фермах КРС	48, 72, 90, 120	60–107	0,43–0,77
Здание для доращивания и откорма КРС	250–554	19–33	0,6–0,72
	720–860	13–18	1,06–1,54
Телятники	230–784	11–16,5	0,48–0,95
Свинарники-откормочники	500–3750	5,4–8,7	0,75–1,2
	100–760	12–29	0,68–0,93

Окончание табл. 9.13

Наименование зданий	Число голов (ското-мест)	Объем на 1 голову (ското-место), м ³	Удельная тепловая характеристика
Свинарники для холостых и супоросных свиноматок	280–1200	14–19	0,92–1,4
	185–300	20–29	0,64–1,05
Свинарники-маточники	60–480	27–107	0,51–0,81
Свинарники для молодняка и поросят-отъемышей	500–3750	5–8,7	0,63–1,15
Птичники для взрослых кур	2500–30 000	0,3–1,4	0,72–1,1
	480–12 000	1,7–3,8	0,63–0,86
Птичники для молодняка кур и бройлеров	4500–102 000	0,16–1,26	0,82–1,46

Норма расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий – это величина расхода тепловой энергии на единицу работы обогрева зданий и измеряется в Мкал/(тыс. м³ сутки °С).

Работа обогрева зданий (W) – это работа систем отопления и вентиляции по созданию комфортных условий, совершаемая за определенный период в определенных климатических условиях. Она измеряется в тыс. м³·сутки·°С.

Работа обогрева i -го здания, тыс. м³·сутки·°С, определяется по формуле:

$$W_i = V_i(t_{вн} - t_{нр})T,$$

где V_i – наружный строительный объем i -го здания, м³.

Полная работа обогрева зданий в целом по предприятию (организации, учреждению) определяется как сумма работ обогрева всех отапливаемых зданий:

$$W = \sum W_i.$$

Годовой расход топлива B , тыс. м³, определяют с учетом годовых расходов теплоты:

$$B = k_3 Q \frac{1000}{Q_n \eta},$$

где k_3 – коэффициент запаса на неучтенные расходы теплоты; принимается равным 1,1–1,2;

Q_n – теплота сгорания твердого (газообразного) топлива, Мкал/кг (Мкал/м³);

η – КПД генерирующей установки.

Расход топлива при сушке сельскохозяйственной продукции зависит от ее влажности (табл. 9.14).

Таблица 9.14

Нормы расхода условного топлива при сушке зерна на 1 т сухого зерна [40]

Начальная влажность зерна, %	18	20	24	28	32
Норма расхода топлива, кг/т	8,5	12,9	22,6	33,3	49,8

Нормы расхода ТЭР субъекты хозяйствования разрабатывают самостоятельно или привлекают для этого специализированные организации. При планировании и учете топлива, тепловой и электрической энергии нормы расхода ТЭР должны обозначаться в единицах, учитываемых в статистической отчетности: по топливу (котельно-печному топливу) в кг у. т.; по тепловой энергии Мкал; по электрической энергии кВт·ч; по обобщенным энергетическим затратам т у. т.

Для согласования норм расхода ТЭР организациями и индивидуальными предпринимателями должны представляться в областные (Минское городское) управления по надзору за рациональным использованием ТЭР следующие документы:

- расчет технически обоснованных норм расхода ТЭР;
- показатели потребления ТЭР за трехлетний период;
- утверждаемые нормы расхода ТЭР в трех экз.;
- отчет о результатах использования топлива, тепловой и электрической энергии по форме 11-ТЭР норма за предыдущий год;

- отчет о выполнении плана мероприятий (программы) по энергосбережению за предыдущий год;

- план мероприятий (программа) по энергосбережению на рассматриваемый год;

- другие необходимые материалы по запросу областных и Минского городского управлений по надзору за рациональным использованием ТЭР.

Все материалы должны быть подписаны руководителем организации, индивидуальным предпринимателем и заверены печатью. Материалы для согласования норм расхода ТЭР представляются не позднее, чем за 30 дней до ввода их в действие. Для рассмотрения вопроса о корректировке согласованных в установленном порядке норм на текущий квартал (год) необходимые материалы должны быть представлены не позднее, чем за двадцать дней до окончания квартала (года). Если суммарное годовое потребление ТЭР предприятия составляет менее 1,5 тыс. т у. т., то нормы утверждаются вышестоящими организациями без согласования в соответствующих управлениях.

В случае разногласий при согласовании норм расхода ТЭР по инициативе одной из сторон может проводиться независимая экспертиза с оформлением соответствующего протокола. В случае отказа в согласовании норм расхода ТЭР соответствующее управление письменно сообщает организации, индивидуальному предпринимателю причину отказа.

Прогрессивные нормы расхода ТЭР устанавливаются для организаций и индивидуальных предпринимателей, если их суммарное годовое потребление ТЭР составляет более 1,5 тыс. т у. т.

Для организаций и индивидуальных предпринимателей, не производящих продукцию (не выполняющих работы, не оказывающих услуги, связанные с производством продукции), устанавливаются прогрессивные предельные уровни, которые приравниваются к прогрессивным нормам расхода ТЭР.

Определение прогрессивных норм расхода ТЭР производится расчетно-аналитическим методом организациями и индивидуальными предпринимателями самостоятельно или с привлечением специализированных организаций, как правило, после проведения энергетического обследования предприятия и разработки программы энергосбережения на 5 лет.

В областные (Минское городское) управления по надзору за рациональным использованием ТЭР для согласования прогрессивных норм расхода ТЭР (прогрессивных предельных уровней потребления ТЭР) организации и индивидуальные предприниматели должны представлять следующие документы:

- программу по энергосбережению, разработанную по результатам энергетического обследования;
- расчет прогрессивных норм расхода ТЭР (прогрессивных предельных уровней потребления ТЭР);
- утверждаемые прогрессивные нормы расхода ТЭР (прогрессивные предельные уровни потребления ТЭР) в трех экземплярах;
- отчет о выполнении программы по энергосбережению, разработанной по результатам энергетического обследования;
- другие документы по запросу соответствующих областных (Минского городского) управлений по надзору за рациональным использованием ТЭР.

Все документы должны быть подписаны руководителем организации, индивидуальным предпринимателем и заверены печатью.

Критерием оценки эффективности внедрения прогрессивных норм расхода ТЭР (прогрессивных предельных уровней потребления ТЭР) являются полнота и своевременность выполнения программы по энергосбережению, разработанной по результатам энергетического обследования, влияние внедренных энергосберегающих мероприятий на уменьшение текущих норм по сравнению с нормами базового года. В случае не достижения планируемых прогрессивных норм расхода ТЭР (прогрессивных предельных уровней потребления ТЭР) по итогам текущего года они подлежат корректировке в сторону уменьшения (при согласовании) на величину, равную разности фактически достигнутых и утвержденных прогрессивных норм расхода ТЭР (прогрессивных предельных уровней потребления ТЭР).

Руководитель организации, индивидуальный предприниматель несут персональную ответственность в установленном законодательством порядке за ежегодное выполнение программы по энергосбережению, разработанной по результатам энергетического обследования, и за внедрение прогрессивных норм расхода ТЭР (прогрессивных предельных уровней потребления ТЭР).

План мероприятий (программа) по энергосбережению разрабатывается по следующим основным направлениям:

- совершенствование технологии и структуры производства;
- внедрение энергосберегающего оборудования, приборов, материалов;
- повышение уровня использования вторичных энергоресурсов, отходов производства;
- повышение коэффициента использования производственного оборудования;
- повышение качества сырья и использование менее энергоемких его видов;
- повышение эффективности использования топлива и энергии;
- внедрение систем регулирования, контроля и учета потребляемых энергоресурсов;
- перевод тепловых источников на местные виды топлива;
- прочие мероприятия (организационные, экономические и др.);
- использование вторичных энергоресурсов.

При разработке плана мероприятий (программы) по энергосбережению необходимо производить оценку экономической эффективности его внедрения с целью выбора оптимального варианта и очередности реализации мероприятий этого плана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://certicom.kiev.ua/systema.html>. – Дата доступа : 16.04.2013.

2. Системный анализ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://ru.wikipedia.org/wiki/ Системный_анализ](http://ru.wikipedia.org/wiki/Системный_анализ). – Дата доступа : 18.04.2013.

3. Эффективность системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://ru.wikipedia.org/wiki/Эффективность_системы. – Дата доступа : 26.04.2013.

4. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий. – Минск : Комитет по энергоэффективности при СМ РБ, 2003 – 53 с.

5. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий (дополнение). – Минск: Комитет по энергоэффективности при СМ РБ, 2006 – 22 с.

6. Методические указания по нормированию потребления тепловой и электрической энергии в учреждениях и организациях социальной сферы. – Минск: Комитет по энергоэффективности при СМ РБ, 2005 – 84 с.

7. Использование солнечной энергии в системах теплоснабжения : методические указания / Н. К. Зайцева, С. И. Сеница – Минск : БГАТУ, 2010 – 32 с.

8. Директива Президента Республики Беларусь № 3 от 14 июня 2007 г. «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства».

9. Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь (Указ Президента Республики Беларусь от 17 сентября 2007 г. № 433).

10. Приборы для контроля и регулирования энергопотребления и энергоснабжения : каталог продукции, серия «Энергосбережение и энергоэффективность». – Минск : БелГИСС, 2007 – 54 с.

11. Отопительное и нагревательное оборудование : каталог продукции, серия «Энергосбережение и энергоэффективность». – Минск : БелГИСС, 2007 – 48 с.

12. Положение о нормировании расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Бела-

реть. – Минск : Комитет по энергоэффективности при СМ РБ, 2002 – 22 с.

13. Государственная программа развития Белорусской энергетической системы на период до 2016 года. – Минск : Постановление Совета Министров Республики Беларусь № 892 от 8 октября 2013 (опубликована на Национальном правовом портале 17.10.2013).

14. Энергоэффективность АПК: проблемы и перспективы (В. И. Русан, БГАТУ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://agriculture.by/?p=2474>. – Дата доступа : 22.09.2013.

15. Структура приоритетных направлений научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2011–2015 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://pravo.by/main.aspx?guid=3871&p0= P31000378&p2=%7BНРРА%7D](http://pravo.by/main.aspx?guid=3871&p0=P31000378&p2=%7BНРРА%7D). – Дата доступа : 12.10.2013.

16. Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении» от 15 июля 1998 г. №190-3.

17. Закон Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии» от 27 декабря 2010 г. № 204-3.

18. Республиканская программа энергосбережения на 2011–2015 гг. (утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 24 декабря 2010 г. №1882).

19. Национальная программа «Развитие местных, возобновляемых и нетрадиционных энергоисточников на 2011–2015 гг.»

20. Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2011–2015 гг.

21. Техничко-технологические результаты эксплуатации в Республике Беларусь биогазовых комплексов, работающих на сельскохозяйственном сырье : презентация / В. Г. Самосюк, Н. Ф. Капустин. – Минск : РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2013.

22. Нормирование расхода ТЭР в строительстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bsc.by/story/normirovanie-rashodatorplivno-energeticheskikh-resursov-v-stroitelnom-proizvodstve>. – Дата доступа: 05.11.2013.

23. О нормах и лимитах расхода ТЭР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.busel.org/texts/cat3ax/id5fwgful.htm>. – Дата доступа: 05.11.2013.

24. Положение о нормировании расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь: Постановление Комитета по энергоэффективности при СМ РБ № 9 от 19.11.2002 г.

25. Правила пользования тепловой энергией: Постановление Министерства экономики Республики Беларусь № 9 от 19.01.2006 г.

26. Правила технической эксплуатации теплоиспользующих установок и тепловых сетей потребителей: Постановление Министерства энергетики Республики Беларусь № 31 от 11.08.2003 г.

27. ТКП 45-4.02-184-2009 (02250). Тепловые сети бесканальной прокладки из полимерных труб, предварительно термоизолированных пенополиуретаном в полиэтиленовой оболочке: правила проектирования и монтажа. – Введ. 2010–07–01. Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 16 с.

28. Рекомендации по проектированию трубопроводов из предварительно изолированных пенополиуретаном труб производства ООО «Сармат». – Минск: Управление ПИ-труб ООО «Сармат», 2004.

29. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха : справ. пособие / Л. Д. Богуславский, В. И. Ливчак, В. П. Титов [и др.]; под ред. Л. Д. Богуславского, В. И. Ливчака. – М. : Стройиздат, 1990. – 624 с.

30. Пырков В. В. Современные тепловые пункты: автоматика и регулирование. – Киев : «Таки справи», 2007. – 251 с.

31. Технические рекомендации по проектированию и бесканальной прокладке трубопроводов из гибких ПЭ-С (РЕХ-А) труб с теплоизоляцией из пенополиуретана в гофрированной полиэтиленовой оболочкею – СПб: ЗАО «ТВЭЛ-ПЭКС», 2004.

32. Тепломассообменное оборудование предприятий (сушильные установки): электронное пособие. – М. : МЭИ и ИПЭЭФ, 2006.

33. Общие сведения о мини-ТЭЦ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=769. – Дата доступа: 05.01.2014.

34. Тригенерация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elteco.ru/trigeneracia.php>. – Дата доступа: 05.01.2014.

35. Тригенерация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.powercity.ru/site/ru/catalog/627.html>. – Дата доступа: 05.01.2014.

36. Строительство биогазовых комплексов в аграрной отрасли в 2012–2015 гг., (Постановление СМ Республики Беларусь 09.06.2010 г. № 885)

37. Органический цикл Ренкина: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.domusrapide.com.ua/energetika/turbini-na-tverdom-toplive-organicheskiy-tsikl-renkina>. – Дата доступа: 07.01.2014.

38. СТБ 1346-2002 «Энергосбережение»: общие положения. – Минск: Госстандарт, 2002.

39. Ваш Солнечный дом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.solarhome.ru/solar_collector/index.htm. – Дата доступа: 06.04.2014.

40. Основные технико-экономические показатели работы Белорусской энергосистемы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.minenergo.gov.by/ru/statist>. – Дата доступа: 07.04.2014.

41. Возможности использования альтернативных источников энергии в Республике Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inforse.org/europe>. – Дата доступа: 10.05.2006.

42. Гременюк, В. Ф. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов / В. Ф. Гременюк, М. С. Тиванов, В. Б. Залесский. – Минск : Издательский центр БГУ, 2007.

43. Лаврентьев, Н. Основные виды возобновляемой энергии. Потенциал Беларуси / Н. Лаврентьев, Д. Жуков // Энергетика и ТЭК», № 7, 2003.

44. НИР №12488 «Методические указания по обоснованию и разработке схемы размещения площадок под ветроэнергетические установки на территории Республики Беларусь» / рук. к. т. н. В. Г. Пекелис. – Минск: НИПИ «Белэнергосетьпроект», 1995.

45. НИР 06.4.1 «Формирование информационного банка данных по ветроэнергетическому потенциалу в зонах предполагаемого внедрения ветроустановок» / рук. к. т. н. Г. П. Шадурский; ГНТП тема «Жилищно-коммунальное хозяйство». – Минск: НПП «Ветромаш», 1998.

46. Министерство энергетики РБ: итоги работы за 2012 год и задачи на 2013 год. – Минск : ОАО «Экономэнерго», 2013.

47. Гребеньков, А. Ж. Основные направления реализации проекта ПРООН/ГЭФ «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь»: материалы 4-й международной конференции «Энергосбережение и повышение энергоэффективности. Энергоэффективность в жилом секторе: актуальные направления и практический опыт» / А. Ж. Гребеньков. – Минск : Энергосбережение, 2013.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Теплоизоляционный материал ISOVER POLTERM 80 (гидрофобизированные плиты из минеральной ваты) для утепления стен.

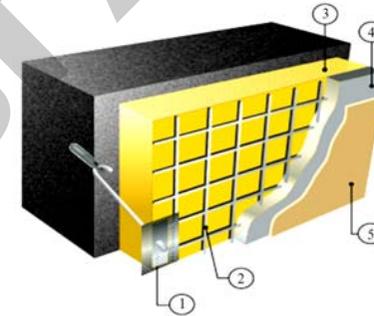


Рис. П.1.1. Применение теплоизоляционных плит для термореновации:
1 – крепежное приспособление; 2 – металлическая сетка;
3 – плита теплоизоляционная; 4 – грунтовой и выравнивающий раствор;
5 – цветные отделочные составы

Прочность на сжатие при 10 % деформации не менее 10 кПа.

Таблица П.1.1

Основные технические характеристики

Название	Размеры, мм	Толщина, мм	Коэффициент теплопроводности, ⁹ Вт/(м·К)
OL-E (OL-A)	600×1200	50	0,035
		70	0,036
		100	0,037
		120	0,040
		150	0,041
POLTERM 80	500×1000	50	0,040
		80	0,040
		100	0,042
		120	0,045

⁹ Зависит от плотности материала; для стандартных материалов принимается первое значение.

48. Яблонская, Ю. В. Свежий взгляд: как создать экономически эффективный и экологически сознательный офис для вашего бизнеса. Практическое руководство для предприятий и организаций любого масштаба / Ю. В. Яблонская, П. А. Пименова. – Минск : «Экопроект», 2002.

49. О Программе развития жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь до 2015 г.: Постановление СМ РБ от 8 февраля 2013 г. № 97.

50. Водяной теплый пол [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vodaiteplo.com/?id=304>. – Дата доступа: 10.05.2014.

51. ТКП 45-3.02-24-2006. Тепловая изоляция ограждающих наружных конструкций зданий и сооружений. Система «термошуба»: правила проектирования и устройства. – Минск : МАиС, 2006.

52. Новости ветроэнергетики: Белорусская энергосистема будет реформирована в течение 2010–2015 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.tyson/category/news_vetro. – Дата доступа: 13.09.2011.

53. Концепция государственной жилищной политики Республики Беларусь до 2015 года – Постановление СМ РБ от 05.04.2013 г. № 267.

54. Андреевко, Н. А. Энергетическая сертификация зданий: первый опыт в Республике Беларусь / Н. А. Андреевко, А. В. Кучерявый, М. Дрожж. – Минск : ООО «Альтиора – Живые краски», 2012.

55. Ануфриев, В. Н. Энергосбережение в зданиях / В. Н. Ануфриев, Н. А. Андреевко. – Минск : «Альтиора – Живые краски», 2011.

56. Международный опыт повышения энергоэффективности зданий: сборник материалов. – Минск : ООО «Альтиора – Живые краски», 2012.

57. ТКП 45-1.04-206-2010. Ремонт, реконструкция и реставрация жилых и общественных зданий и сооружений: Основные требования по проектированию. – Минск : Министерство архитектуры и строительства РБ, 2011.

58. ТКП 45-2.04-43-2006. Строительная теплотехника: Строительные нормы проектирования. – Минск : Министерство архитектуры и строительства РБ, 2007.

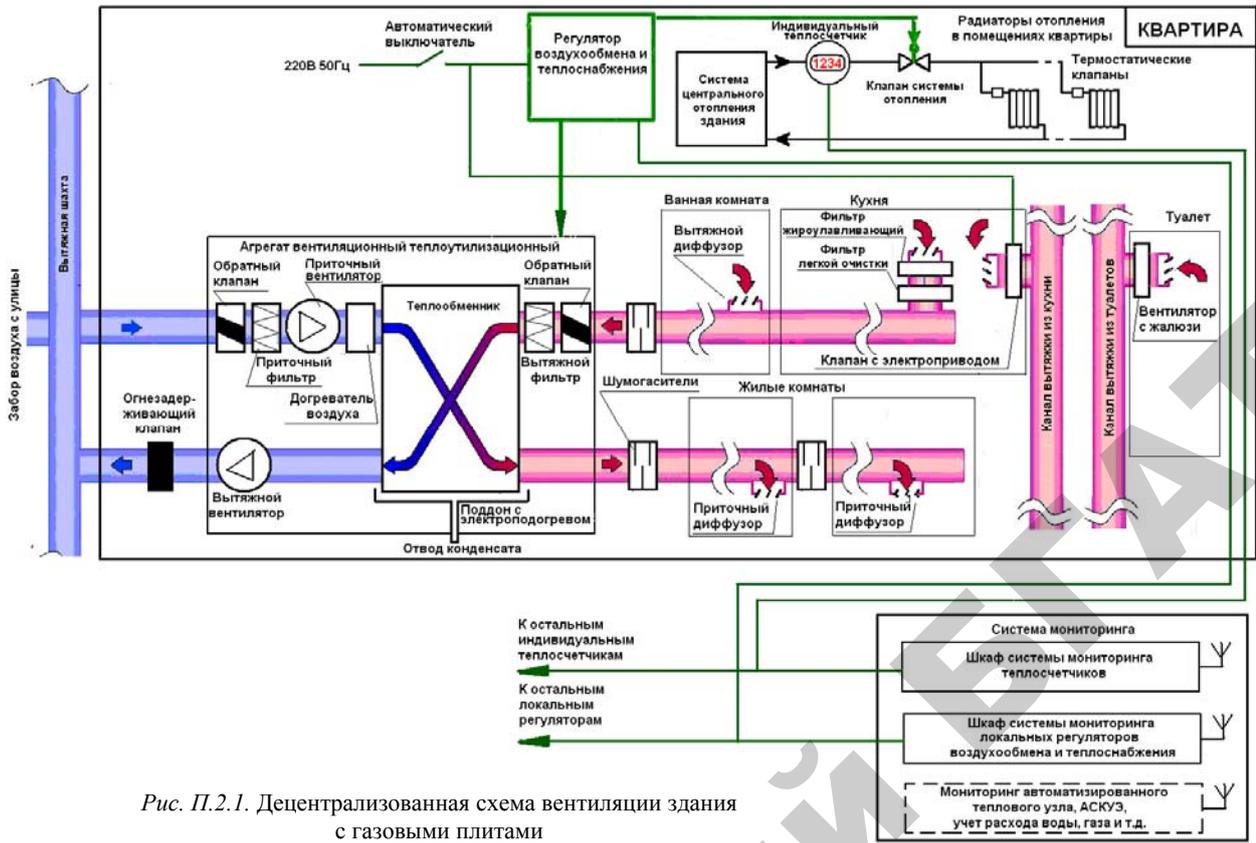


Рис. П.2.1. Децентрализованная схема вентиляции здания с газовыми плитами

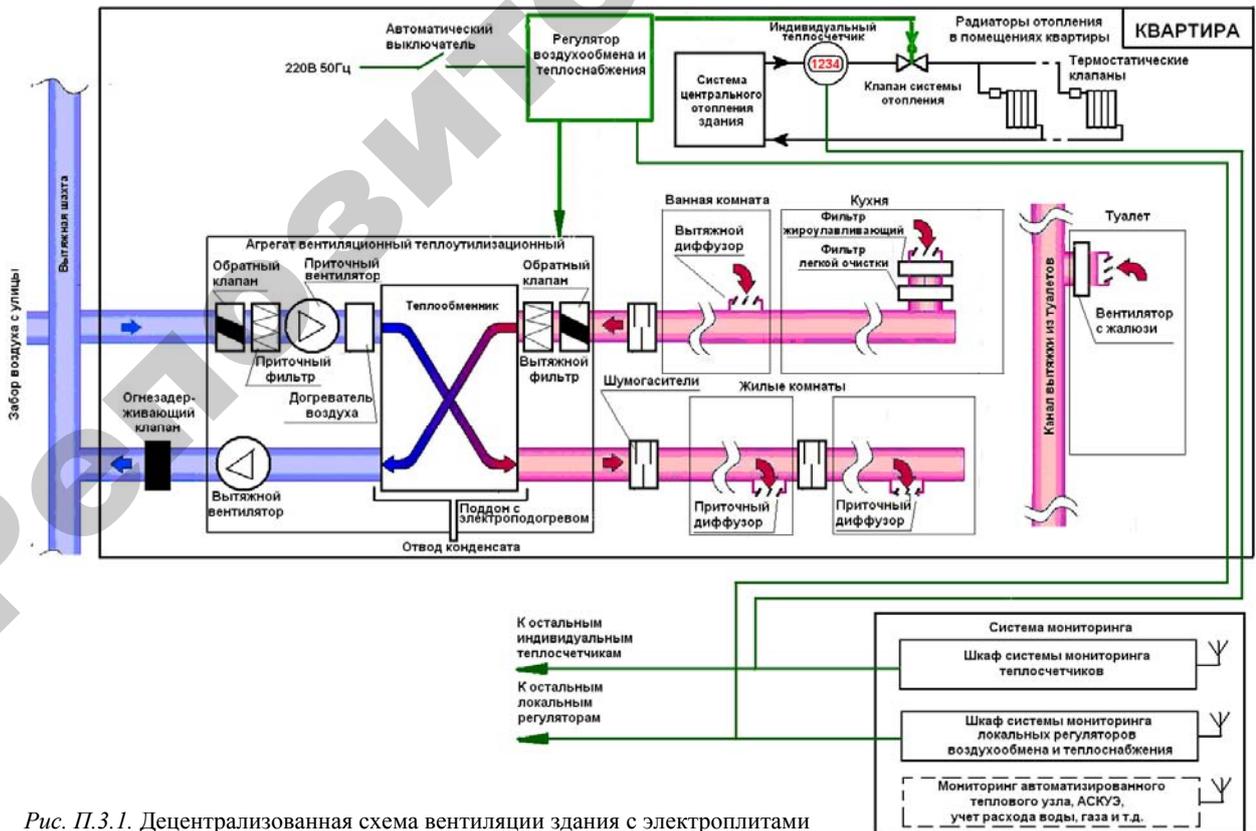


Рис. П.3.1. Децентрализованная схема вентиляции здания с электроплитами

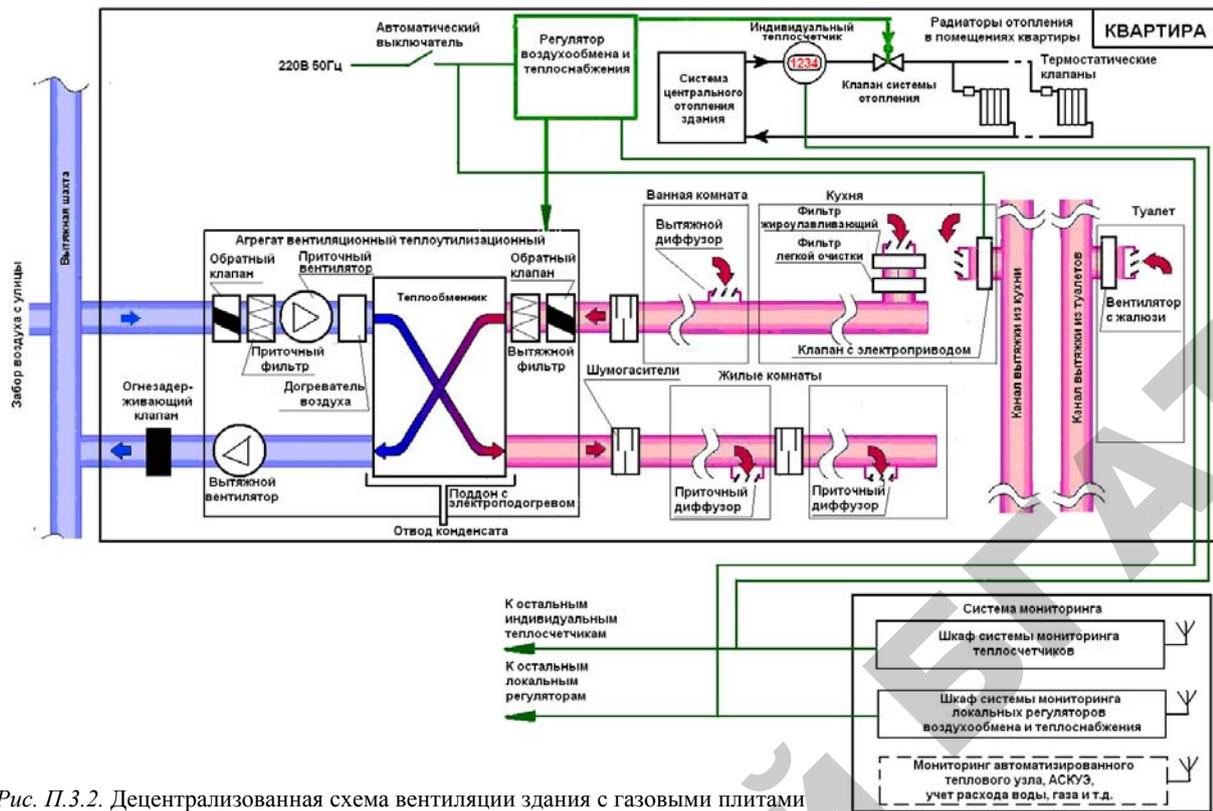


Рис. П.3.2. Децентрализованная схема вентиляции здания с газовыми плитами

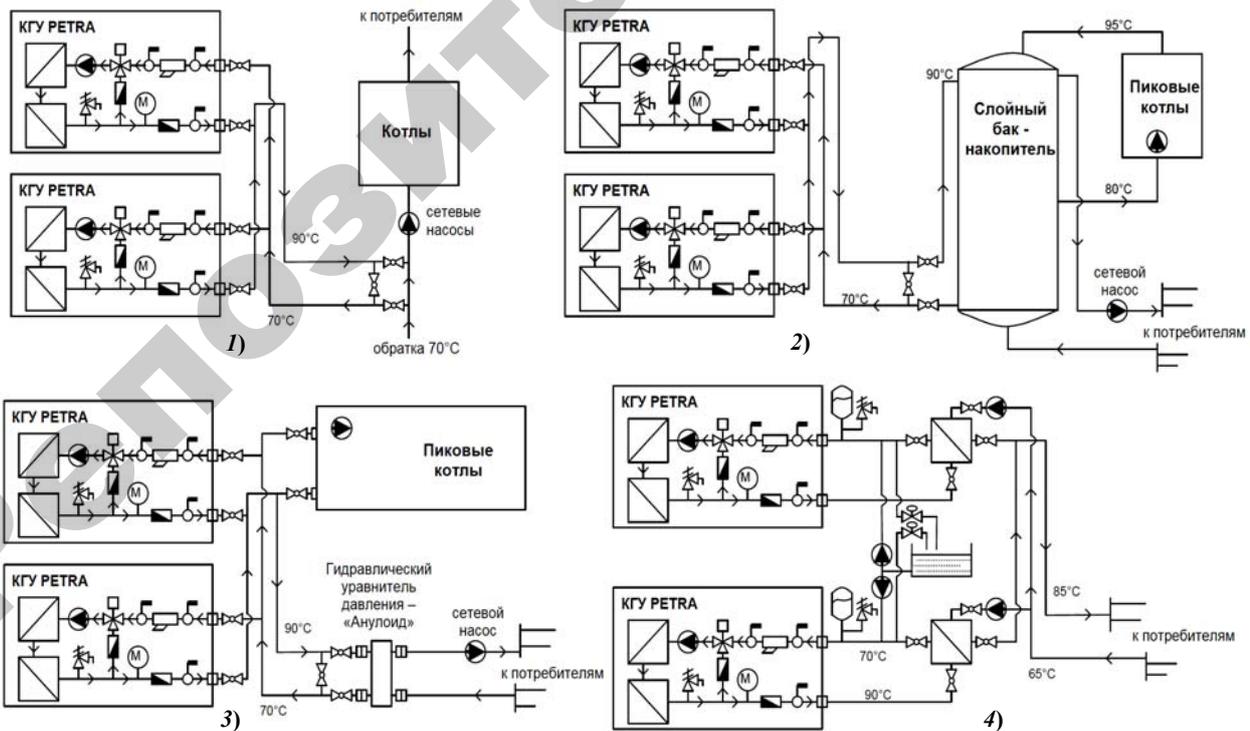


Рис. П.4.1. Типовые принципиальные схемы подключения когенерационных установок:
 1 – в обратку котлов; 2 – с применением слойного бака-накопителя теплоты;
 3 – когенераторная котельная с применением анулоида; 4 – с помощью теплообменников

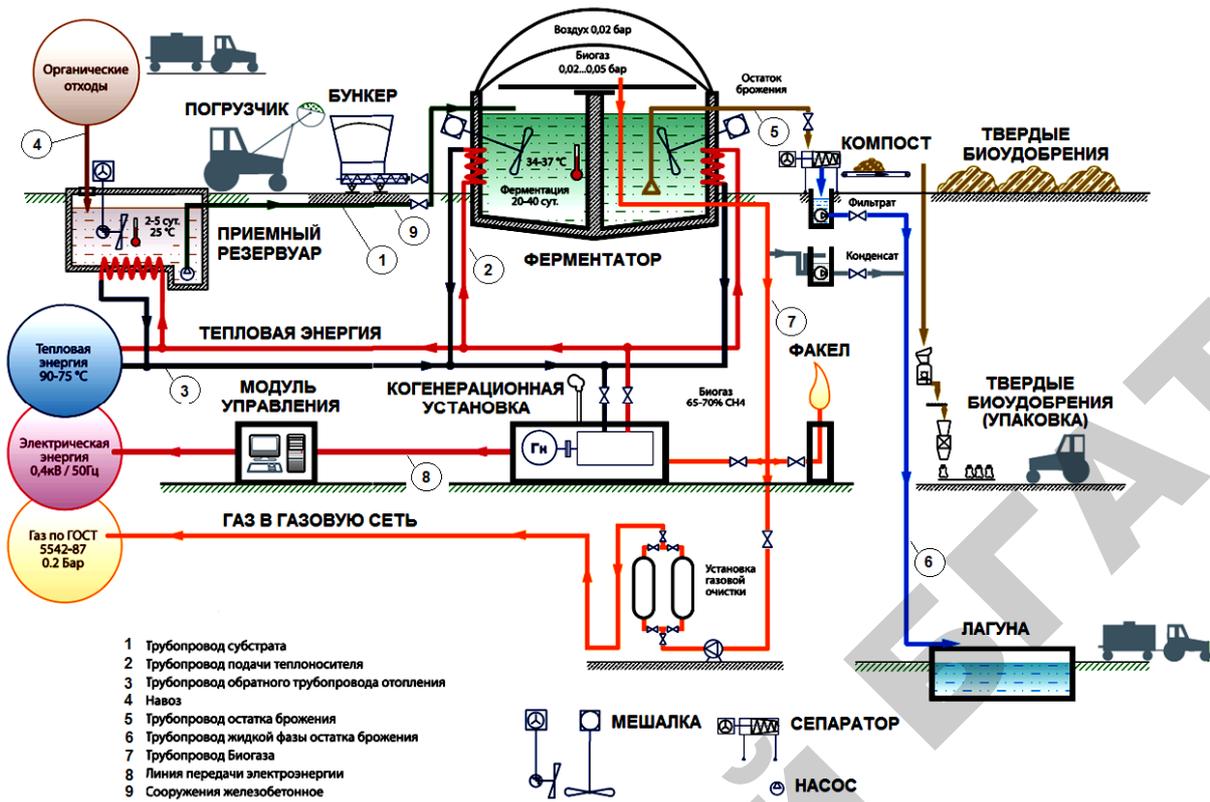


Рис. П.5.1. Использование когенерационной установки в составе биоэнергетического комплекса

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

РЕПОЗИТОРИЙ БГАТУ

Учебное издание

Коротинский Виктор Андреевич

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В АПК

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск *В. А. Коротинский*

Редактор *Д. О. Бабакова*

Компьютерная верстка *Д. О. Бабаковой*

Дизайн и оформление обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 15.12.2014 г. Формат 60×84¹/₁₆.

Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 12,32. Уч.-изд. л. 9,64. Тираж 90 экз. Заказ 707.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Учреждение образования

«Белорусский государственный аграрный технический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий

№ 1/359 от 09.06.2014.

№ 2/151 от 11.06.2014.

Пр. Независимости, 99–2, 220023, Минск.