

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		1стр. из 174

ЛЕКЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС

Дисциплина: Энергоресурсы, источники и методы получения

Код дисциплины: EIMP 2202

Название ОП: 6B07201 - Технология фармацевтического производства

Объем учебных часов /(кредитов): 150 часов /(5 кредита)

Курс и семестр изучения: 2 курс, 4 семестр

Объем лекции: 15

Шымкент, 2023 г.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 2стр. из 174

Лекционный комплекс разработан в соответствии с ОП 6B07201 - «Технология фармацевтического производства» и обсужден на заседании кафедры инженерных дисциплин

Протокол № 2 «11» мая 2023 г.

Зав. Кафедрой, к.т.н. доцент



Орымбетова Г.Э.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SKMA -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11	
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023	
		Зстр. из 174	

Лекция №1

1. Тема 1: Введение. Цели и задачи дисциплины. Энергетические ресурсы Земли и их использование.

2. Цель: Освоить понятия: энергия, энергоресурсы, классификация и методы их измерения, о мировом рынке энергоресурсов.

3. Тезисы лекции:

1. Энергия, энергоресурсы, классификация и методы их измерения, мировой рынок энергоресурсов.

2. Энергетическая и эколого-экономическая характеристика различных видов энергоресурсов.

3. Мировой рынок энергетических ресурсов. Энергетические ресурсы Казахстана.

1. Введение

Цели и задачи дисциплины. Основной целью изучения дисциплины «Энергоресурсы, источники получения и методы»: является формирование знаний о видах природных источников энергии и способах преобразования их в электрическую и тепловую энергии у будущих инженеров-технологов химико-фармацевтических производств, привития навыков рационального использования различных видов энергии, ознакомление с конструкциями сложных энергетических установок и их принципами работы, а также изучение взаимосвязи процессов производства и потребления энергии с окружающей средой.

Вся история человечества, так, или иначе, связана с все возрастающим потреблением энергии. Для удовлетворения этой потребности вводились в оборот все новые источники энергии. Первоначально это были в основном только разные виды органического топлива – от древесины и угля до нефти и природного газа. С началом промышленного развития таких стран, как Китай и Индия рост потребления органического топлива заметно ускорился.

Огромная роль энергетики в народном хозяйстве страны определяется тем, что любой производственный процесс во всех отраслях промышленности, в сельском хозяйстве, на транспорте, все виды обслуживания населения связаны с использованием энергии. Энерговооруженность труда является одной из главных материальных основ роста производительности труда. На протяжении всей истории человечества происходило совершенствование и развитие источников и видов энергии, используемой в производстве и в быту. В далеком прошлом энергетической основой служила мускульная сила людей, дополненная двигательной силой животных, воды и ветра. С открытием энергии пара связан последующий технический прогресс производства и рост производительности труда. Создание паровой машины позволило отделить производство энергии от ее потенциального источника. Энергетической основой развития современного общества является электрическая энергия. Применение электроэнергии позволило пространственно разобщить рабочие машины и первичные двигатели, отделить место производства энергии от ее потребителей. Важнейшей отраслью промышленности является электроэнергетика, обеспечивающая потребность страны в электрической и (частично) тепловой энергии. В состав этой отрасли входят тепловые, атомные и гидравлические электрические станции, районные и пиковые котельные, линии электропередачи и трансформаторные подстанции,

OÑTÜSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ			SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11	
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023	
		4стр. из 174	

электрические и тепловые сети. В последние годы к указанным источникам энергии присоединяются нетрадиционные источники энергии (биомасса, ветровая и солнечная энергия, энергия приливов и отливов и др.). Основная продукция – электроэнергия – обеспечивает повышение технической вооруженности и рост производительности труда.

2. Энергия, энергоресурсы, классификация и методы их измерения. Мировой рынок энергоресурсов

Под энергоресурсами понимаются материальные объекты, в которых сосредоточена возможная для использования энергия.

Энергия – (от греч. *energeia* – действие, деятельность, интенсивность, работа) представляет собой общую количественную меру движения и взаимодействия различных видов материи. Энергии присущи следующие основные свойства:

- способность переходить из одной формы в другую;
- способность производить полезную для человека работу;
- энергию можно объективно определить и количественно измерить.

На настоящее время человечеству известно о существовании следующих видов энергии: механической, тепловой, химической, электрической, электромагнитной, ядерной, гравитационной.

Из большого разнообразия ресурсов, встречающихся в природе, выделяют **основные**, используемые в больших количествах для практических нужд.

К основным энергоресурсам относят энергию рек, водопадов, различные органические топлива, такие как: уголь, нефть, газ; ядерное топливо – тяжелые элементы урана и тория, а в перспективе легкие элементы и т.д.

Энергоресурсы разделяют на возобновляемые и невозобновляемые. К первым относятся те, которые природа непрерывно восстанавливает (вода, ветер и т.д.), а ко вторым – ранее накопленные в природе, но в новых геологических условиях практически не образующиеся (например: каменный уголь, нефть, газ и др.).

Энергия, непосредственно извлекаемая в природе (энергия топлива, воды, ветра, тепла Земли, ядерная), называется **первичной**.

Энергия получаемая человеком после преобразования первичной энергии на специальных установках – станциях, называется **вторичной** (энергия электрическая, пара, горячей воды и т.д.).

Единицей измерения энергии является 1 Дж (Джоуль).

В то же время для измерения определенных видов энергии используются следующие единицы:

- для измерения тепловой энергии используется калория, 1 кал = 4,189 Дж;
- для измерения электрической энергии используется 1 кВт·ч = 3,6 МДж;
- для измерения механической энергии используется 1 кг·м = 9,8 Дж.

Механическая энергия – это энергия, характеризующаяся взаимным расположением тел или частей тела.

В энергетике на электростанциях первичная механическая энергия вырабатывается на паровых, газовых и гидротурбинах, поршневых двигателях внутреннего сгорания.

У потребителя вторичная механическая энергия вырабатывается преимущественно асинхронными электродвигателями.

Тепловая энергия – это энергия, характеризующаяся хаотическим движением молекул и атомов веществ. Чем выше скорость такого движения, тем выше температура тела.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 5стр. из 174

В энергетике тепловую энергию получают преимущественно путем сжигания органического топлива, концентрацией солнечного излучения, использованием теплоты земных недр или путем распада тяжелых ядер (урана, плутония и т.д.).

Тепловая энергия вырабатывается в виде энергии пара, горячей воды, воздуха или продуктов сгорания топлива.

Электрическая энергия – это энергия движущихся по электрической цепи электронов или ионов. В энергетике электрическая энергия в виде трехфазного переменного тока промышленной частоты вырабатывается на синхронных, асинхронных генераторах, частотных преобразователях. Трехфазный ток удобен для передачи механического вращающегося момента посредством вращающегося электромагнитного поля, передаваемого по проводам трехфазной цепи.

Число фаз «три» было взято из экономических соображений как наименьшее число фаз по условиям устойчивого и однозначного запуска трехфазных асинхронных двигателей, которые расходуют около 90 % всей электроэнергии, идущей на все электродвигатели или, другими словами, около 40 % всей вырабатываемой электрической энергии.

Химическая энергия – это энергия, проявляющаяся при химических реакциях. В энергетике используются экзотермические реакции окисления топлива, протекающие с выделением теплоты.

Электромагнитная энергия – это энергия взаимно порождающих друг друга электрических и магнитных составляющих электромагнитного поля, проявляющаяся в виде электромагнитных волн.

Атомная (ядерная) энергия – это энергия, выделяющаяся при распаде тяжелых ядер или при синтезе легких ядер веществ.

В энергетике пока используется только первый вариант, т.е. распад в атомных реакторах тяжелых ядер урана, плутония.

Гравитационная энергия – это энергия взаимодействия (притяжения) массивных тел.

В энергетике гравитационная энергия используется в гидроэнергетике путем притяжения масс воды к Земле, Луне и Солнцу.

Под **энергетическими ресурсами** понимаются носители энергии, которые при данном уровне техники или в предвидимой перспективе ее развития используются либо могут быть использованы для получения необходимой энергии [2].

Различают **природные (первичные) и побочные (вторичные)** энергетические ресурсы.

Природные энергетические ресурсы образовались в результате геологического развития земли и других природных процессов. К их числу относятся уголь, нефть, природный газ, сланцы, торф, ядерное топливо, древесина, геотермальное тепло, энергия рек, ветра, приливов и отливов, солнечная энергия.

Побочные энергетические ресурсы получают в качестве побочного продукта или отходов основного производства. Побочными энергоресурсами являются в частности горючие и горячие газы, отработанный производственный пар, а также те, которые связаны с избыточным давлением газов и жидкостей.

Энергетические ресурсы классифицируются на **топливные и нетопливные**. К топливным относятся такие энергоресурсы, которые выделяют энергию при их сжигании (уголь, нефть, природный газ, сланцы, торф, древесина), к нетопливым – энергия рек, приливов и отливов, ветра, геотермальное тепло, солнечная энергия.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 бстр. из 174

Ядерное топливо условно может быть отнесено к топливным, хотя энергия при его использовании выделяется в результате цепной реакции, а не сжигания. Топливные энергоресурсы имеют органическую, углеродную основу (поэтому они называются также органическими) и энергия высвобождается в них, главным образом, в процессе образования двуокси углерода.

Энергоресурсы могут классифицироваться на ископаемые и неископаемые.

Такие ископаемые энергоресурсы, как уголь, нефть и природный газ образовались из органического вещества растений и микроорганизмов, живших миллионы лет назад.

Различие встречающихся в земной коре видов природного органического топлива обусловлено особенностями исходных органических остатков, из которых они сформировались.

Природные топливные ресурсы могут быть классифицированы **на твердое, жидкое, газообразное**. К твердому топливу относятся бурый уголь, каменный уголь, антрацит, торф, сланцы, дрова. К жидкому топливу относится нефть, к газообразному – газы природный и попутный. На базе природных энергоресурсов могут быть получены искусственные. Для твердого топлива это древесный уголь, кокс, полукокс, брикеты и др. Для жидкого топлива – это мазут, бензин, керосин, дизельное топливо, бензол, спирт и др. Для газового – это газы доменный, коксовый, светильный, генераторный и др.

В зависимости от характера использования топлива оно подразделяется на энергетическое и технологическое. Первое используется на электростанциях для производства электрической и тепловой энергии. Второе – в плавильных и нагревательных установках, сушилках и других, а также для химической переработки в различные виды искусственного топлива. **Энергоресурсы** могут быть классифицированы на возобновляемые и невозобновляемые. Возобновляемыми считаются энергия рек, приливов и отливов, ветра, солнечная энергия, древесное топливо. К возобновляемым может быть отнесен и торф – единственное возобновляемое в природе органическое топливо. Ежегодный рост торфяников составляет 1-2 мм, что увеличивает запасы торфа на 1 га в среднем на 2 т. Однако надо заметить, что далеко не везде из-за проводимого осушения болот обеспечивается возобновление торфяного топлива. Остальные виды энергоресурсов относятся к невозобновляемым.



Рисунок 1.1 - Располагаемые энергетические ресурсы

Наряду с термином «энергетические ресурсы» широко используется термин «**энергоноситель**», который в ряде случаев применяется как синоним первого. Однако необходимо делать различие между ними. Под энергоносителем понимается непосредственно используемый на стадии конечного потребления облагороженный, переработанный, преобразованный и побочный энергоресурс. Энергоносителем может быть также и природный энергоресурс, потребляемый в непосредственном виде у конечного потребителя энергии.

Оценить запасы источников первичной энергии довольно сложно из-за различной оценки экономической целесообразности извлечения их из Земли и вод Мирового океана.

Вопрос обеспеченности традиционными невозобновляемыми энергоресурсами: нефтью, газом и углем впервые встал перед человечеством во второй половине прошлого века. После Второй мировой войны существенно увеличились темпы промышленного роста во многих странах мира, в том числе производство автомобилей. Это привело к росту потребления энергоресурсов и в первую очередь – нефти. Разведанные запасы нефти тогда (1950-е годы) были невелики, и считалось, что ее осталось на 20 лет. Энергетический кризис 1973–1979 гг. стимулировал широкое внедрение энергосберегающих технологий в странах – основных потребителях энергоресурсов, с одной стороны, и существенный рост инвестиций в разведку новых месторождений – с другой. Поскольку разведанных к тому времени запасов угля хватало на несколько сот лет, основные усилия были направлены на разведку месторождений нефти и газа. В результате предпринятых усилий за последние 30 лет доказанные запасы нефти и газа существенно возросли: в 2 и 3.6 раза соответственно (табл. 1.1). Разными организациями даются оценки количества того или иного ресурса как для отдельных месторождений, так и в целом. Для нефти максимальная и минимальная оценка

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 8стр. из 174

различаются в 1,3 раза (табл. 1.2). Очевидно, что любая оценка количества топливно-энергетических (и не только) ресурсов приближительна и относиться к ней нужно с той или иной степенью вероятности. Нефть в настоящее время является основным энергоносителем, на долю которой приходится 38 % мирового энергопотребления. Доля нефти в общем потреблении первичных энергоресурсов стала быстро расти после Второй мировой войны, прежде всего в связи с ростом автомобилизации и нефтехимии. Согласно большинству прогнозов мировых специалистов, в ближайшие десятилетия доля нефти в энергопотреблении уменьшится незначительно и только после 2030–2035 гг. она начнет значительно сокращаться. Имеются прогнозы, которые предполагают, что роль нефти в энергообеспечении человечества останется существенной, не ниже 20 % общего энергопотребления до конца текущего столетия [1].

Таблица 1.1

Динамика мировых доказанных резервов нефти и газа, млрд т н.э. [30]

Год	Нефть	Газ
1970	71	36
1975	98	56
1980	88	71
1985	94	84
1990	135	112
1995	135	130
2001	144	136

В настоящее время объем доказанных извлекаемых резервов нефти составляет 150 млрд т, хотя имеются и другие оценки (табл. 1.2). С учетом возможных с разными вероятностями открытий эта цифра может возрасти почти в 2 раза. Запасы нефти распределены в мире наиболее неравномерно по сравнению с газом и углем (табл. 1.3). Около 60 % разведанных резервов нефти приходится на Средний Восток, а с учетом Латинской Америки и стран СНГ эта доля составляет 81 %. Обращает на себя внимание тот факт, что промышленно развитые страны располагают менее чем 10 % разведанных резервов нефти.

Природный газ до конца 60-х годов прошлого столетия потреблялся в основном в странах-производителях: СССР, США. В начале 70-х годов появился мировой рынок газа и доля газа в энергопотреблении многих стран (и мира в целом) стала быстро расти. Сейчас на долю природного газа приходится 22 % мирового энергопотребления, и по всем прогнозам в ближайшие десятилетия она будет расти, а к 2050 г. может даже превысить долю нефти. На начало текущего столетия доказанные извлекаемые резервы природного газа оцениваются разными организациями в 146–176 трлн м³. При этом основные резервы газа сосредоточены в основном в пределах бывшего СССР (38,3 %) и Среднего Востока (38,0 % мировых запасов) (табл. 1.2).

Запасы природного газа в промышленно развитых странах, так же как и запасы нефти, невелики и не превышают 9 % мировых. Россия обладает самыми большими в мире запасами природного газа.

Разведанные запасы газа оцениваются в 46–48 трлн м³, что составляет 31–32 % мировых. Обеспеченность разведанными запасами природного газа составляет 80–100 лет. Каменный уголь используется человечеством уже несколько столетий, именно уголь стал двигателем первой промышленной революции. Запасы каменного угля велики, больше, чем

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 9стр. из 174

традиционных нефти и газа вместе взятых, и достаточно хорошо разведаны. Месторождения угля более равномерно распределены по странам и континентам, чем месторождения нефти и газа (табл. 1.4). На долю промышленно развитых стран приходится более 40 % мировых резервов угля. Несмотря на то, что доля угля в мировом энергопотреблении постоянно снижается, в настоящее время она составляет 24 %, его роль в рассматриваемом периоде останется весьма существенной, а по некоторым прогнозам – даже возрастет [1]. В любом случае объемы потребления угля для энергетических целей в ближайшие десятилетия будут расти. Следует ожидать широкого внедрения новых технологий использования угля, в том числе получения жидкого топлива. В целом ресурсная база невозобновляемых энергоресурсов достаточно велика (табл. 1.5). Среди разведанных запасов почти половина (47,3 %) приходится на уголь, но с учетом дополнительных ресурсов (50 % вероятности) его доля уже превышает ресурсы нефти и газа вместе взятых и составляет 66,8 %. Обращает на себя внимание тот факт, что ресурсная база урана для тепловых реакторов такая же, как и традиционной нефти. Важную роль в обеспечении энергоресурсами играет их стоимость у потребителей, в которой значительную долю составляют затраты на добычу. Попытки распределить запасы энергоресурсов по категориям в зависимости от стоимости их добычи предпринимались давно. Еще на 10-й конференции МИРЭК эксперты пришли к выводу, что извлекаемые запасы нефти по стоимости добычи делятся следующим образом: менее 36 дол./т – 36 %; 36–80 дол./т – 26 %; более 88 дол./т – 38 %.

Приведем оценку привлекаемых ресурсов топлива из [36], рассчитанную на основе классификации М. Гренона (табл. 1.6).

Таблица 1.2

Оценка резервов нефти и их распределения по регионам мира, млрд т [33]

Регион	Идентифицированные резервы				Доказанные извлекаемые резервы (WEC, 1998)	Доказанные резервы (BP, 1999)	Ресурсы при интенсификации добычи
	Мастерс и др., 1994	Плюс 95%-я вероятность открытия	Плюс 50%-я вероятность открытия	Плюс 5%-я вероятность открытия			
Северная Америка	8,5	14,3	17,0	23,7	4,6	4,6	13,6
Латинская Америка	17,3	22,6	26,2	41,6	19,2	19,9	23,8
Западная Европа	5,6	6,8	7,7	11,2	2,5	2,5	3,9
Центральная и Восточная Европа	0,3	0,4	0,5	1,1	0,3	0,2	0,5
Бывший СССР	17,0	25,1	30,6	49,9	8,0	9,1	11,2
Средний Восток и Северная Африка	87,6	97,0	104,6	126,4	99,6	96,8	59,2
Африка, южнее Сахары	4,0	5,9	7,3	12,3	4,0	4,5	3,3
Юго-Восточная Азия	3,1	4,1	4,8	7,3	1,5	1,5	2,1
Китай	5,1	7,8	9,8	17,9	5,4	3,4	3,7
АТР (ОЭСР)	0,4	0,6	0,7	1,3	0,4	0,4	0,5
Всего	150	186	210	295	146	143	123

Таблица 1.3

QONTUSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 10стр. из 174

Распределение мировых резервов и ресурсов газа по регионам, трлн м³ [34]

Регион	Традиционный газ			Нетрадиционные ресурсы	
	Суммарная добыча 2002 г.	Оставшиеся доказанные резервы	Дополнительные резервы (оценка)	Угольный метан, газ в плотных формациях, сланцевый газ	Газовые гидраты
Северная Америка	26,9	7,5	30-52	22	6100
Центральная и Южная Америка	3,0	5,6	7-22	91	4571
Европа (исключая СССР)	7,3	4,7	5-14	36	765
Бывший СССР	16,1	51,0	95-110	159	4208
Средний Восток	3,9	44,6	28-50	99	203
Африка	2,1	9,3	5-14	29	383
Юго-Восточная Азия	3,6	9,2	25-41	203	2528
Всего	62,9	131,9	197-303	639	18758

Таблица 1.4

Распределение резервов угля по регионам на конец 2001 г., млн т [35]

Регион	Антрацит и битуминозный уголь	Суббитуминозный и лигнит	Всего	Доля от мировых, %	Обеспеченность, лет
США	115 891	134 103	249 994	25,4	246
Северная Америка	120 222	137 561	257 783	26,2	234
Южная и Центральная Америка	7 738	14 014	21 752	2,2	381
Европа	47 512	77 883	125 395	12,7	167
Бывший СССР	97 362	132 613	229 975	23,4	> 500
В том числе Россия	49 088	107 992	157 010	15,9	> 500
Африка и Средний Восток	56 881	196	57 077	5,8	246
АТР	189 347	103 124	292 471	29,7	146
Мир в целом	519 062	465 391	984 453	100	216
В том числе ОЭСР	211 084	234 686	445 770	45,3	215

Таблица 1.5

Мировые запасы основных первичных энергоресурсов (к концу XX в.) [31, 32]

Энергоноситель	Разведанные запасы		Ресурсы (50 % вероятности)		Ресурсная база	
	млрд т н.э.	%	млрд т н.э.	%	млрд т н.э.	%
Нефть						
традиционная	150	11,7	145	3,8	295	5,8
нетрадиционная	193	15,0	332	8,7	525	10,3
всего	343	26,7	477	12,5	820	16,1
Газ						
традиционный	141	11,0	279	7,3	420	8,2
нетрадиционный	192	15,0	258	6,8	450	8,8
всего	333	26,0	537	14,1	870	17,1
Уголь и лигнит	606	47,3	2794	73,4	3400	66,8
Итого ископаемого топлива	1282	100	3808	100	5090	100
Уран						
тепловые реакторы	57		203		260	
быстрые реакторы	3390		12150		15540	

Таблица 1.6

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		11стр. из 174

Мировые потенциально извлекаемые ресурсы топлива и время их возможного истощения [36]

Показатель	Запасы по категориям, млрд т у.т.			Время истощения, лет		
	I	II	III	I	II	III
Стоимость, дол./т	До 60	60–100	100–125			
Нефть	267	203	378	33–38	29–41	54–75
Газ	297	148	139	99–135	49–67	46–63
Уголь, стоимость	До 25	25–50				
запасы	606	1105		120–125	220–275	

Таким образом, в долгосрочном плане человечество обеспечено на несколько сот лет как углеводородами, так и углем. Однако возникает вопрос обеспеченности человечества энергоресурсами в кратко- и среднесрочном плане. В каждый данный период времени человечество имеет в распоряжении столько ресурсов, сколько позволяет действующая экономика. В настоящее время мировая экономика, на наш взгляд, может позволить себе использовать ресурсы I–III и даже I–IV категорий углеводородов и категории А–Д угля, т.е. традиционные ресурсы. По данным [38], запасы традиционных (категории I–IV) нефти и газа составляют 478 млрд т и 450 млрд т н.э. соответственно (табл. 1.16, 1.17). Этого количества нефти и газа должно хватить человечеству примерно до 2075 г. (табл. 1.19). С учетом того, что категории энергоресурсов по мере развития научно-технического прогресса переходят из более дорогих в менее дорогие, можно считать, что традиционными углеводородами человечество обеспечено на весь XXI век.

Достижения научно-технического прогресса за последние десятилетия привели, с одной стороны, к появлению новых технологий, более экономичных по сравнению со старыми, а с другой – к увеличению экономической эффективности старых технологий.

3. Энергетическая и эколого-экономическая характеристика различных видов энергоресурсов

Топливные энергетические ресурсы разных видов имеют различные качественные характеристики: теплота сгорания, сернистость, зольность, влажность и др. [3]. Важнейшей характеристикой является теплота сгорания. Этот показатель характеризует энергетическую ценность топлива и он существенно колеблется по видам топлива. Иногда этот показатель называют энергосодержанием топлива или теплотворной способностью.

Для измерения энергосодержания (теплоты сгорания топлива) используют такие единицы, как калория или джоуль. Между ними существует соотношение 1 калория = 4,189 Дж.

Удельная теплота сгорания для различных видов топлива представлена ниже:

Сырая нефть – 43 000 кДж/кг (10260 ккал/кг),
 природный газ – 35 000–37 000 кДж/м³ (8 350–8 830 ккал/м³),
 каменный уголь – 25 000–28 000 кДж/кг (5 970–6680 ккал/кг),
 бурый уголь – 12 000–15 000 кДж/кг (2860–3560 ккал/кг),
 сланцы – 10 000–12 000 кДж/кг (2390–2860 ккал/кг),
 торф – 6000–10 000 кДж/кг (1430–2400 ккал/кг), мазут – 38 000–40 000 кДж/кг,
 бензин – 45 000 кДж/кг.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 12стр. из 174

4. Мировой рынок энергетических ресурсов

Каменный уголь. По оценкам мировых международных организаций мировые промышленные запасы угля сейчас составляют 900 млрд тонн и при текущем уровне потребления их должно хватить примерно на 165 лет, тогда как нефти хватит на 40 лет, газа – меньше, чем на 70. Угольные месторождения широко распространены (разведанные запасы угля имеются примерно в 100 странах мира; около 60 % промышленных запасов угля сосредоточено лишь в трех регионах:

в США (27 %), на территории бывшего Советского союза (Россия, Украина и Казахстан – 25 %) и в Китае (13 %)).

На такие угледобывающие страны, как Австралия, Индия, Германия и ЮАР, приходится в общей сложности около 30 % промышленных запасов.

Годовая добыча угля в мире составляет примерно 5,5 млрд т. Лидерство занимают Китай (35 %) и США (18 %). За ними следуют Австралия и Индия (по 7 %), ЮАР и Россия (по 5 %), Германия (4 %), Польша (3 %), Индонезия (2 %), Казахстан и Греция (менее 2%). Тенденции на угольном рынке таковы, что Китай и Индонезия наращивают производство угля, а США, Канада и Польша сдерживают объемы добычи на одном уровне, а в отдельных случаях даже их снижают. Россия владеет 11 % мировых балансовых запасов угля – 200 млрд. т, в том числе к категории промышленных можно отнести 157 млрд. т. В целом Россия занимает 5-е место в мире по добыче угля (280 млн т), а доля угля в национальном энергобалансе Российской Федерации составляет 12 %, что примерно в 2 раза меньше, чем в целом в мире. Основными угольными бассейнами России являются: Кузнецкий, Канско-Ачинский, Печорский, Донецкий.

Украина располагает значительными запасами угля всех стадий углефикации (от бурых до антрацитов) и по объемам ресурсов занимает 8-е место в мире (117,3 млрд т, в том числе к категории разведанных запасов относятся 52,6 млрд т).

Казахстан занимает 6-е место в мире по объемам запасов угля. Общие геологические запасы Казахстана оценены в 150-160 млрд т, в том числе запасы бурых углей составляют 62 %, каменных – 38 %. До 80 % общей электроэнергии, производимой в стране, вырабатывается на угольном топливе. По объемам добычи угля Казахстан занимает восьмое место в мире и третье среди стран СНГ (около 80 млн. т). В перспективе планируется увеличение общих объемов добычи угля до 90 млн. т в год.

Азиатско-Тихоокеанский регион примечателен присутствием на нем самого крупного импортера угля в мире – Японии, самого крупного экспортера угля в мире – Австралии, а также самого крупного производителя и потребителя угольной продукции в мире – Китая. На долю крупнейшего потребителя угля, Китая приходится 34 % мирового потребления этого вида топлива. Высокие темпы экономического роста, сопровождающиеся активным развитием промышленности и строительством транспортных магистралей, обуславливают повышенные потребности Китая в дешевой электроэнергии и стальном прокате. Свыше 60 % потребления угля в Китае приходится на производство тепловой энергии для промышленного использования, в основном в химической, цементной и целлюлозно-бумажной отраслях, а также на производство кокса для нужд черной металлургии.

По состоянию на 2016 год Казахстан занял восьмое место в мире по объему доказанных запасов угля (25,6 млрд тонн, или 2.2% мировых запасов, согласно статистике BP Statistical Review of World Energy, June 2017) и десятое место в мире по объему производства (102,4 млн тонн, или 1.4% мирового производства).

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		13стр. из 174

В 2016 году, по данным British Petroleum, в Казахстане в потреблении первичных энергоресурсов на долю угля приходилось 56,5%, нефти — 20,9%, природного газа — 19,1%, гидроэнергетики - 3,3%.

Угольная промышленность является одной из важнейших ресурсных отраслей экономики РК.

В Казахстане известно свыше 300 месторождений ископаемых углей с геологическими запасами 170,2 млрд тонн. Более 9/10 всех запасов угля сосредоточены в центральной и северной частях страны. Крупнейшими бассейнами являются Экибастузский (12,5 млрд тонн), Карагандинский (9,3 млрд тонн) и Тургайский (5,8 млрд тонн). Наибольшие запасы и наиболее крупные каменноугольные бассейны и месторождения относятся к отложениям карбона (Карагандинский и Экибастузский угольный бассейны) и юры. Все известные запасы коксующихся углей сосредоточены также в Карагандинском бассейне и месторождениях-спутниках — Самарском и Завьяловском.

Бассейны и месторождения мезозойского возраста располагаются в изолированных впадинах территории обширных прогибов — Тургайского, Иртышского, Прибалхашского.

Угольная промышленность является одной из крупных отраслей экономики страны и обеспечивает производство 74% электроэнергии, полную загрузку коксохимического производства, целиком удовлетворяет потребности в топливе коммунально-бытового сектора и населения. Уголь находит также широкое применение в тяжелой и горнодобывающей промышленности, в других отраслях, связанных с добычей полезных ископаемых. Доли металлургии и других отраслей промышленности в общей структуре потребления угля сопоставимы с показателем, характерным для коммунально-бытового сектора (примерно по 20% от общего объема потребления). Угольная промышленность Казахстана является нетто-экспортером угля. Доля экспортируемого угля к производству составляет 25,3% в 2016 году. Экспорт угля составляет порядка 1% всего экспорта Казахстана.

5. Литература:

основная

1. Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.-Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.

2.

3. Быстрицкий Г.Ф. Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии): учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. - 2-е изд., стер. - М.: КНОРУС, 2016. - 408 с. - (Бакалавриат).

4. Риполь- Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б., Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. – 122 с.

5. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагереv, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2014. – 386 с.

6. J.P. Deane et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1293–1302.

дополнительная:

7. Беспалов В.И. Системы и источники энергоснабжения: учебное пособие /В. И. Беспалов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 208 с.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 14стр. из 174

8. Смородин С.Н., Белоусов В.Н., Лакомкин В.Ю. Методы энергосбережения в энергетических, технологических установках и строительстве: учебное пособие / СПбГТУРП.- СПб., 2014.- 99 с.

9. Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 9: новый вектор развития высшего образования и науки» посвященная дню Первого Президента Республики Казахстан. – 2013. – Т.2, ч.1. – С. 22-24
 ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ - ЭНЕРГИЯ БУДУЩЕГО. Муханов С., Муханова Д.

10. ООН ЭСКАТО. Обзор перехода Казахстана к сценарию «зеленой» экономики путем увеличения доли возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе - Преобразование сельскохозяйственных отходов в биотепловую энергию. 4.12.2019

11. Зысин Л. В. Парогазовые и газотурбинные тепловые электростанции: учеб. пособие. – СПб. : Изд.-во Политехн. ун-та, 2010. – 368 с.

12. Ст. 1 Закон Об энергосбережении и повышении энергоэффективности РК от 13 января 2012 года № 541-IV. Действующий с изменениями и дополнениями. Проверено 15.01.2022

13. Об утверждении Концепции развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года

Электронные ресурсы:

Электронные ресурсы:

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz/ru/> Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress
www.aknurpress.kz.

6. Контроль (вопросы, задачи, решение)

1. Объясните роль энергетики в народном хозяйстве.
2. Объясните понятие первичной, вторичной энергии
3. Объясните понятие – энергия. Назовите единицы измерения энергии.
4. Объясните что собой представляет тепловая энергия, электрическая, химическая энергия?
5. Объясните понятие энергетические ресурсы. Перечислите виды энергоресурсов.
6. Назовите доказанные мировые запасы топливно-энергетических ресурсов
7. Назовите какие ресурсы относятся к топливным.
8. Дайте характеристику энергетической и эколого-экономической характеристике различных видов энергоресурсов.
9. Провести анализ мирового рынка энергетических ресурсов. Место Казахстана в нем.
10. Описать структуру энергетических ресурсов Казахстана на сегодняшний день.

Лекция 2

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		15стр. из 174

1. Тема 2: Невозобновляемые источники энергии

2. Цель: освоение понятий о невозобновляемых источниках энергии

3. Тезисы лекции:

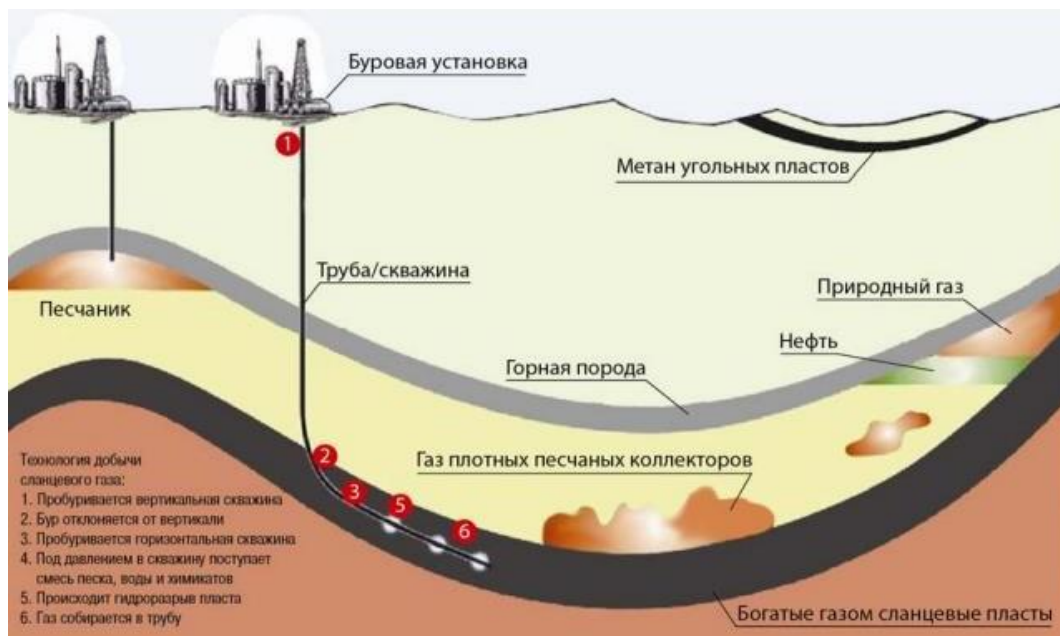
1. Невозобновляемые источники энергии
2. Каменный и бурый уголь.
3. Добыча и подготовка угля
4. Добыча и подготовка нефти и газа
5. Транспорт жидких и газообразных углеводородов
6. Нефтяная промышленность
7. Состояние и перспективы ресурсной базы атомной энергетики
8. Природный газ. Вспомогательные топливные ресурсы
9. Ядерное топливо.
10. Горючие и газоносные сланцы

1. Тезисы лекции:

1. Невозобновляемые источники энергии

Образовавшиеся за длительные промежутки времени называют невозобновляемыми энергоресурсами, за короткие (не превосходящие продолжительность жизни человека) – возобновляемыми. К первой группе относят запасы основного минерального органического топлива (нефть, уголь, газ) и ядерного топлива (уран, торий), а также т.н. вспомогательное топливо (горючие сланцы, угольный метан, попутный нефтяной газ и др.); ко второй – энергию солнца, ветра, потоков воды и др.

Схема залегания минерального топлива показана на рис. 2.1, а динамика его добычи – на рис. 2.2.



ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		16стр. из 174

Рисунок 2.1 - Схема залегания нефти, горючего газа (природного, сланцевого и угольного) и угля

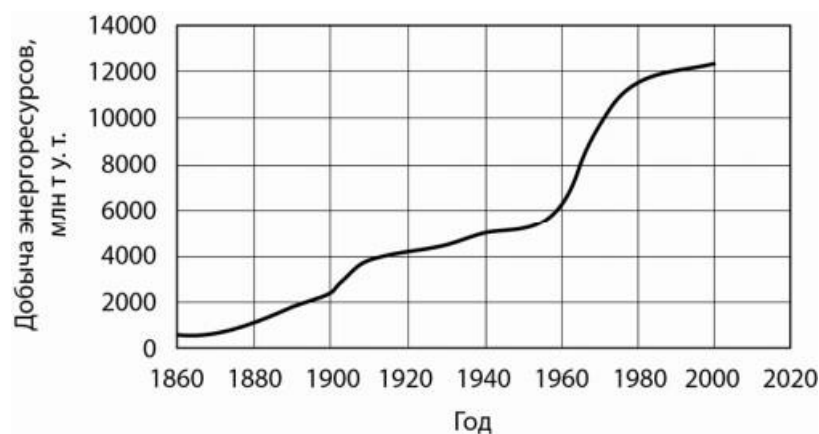


Рисунок 2.2 - Диаграмма мировой добычи энергоресурсов.

Представление о месте минерального топлива в глобальном энергетическом балансе дают рис. 2.3 и 2.4. и табл. 2.1.

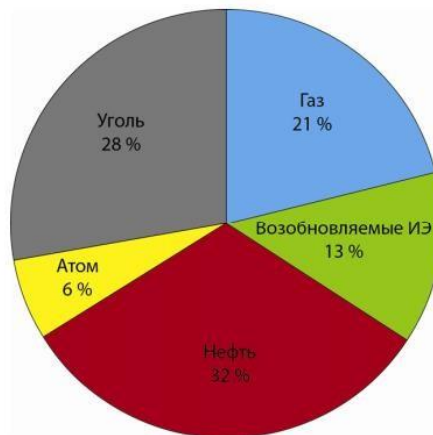


Рисунок 2.3. - Доля различных первичных энергетических ресурсов в мировом энергетическом балансе

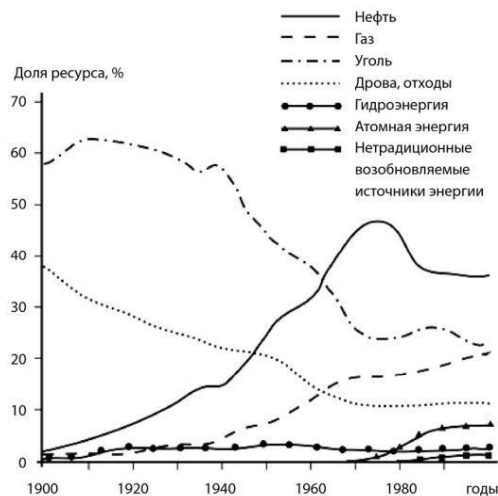


Рисунок 2.4 - Мировая динамика энергопотребления

Таблица 2.1

Индикаторы изменения структуры топливно-энергетического баланса в соответствии с ЭС-2030

Индикаторы/направления	2008 г. (факт)	1 этап (2015 г.)	2 этап (2020 г.)	3 этап (2030 г.)
Производство электроэнергии				
Доля нетопливных источников энергии в структуре производства электроэнергии, %	32,5	не менее 34	не менее 35	не менее 38
Топливообеспечение тепловых электростанций				
Доля газа в структуре топливообеспечения, %	70,3	70–71	65–66	60–62
Доля угля в структуре топливообеспечения, %	26	25–26	29–30	34–36

Как видно из табл. 2.1, вплоть до 2030 г. радикальные изменения структуры топливно-энергетического баланса (ТЭБ) не планируются – доминирующая доля минерального топлива в нем сохранится. При современном уровне технологий далеко не все открытые месторождения по экономическим, экологическим и технологическим критериям доступны для использования. Наиболее часто называют следующие объемы разведанных и удобных для добычи запасов минерального энергетического сырья на Земле, млрд т у.т.:

- уголь – 800;
- нефть – 90;
- газ – 85;
- уран – 5-10 (в зависимости от принятой в качестве приемлемой себестоимости добытого урана).

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 18стр. из 174

Открытые и тем более удобные для добычи запасы минерального топлива хотя и велики, но, к сожалению, конечны (исчерпаемы).

В особенности с учетом того, что на протяжении еще нескольких десятилетий (как минимум до середины второй половины нашего столетия) потребности человечества в энергии (на сегодня по разным источникам они составляют 12–15 млрд т у.т. в год) будут удовлетворяться в основном за счет ископаемых невозобновляемых энергетических ресурсов. Из них более 50 % составляют нефть и газ.

Главным потребителем первичных энергоресурсов является электроэнергетика (44 % от общего потребления), основные потребители электроэнергии – транспорт (около 75 млрд кВт·ч), нефтедобывающая промышленность (около 50 млрд кВт·ч), сама электроэнергетика (более 32 млрд кВт·ч), сельское хозяйство (немногим более 16 млрд кВт·ч), нефтеперерабатывающая промышленность (около 13 млрд кВт·ч), пищевая промышленность (немногим более 12 млрд кВт·ч) [35]. Примерно в таких же пропорциях распределен по отраслям и потенциал энергосбережения.

Каменный и бурый уголь

В мире добывается более 4 млрд. т угля в год, причем свыше 1 млрд. т приходится на долю трех стран – СНГ, США, Китай.

Прогнозируемые запасы каменного и бурого угля в мире оцениваются в 14,8 трлн. т, а в России и США в 6 и 1,5 трлн. т соответственно. Ресурсы коксующихся углей в мире составляют 10 % от общих запасов (1,5 трлн т). В России запасы угля, которые могут добываться открытым способом, превышают 200 млрд т, они в основном сосредоточены на востоке страны. Основные угольные бассейны России – Кузнецкий, Канско-Ачинский, Печорский. Ресурсы коксующихся углей в России составляют 9 % (от 3 % в Ростовской части Донецкой области до 18 % в Печорском бассейне, 33 % – Кузнецк, 60 % – Южно-Якутск).

Мировые запасы торфа составляют около 5 млрд т у. т.

Угольная промышленность является одной из важнейших ресурсных отраслей Республики Казахстан. В текущей структуре топливной генерации уголь составляет основную долю – 74% от совокупного потребления в тоннах условного топлива. В Казахстане представлены все основные сегменты угольной промышленности, однако особенно развиты добыча и использование энергетического угля. По состоянию на 2013 год, Республика Казахстан занимает седьмое место в мире по объему доказанных запасов угля.

Таблица 2.2

Объем доказанных запасов угля в мире по состоянию на 2013 год,.

Наименование государства	Объем доказанных запасов угля, млрд. тонн
США	237
РФ	157
КНР	115
Австралия	76
Индия	61
ФРГ	41
Казахстан	35

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 19стр. из 174

Украина	34
ЮАР	30
Колумбия	7
Канада	7
Польша	6
Прочие	31

Добыча и подготовка угля

Добыча энергетического угля в Республике Казахстан стабильно росла в последние годы со средним темпом 2%, коксующегося – незначительно сокращалась.

Таблица 2.3

Добыча угля, млн. тонн	2008	2009	2010	2011		2012	2013
Энергетический	92,9	82,5	93,4	98,6		102,4	101,1
Коксующийся	12,0	11,8	11,9	11,5		11,3	11,7
Всего	104,9	94,3	105,3	110,1		113,7	112,8

В структуре добычи энергетического угля выросла доля бурого и длиннопламенного угля – с 20% в 2008 году до 27% в 2012 году. Благодаря значительному объему добычи энергетического угля, Казахстан занимает десятое место в мире по добыче угля.

Рынок энергетического угля в Казахстане относительно фрагментирован – крупнейшим игроком, обеспечивающим до 30% совокупной добычи, является компания «ENRC» (разрез «Восточный», «Шубарколь Комир»), вторым и третьим игроками по объему добычи являются «Самрук-Энерго» и «РУСАЛ» – по 20% каждый («Богатырь Комир»), далее идут «Казахмыс» (8%), «Каражыра» (6%), «Ангренсор Энерго» (5%) и прочие.

Основная доля добываемого энергетического угля идет на нужды электроэнергетической отрасли Республики Казахстан и на экспорт (51% и 31% соответственно), остальной объем – на коммунально-бытовые нужды населения и на промышленные предприятия (13% и 5% соответственно).

Рынок коксующегося угля на 95% сформирован добычей компании «АрселорМиттал». Основная доля добытого коксующегося угля (порядка 95%) проходит процедуру обогащения, после чего 70% концентрата направляется для обеспечения собственных потребностей компании в коксе, остальной концентрат идет на экспорт в Украину и Россию.

Энергетический уголь

Исходя из территориального расположения относительно крупных потребителей угля, существуют три потенциальных направления экспорта угля из Казахстана:

- 1) в Россию напрямую через общую границу;
- 2) в Китай напрямую через общую границу;
- 3) в Европу и на прочие глобальные крупные рынки по железной дороге и далее через российские порты.

Несмотря на потенциал увеличения добычи, развитие каждого из указанных

QAZAQSTAN QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		20стр. из 174

экспортных направлений поставок угля из Республики Казахстан связано со значительными ограничениями.

Мировой рынок энергетического угля будет расти с незначительным темпом 1% в год. Ожидается существенное сокращение доли потребления энергетического угля странами Европы: с текущих 30 % от глобального спроса до 18 % к 2025 году. Замедление роста спроса в Европе и активное наращивание объема поставок угля из таких стран, как Индонезия и Австралия, приведут к перенасыщенности глобального рынка и падению цен. Экспорт казахстанского энергетического угля в Европу будет неконкурентоспособным вследствие сравнительно низкого качества и высоких транспортных издержек. Из-за высокой зольности и относительно низкой теплотворности казахстанский уголь может продаваться на экспортных рынках только со значительным дисконтом (от 30% до 50%). Из крупных месторождений исключение составляет Шубарколь, качество угля которого в целом соответствует экспортным стандартам. (Табл.2.4).

Таблица 2.4

Показатели зольности угля, добываемых в странах мира

Экспортер	Теплотворность, тыс. ккал/кг	Зольность, %
Канада	6,7	11%
Мозамбик	6,7	18%
Австралия	6,6	6%
РФ	6,5	15%
США	6,5	10%
ЮАР	6,2	17%
Колумбия	6,2	8%
Индонезия	5,7	14%
Республика Казахстан (Майкубен)	4,1	22%
Республика Казахстан (Экибастуз)	4,2	42%
Республика Казахстан (Шубарколь)	6,1	15%

В перспективе до 2030 года основным источником спроса на энергетический уголь останется внутренняя угольная генерация Республики Казахстан. С учетом планов по вводу и выбытию генерирующих мощностей потребность в угле продолжит расти: к 2030 году мощность новых угольных электростанций составит 20% от совокупной установленной мощности, при этом доля старых сократится с текущих 60% до 39%. Общая потребность в

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 21стр. из 174

энергетическом угле для тепло- и электрогенерации в Казахстане вырастет к 2030 году с текущих 53 до 76 млн. тонн, то есть на 50%.

Добыча и подготовка угля

Потенциал снижения потребления энергии при добыче и предварительной подготовке угля в [1, 3] оценивается величиной 0,26 млн т н.э. в предположении, что эффективность технологий в этом секторе может быть повышена на 15 %.

Этого повышения можно добиться за счет:

- а) использования более энергоэффективных технологий,
- б) увеличения доли утилизируемых твердых горючих отходов. Следует учитывать, что показатели энергоэффективности в большой степени зависят от характеристик разрабатываемых месторождений.

Транспорт жидких и газообразных углеводородов

Расход энергии, потребляемой системами электропривода нагнетательных устройств трубопроводной системы (насосами, компрессорами), зависит не только от свойств жидкостей и газов, но и от характеристик самой системы. Часть механической энергии, приобретенной продуктами от нагнетательных устройств, превращается в тепловую энергию и является потерями энергии. С этим связаны гидравлические потери давления и напора двух видов – потери на трение и местные потери, проявляющиеся на участках сужения трубы, в местах слияния и разделения потоков, а также в трубопроводной арматуре (вентиллях, клапанах, задвижках, дросселях и др.). Основная характеристика трубопроводной транспортировки – коэффициент трения – для конкретных условий определяется экспериментальным путем, а для наиболее типичных случаев информация, обобщенная в виде эмпирических формул, таблиц, графиков, извлекается из справочников.

Состояние и перспективы ресурсной базы атомной энергетики

Атомная энергия

В основе получения электричества на АЭС лежит реакция деления ядер атомов радиоактивного топлива (урана-235 или ядер ряда других тяжелых металлов) при бомбардировке их нейтронами. Суть этой реакции состоит в разделении ядра атома на два сравнительно крупных фрагмента, что сопровождается высвобождением большого количества тепловой энергии и γ -лучей. Крупные фрагменты, или продукты деления, представляют собой атомы, каждый из которых состоит из некоторого числа электронов и части ядра «родительского» атома. Эти осколки обычно радиоактивны и поэтапно распадаются, превращаясь в стабильные атомы и высвобождая энергию излучения на каждом этапе распада. В ходе деления возникают не только фрагменты ядер, энергия и γ -лучи, но и нейтроны. Когда один из таких нейтронов соударяется с другим ядром урана-235, он может вызвать деление этого ядра. При этом выделяется еще больше энергии, появляются новые осколки ядер и нейтроны; таким образом, ядерная реакция начинает охватывать все новые и новые ядра, не прерываясь, т. е. становится самоподдерживающейся, или цепной. Запасы урана в недрах – более 4 млн т, из них по 50 % достоверные и предполагаемые. Большую перспективу для выработки атомной энергии представляют реакторы на быстрых нейтронах (в России – типа БН). В этих реакторах может использоваться не только

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 22стр. из 174

обогащенный, но и обедненный уран, в том числе находящийся в отвалах; а плутоний не только сжигается, но и воспроизводится и может быть снова использован в реакторах.

Вспомогательные топливные ресурсы

Важным направлением реализации стратегии энергозамещения является расширение масштабов использования нетрадиционных топливных ресурсов (НТР), к которым принято относить:

- горючие и газоносные сланцы (ГС),
- битуминозные песчаники (БП),
- газогидраты (ГГ),
- попутный нефтяной газ (ПНГ),
- угольный (шахтный) метан (УМ),
- синтетический газ (сингаз).

По мере совершенствования добычи и утилизации НТР их доля в ТЭБ будет возрастать. Однако из-за больших технологических сложностей в обозримом будущем НТР будут не альтернативой «топливной триаде» (нефти, природному газу, углю) и урану, а только подспорьем. Исключение могут составить ГС как источники сланцевых газа и нефти.

Ядерное топливо

Активная зона энергетического ядерного реактора (а.з.ЭЯР) - это часть его объёма, в которой конструктивно организованы условия для осуществления непрерывной самоподдерживающейся цепной реакции деления ядерного топлива и сбалансированного отвода генерируемого в нём тепла с целью его последующего использования.

Вдумавшись в смысл этого определения применительно к активной зоне теплового ЭЯР, можно понять, что принципиальными компонентами такой активной зоны являются ядерное топливо, замедлитель, теплоноситель и другие конструкционные материалы. Последние объективно необходимы, так как ядерное топливо и замедлитель в активной зоне и сама активная зона должны быть неподвижно зафиксированы в реакторе, представляя собой по возможности разборный технологический агрегат.

Под ядерным топливом обычно понимается совокупность всех делящихся нуклидов в активной зоне. Большинство используемых в энергоблоках АЭС тепловых ЭЯР в начальной стадии эксплуатации работают на чисто урановом топливе, но в процессе кампании в них воспроизводится существенное количество вторичного ядерного топлива - плутония-239, который сразу после его образования включается в процесс размножения нейтронов в реакторе. Поэтому топливом в таких ЭЯР в любой произвольный момент кампании надо считать совокупность трёх делящихся компонентов: ^{235}U , ^{238}U и ^{239}Pu . Уран-235 и плутоний-239 делятся нейтронами любых энергий реакторного спектра, а ^{238}U , как уже отмечалось, только быстрыми надпороговыми (с $E > 1.1$ МэВ) нейтронами.

Основной характеристикой уранового ядерного топлива является его начальное обогащение (x), под которым понимается доля (или процентное содержание) ядер урана-235 среди всех ядер урана. А поскольку на более чем 99.99% уран состоит из двух изотопов - ^{235}U и ^{238}U , то величина обогащения:

$$x = N_5/N_U = N_5/(N_5+N_8) \quad (2.2)$$

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 23стр. из 174

В природном металлическом уране содержится приблизительно 0.71% ядер ^{235}U , а более 99.28% составляет ^{238}U . Прочие изотопы урана (^{233}U , ^{234}U , ^{236}U и ^{237}U) присутствуют в природном уране в настолько незначительных количествах, что могут не приниматься во внимание.

В реакторах АЭС используется уран, обогащенный до $1.8 \div 5.2\%$, в реакторах морских транспортных ядерных энергоустановок начальное обогащение ядерного топлива составляет $20 \div 45\%$. Использование топлива низких обогащений на АЭС объясняется экономическими соображениями: технология производства обогащённого топлива сложна, энергоёмка, требует сложного и громоздкого оборудования, а потому является дорогой технологией.

Металлический уран термически не стоек, подвержен аллотропным превращениям при относительно невысоких температурах и химически нестабилен, а потому неприемлем в качестве топлива энергетических реакторов. Поэтому уран в реакторах используется не в чисто металлическом виде, а в форме химических (или металлургических) соединений с другими химическими элементами.

Эти соединения называются **топливными композициями**.

Наиболее распространенные в реакторной технике топливные композиции:



Другой (другие) химический элемент топливной композиции называют **разжижителем топлива**. В первых двух из перечисленных топливных композиций разжижителем является кислород, во вторых двух - углерод, в последующих соответственно азот, кремний, алюминий с кремнием и бериллий.

Горючие и газоносные сланцы

Горючие сланцы – это полезное ископаемое, твердая горючая осадочная порода, вид ископаемого топлива, состоящая из органической и минеральной частей.

Горючие сланцы – это осадочная порода со слоистой (пластинчатой) структурой серого, тёмно-серого, черного, коричневого, желтого и оливкового цвета. Легко распадается на отдельные плитки, слои.

Минеральная часть представлена осадочной горной породой, а органическая – **керогеном**. Кероген является одной из форм нетрадиционной нефти. Внешне он напоминает смолу. При нагревании горючих сланцев из керогена выделяется нефть, именуемая «сланцевая нефть» или «керогеновая нефть», и природный газ, именуемый «сланцевый газ».

Горючие сланцы загораются от спички и при горении издадут запах жженой резины, сильно коптят. Воспламеняются и горят в нем только органические вещества.

Органическая часть состоит из керогена. Кероген представляет собой смесь органических материалов (петроленов, битумов, гумусовых веществ и т.п.). Его состав меняется от месторождения к месторождению. Он не может быть описан какой-либо единой химической формулой. Во всяком случае, в его состав входят углеводороды и примеси: сероводород, азот и пр.

В обычных горючих сланцах доля керогена составляет 10-30 % от массы. И только лишь в сланцах самого высокого качества достигает она достигает 50-70 %. Остальное – осадочная порода.

Наличие в сланцах углеводородной составляющей позволяет извлекать ее. Получается нефть и природный газ. Однако их добыча не всегда экономически и экологически оправдана.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 24стр. из 174

Таблица 2.5

Физические свойства горючих сланцев:

Наименование параметра:	Значение:
Плотность, г/см ³	0,9-1,99
Твердость по шкале Мооса	От 2 до 6
Удельная теплота сгорания, МДж/кг	До 14

Добыча нефти и газа из горючих сланцев:

Добыча нефти и газа из горючих сланцев производится путем термического воздействия на кероген, содержащийся в горючих сланцах. Она проводится двумя основными способами: добычей сланца открытым или обычным шахтным способом с последующей перегонкой либо добычей в пласте, когда нагревание производится непосредственно под землей.

4. Иллюстративный материал: Для проведения занятия используется следующее материально-техническое обеспечение: ноутбук, мультимедийный проектор, экран.

5. Литература:

основная

1. Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.-Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.

2. Быстрицкий Г.Ф. Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии): учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. - 2-е изд., стер. - М.: КНОРУС, 2016. - 408 с. - (Бакалавриат).

3. Риполь- Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б., Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. – 122 с.

4. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагереv, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2014. – 386 с.

5. J.P. Deane et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1293–1302.

6. дополнительная:

7. Беспалов В.И. Системы и источники энергоснабжения: учебное пособие /В. И. Беспалов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 208 с.

8. Смородин С.Н., Белоусов В.Н., Лакомкин В.Ю. Методы энергосбережения в энергетических, технологических установках и строительстве: учебное пособие / СПбГТУРП.- СПб., 2014.- 99 с.

9. Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 9: новый вектор развития высшего образования и науки» посвященная дню Первого Президента Республики Казахстан. – 2013. – Т.2, ч.1. – С. 22-24
ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ - ЭНЕРГИЯ БУДУЩЕГО. Муханов С., Муханова Д.

10. ООН ЭСКАТО. Обзор перехода Казахстана к сценарию «зеленой» экономики путем увеличения доли возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе - Преобразование сельскохозяйственных отходов в биотепловую энергию. 4.12.2019

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 25стр. из 174

11. Зысин Л. В. Парогазовые и газотурбинные тепловые электростанции: учеб. пособие. – СПб. : Изд.-во Политехн. ун-та, 2010. – 368 с.

12. Ст. 1 Закон Об энергосбережении и повышении энергоэффективности РК от 13 января 2012 года № 541-IV. Действующий с изменениями и дополнениями. Проверено 15.01.2022

13. Об утверждении Концепции развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года

Электронные ресурсы:

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz/ru/> Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress
www.aknurpress.kz.

6. Контроль (вопросы, задачи, решение)

1. Дать определение невозобновляемых источников энергии. Привести примеры.
2. Дать анализ энергетических ресурсов в мировом энергетическом балансе.
3. Добыча энергетического угля в Республике Казахстан
4. Как производится добыча и подготовка нефти и газа?
5. Назначение и использование каменного и бурого угля?. Как производится транспорт жидких и газообразных углеводородов?
6. Нефтяная промышленность Состояние и перспективы ресурсной базы атомной энергетики

Лекция 3

1. Тема 3: Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.

2. Цель: знание: основных источников информации о возобновляемых источниках энергии, основных принципов работы установок, использующих возобновляемые источники энергии; недостатков невозобновляемых источников энергии: необратимое уменьшение количества запасенной в них энергии и загрязнении окружающей среды.

3. Тезисы лекции:

1. Источники энергии: возобновляемые и невозобновляемые
2. Недостатки невозобновляемых источников энергии: необратимое уменьшение количества запасенной в них энергии и загрязнение окружающей среды
3. Современное состояние развития возобновляемой энергетики
4. Виды возобновляемой энергии

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.

Использование всех традиционных видов топлива для энергетических целей (нефть, уголь, газ) оказывает серьезное негативное экологическое воздействие. В комплексе энергетика, основанная на использовании традиционных источников топлива, обуславливает основную долю выбросов в окружающую среду, прежде всего в атмосферу (рис. 3.1).

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 26стр. из 174

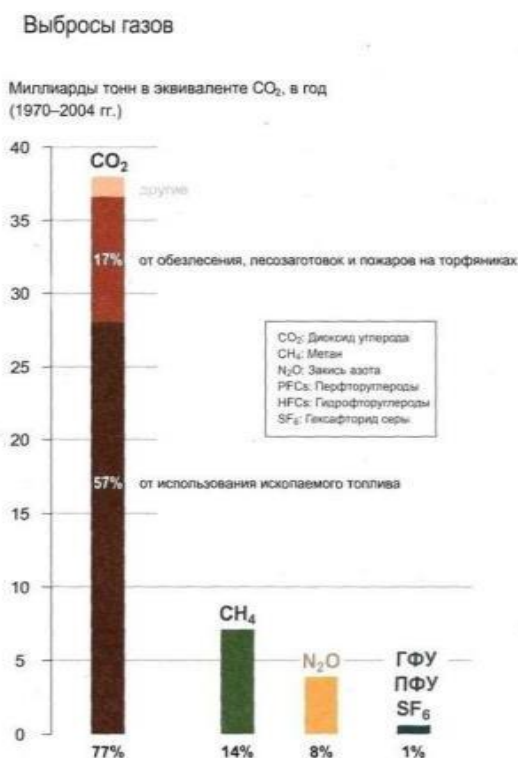


Рисунок 3.1 - Основные источники выбросов парниковых газов в атмосферу земли

Среди источников загрязнения атмосферного воздуха наиболее агрессивным является автомобильный транспорт, ТЭС, ТЭЦ и др.

Количество образующихся загрязняющих веществ изменяется в зависимости от процесса получения энергии, вида используемого топлива, его химического состава и других характеристик. Наиболее опасными загрязнителями атмосферы, которые выбрасываются в самых больших количествах, являются оксиды углерода, серы, азота, углеводороды и другие соединения.

Человечество ещё, по крайней мере, 50 и более лет сможет обеспечить значительную часть своих потребностей в различных видах энергии за счет органического топлива. Ограничить чрезмерное их потребление могут два фактора:

- очевидная исчерпаемость запасов топлива;
- осознание неизбежности глобальной катастрофы из-за увеличения вредных выбросов в атмосферу

Основное загрязнение окружающей среды создается в результате хозяйственной деятельности человека, т.е. искусственное происхождение.

Наибольшее количество выбросов обусловлено отходами теплоэнергетики и различных отраслей промышленности и транспорта. В странах СНГ относительные доли их выбросов в окружающую среду составляют:

- теплоэнергетикой - 27%
- черной металлургией - 24.3%
- цветной металлургией - 10.5%
- нефтедобывающей и нефтехимической отраслями -- 15.5%
- автотранспортом - 13.3%

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		27стр. из 174

- предприятиями стройматериалов - 8.1%
- химической промышленностью - 1.3%.

Интенсивное сжигание топлива в теплотехнических установках разрушающе воздействуют на окружающую среду. Поэтому ее защита стала в настоящее время глобальной проблемой человечества.

Повышение средней температуры планеты на 5 °С может вызвать таяние ледников и зон вечной мерзлоты, которое приведет к росту уровня Мирового океана, затоплению территорий островных и прибрежных государств, а также районов вечной мерзлоты. Основным техногенным источником поступления углекислого газа в атмосферу является процесс сжигания органического топлива. В настоящее время только от тепловой энергетики в атмосферу поступает примерно 1 т углерода на человека в год, или около 6 млрд т/год на земном шаре. Прогнозируется, что в первой половине XXI в. выброс возрастет до 10 млрд т/год. Климатологи крайне опасным считают выброс порядка 15–20 млрд т/год.

Характеристики основных парниковых газов представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Характеристики основных парниковых газов

Парниковый газ	Основной источник	Эффективное время нахождения в атмосфере	Способ поглощения
Двуокись углерода	Производство энергии, сведение лесов, сжигание другой биомассы	50–200 лет	Атмосфера; океан; увеличение площади лесов в Северного полушарии (происходит несколько лет). Поглощение почвой и океанскими глубинами (столетний цикл)
Метан	Производство природного газа и его транспортировка; процесс пищеварения (напр., у скота); рисоводство; выделение мусорных газов; сведение лесов	12,5 лет	Выводятся в основном путем реакции с тропосферным гидросилрадикалом (ОН); также атмосфера, почва
Галокарбонь основные: CFC-11, CFC12 (CFC – хлорфторуглероды)	Исключительно антропогенного происхождения; используются в промышленности, а также в кондиционерах и холодильниках (в качестве охладителей)	от нескольких лет до нескольких тысячелетий	Атмосфера; в основном удаляются при взаимодействии с солнечным светом (при фотолизе) в стратосфере
Оксид азота	В основном от использования удобрений и сжигания ископаемого топлива в двигателях внутреннего сгорания	120 лет	В основном удаляются при взаимодействии с солнечным светом (при фотолизе) в стратосфере

Проблема кислотных дождей. В процессе производственной деятельности промышленных предприятий, ТЭС и ТЭЦ, работы двигателей внутреннего сгорания в атмосферу выбрасываются диоксиды серы и азота. Соединяясь в тропосфере с парами воды, они превращают выпадающие дожди в слабые растворы кислот (рН 3–4). Самый кислый дождь с рН 2,4 (приблизительно соответствует столовому уксусу) был зарегистрирован в Шотландии (г. Питлхорн). Выпадение кислотных дождей приводит к засыханию лесов, закислению почв, водоемов, гибели рыбы, активному разрушению архитектурных сооружений и металлических конструкций.

Фотохимический смог. Загрязнители, попадающие в атмосферу с выхлопными газами, оказывают разнообразное негативное воздействие на состояние окружающей среды. Так,

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		28стр. из 174

следует особо отметить факт фотохимического окисления углеводородов под действием ультрафиолетового облучения в присутствии NOx. Продукты этих окислительных реакций способствуют образованию так называемого фотохимического смога, обладающего раздражающим и слезоточивым действием для человеческого организма. Проявлению фотохимического смога также способствует наличие приземного озона, образующегося при неполном сгорании топлива автомобилей и загрязняющих выбросов предприятий. Поскольку озон (O₃) почти в два раза тяжелее воздуха, он скапливается в придорожных полосах и низинах. Отличительной особенностью фотохимического смога является то, что он проявляется на ярком солнечном свете, в отличие от смога Лондонского типа, который возникает в условиях туманной погоды. Фотохимический смог может вызвать поражение дыхательных путей, рвоту, раздражение слизистой оболочки глаз и общую вялость, повышают вероятность возникновения раковых заболеваний.

Несгоревшие углеводороды (CxHy). Метан (CH₄), являющийся газом прямого парникового действия, обычно рассматривается отдельно от других углеводородов. При сжигании биомассы он является важным посредником в преобразовании содержащегося в топливе углерода в CO₂ и содержащегося в топливе водорода в H₂O. Ряд углеводородов образуется в процессе переработки нефти и представляет собой серьезную угрозу для окружающей среды и здоровья населения. В частности к ним относятся циклические углеводороды, твердые вещества (сажа) и летучие органические соединения (ЛОС) и другие вещества. В составе ЛОС содержатся многие опасные соединения, включая бензол, 1,3-бутадиен, формальдегид и др.

Современное состояние развития возобновляемой энергетики

Технологии возобновляемых источников энергии (ВИЭ) отвечают всем требованиям и ограничениям современных технологий генерации и потребления энергии и дополняют существующие системы производства энергии, а также могут внести большой вклад в дальнейшую модернизацию энергетического сектора.

ВИЭ также могут улучшить условия конкуренции на рынке и имеют положительное влияние на региональное развитие и занятость населения. В мировом масштабе начиная с 2010 г. прогнозируется интенсивное снижение потребления углеводородных источников энергии, которое будет компенсироваться за счет ВИЭ, доля которых в общем энергобалансе достигнет к 2050 г. величины 50 % (рис. 3.3).

OŇTÚSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 29стр. из 174

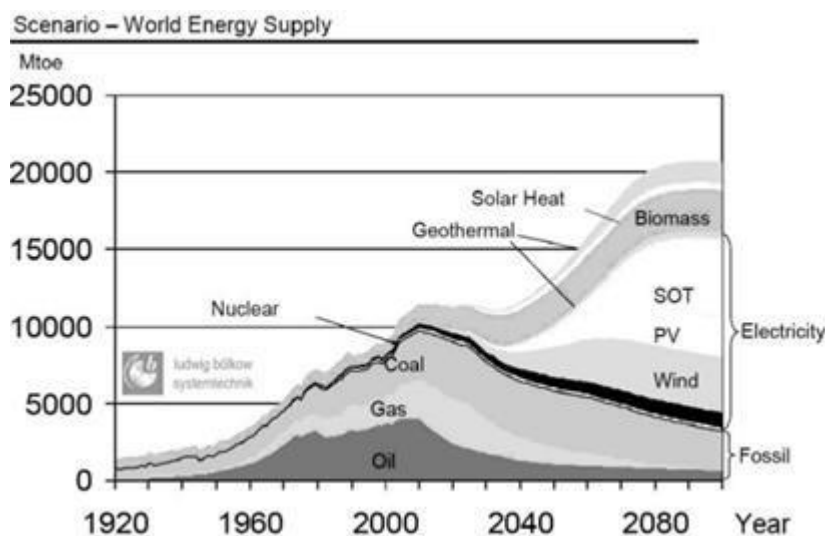


Рисунок 3.3 - Прогнозный сценарий энергообеспечения в мире до 2080 г.

Текущие тенденции показывают, что в течение последних лет был достигнут значительный технологический прогресс в области ВИЭ. Стоимость технологий ВИЭ значительно снизилась, многие технологии возобновляемой энергетики достигли, при определенных условиях, или приближаются к экономической жизнеспособности. Кроме того, появляются первые признаки крупномасштабного применения проектов на основе использования энергии ветра и Солнца. Некоторые технологии, в частности на основе биомассы, ветра и малых ГЭС, являются в настоящее время конкурентоспособными и экономически жизнеспособными в сравнении с другими децентрализованными способами энергоснабжения.

Фотоэлектричество, хотя оно и характеризуется быстро уменьшающейся стоимостью, остается наиболее зависимым от благоприятных экономических условий видом технологий ВИЭ. Солнечные водонагреватели в настоящее время конкурентоспособны во многих регионах ЕС.

Виды возобновляемой энергии

Ветроэнергетика в настоящее время является одной из наиболее динамично развивающихся технологий генерации электроэнергии. В отдельных местах с хорошими условиями ветра ветроэлектростанции (ВЭС) уже сейчас экономически выгодны и конкурентоспособны. Несмотря на глобальный экономический кризис, мощность установленных в 2009 г. ветроустановок составила рекордное значение в 38 ГВт, таким образом, их суммарная мощность в мире составила 159 ГВт. [11]. Лидером рынка ветроустановок в 2009 г. стал Китай, который установил 13,8 ГВт новых мощностей, достиг 25,8 ГВт. США установили в 2009 г. около 10 ГВт, европейский лидер Германия установила 1,9 ГВт, достигнув суммарной мощности 25,8 ГВт. К другим европейским странам, активно развивающим ветроэнергетику, относятся Испания, Италия и Франция.

Основная часть таких установок применяется для производства электроэнергии как в единой энергосистеме, так и в автономных системах.

При скорости ветра U_0 и плотности воздуха ρ ветроколесо, ометающее площадь A , развивает мощность:

$$P = C_p A \frac{\rho U_0^3}{2}$$

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 30стр. из 174

где C_p – параметр, характеризующий эффективность использования ветроколесом энергии ветрового потока и называемый коэффициентом мощности. Обычно среднегодовая мощность, снимаемая с единицы площади ветроколеса, пропорциональна C_p , плотности воздуха и кубу средней скорости, т.е. $P \sim C_p \rho 3(\bar{u})^3$.

Максимальная проектная мощность ветроэнергетической установки (ВЭУ) рассчитывается для некоторой стандартной скорости ветра. Обычно эта скорость равна примерно 12 м/с. В таком случае с 1 м² ометаемой площади снимается порядка 300Вт при значении C_p от 0,35 до 0,45. В табл. 3.2 представлена классификация и основные характеристики ВЭУ различных классов. В районах с благоприятными ветровыми условиями среднегодовое производство электроэнергии составляет 25...33 % его максимального проектного значения.

Таблица 3.2

Параметры ВЭУ различной проектной мощности при скорости ветра 12 м/с

Класс ВЭУ	Расчетная (проектная) мощность, кВт	Диаметр ветроколеса	Период вращения Т, с
Малые	10...25	6,4...10	0,3...0,4
Средние	10...100...150	14...20...25	0,6...0,9...1,1
Большие	250...500...1000	32...49...64	1,4...2,1...3,1
Очень большие	2000...3000...4000	90...110...130	3,9...4,8...5,7

По некоторым данным теоретический ветропотенциал Казахстана составляет около 1820 млрд кВт·ч в год. Для точной оценки ветропотенциала перспективных мест создан ветровой атлас Казахстана, где на карте показано распределение скорости ветра. Первые площадки для сооружения ветровых электростанций (ВЭС):

- 1) Джунгарская ВЭС - 40 МВт.
- 2) Шелекская ВЭС - 140 МВт.
- 3) Сарыиекская ВЭС - 140 МВт.
- 4) Алакольская ВЭС - 140 МВт.
- 5) Каройская ВЭС - 20 МВт.
- 6) Шенгельдинская ВЭС - 20 МВт.
- 7) Курдайская ВЭС - 20 МВт.

Общая мощность – 520 МВт, выработка – $1,8 \div 2$ млрд кВт·ч в год.

Ветрогенераторные установки выпускаются различных конструкций и типов. Они классифицируются по двум основным признакам – геометрии ветроколеса и его положению относительно направления ветра. Если ось вращения ветроколеса параллельна воздушному потоку, то установка называется горизонтально-осевой, если перпендикулярна – вертикально-осевой (рис. 3.4). Каждая из указанных систем характеризуется как своими преимуществами, так и недостатками. Большинство мощных современных ветроустановок относятся к ВЭУ с горизонтальной осью вращения. Ветрогенераторы современного типа имеют трехлопастное ветроколесо, направляемое на ветер с помощью специальных двигателей, управляемых компьютерами. Высота мачты промышленного ветрогенератора варьируется в диапазоне от 60 до 100 м и выше. Ветроколесо совершает 10–20 поворотов в минуту. В некоторых системах присутствует подключаемая коробка передач, позволяющая ветроколесу вращаться быстрее или медленнее, в зависимости от скорости ветра, при сохранении режима выработки электроэнергии. Все современные ветрогенераторы оснащены системой автоматической остановки на случай слишком сильных ветров.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		31стр. из 174



Рисунок 3.4 - Ветроустановки с горизонтальной (а) и вертикальной (б) осью вращения

Использование энергии солнца

В зависимости от применяемых технических решений выделяют активное и пассивное использование солнечной энергии. Пассивное использование энергии Солнца предполагает отсутствие специальных технических устройств и достигается применением специальных элементов или архитектурных решений для эффективного использования солнечной энергии.

В свою очередь, активное использование энергии Солнца предполагает использование специальных технических устройств:

- фотоэлектрических модулей для преобразование солнечной энергии в электрическую (фотовольтаика);
- солнечных тепловых коллекторов, использующихся для нагрева теплоносителя, либо других решений для непосредственного использования тепла.

Фотоэлектричество. Наряду с ветроэнергетикой, генерация электроэнергии за счет непосредственного преобразования солнечной энергии посредством фотоэлектрических модулей (фотовольтаика) является на сегодняшний день одним из наиболее быстро развивающихся секторов ВИЭ. В то же время себестоимость получаемой электроэнергии от солнечных установок значительно превышает этот параметр для других возобновляемых источников энергии.

Энергия солнца Казахстана имеет благоприятные климатические условия для ее использования практически на всей территории. Количество энергии, приходящейся на 1 кв.м горизонтальной поверхности в июле месяце, составляет в среднем от 6,4 до 7,5 кВт·ч в день.

Независимо от географического расположения Казахстана, ресурсы солнечной энергии в стране являются стабильными и приемлемыми, благодаря благоприятным сухим климатическим условиям, что делает возможным создание панели солнечных батарей в сельской местности, в частности, портативные системы фотоэлектростанций. При таком

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 32стр. из 174

уровне энергии перспективны солнечные нагреватели воды (СНВ), особенно в отдельных районах, не имеющих доступа к газовому трубопроводу.

Потенциальный уровень потока энергии на всей территории Казахстана составляет 1 трлн кВт·ч. Уровень возможного использования потока энергии по условиям экологии составляет 1 трлн. кВт·ч (при КПД преобразования 100%). Потенциально возможная выработка на базе фотопреобразователей при возможной суммарной мощности гелиоэлектростанций 2500 МВт составляет 2,5 млрд кВт·ч/год.

Наиболее предпочтительные районы размещения гелиоэлектростанций в Казахстане – Приаралье, Кызылординская и Туркестанская области.

Виды преобразователей солнечной энергии

Различают три основных преобразователя солнечной энергии в электрическую:

- фотоэлектрические преобразователи – ФЭП;
- гелиоэлектростанции (ГЕЭС);
- солнечные коллекторы (СК).

Полупроводниковые фотоэлектрические преобразователи (ФЭП) являются наиболее эффективными с энергетической точки зрения устройствами для превращения солнечной энергии в электрическую.

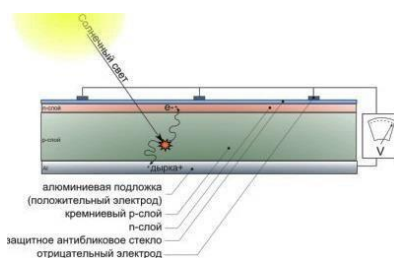


Рисунок 3.5 - Простейшая конструкция солнечного элемента (СЭ)

При характерной для ФЭП равновесной температуре порядка 300-350 К и температуре Солнца около 6000 К, их предельный теоретический КПД > 90%. Это означает, что, в результате оптимизации структуры и параметров преобразователя, направленной на снижение необратимых потерь энергии, вполне реально удастся поднять практический КПД до 50% и более (в лабораториях уже достигнут КПД 40%).

Гелиоэлектростанции (ГЕЭС) - солнечные установки, использующие высокконцентрированное солнечное излучение в качестве энергии для приведения в действие тепловых машин (паровой, газотурбинной, термоэлектрической и др.). Солнечная фотоэлектростанция мегаваттного

уровня содержит несколько линий фотовольтаических панелей (солнечных модулей), установленных на систему монтажа (рисунок 3.6).



ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 33стр. из 174

Рисунок 3.6 – Структура солнечной фотоэлектростанции

Каждая линия подключена посредством кабелей постоянного тока к инвертеру. Инвертор преобразует постоянный ток в переменный, который питает электрооборудование (потребители электроэнергии).

Солнечные коллекторы - устройства для сбора тепловой энергии Солнца, переносимой видимым светом и ближним инфракрасным излучением. Коллектор так же служит для передачи тепла теплоносителю, теплота которого расходуется на нужды горячего водоснабжения, отопления и подогрева бассейна. Плоский солнечный коллектор состоит из стекла или прозрачного покрытия из пластика (одинарного, двойного или тройного) (рисунок 3.7), теплоприемника с каналами для циркуляции воды.



Рисунок 3.7 – Конструкция плоского солнечного коллектора

Солнечные фотоэлектрические преобразователи.

В настоящее время в Казахстане и в мире наибольшее распространение получили два вида солнечных энергетических установок:

- 1) солнечные коллекторы;
- 2) солнечные фотоэлектрические преобразователи.

Фотоэлектрический преобразователь (фотоэлектрическая ячейка, фотоэлемент) – электрическое устройство, которое действует как преобразователь, и служит для преобразования части потока электромагнитного излучения (как правило, видимого света и инфракрасных электромагнитных волн) в электрическую энергию с помощью фотоэлектрического эффекта. Работа фотоэлектрического преобразователя основана на внутреннем фотоэлектрическом эффекте в полупроводниках. В фотоэлементе свободные положительные (дырки) и отрицательные (электроны) носители заряда образуются в результате взаимодействия полупроводника с электромагнитным излучением, а затем разделяются под действием электрического поля, возникающего внутри элемента. Таким образом, поглощение излучения в идеальном полупроводнике приводит к появлению электрон-дырочной пары, время жизни, которой зависит от структурного совершенства полупроводникового материала. Процесс аннигиляции электро-дырочных пар называется рекомбинацией. Излучение не всякой частоты вызывает генерацию электрон-дырочной пары, а только такой, у которого энергия достаточна для разрушения связи электронов с ядром атома. Процесс определяется не только характеристиками электромагнитного излучения, но и свойствами полупроводникового материала, поэтому не все полупроводники являются чувствительными к такому облучению.

QONTUSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 34стр. из 174



Рисунок 3.9 – Устройство солнечного элемента

Гидроэнергетика

Гидроэнергетика является наиболее развитой областью энергетики на возобновляемых источниках. Обычно под термином «гидроэнергетика» понимают область энергетики, которая преобразует энергию падающей или движущейся воды. Чаще всего эта энергия преобразуется в электрическую. Несмотря на то, что гидроэнергетика развивается вот уже более 120 лет, и суммарная мощность всех гидроэлектростанций мира составляет примерно 500 000 МВт, она успешно развивается и в последние 20 лет увеличивает суммарную мощность на 5% в год. Потенциальные возможности гидроэнергетики оцениваются примерно в $1,5 \times 10^{12}$ Вт. Очень большие запасы гидроресурсов имеются в Казахстане, в частности АО «Шардаринская ГЭС», АО «Мойнакская ГЭС» и др.

Геотермальная энергетика – направление энергетики, основанное на производстве электрической и тепловой энергии за счет тепловой энергии, содержащейся в недрах земли. Геотермальная энергетика характеризуется рядом преимуществ. Геотермальные электростанции (ГеоЭС) могут работать 24 часа в сутки и, таким образом, могут снабжать электроэнергией базовую нагрузку. КПД генерации электроэнергии и тепла на комбинированных геотермальных станциях составляет до 97 %. Вследствие того, что цена электроэнергии, произведенной от ГеоЭС, сильно зависит от характеристик геотермального резервуара, потенциал геотермальной энергетики в Европе не так велик, как в других странах мира (например, в Азии или Южной Америке).

Франциско. Общая площадь территории, на которой расположены геотермальные источники, составляет 78 км². Энергия от этих источников позволяет обеспечить 60 % потребности в электроэнергии северного побережья Калифорнии.

- Вблизи города Шымкент, Джамбул, Кызыл-Орда, глубина 1200-2100 м, температура 45-80°C, общая минерализация 1 г/л.
- Долина реки Чу и север пустыни Кызыл-Кум; геотермальный градиент 35°C/км, температура 80-90°C, общая минерализацией 1,5 г/л.
- Долина реки Или (Панфиловское поле); меловые водоносные горизонты - глубина 2000-3500 м, температура 90-115°C, общая минерализация 1,5 г/л, расход 20-90 л/с; более глубокий (4500 м) водоносный горизонт был определен рассолом температурой 170°C.
- Окрестности города Алматы; глубина 2500-3500 м, температура 80-120°C.
- Талдыкурганская область; было обнаружено значительные ресурсы горячей (90°C) воды.
- Плато Устюрт (около побережья Каспийского моря); данные от нефтяных скважин указали на значительные ресурсы горячей воды (> 120°C). Потенциал тепловых водных ресурсов Казахстана оценивается на данный момент в 4500 МВт. Доказанные ресурсы пригодные для производства электроэнергии (Панфиловское поле) составляют 12МВт для мелового водоносного горизонта, а для более глубоких водоносных горизонтов существует необходимость в дальнейшем исследовании.[10].

QONTUSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 35стр. из 174

Использование эффективности геотермальной энергии в промышленном секторе:

Значение температуры геотермальной воды, °С	
Более 100	
Менее 100	Системы отопления зданий и сооружений
Около 60	Системы горячего водоснабжения
Ниже 60	Системы геотермального теплоснабжения теплиц, геотермальные холодильные установки и т.п.

Биоэнергетика

Процесс получения биогаза и биоудобрения из сырья называют ферментацией, или метановым сбраживанием. Сбраживание сырья происходит в три этапа в результате разложения органических веществ двумя основными группами микроорганизмов – кислотными и метановыми. Биогаз является продуктом обмена веществ бактерий, который возникает, когда они разлагают органический субстрат. На первом этапе (гидролиз) на органическое вещество воздействуют внеклеточные ферменты микроорганизмов (клетчатка, амилаза, протеаза и липаза). Аэробные бактерии с помощью ферментов преобразуют высокомолекулярные органические субстанции (белок, углеводы, жиры, целлюлозу) в низкомолекулярные соединения, такие как моносахарид, аминокислоты, жирные кислоты и воду. На втором этапе кислотопродуцирующие бактерии могут осуществлять дальнейшее разложение. При этом в сбраживаемой среде появляются первичные продукты брожения – главным образом жирные кислоты с короткой цепью (карбоновые кислоты, такие как уксусная кислота (CH_3COOH), муравьиная кислота (HCOOH), масляная кислота ($\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$), пропионовая кислота ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$)), низкомолекулярные спирты, такие как этанол ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), и газы, такие как углекислый газ (CO_2), водород (H_2), сероводород (H_2S) и аммиак (NH_3). Затем бактерии уксусной кислоты из органических кислот производят исходные вещества для образования метана, а именно: уксусную кислоту, углекислый газ и водород.

Экономика Казахстана является одной из крупнейших

Учитывая готовность рынка и новизну технологий в регионе, у таких ферм есть два основных варианта:

Вариант А - биогазовая технология плюс ТЭЦ. В этом случае ферма будет использовать как навоз, так и отходы сельскохозяйственных культур в качестве органической смеси. Такая смесь отправляется на биогазовую установку для анаэробного сбраживания, и в результате ферма получает два основных продукта: дигестат и биогаз. Дигестат можно использовать в качестве чистого и высококачественного удобрения, которое можно возвращать обратно на поля, в то время как биогаз в комбинации с ТЭЦ будет генерировать как электричество, так и тепловую энергию для фермы и соседних зданий. Однако, без экономических стимулов такой вариант недостаточен, поскольку необходимые инвестиции в инфраструктуру и оборудование высоки, а стоимость производства вырастает на 60% в сравнении с использованием традиционного топлива (угля) для теплоснабжения и покупкой необходимой электроэнергии из сети.

Рисунок 3.11: Концепция преобразования сельскохозяйственных отходов в биогаз

QNTÜSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра Инженерных дисциплин	044/76-11	
Энергоресурсы, источники и методы получения	2022-2023 36стр. из 174	



Рисунок 3.11 - Концепция преобразования сельскохозяйственных отходов в биогаз

Вариант Б - Тепловая котельная установка на основе биомассы В этом случае, топливная смесь в основном включает сухое вещество - главным образом отходы сельскохозяйственных культур. Топливная смесь сжигается в котле в целях теплоснабжения и ГВС. Этот вариант имеет меньше преимуществ, чем вариант с биогазом, но из-за более низких инвестиционных затрат представляется более осуществимым. Тем не менее, он обойдется на 30% дороже, чем использование традиционного топлива.



Рисунок 3.12 - Концепция преобразования сельскохозяйственных отходов в биотепловую энергию

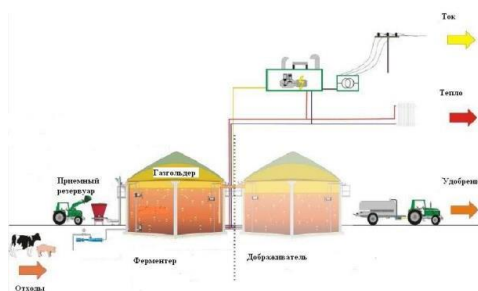


Рисунок 3.13 - Схема биогазового энергетического комплекса

4. **Иллюстративный материал:** Для проведения занятия используется следующее материально- техническое обеспечение: ноутбук, мультимедийный проектор, экран.

5. **Литература:**
основная

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 37стр. из 174

1. Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.-Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.
2. Быстрицкий Г.Ф. Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии): учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. - 2-е изд., стер. - М.: КНОРУС, 2016. - 408 с. - (Бакалавриат).
3. Риполь- Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б., Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. – 122 с.
4. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагереv, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2014. – 386 с.
5. J.P. Deane et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1293–1302.
6. дополнительная:
7. Беспалов В.И. Системы и источники энергоснабжения: учебное пособие /В. И. Беспалов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 208 с.
8. Смородин С.Н., Белоусов В.Н., Лакомкин В.Ю. Методы энергосбережения в энергетических, технологических установках и строительстве: учебное пособие / СПбГТУРП.- СПб., 2014.- 99 с.
9. Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 9: новый вектор развития высшего образования и науки» посвященная дню Первого Президента Республики Казахстан. – 2013. – Т.2, ч.1. – С. 22-24
ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ - ЭНЕРГИЯ БУДУЩЕГО. Муханов С., Муханова Д.
10. ООН ЭСКАТО. Обзор перехода Казахстана к сценарию «зеленой» экономики путем увеличения доли возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе - Преобразование сельскохозяйственных отходов в биотепловую энергию. 4.12.2019
11. Зысин Л. В. Парогазовые и газотурбинные тепловые электростанции: учеб. пособие. – СПб. : Изд.-во Политехн. ун-та, 2010. – 368 с.
12. Ст. 1 Закон Об энергосбережении и повышении энергоэффективности РК от 13 января 2012 года № 541-IV. Действующий с изменениями и дополнениями. Проверено 15.01.2022
13. Об утверждении Концепции развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года

Электронные ресурсы:

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz/ru/> Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress
www.aknurpress.kz.

6. Контроль (вопросы, задачи, решение)

1. Перечислить основные источники информации о возобновляемых источниках энергии
2. Описать причины загрязнения окружающей среды. Перечислить отрасли промышленности и транспорта.
3. Описать недостатки невозобновляемых источников энергии.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 38стр. из 174

- Объяснить причины парникового эффекта, проблем кислотных дождей, фотохимического смога.
- Перечислить вредные вещества, вредно влияющие на окружающую среду.
- Пояснить возможности развития ветроэнергетики в Казахстане.
- Пояснить возможности развития использования энергии Солнца в Казахстане.
- Объяснить принцип преобразования солнечных излучений (солнечный элемент).
- Объяснить принцип получения энергии с помощью фотоэлектрического преобразования
- Пояснить потенциал развития биоэнергетики в Казахстане.

Лекция 4

1. Тема 4. Природное органическое топливо и основы процессов горения

2. Цель: Освоить основные понятия природного топлива и основы процессов горения

3. Тезисы лекции:

- Природное органическое топливо и основы процессов горения
- Характеристики органического топлива и процессы его горения
- Элементарный состав твердого и жидкого топлив
- Основные стадии превращения твердого топлива. Состав.
- Теплота сгорания топлива

Природное органическое топливо и основы процессов горения

В традиционной энергетике применяются 2 типа топлива – органическое и ядерное. Несмотря на то что со второй половины XX в. ядерная энергетика развивается очень активно, доля органического горючего в общей структуре преобладает. В настоящее время это основной источник для производства тепловой и электрической энергии. Всего человеком применяется около двухсот его видов, каждому из которых присущи свои характеристики и показатели

Существует несколько классификаций органического топлива: По происхождению: естественное (природное); искусственное (получаемое при переработке природного).

По области использования: энергетическое (для выработки электроэнергии и теплоты); технологическое (для производства различных промышленных продуктов).

По физическому состоянию вещества (в скобках указаны наиболее распространенные): жидкое (мазут); твердое (ископаемые угли); газообразное (природный газ). По «сроку жизни»: возобновляемое (древесина, растения); условно возобновляемое, у которого период накопления в земной коре составляет несколько тысяч лет (торф); не возобновляемое (каменный уголь, сланцы, нефть, газ).

У невозобновляемых источников горючего период накопления во много раз превосходит предполагаемый срок потребления.

Природные виды органического топлива подразделяют на следующие группы: Ископаемые (извлекаемые из недр): каменный и бурый уголь; природный газ; торф; антрацит; нефть; горючие сланцы и другие. Искусственные: бензин; керосин; сланцевое масло; топливные брикеты; древесный уголь; гидролизный лигнин; отходы пищевой, сельскохозяйственной и целлюлозно-бумажной промышленности; мазут; газовое топливо, получаемое в виде побочного продукта при переработке горючих сланцев, выплавке чугуна, пиролизе и других технологических процессах; отходы деревоперерабатывающих производств (сухие опилки, стружка, кусковые отходы).

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 39стр. из 174

Из сельскохозяйственных отходов чаще всего применяются следующие: лузга семян подсолнечника; шелуха гречки; лузга рисовая; солома. Так как объем этих источников невелик, то они чаще всего используются в качестве топлива для местных котельных.

Согласно научным представлениям, все виды органического топлива образовались из растительных остатков и микроорганизмов, которые существовали от 500 тыс. до 500 млн лет назад. Их накопление происходило в тех участках земной коры, которые были защищены от активного окисления (мелководные прибрежные зоны водоемов, болота, дно морей). Химический состав этих остатков включает 4 основных элемента: углеводы; лигнин (межклеточное вещество высших растений); жироподобные вещества (смолы, воски, эфиры глицерина); белки. Остатки высших растений и мхов, скапливавшиеся на заболоченных участках суши, стали основой для образования гумолитов (ископаемых углей), а микроводорослей и бактерий на дне водоемов – сапропелитов. Под воздействием высокого давления и температуры происходило преобразование органического вещества (углефикация). Гумолиты с малой степенью углефикации называют бурыми углями. При более высокой температуре гуминовые кислоты превращались в нейтральные гумины. В каменном угле наблюдается полное отсутствие гуминовых кислот. В сапропелитах в мягких условиях преимущественно протекали процессы полимеризации непредельных углеводородов с образованием горючих сланцев, при перегонке дающих большое количество смолы, сходной по составу с нефтью. Метаморфозы сапропеля при высоких температурах и каталитическом участии горных пород привели к образованию смеси углеводородов в жидком и газообразном состоянии (нефть, природный, попутный газ).

Твердое органическое топливо – это капиллярно-пористые гетерогенные материалы. Их структура содержит большое количество пор и трещин. Перед сжиганием на теплоэлектростанциях сырье измельчают на дробилках до размеров 15-25 мм (слоевое сжигание в котлах) или в пылевидное состояние для снижения потерь от недожога.

В основе жидкого и твердого органического топлива находятся 5 горючих химических элементов: С, Н₂, О₂, S. Внешний (зольный остаток после горения, влага) и внутренний (азот и кислород) балласт ухудшает качество горючего. Характеристики твердого топлива. Основные виды горючих органических топлив, их марки и краткая характеристика представлены в таблице ниже.

Вид топлива	Марки и разновидности	Характеристика
Бурый уголь	1Б, 2Б, 3Б (в зависимости от влагоемкости)	низкосортный вид топлива; высокая гигроскопичность и влажность; низкая механическая прочность; высокий выход летучих соединений; сниженное содержание углерода; повышенная склонность к самовозгоранию; теплота сгорания 7-20 МДж/кг
Каменный уголь, антрациты	Д, 1Г, 2Г, 1ГЖ, 2ГЖ, 1Ж, 2Ж, 1К, 2К, 1КО, 2КО, 1КС, 2КС, 1ОС, 2ОС, ТС, 1СС, 2СС, 3СС, 1Т, 2Т, 1А, 2А, 3А	традиционный вид топлива; высокая теплота сгорания (до 25 МДж/кг); большое содержание углерода; низкая гигроскопичность и влажность; высокая прочность; выход летучих компонентов 3-40%. -
Торф	фрезерной; кусковой -	местный вид топлива; высокая влажность; большой выход летучих соединений; склонность к самовозгоранию; теплота сгорания после сушки – 8 МДж/кг.
Горючий сланец	гумито-сапропелитовый;	самый высокий выход летучих компонентов; высокорреакционный вид топлива; средняя теплота

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 40стр. из 174

	сапропелитовые кукурситы (классификация по происхождению).	сгорания – 4,6-9 МДж/кг; низкосортное горючее, используется для местных нужд, а также в качестве сырья для производства высокоэнергетических видов топлива (сланцевое масло, газообразное горючее). -
--	--	---

Минеральные примеси

Во всех видах твердого топлива имеются минеральные примеси, в основном состоящие из следующих соединений: силикаты; сульфиды; углекислые соли Ca, Mg и Fe; фосфаты; хлориды; сульфаты кальция и железа. В процессе горения органического топлива они подвергаются высокотемпературной трансформации, в результате которой остается твердая негорючая зола. Ее состав сильно отличается от исходных веществ из-за следующих реакций: превращение окисных солей железа в оксиды; дегидратация силикатных соединений; разложение карбонатов, выделение CO₂, образование оксидов; окисление сернистых соединений, выделение сернистого газа; испарение солей щелочных металлов. Конечный состав зольного остатка зависит от условий сжигания органического топлива. При высоких температурах он может расплавиться и перейти в жидкое состояние (шлак). Часть золы удаляется из топок вместе с летучими продуктами сгорания, что приводит к загрязнению, зашлаковыванию и коррозионному износу топочного оборудования.

Характеристики органического топлива и процессы его горения

Жидкие органические топлива для энергетической промышленности получают из нефти с помощью ее термохимического разложения. Мазут используют на крупных объектах (ТЭС, котельные), а в бытовых целях применяют дистиллятные фракции нефтепродуктов (бензин, керосин, солярка, дизтопливо). Мазут, как и нефть, представляет собой сложное коллоидное соединение. Его химический состав варьируется в следующих пределах (в процентах): углерод – 86-89; водород – 9,6-12; сера – 0,3-3,5; кислород и азот – 0,5-1,7. Виды мазута. Классификация мазутов производится следующим образом: По содержанию серы: низкосернистые (<0,5%); малосернистые (0,5-1%); сернистые (1-2%); высокосернистые (2-3,5%). По вязкости (в скобках указаны марки): легкие или флотские (Ф5, Ф12); средние (40В, 40); тяжелые (100, 200 и 100В); угольные и сланцевые (образуются при переработке сланца и угля).

Теплота сгорания жидкого горючего варьируется в пределах 39-41 МДж/кг.

Газообразное топливо

Состав газообразного топлива включает следующие вещества: горючие (предельные углеводороды, H₂, CO, H₂S) и негорючие (диоксид углерода и серы, азот, кислород, воздух атмосферный) газы; водяные пары; смолы; пыль. Наиболее широко используются следующие виды органического топлива: Природный газ. Основной компонент – метан. Перед потреблением газ осушают, обеспыливают, удаляют вредные примеси сероводорода. Попутный газ, выделяющийся при добыче нефти. Отделение от жидкой фазы углеводородов производится в сепараторах. Объемная доля метана меньше, чем в природном газе, а тяжелых углеводородов – выше. В связи с этим при горении органического топлива выделяется больше тепла. Сжиженный газ. Основные компоненты – пропан и бутан, а также примеси тяжелых углеводородов. При температуре 20 °С и атмосферном давлении он принимает газообразное состояние. При увеличении давления или уменьшении температуры газ переходит в жидкую фазу, что используется для его транспортировки. Сырьем для этого вида топлива служит попутный газ и газ, получаемый при переработке нефти. Коксовый газ. Представляет собой побочное вещество, образующееся при коксовании угля. Исходный продукт очищают от вредных примесей, аммиака, ароматических углеводородов.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 41стр. из 174

Топливом называют горючие вещества, используемые для получения теплоты. Оно подразделяется на природное и искусственное. К природному топливу относятся горючие сланцы, торф, дрова, бурый и каменный уголь, антрациты, природный горючий газ и нефть. Все они являются продуктами органического происхождения. Топливо органического происхождения по физическому состоянию делится на твердое, газообразное и жидкое. Физическое состояние топлива определяет способы его хранения, сжигания и транспортирования.

Искусственное топливо получают после переработки естественного с целью выделения из него различных продуктов, например смол, бензинов смазочных масел и др. Искусственным топливом являются каменно угольный кокс, угольные и торфяные брикеты, древесный уголь, мазут бензин, керосин, различные газы: генераторный, коксовый и доменный.

Элементарный состав твердого и жидкого топлива

Топливо в том виде, в каком оно поступает для сжигания в топке или двигателя внутреннего сгорания и специальные аппараты, называется **рабочим**.

В общем случае, в состав рабочего (твердого или жидкого) топлива входят углерод С, водород Н, кислород О, азот N и летучая сера S, а также негорючие минеральные примеси – зола А и влага W.

Содержание химических элементов и других составляющих топлива исчисляется в процентах от единицы массы или объема исходя из определенной части (массы) топлива. В зависимости от состояния топлива различают рабочую, аналитическую (воздушно-сухую), сухую и другие массы топлива. Каждой массе присваивается соответствующий индекс^[1]: рабочей — «р», аналитической — «а», сухой — «с», горючей - «г», органической — «о».

Для твердых топлив применимы все пять масс. О составе топлива соответствующей массы судят по индексу элементов. Топливо в том виде, в котором оно приходит к потребителю, называется рабочим. Его состав наиболее полно отражает состояние топлива. Элементарный состав рабочей массы записывается в следующем виде:

Для рабочей массы топлива имеет место очевидное равенство:

$$C^p + H^p + O^p + N^p + S^p + A^p + W^p = 100\% \quad (4.1)$$

Где элементы C^p , H^p , O^p и т.д. – элементы рабочего топлива в процентах от общей массы топлива.

Для правильного представления о тепловых свойствах топлива вводится понятие горючей массы, для которой

$$C^g + H^g + O^g + N^g + S_a^g = 100\% \quad (4.3)$$

Где индекс сверху показывает, что процентный состав отдельных элементов отнесен к горючей массе.

Название горючая масса носит условный характер, так как действительно горючими являются только углерод, водород и сера.

Для топлива, содержащего большое количество влаги (бурый уголь, торф, дрова, некоторые растительные отходы), в некоторых случаях удобно использовать понятие сухой массы, т.е. характеризовать состав абсолютно сухого топлива суммой элементов C^c , H^c , O^c , N^c , S^c , A^c .

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 42стр. из 174

$$C^c + H^c + O^c + N^c + S^c + A^c = 100\%$$

При этом где индекс показывает, что процентный состав отдельных элементов отнесен к сухой массе.

Для взаимного перерасчета топлива в соответствии с понятием о массах топлива служат формулы (Табл. 4.1)

Таблица 4.1

Формулы для пересчета состава топлива с одной массы на другую

Заданная масса топлива	Искомая масс топлива, %		
	Рабочая	Сухая	Горючая
Рабочая	1	$\frac{100}{100 - W^p}$	$\frac{100}{100 - (W^p + A^p)}$
Сухая	$\frac{100 - W^p}{100}$	1	$\frac{100}{100 - A^c}$
Горючая	$\frac{100 - (W^p + A^p)}{100}$	$\frac{100 - A^c}{100}$	1

Зольность топлива. Золой называют твердый негорючий остаток, остающийся после сжигания топлива в атмосфере воздуха.

В состав золы большинства видов твердого топлива входят: глинозем Al_2O_3 , кремниевая кислота SiO_2 , известь CaO , магнезия MgO , щелочи Na_2O , окислы железа FeO и Fe_2O_3 .

Влажность топлива определяется по ГОСТ 11014-70 высушиванием навески при 105-110°C. Влага снижает температуру в токе и увеличивает объем дымовых газов. Для превращения 1 кг воды в пар комнатной температуры нужно затратить 2,5 МДж теплоты. Очевидно, что влага является балластной примесью, так как уменьшает тепловую ценность исходного топлива. Кроме того часть теплоты, выделяемое топливом при его сгорании, расходуется на испарение влаги.

Летучие вещества. При нагревании твердого топлива без доступа воздуха его органическая масса разлагается, в результате чего образуются газы, водяные и смоляные пары и углеродсодержащий остаток. Суммарное количество выделяющихся летучих веществ увеличивается с увеличением температуры и времени выдержки. Выход летучих веществ является важнейшей характеристикой горючей массы топлива и уменьшается по мере увеличения возраста.

Жидкое топливо. Практически все жидкие топлива получают путем переработки нефти (бензин, керосин, дизельное топливо и мазут). Основные свойства жидких топлив - плотность, испаряемость, вязкость, стабильность при хранении, температуры застывания, вспышки, воспламенения и самовоспламенения, антидетонационная стойкость и др.

Газообразные топлива. Газообразное топливо по сравнению с другими видами топлив имеет ряд существенных преимуществ. Газообразное топливо сгорает при небольшом избытке воздуха, образуя продукты полного горения без дыма и копоти, не дает твердых остатков; удобно для транспортировки по газопроводам на большие расстояния и позволяет простыми средствами осуществлять сжигание в установках различных конструкций и мощностей. Газообразное топливо делится на естественное и искусственное.

Теплота сгорания топлива.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 43стр. из 174

Основной характеристикой топлива является так называемая теплота сгорания. Теплотой сгорания твердого и жидкого топлива называется количество тепла (кДж), выделяемое 1 кг топлива при его полном сгорании. Теплоту сгорания обозначают буквой Q и измеряют в кДж/кг (в системе МКГСС в ккал/кг).

Теплоту сгорания газообразного топлива относят обычно в 1 м^3 , взятому при нормальных условиях (0°C , 760 мм.рт.ст), и измеряют а кДж/м³.

Теплота сгорания зависит от химического состава и условий его сжигания.

Различают высшую и низшую Q теплоту сгорания.

Первую получают при полном сгорании топлива и конденсации водяных паров, образовавшихся при горении, с отдачей теплоты, израсходованной на их испарение (скрытая теплота испарения). В практических условиях водяные пары, содержащиеся в дымовых газах, уходят в атмосферу вместе с другими компонентами. Их скрытая теплота парообразования не используется. В теплотехнических расчетах применяют низшую теплоту сгорания топлива, которая приводится без учета теплоты конденсации водяных паров. Пересчет с высшего на низший предел теплоты сгорания газа производят по формулам:

для рабочего состояния

$$Q_r = Q_s - y(W + 8,94H);$$

для сухого состояния

$$Q_{di} = Q_{ds} - 8,94 yH_{dl}$$

для органической массы

$$Q_{oi} = Q - 8.94 yH_0^0$$

Условное топливо. Для сравнения запасов разных видов топлива при определении норм его расхода, планировании потребности топлива и других расчетах пользуются понятием «условное топливо». За условное принято такое топливо, низшая теплота сгорания рабочей массы которого составляет 29308 кДж/кг (7000 ккал/ кг). Для перевода натурального топлива в условное и наоборот пользуются тепловым эквивалентом, величина которого зависит от Q_i .

Тепловой эквивалент - это отношение низшей теплоты сгорания рабочего топлива к низшей теплоте сгорания условного топлива, т. е.

$$\mathcal{E}_T = Q/29308 \text{ или } \mathcal{E}_T = Q/7000.$$

Перевод натурального топлива в условное выполняют путем умножения количества натурального топлива на тепловой эквивалент $V_y = V_n \mathcal{E}_T$ и перевод условного топлива в натуральное путем деления количества условного топлива на калорийный эквивалент

$$V_n = V_y / \mathcal{E}_T$$

Процесс горения. Горение - химическое соединение горючих веществ топлива с кислородом воздуха, сопровождающееся резким повышением температуры и выделением значительного количества теплоты. При горении топлива образуются газообразные продукты (дымовые газы) и очаговые остатки в виде золы и шлака. Условно процесс сжигания твердого топлива делят на три стадии: воспламенение (зажигание), активное горение и дожигание. В первой стадии твердое топливо вначале подогревается и подсушивается и при температуре $105-110^\circ\text{C}$ теряет свою влагу. Затем при температуре $300-400^\circ\text{C}$ оно начинает разлагаться на летучие вещества и твердый остаток. При дальнейшем нагреве, когда его температура становится равной температуре воспламенения, топливо загорается.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 44стр. из 174

4. Иллюстративный материал: Для проведения занятия используется следующее материально-техническое обеспечение: ноутбук, мультимедийный проектор, экран.

5. Литература:

основная

1. Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.-Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.
2. Быстрицкий Г.Ф. Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии): учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. - 2-е изд., стер. - М.: КНОРУС, 2016. - 408 с. - (Бакалавриат).
3. Риполь- Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б., Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. – 122 с.
4. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагереv, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2014. – 386 с.
5. J.P. Deane et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1293–1302.
6. дополнительная:
7. Беспалов В.И. Системы и источники энергоснабжения: учебное пособие /В. И. Беспалов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 208 с.
8. Смородин С.Н., Белоусов В.Н., Лакомкин В.Ю. Методы энергосбережения в энергетических, технологических установках и строительстве: учебное пособие / СПбГТУРП.- СПб., 2014.- 99 с.
9. Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 9: новый вектор развития высшего образования и науки» посвященная дню Первого Президента Республики Казахстан. – 2013. – Т.2, ч.1. – С. 22-24
ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ - ЭНЕРГИЯ БУДУЩЕГО. Муханов С., Муханова Д.
10. ООН ЭСКАТО. Обзор перехода Казахстана к сценарию «зеленой» экономики путем увеличения доли возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе - Преобразование сельскохозяйственных отходов в биотепловую энергию. 4.12.2019
11. Зысин Л. В. Парогазовые и газотурбинные тепловые электростанции: учеб. пособие. – СПб. : Изд.-во Политехн. ун-та, 2010. – 368 с.
12. Ст. 1 Закон Об энергосбережении и повышении энергоэффективности РК от 13 января 2012 года № 541-IV. Действующий с изменениями и дополнениями. Проверено 15.01.2022
13. Об утверждении Концепции развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года

Электронные ресурсы:

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz/ru/> Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress

www.ahnurpress.kz.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 45стр. из 174

6. Контроль (вопросы, задачи, решение)

1. Дать определение понятию органическое топливо. Область использования.
2. На какие группы подразделяется органическое топливо?
3. Пояснить как образуется твердое органическое топливо?
4. Дать характеристики твердого топлива.
5. Объяснить, как происходит термическое разложение топлива?
6. Объяснить, как влияет содержание влаги на воспламенение горючих материалов?
7. Перечислить минеральные примеси, входящие в состав твердого органического топлива.
8. Перечислить виды жидкого органического топлива. Привести пример химического состава.
9. Привести пример состава газообразного топлива.
10. Назвать элементарный состав рабочей массы топлива.
11. Дать определение золы твердого топлива.
12. Дать определение теплоты сгорания топлива
13. Что называется условным топливом? Дать определение теплового эквивалента.

Лекция 5

1 Тема 5. Тепловые электрические станции

2. Цель: знать типы электростанций и особенности их технологического цикла для задач производства тепловой и электрической энергии, разбираться в принципах работы основного теплотехнического и электрического оборудования электростанций, особенностях технологических процессов на тепловых электростанциях

3. Тезисы лекции:

Тепловые электростанции.

Классификация ТЭС.

Тепловые электростанции РК: оптовые генерирующие компании и территориально-генерирующие компании.

Тепловые электростанции

Преобразование теплоты в механическую работу происходит с помощью рабочего тела. Наиболее эффективными рабочими телами будут те, которые обладают резко выраженными упругими свойствами, позволяющими в значительной мере деформироваться (изменять свой объем) под влиянием механических сил (давления) или термических воздействий тепла, температуры), или, проще говоря, под влиянием комбинированных термомеханических воздействий.

Наблюдая за поведением тел в природе, в их различных агрегатных состояниях, можно заметить, что наиболее целесообразными рабочими телами для использования их в различных тепловых устройствах являются газы или пары. Именно они наиболее полно могут быть использованы в процессах преобразования теплоты в механическую работу, так как газы и пары, с одной стороны, легко деформируемы (легко сжимаются, расширяются) под влиянием внешних сил, а с другой стороны, им же свойственны значительные (сравнительно с другими агрегатными состояниями тел) по величине коэффициенты объемного расширения.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 46стр. из 174

В настоящее время для получения электрической энергии используют следующие типы электростанций:

- 1) тепловые электростанции (ТЭС), которые подразделяются на конденсационные (КЭС), теплофикационные (теплоэлектроцентрали - ТЭЦ) и газотурбинные (ГТЭС). Крупные КЭС, обслуживающие потребителей значительного района страны, получили название государственных районных электростанций (ГРЭС);
- 2) гидроэлектростанции (ГЭС) и гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС);
- 3) атомные электростанции (АЭС);
- 4) гелиоэлектростанции или солнечные электростанции (СЭС);
- 5) геотермальные электростанции (ГТЭС);
- 6) дизельные электростанции (ДЭС);
- 7) приливные электростанции (ПЭС);
- 8) ветроэлектростанции (ВЭС).

Большую часть электроэнергии (как в Казахстане, так и в мировой энергетике) вырабатывают тепловые (ТЭС), атомные (АЭС) и гидравлические (ГЭС) электростанции. Состав электростанций различного типа по установленной мощности зависит от наличия и размещения по территории страны гидроэнергетических и теплоэнергетических ресурсов, их технико-экономических характеристик, включая затраты на транспортировку топлива, а также от технико-экономических показателей электростанций.

Рассмотрим некоторые особенности электростанций, которые в той или иной степени приходится учитывать при их строительстве и эксплуатации.

Тепловые конденсационные электростанции (КЭС) строят по возможности ближе к местам добычи топлива, удобным для водоснабжения. Их выполняют из ряда блочных агрегатов (котел - турбогенератор - повышающий трансформатор) мощностью от 200 до 1200 МВт, выдающих выработанную энергию в сети 110-750 кВ.

Особенность агрегатов КЭС заключается в том, что они недостаточно маневренны: подготовка к пуску, разворот, синхронизация и набор нагрузки требуют 3-6 часов. Поэтому для них предпочтительным является режим работы с равномерной нагрузкой в пределах от номинальной до нагрузки, соответствующей техническому минимуму, определяемому видом топлива и конструкцией агрегата. Коэффициент полезного действия КЭС не превышает 32-40%. Они существенно влияют на окружающую среду - загрязняют атмосферу, изменяют тепловой режим источников водоснабжения.

Теплофикационные электростанции (ТЭЦ) строят вблизи потребителей тепла, при этом используется обычно привозное топливо. Работают эти электростанции наиболее экономично (коэффициент использования тепла достигает 60-70%) при нагрузке, соответствующей тепловому потреблению и минимальному пропуску пара в часть низкого давления турбин и в конденсаторы. Единичная мощность агрегатов составляет 30-250 МВт.

Станции с агрегатами до 60 МВт включительно выполняют в тепломеханической части с поперечными связями по пару и воде, в электрической части - со сборными шинами 6-10 кВ и выдачей значительной части мощности в местную распределительную сеть. Станции с агрегатами 100-250 МВт выполняют блочного типа с выдачей мощности в сети повышенного напряжения. ТЭЦ, как и КЭС, существенно влияют на окружающую среду.

Паротурбинные электрические станции (КЭС и ТЭЦ)

На современных тепловых электростанциях большой мощности превращение тепла в работу производится в циклах, использующих в качестве основного рабочего тела водяной пар высоких давлений и температур.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 47стр. из 174

Водяной пар производится парогенераторами (паровыми котлами), в топках которых сжигаются различные виды органического топлива: уголь, мазут, газ и др.

Термодинамический цикл преобразования тепла в работу с помощью водяного пара был предложен в середине XIX века инженером и физиком У. Ренкиным.

Принципиальная тепловая схема конденсационной электростанции (КЭС), работающей по циклу Ренкина, показана на рис. 4.1, а ее общий вид - на рис. 5.1, б.

В парогенераторе 1 за счет тепла сжигаемого топлива вода, нагнетаемая в парогенератор насосом 5, превращается в водяной пар, который затем поступает в турбину 2, вращающую электрогенератор 3. Тепловая энергия пара преобразуется в турбине в механическую работу, которая, в свою очередь, преобразуется в генераторе в электроэнергию. Из турбины отработанный пар поступает в конденсатор 4. В конденсаторе пар конденсируется (превращается в воду). Насос 5 нагнетает конденсат в парогенератор, замыкая таким образом цикл.

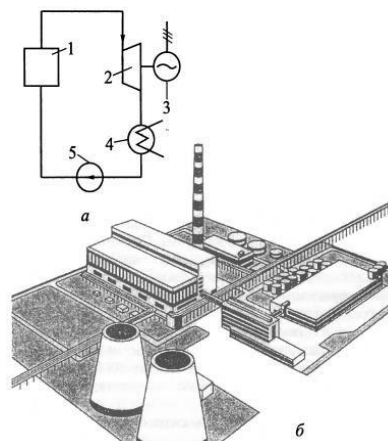


Рисунок 5.1. Принципиальная тепловая схема ТЭС, работающей по циклу Ренкина: а - тепловая схема; б- общий вид

На рис. 5.2 изображен цикл Ренкина на перегретом паре в p , v - и T , s - диаграммах, состоящий из следующих процессов:

- изобара 4-5-6-1 - процесс нагрева, испарения воды и перегрева пара в парогенераторе за счет подводимой теплоты сгорания топлива q_1 ;
- адиабата 1-2 - процесс расширения пара в турбине с совершением полезной внешней работы l_a^t ;
- изобара 2-3 - процесс конденсации отработанного пара с отводом тепла q_2 охлаждающей водой;
- адиабата 3-4 - процесс сжатия конденсата питательным насосом до первоначального давления в парогенераторе с затратой подводимой извне работы l_a^H .

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 48стр. из 174

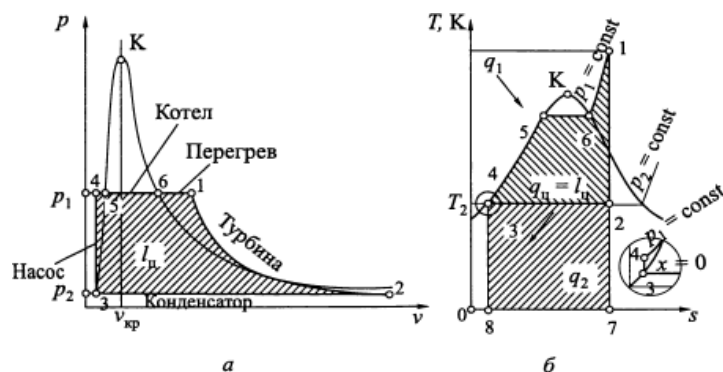


Рисунок 5.2 - Цикл Ренкина на перегретом паре в p, v а- T, s б-диаграммах

В соответствии со II законом термодинамики полезная работа за цикл равна разности подведенного и отведенного в цикле тепла:

$$l_u^{\text{пол}} = q_1 - q_2 = l_0^t - l_0^н$$

Термический КПД цикла Ренкина определяется, как обычно, по Уравнению

$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = \frac{l_0^t - l_1^н}{q_1}$$

Термодинамические исследования цикла Ренкина показывают, что его эффективность в большой степени зависит от величин начальных и конечных параметров (давления и температуры) пара.

Исследования показывают, что η_t увеличивается с увеличением начальных параметров пара p_1 и t_1 и уменьшением конечных p_2 и t_2 .

Конечные параметры пара связаны между собой, так как пар в этой области влажный, и поэтому их уменьшение приводит к уменьшению p_2 т. е. давления в конденсаторе.

Увеличение t_1 ограничивается жаропрочностью материалов, увеличение p_1 -допустимой степенью влажности пара в конце расширения и прочностью материала труб; повышенная влажность ($x > 0,8-0,86$) приводит к эрозии деталей турбины.

В настоящее время на электростанциях в основном используются параметры пара $p_1 = 23,5$ МПа (240 кгс/см²) и $t_1 = 565$ °С. На опытных установках применяются параметры $p_1 = 29,4$ МПа (300 кгс/см²) и $t_1 = 600-650$ °С.

Понижение давления в конденсаторе более чем до $p_2 = 3,5-4$ кПа (0,035-0,040 кгс/см²), чему соответствует температура насыщения $t_2 = 26,2-28,6$ °С, ограничивается прежде всего температурой охлаждающей воды $t_{\text{охл}}$, колеблющейся в зависимости от климатических условий от 0 до 25-30°С. При малой разности $t_2 - t_{\text{охл}}$ интенсивность теплообмена падает, а размеры конденсатора растут. Кроме того, с понижением p_2 становится все большим удельный объем пара, что тоже ведет к увеличению размера конденсатора, а также и к увеличению последних ступеней турбины. На рис. 5.3 и 5.4 показан графически характер влияния повышения p_1 и t_1 понижения p_2 на термический КПД.

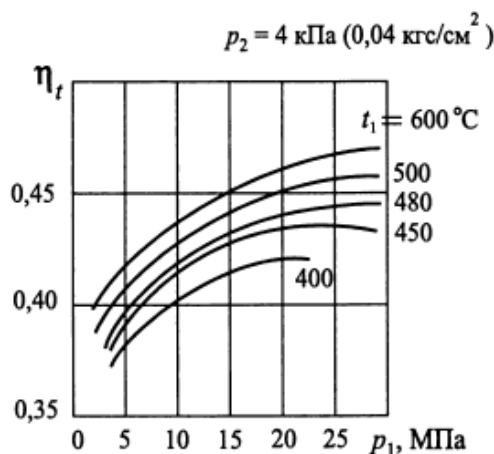


Рисунок 5.3 - Влияние повышения начальных давления и температуры пара на экономичность цикла Ренкина

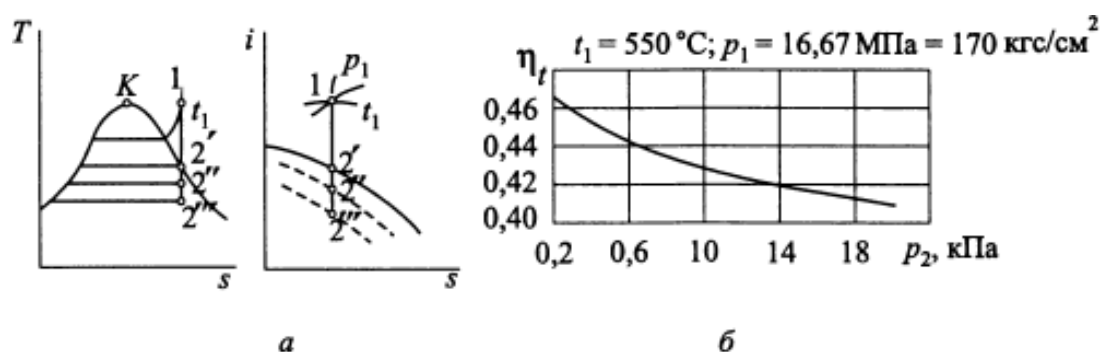


Рисунок 5.4. Влияние понижения давления в конденсаторе на влажность пара в конце расширения (а) и экономичность цикла Ренкина (б)

КЭС. Энергоблок представляет собой как бы отдельную электростанцию со своим основным и вспомогательным оборудованием и центром управления - блочным щитом. Связей между соседними энергоблоками по технологическим линиям обычно не предусматривается.

Построение КЭС по блочному принципу дает определенные технико-экономические преимущества, которые заключаются в следующем:

- облегчается применение пара высоких и сверхвысоких параметров вследствие более простой системы паропроводов, что особенно важно для освоения агрегатов большой мощности;

- упрощается и становится более четкой технологическая схема электростанции, вследствие чего увеличивается надежность работы и облегчается эксплуатация;

- уменьшается, а в отдельных случаях может вообще отсутствовать резервное тепломеханическое оборудование;

- сокращается объем строительных и монтажных работ;

- уменьшаются капитальные затраты на сооружение электростанции;

- обеспечивается удобное расширение электростанции, причем новые энергоблоки при необходимости могут отличаться от предыдущих по своим параметрам.

O'ŇTÜSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 50стр. из 174

Технологическая схема КЭС состоит из нескольких систем: топливопо- дачи, топливоприготовления, основного пароводяного контура вместе с парогенератором и турбиной, циркуляционного водоснабжения, водоподготовки; золоулавливания и золоудаления и электрической части станции.

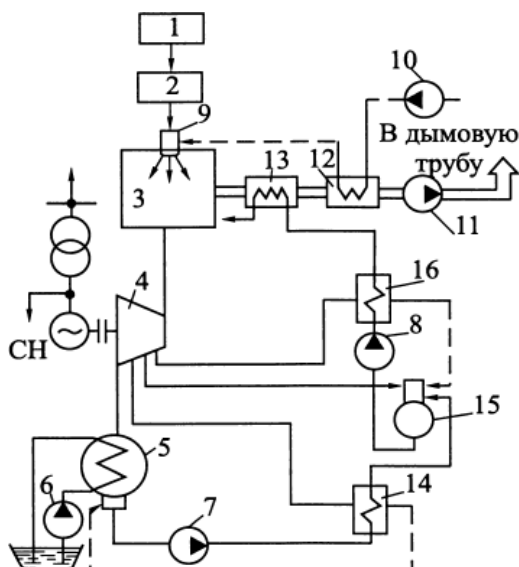


Рисунок 5.5 - Принципиальная технологическая схема КЭС:

1 - склад топлива и система топливоподачи;
2 - система топливоприготовления; 3 - котел; 4 - турбина; 5 - конденсатор;
6 - циркуляционный насос; 7- конденсатный насос; 8 - питательный насос; 9 - горелки котла;
10 - вентилятор; 11 - дымосос; 12 - воздухоподогреватель; 13 - водяной экономайзер; 14 - подогреватель низкого давления; 15 - деаэратор; 16 - подогреватель высокого давления; СН - собственные нужды

Механизмы и установки, обеспечивающие нормальное функционирование вышеназванных систем, входят в так называемую систему собственных нужд станции (энергоблока).

Особенности технологической схемы ТЭЦ показаны на рис. 5.10. Части схемы, которые по своей структуре подобны таковым для КЭС, здесь не показаны. Основное отличие заключается в специфике пароводяного контура.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		51стр. из 174

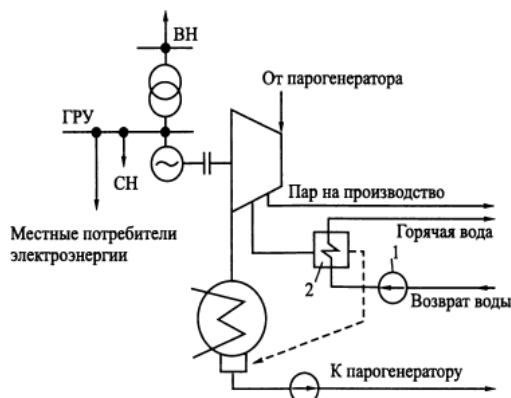


Рисунок 5.6 - Особенности технологической схемы ТЭЦ:
1 - сетевой насос; 2 - сетевой подогреватель

Часть пара при расширении в турбине (с параметрами $P_{отб} = 0,9-1,2$ МПа) отбирается и отводится в сетевой пароводяной подогреватель 2, через который сетевым насосом 1 прогоняется вода, используемая для отопления зданий и для других нужд городского хозяйства и промышленных предприятий. На производство пар подается в тех случаях, когда вблизи станции имеются промышленные предприятия, требующие пар для технологического процесса. Количество отбираемого от промежуточных ступеней турбины пара определяется потребностью тепловых потребителей в горячей воде и паре.

Использование для теплофикации частично отработавшего пара из промежуточных ступеней турбины уменьшает количество пара, поступающего в ее конденсатор, а следовательно, и потери тепла с циркуляционной водой. Все тепло, содержащееся в горячей воде и паре, которые поступают со станции в теплофикационную сеть, считают полезно отпущенным теплом. Коэффициент использования теплоты теплоэлектроцентралей ($\eta_{нт}$) учитывающей отпуск потребителям обоих видов энергии - электрической и тепловой, - достигает 60-70% и даже более. Этот показатель характеризует общее использование энергии топлива на теплоэлектроцентралях. Очевидно, что экономичность работы теплоэлектроцентрали зависит от величины отбора пара на теплофикацию. С уменьшением количества пара, поступающего в конденсаторы теплофикационных турбин, КПД теплоэлектроцентрали возрастает.

Очевидно, что экономичность работы теплоэлектроцентрали зависит от величины отбора пара на теплофикацию. С уменьшением количества пара, поступающего в конденсаторы теплофикационных турбин, КПД теплоэлектроцентрали возрастает.

«KEGOC» (KASE: KEGC), Акционерное общество «Казахстанская компания по управлению электрическими сетями» (Kazakhstan Electricity Grid Operating Company) - компания, выполняющая функции системного оператора и оператора магистральных электрических сетей Казахстана (линий электропередачи и подстанций напряжением 220, 500, 1150 кВ). Также является оператором торговли электроэнергией между Казахстаном и сопредельными странами. Контролируется государственным холдингом АО «ФНБ „Самрук-Казына“». Основана в 1997 году.

По данным KEGOC — системного оператора единой электроэнергетической системы Казахстана — производство электрической энергии в стране осуществляют 119 электростанций различной формы собственности^[1].

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 52стр. из 174

KEGOC подразделяет электрические станции на электростанции национального значения, электростанции в составе промышленных комплексов и электростанции регионального значения.

В списке перечисляются электростанции Казахстана, включённые в фактический баланс мощности ЕЭС Казахстана. Список сгруппирован по видам электростанций. Установленная мощность и структура собственности электростанций приводится в соответствии с официальными годовыми отчётами генерирующих компаний Казахстана. В качестве собственника электростанций АО «АлЭС» (Алматинские ТЭЦ-1, ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3, Капчагайская ГЭС и Алматинский каскад ГЭС) указывается Самрук-Энерго, так как 100 % акций АО «АлЭС» принадлежит Самрук-Энерго.

Тепловые электростанции республики Казахстан: Экибастузская ГРЭС-1 (установленная мощность 3500 МВт), Жамбылская ГРЭС (установленная мощность 1230 МВт), Карагандинская ГРЭС-2 (установленная мощность 743 МВт), ТЭС МАЭК (установленная мощность 630 МВт), ТЭЦ-2 МАЭ (установленная мощность 625 МВт), Шымкентская ТЭЦ-3 (установленная мощность 160 МВт), Павлодарская ТЭЦ-3 (установленная мощность 350 МВт), Алматинская ТЭЦ-2 (установленная мощность 173 МВт), Карагандинская ТЭЦ-2 (установленная мощность 435 МВт), Жезказганская ТЭЦ (установленная мощность 152 МВт), Экибастузская ТЭЦ (установленная мощность 12 МВт) и др.



Рисунок 5.7 – Карта ТЭС Казахстана

Размещение ТЭЦ преимущественно в крупных промышленных центрах повышает требования к охране окружающей среды. Так, для уменьшения вредных выбросов ТЭЦ целесообразно, где это возможно, использовать в первую очередь газообразное или жидкое топливо, а также высококачественные угли.

4. Иллюстративный материал: Для проведения занятия используется следующее материально-техническое обеспечение: ноутбук, мультимедийный проектор, экран.

5. Литература:

основная

1. Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.- Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SKMA -1979-	SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11	
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023	
		53стр. из 174	

2. Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).
3. Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.

Электронные ресурсы:

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz/ru/> Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

6. Контроль (вопросы, задачи, решение)

1. Перечислить типы электрических станций.
2. Какими станциями вырабатывается большая часть электрическая энергия Казахстана?
3. Объяснить принципиальную схему конденсационной электростанции.
4. Описать цикл Ренкина.
5. Объяснить принцип получения электрической энергии на ТЭЦ, отличие ТЭЦ от КЭС.
6. Описать преимущества построения КЭС по блочному принципу.
7. Описать технологическую схему ТЭЦ.
8. Назначение и функция АО «KEGOC»
9. Перечислить основные тепловые станции Казахстана.

Лекция 6

1 Тема 6. Вторичные энергетические ресурсы

2. Цель: знать классификацию и области применения ВЭР, методов использования тепловых ВЭР;

Знать принципы использования вторичных энергетических ресурсов избыточного давления;

Знать принципы использования низкопотенциального тепла с помощью тепловых насосов

3. Тезисы лекции:

Понятие о вторичных энергетических ресурсах и их источниках

Источники тепловых отходов.

Основные определения, используемые при оценке ВЭР.

Утилизация тепловых отходов для целей отопления и горячего водоснабжения и применяемое для этого промышленное оборудование.

Утилизация низкопотенциальных тепловых отходов

Тепловой насос. Основные типы промышленных тепловых насосов.

Использование тепловых отходов для производства электроэнергии

Понятие о вторичных энергетических ресурсах и их источниках

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 54стр. из 174

В энергетических балансах предприятий особенно энергоемких отраслей значительное место занимают вторичные энергетические ресурсы (ВЭР).

Экономия топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) может быть реализована в двух направлениях. Во-первых, за счет усовершенствования технологических процессов и аппаратов (новых энергосберегающих технологий), благодаря чему достигается повышение КПД и снижается расход топлива и энергии. Во-вторых, посредством утилизации ВЭР, которые неизбежно возникают в больших объемах особенно в энергоемких производствах, и за счет которых можно получить 30 – 35% сбережения ТЭР.

Энергетические отходы, которые возвращаются обратно на вход в технологический агрегат, называются ВЭР внутреннего использования, а ВЭР, утилизируемые в других установках – внешнего использования. Сам технологический агрегат, который является источником энергетических отходов, называется источником ВЭР. Все ВЭР подразделяют на три основные группы.

Вторичные энергетические ресурсы - это энергия, получаемая в ходе любого технологического процесса в результате недоиспользования первичной энергии или в виде побочного продукта основного производства и не применяемая в этом технологическом процессе. Другими словами, вторичные энергетические ресурсы есть результат преобразования первичной энергии (рис. 6.1).

Можно выделить три основных источника первичной энергии:

- Исчерпаемые ресурсы (ископаемые топлива): уголь, нефть, природный газ, ядерное топливо и др.
- Возобновляемые источники: энергия солнца, ветра, движущейся воды, приливов и отливов, геотермальная энергия, биомасса и т.д.
- Отходы.

Рис. 6.1. Первичные и вторичные источники энергии Различают три вида вторичных энергетических ресурсов (далее ВЭР):



Рисунок 6.1 - Первичные и вторичные источники энергии

Различают три вида вторичных энергетических ресурсов (далее ВЭР):

1. **Тепловые ВЭР** – тепловая энергия, образующаяся в результате технологического процесса или работы оборудования, которая не может быть в дальнейшем использована в данном технологическом процессе или агрегате, но может быть использована для производства тепловой энергии в виде горячей воды или пара в другом процессе или агрегате. Тепловые ВЭР могут быть использованы для целей отопления и горячего

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 55стр. из 174

водоснабжения. К тепловым ВЭР относят и низкопотенциальное тепло, которое не может быть напрямую использовано без специальных устройств для целей теплоснабжения.

2. Горючие (топливные) ВЭР – химическая энергия отходов от огнетехнического оборудования. Это горючие газы плавильных печей, вагранок и т.д., горючие отходы процессов химической и нефтехимической промышленности, горючие отходы черной и цветной металлургии, газовой промышленности. Источником горючих ВЭР являются также лесная и деревообрабатывающая промышленность.

3. ВЭР избыточного давления – энергия газов, жидкостей, пара, покидающие агрегаты с избыточным давлением ($P > P_{am}$), которое необходимо снижать при выбросе в атмосферу. Все виды ВЭР в зависимости от их свойств могут использоваться потребителем как в виде топлива или для выработки теплоты, холода, электроэнергии и механической работы посредством специализированных утилизационных установок.

Промышленность, электростанции и транспорт обладают значительными запасами вторичных энергетических ресурсов. Среди них наиболее существенными производителями ВЭР являются промышленные и энергетические предприятия, нефтеперерабатывающие заводы, сталеплавильные производства, транспорт.

Источники тепловых отходов

Наиважнейшими источниками тепловых ВЭР являются промышленные предприятия, электростанции и транспорт.

К основным промышленным предприятиям-источникам тепловых отходов относят:

- компрессорные станции;
- нефте- и газодобывающие предприятия;
- нефте- и углеперерабатывающие предприятия;
- цементные заводы;
- химические производства;
- предприятия по производству этанола;
- целлюлозно-бумажные комбинаты;
- металлургические заводы;
- стеклоплавильные предприятия;
- мусоросжигательные заводы;
- заводы по производству кирпича и других строительных материалов;
- предприятия по производству искусственных синтетических волокон, каучука, резины, смол.

Основными носителями и агрегатами-источниками ВЭР на промышленных предприятиях являются:

- котлоагрегаты;
- технологические нагревательные устройства, печи;
- конвективные, радиационные тепловые отходы от нагретых поверхностей оборудования;
- конвективные, радиационные тепловые отходы от нагретых продуктов;
- уходящие продукты сгорания топлива до их выброса в атмосферу;
- компрессоры, газотурбинные установки, выхлопные газы поршневых двигателей;

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 56стр. из 174

– вода систем охлаждения технологического оборудования, воздушных компрессоров, двигателей внутреннего сгорания.

Ниже представлены некоторые примеры источников тепловых ВЭР и возможности их использования:

1. Теплота уходящих газов. Возможность и целесообразность ее использования зависит от температуры газов и растет с ее увеличением.

2. Теплота, содержащаяся в отработанном паре: возможность использования зависит от параметров пара, кроме этого возможно использование скрытой теплоты парообразования при его конденсации.

3. Конвективные и радиационные теплотери через наружные поверхности технологического оборудования: как правило, это низкопотенциальное тепло, которое может быть использовано для целей отопления и горячего водоснабжения.

4. Тепловая энергии, отбираемая при охлаждении воды: может быть полезно использована при установке теплообменных аппаратов для подогрева свежей воды на различные нужды.

5. Теплота нагретой производственной воды: может быть использована для производства холода при достаточно высокой температуре (средне- и высокопотенциальное тепло), или для производства тепловой энергии с помощью тепловых насосов, если теплота нагретой воды является низкопотенциальной.

6. Теплота продуктов, покидающих технологическую установку: возможность использования зависит от температуры и допустимости охлаждения, исходя из требований технологического процесса.

7. Теплота жидких и газообразных стоков, покидающих установку (в том числе и топливных): возможность использования достаточно низкая, если стоки сильно загрязнены и требуют выполнения поверхностей теплообменных аппаратов из особых сплавов.

Кроме этого, тепловая энергия является побочным эффектом работы различного оборудования систем энергоснабжения и энергопотребления зданий и сооружений (таких как электрические подстанции, системы кондиционирования). Это тепло чаще всего выбрасывается в окружающую среду, в том время как оно могло бы быть собрано, накоплено и использовано для систем отопления и вентиляции жилых и административных зданий. Техничко-экономический анализ показывает, что проекты по использованию побочных продуктов работы основных систем в коммунально-бытовом секторе для нужд отопления являются привлекательными с точки зрения привлечения инвестиций для их реализации. Кроме того, использование такого тепла позволяет снизить выбросы вредных веществ, таких как CO_2 и NO_x .

Основные определения, используемые при оценке ВЭР

Выход ВЭР – количество ВЭР ($Q_{\text{вых}}$), образующихся в процессе производства в данном технологическом процессе за единицу времени.

Выработка за счет ВЭР – количество тепла, холода, электроэнергии или механической работы, получаемой за счет ВЭР в утилизационной установке ($Q_{\text{ут}}$). Различают возможную, экономически целесообразную, планируемую и фактическую выработку. Возможная выработка – это максимальное количество тепла, холода, электроэнергии или механической работы, которое можно практически получить за счет данного вида ВЭР с учетом режимов работы агрегата – источника ВЭР и утилизационной установки. Экономически целесообразная выработка – это количество тепла, холода, электроэнергии или механической

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		57стр. из 174

работы, целесообразность получения которого от утилизационной установки подтверждается экономическими расчетами. Планируемая выработка – количество тепла, холода, которое предполагается получить за счет ВЭР. Фактическая выработка – фактически полученное количество тепла, холода на действующих утилизационных установках за отчетный период. Коэффициент выработки за счет ВЭР – отношение фактической (планируемой) выработки к экономически целесообразной. Использование ВЭР – количество используемой у потребителей энергии ($Q_{\text{и}}$), вырабатываемой за счет ВЭР в утилизационных установках, а также топлива и тепла, получаемых непосредственно в качестве вторичных энергоресурсов. Использование ВЭР также, как и выработка за счет ВЭР, может быть возможное, экономически целесообразное, планируемое и фактическое.

Коэффициент использования выработанной энергии за счет ВЭР.

$$\eta_{\text{ВЭР}} = \frac{Q_{\text{и}}}{Q_{\text{ут}}} \leq 1$$

Количество использованных тепловых ВЭР $Q_{\text{и}}$ всегда меньше выработки их в утилизационной установке $Q_{\text{ут}}$. Возможная выработка тепла $Q_{\text{т}}$ в утилизационной установке за счет тепловых ВЭР [1]

$$Q_{\text{ут}} = (G_1 h_1 - G_2 h_2) \beta (1 - \xi) \cdot 10^{-6}, \text{ ГДж/год.}$$

Где G_1 и G_2 — масса энергоносителя соответственно на входе в утилизационную установку и на выходе из нее (в общем случае $G_1 \neq G_2$ вследствие утечек или подсоса воздуха по газовому тракту); h_1 - энтальпия энергоносителя на выходе из технологического агрегата - источника ВЭР; h_2 – энтальпия энергоносителя при температуре t_2 на выходе из утилизационной установки, кДж/м³, кДж/кг; β - коэффициент, учитывающий несоответствие режима и числа часов работы утилизационной установки и агрегата-источника ВЭР; ξ - коэффициент, учитывающий теплоотвод в окружающую среду.

Возможную выработку теплоты можно найти по формуле

$$Q_{\text{ут}} = Q_{\text{вых}} \cdot \eta_{\text{ут}}$$

где $\eta_{\text{ут}}$ - условный КПД утилизационной установки. Возможная выработка холода $Q_{\text{х}}$ за счет тепловых ВЭР рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{х}} = Q_{\text{ут}} \cdot \varepsilon$$

где ε - холодильный коэффициент машины. Возможная выработка электроэнергии в теплофикационных турбинах при получении в утилизационной установке пара высоких параметров может быть определена

$$W = \frac{\varepsilon \cdot Q_{\text{т}}}{(1 + \varepsilon \cdot q_{\text{т}})}$$

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 58стр. из 174

где ε - удельная выработка электроэнергии на единицу отпущенной теплоты, кВт·ч/ГДж; q_T - удельный расход теплоты на производство электроэнергии при тепловом потреблении, ГДж/кВт·ч).

Отпуск теплоты Q_T в этом случае, т.е. при комбинированном использовании ВЭР составит

$$Q_m = \frac{Q_{уг}}{(1 + \varepsilon \cdot q_T)}$$

При поступлении пара высоких параметров из теплоутилизационных установок на конденсационную турбину выработка электроэнергии W рассчитывается по соотношению

$$W = \frac{Q_{уг}}{q_k}$$

где q_k - удельный расход теплоты на производство электроэнергии в конденсационной турбине, ГДж/кВт·ч. Годовая экономия теплоты – количество тепловой энергии, которое может быть сэкономлено при производстве теплоты из вторичных энергетических ресурсов (ГДж/год). Экономия топлива – количество первичного твердого, жидкого или газообразного топлива, которое может быть сэкономлено при использовании теплоты вторичных энергетических ресурсов. При тепловом использовании ВЭР экономия топлива определяется его расходом в основных или замещаемых установках на выработку такого же количества и тех же параметров теплоты, которые получены за счет ВЭР.

Утилизация тепловых отходов для целей отопления и горячего водоснабжения и применяемое для этого промышленное оборудование

Основные направления повышения энергоэффективности на промышленных предприятиях (химической, нефтехимической, пищевой, фармацевтической и ряда других отраслей промышленности) ориентированы на снижение энергопотребления технологического оборудования (котлоагрегатов, печей, сушильных установок, сепараторов, двигателей и насосов) и совершенствования технологий производства. Одним из способов повышения эффективности энергопотребляющего оборудования является сбор и повторное использование тепловых отходов. В некоторых случаях, утилизация тепловых отходов промышленных печей позволяет повысить их эффективность на 10% - 50%. Накопленное и повторно использованное тепло позволяет замещать дорогостоящее топливо или электрическую энергию, не создавая при этом дополнительных выбросов вредных веществ в атмосферу. Существует ряд технологий, позволяющих эффективно преобразовывать тепловые отходы в продукт конечного использования. Тем не менее, значительное количество тепловых ВЭР все еще остается не использованным.

Для эффективной утилизации тепловых ВЭР требуется наличие следующих компонентов:

- 1) доступного источника тепловых ВЭР;
- 2) технологии их использования;
- 3) конечного потребителя продуктов утилизации. Основными характеристиками источников тепловых отходов являются их количество и качество, доступность технологий

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 59стр. из 174

утилизации, проблемы при организации системы рекуперации тепла. Результаты анализа этих факторов используются для определения выработки за счет ВЭР, которая позволяет повысить энергоэффективность промышленного предприятия.

Каждый источник ВЭР рассматривается с точки зрения содержащегося в нем количества теплоты, качественных показателей (сбросная температура), существующих и доступных технологий, проблемы организации систем рекуперации тепла. Количество теплоты, содержащееся в тепловых отходах, зависит от расхода теплоносителя, его состава, температуры и определяется на основе режима энергопотребления, требуемых температур и массового баланса [4]. Максимальное количество энергии, которое может быть получено при использовании тепловых ВЭР для привода теплового двигателя определяется величиной, называемой потенциальная работа (эксергия). Определение этой характеристики позволяет оценить эффективность применения различных источников ВЭР с различными температурами.

Использование тепловых отходов возможно по трем направлениям: Замкнутые схемы – тепло используется для процессов, протекающих в основных технологических установках (подогрев компонентов горения, предварительный подогрев материала). Следует отметить, что согласно определению ВЭР, тепловые отходы, используемые по таким схемам, не относятся к вторичным энергетическим ресурсам. Разомкнутые схемы установок с использованием ВЭР характеризуются тем, что ВЭР используются для внешних целей, не связанных с процессами, протекающими в основных технологических аппаратах, которые являются источниками ВЭР (выработка пара в парогенераторах, подогрев воздуха сторонним потребителям и т.п.). Третье направление – комбинированные установки, в которых отходы используются как для внутренних, так и для внешних по отношению к процессу в технологической установке целей (замкнуто-разомкнутые схемы).

Утилизация низкопотенциальных тепловых отходов

Основную долю в общем объеме ВЭР составляют тепловые, которые имеют температурный потенциал в диапазоне 20...1800 °С. По температуре теплоносителя они подразделяются на низко-, средне- и высокопотенциальные.

К *низкопотенциальным тепловым ВЭР* относятся энергоносители с температурой до 50 °С, *среднепотенциальным* — 50...250 °С. Отводятся они от источников с охлаждающей водой, удаляемым из помещений воздухом, уходящими газами и используются в основном в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения зданий различного назначения или в технологических установках.

К *высокопотенциальным тепловым ВЭР* относятся источники теплоты, имеющие температуру выше 250 °С. В основном это ВЭР промышленности и энергетики. Они используются в технологических установках и частично в системах ОВК и горячего водоснабжения.

Основные источники высокопотенциальных ВЭР (тепловых, горючих и избыточного давления) — производственные процессы промышленности. Несовершенство энергоиспользования технологического оборудования служит причиной появления ВЭР. Наиболее энергоемкие металлургическая, химическая, энергетическая отрасли, машиностроение, промышленность строительных материалов. Их энергетический баланс покрывается в основном низкоорганизованной энергией. На долю тепловой энергии (теплоносители — пар и горячая вода) приходится приблизительно 28 %, непосредственно топлива — около 46 %, на долю электроэнергии — 26 %.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 60стр. из 174

Температурный потенциал теплоты производственных процессов находится в диапазоне 20... 1800 °С, однако в общем количестве энергии избыточной теплоты высокопотенциальные теплоносители составляют всего 25 %. Современные теплоиспользующие агрегаты отличаются большой единичной мощностью. В кузнечных молотах расходуется около 6,5 кг пара на 1 кг поковки, при литье выделяется 1200... 1400 тыс. кДж теплоты на 1 т металла. Большое количество теплоты выделяют термические печи, сушильные установки, конвертеры и другое оборудование. Например, если конденсационная электростанция (КЭС) мощностью 1200 МВт потребляет в день до 9000 т угля с максимальным КПД 45 %, то около 55 % химической энергии теряется с охлаждающей водой, дымовыми газами, воздухом и может быть использовано в качестве тепловых ВЭР. [4].

Крупные промышленные установки — источники избыточной теплоты эксплуатируются, как правило, круглосуточно и могут обеспечить непрерывное «производство» ВЭР.

Горючие ВЭР (конвертерный и другие газы) используются в основном в качестве топлива, а также для выработки теплоты и электрической энергии.

Низко- и среднепотенциальные ВЭР в энергетических целях почти не используются из-за сложности их энерготепловой утилизации. Теплота воды, охлаждающей технологическое оборудование, теплота отходящих газов, теплота воздуха, удаляемого системами местной и общеобменной вентиляции, не всегда находит применение в технологических процессах, но всегда представляется энергетически и экономически целесообразным их использование для систем теплоснабжения, систем ОВК. Подавляющее большинство низкопотенциальных источников ВЭР, пригодных для утилизации, расположено в промышленных, гражданских и жилых зданиях. К ним следует отнести и теплоту загрязненных сточных вод, удаляемых из зданий.

Таблица 6.1

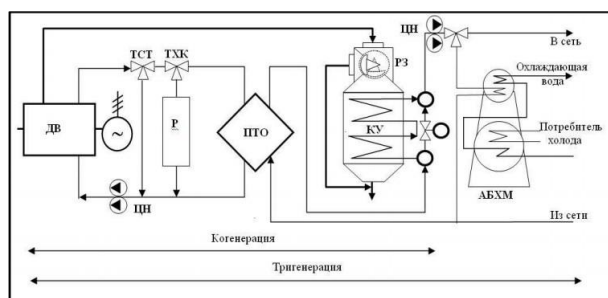
Виды ВЭР предприятий различных отраслей промышленности

Отрасль народного хозяйства	Тепловые ВЭР			Горючие ВЭР	ВЭР избыточного давления
	высокопотенциальные	среднепотенциальные	низкопо- циальные		
Черная металлургия	Теплота отходящих газов, агломерата, металлургических шлаков и металла		Теплота удаляемого воздуха и охлаждающей воды	Доменный, конвертерный и ферросплавный газы	
Машиностроение	Теплота отходящих газов	Теплота мягкого пара кузнечно-прессового оборудования	Тоже	Ваграночный газ	Пар вторичного вскипания мятый пар
Нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность	Теплота газов, отходящих от трубчатых печей сжигания сероводорода, установок регенерации и г.д.	Теплота охлаждающей воды ванн, конденсаторов смешения, выпарных установок и пр.	»	Горючие газы, получаемые в процессе переработки углеводородного сырья	

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 61стр. из 174

Промышленность строительных материалов	Теплота отходящих газов печей обжига клинкера	Теплота уходящих газов туннельных, шахтных печей, сушильных установок и т.п.	Теплота удаляемого воздуха	Отходы древесины	
Промышленность строительной индустрии		Теплота конденсата установок тепловой обработки, сушильных камер	То же		
Жилищно-коммунальное хозяйство		Теплота дымовых газов отопительных котельных	Теплота сточных вод, удаляемого воздуха		

Основной технологический процесс может дополняться вспомогательными операциями по типу когенерационных установок – например, если требуется преобразование нескольких видов топлива. Рис. 6.2.



КУ - котел-утилизатор; Р – радиатор; РЗ - регулирующая заслонка; ПТО – промежуточный теплообменник; ТСТ – термостат; ТХК – трехходовой клапан; ЦН - циркуляционный насос.

Рисунок 6.2 - Упрощенная принципиальная схема тригенерации: ДВ - двигатель:

Топливное сжигание в агрегатах, использующих готовое для тепловой обработки сырье. Реализуется простая схема выработки теплоты без промежуточных этапов переработки и преобразования. Тепловое использование. Генерация в тепловых утилизирующих агрегатах. В отличие от предыдущего способа использования ресурсов может реализовываться когенерационный принцип выработки энергии, но также без операций преобразования. К примеру, на разных линиях генераторной станции использование вторичных энергетических ресурсов позволяет получать тепло, горячую воду или пар. Тепловое и комбинированное использование. Наряду с выработкой тепла также выполняется преобразование в электроэнергию. Например, турбоагрегаты генерируют электричество в теплофикационный или конденсационный виды энергии. Электроэнергетическое. Производится выработка электричества с помощью утилизирующего газового турбоагрегата. Классификация по типу носителя. Под носителем понимается форма энергетического ресурса, а также его агротехническое состояние, под которое будет подбираться и утилизирующая установка. По этому признаку выделяют

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 62стр. из 174

следующие ресурсы вторичного сырья: Жидкие, твердые и газообразные отходы. Пары – отработанные и попутные. Отходящие газы. Промежуточные и готовые производственные продукты. Техническая охлаждающая вода. Газы с повышенным давлением.

Для извлечения энергии из вторичных ресурсов используются утилизирующие установки, которые могут обеспечивать разные процессы переработки и производства. Существуют как специализированные, так и универсальные агрегаты.

Поскольку к вторичным ресурсам относятся такие среды, как водяной пар с газом и водой, универсальные котельные и бойлерные установки можно рассматривать в качестве когенерационного оборудования.

Целевым продуктом таких систем, как правило, является электроэнергия, вырабатываемая в больших объемах.

Если же говорить о специальных узконаправленных установках, то к ним относятся следующие: **Котлы-утилизаторы. Экономайзеры. Тепловые насосы. Теплообменные установки. Абсорбционные холодильные системы. Водонагреватели. Агрегаты испарительного охлаждения. Турбогенераторы** и др. Разумеется, для полноценной эксплуатации таких агрегатов требуется и широкий комплекс вспомогательных устройств, за счет которых система подключается к источникам топлива. Так, для обслуживания вторичных энергетических ресурсов в едином комплексе с газопроводом может потребоваться утилизатор с отдельной компрессорной станцией.

В зависимости от характеристик самого ресурса, могут применяться также системы охлаждения, фильтрации, нагрева, регуляции давления и т. д.

Использование ВЭР для отопления

На многих предприятиях непосредственно в технологические процессы производства закладывается возможность отопления помещений и обогрева оборудования за счет энергии, вырабатываемой местными же отходами.

Например, термические котлы и печи в процессе работы выделяют вторичные энергетические ресурсы в виде газа.

Система их утилизации работает с помощью водяных подогревателей, которые сначала устанавливают температуру газовых смесей примерно до 250 °С, а затем распределяют энергию по теплообменным контурам.

После этого оставшиеся технологические испарения удаляются через дымовую трубу. Подогретая вода может расходоваться по-разному. Обычно ее используют в самом производственном процессе как техническую жидкость или в качестве ресурса для горячего водоснабжения. Эффективность применения подобных технологий обогрева невысока и составляет лишь 10-12 %, но с учетом отсутствия затрат на сырьевой материал этот подход себя оправдывает.

Недостатки использования ВЭР

Широкому распространению данной концепции энергетического обеспечения препятствует несколько факторов, главным из которых является сложность технологического устройства подобных систем. Даже если не брать в расчет затраты на оборудование в виде утилизаторов, при технической организации процесса неизбежно потребуется переустройство участка эксплуатации, так как система будет работать в связке с разными инженерными узлами.

Еще один недостаток от использования вторичных ресурсов можно представить как низкие показатели энергетической отдачи.

1. Тепло с температурой от 40 до 150⁰С, которое может быть непосредственно использовано для отопительных целей.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 63стр. из 174

В данном случае при утилизации теплоты осуществляется перенос теплоты от источников с более высокой температурой к источникам с более низкой температурой.

Основными источниками таких отходов являются:

- отработанный пар;
- нагретая вода;
- отходящие газы паровых и газовых турбин.

2. Тепло с температурой ниже 40°C , которое не может быть напрямую использовано для отопления и горячего водоснабжения, так как его температура ниже требуемой у потребителя. Часто это тепло сбрасывается в окружающую среду.

Например, на предприятии могут иметься в наличии значительные запасы тепловых отходов при температуре 30°C , в то время как для других процессов может требоваться горячая вода с температурой 60°C и выше. В таком случае может быть использован тепловой насос, который позволяет повысить температурный уровень тепла в соответствии с требованиями потребителей. Для привода теплового насоса требуются затраты внешней энергии. В зависимости от конструкции, трансформаторы теплоты могут выполнять две функции: получение теплоты более высокого температурного уровня, или использование тепловых отходов для привода абсорбционных холодильных систем.

Технологии утилизации низкопотенциальных тепловых отходов с температурой до 40°C .

Тепловой насос - это устройство, позволяющее повысить температуру источника тепловых отходов до температуры, требуемой потребителю. Т.е., полезное использование тепловых отходов позволяет заместить затраты на покупку энергии.

Однако такое повышение температурного уровня невозможно осуществить без затрат извне.

Тепловой насос требует наличия внешнего источника механической или тепловой энергии.

Главной задачей является разработка такой системы, в которой экономический эффект от внедрения теплового насоса превысит затраты на его привод.

Существует несколько типов тепловых насосов, некоторые из них требуют подвода внешней механической работы, другим требуются затраты тепловой энергии. Тепловые насосы полезно используют тепловые отходы, которые были бы выброшены в атмосферу и повышают их температуру до уровня, при котором тепло может быть полезно использовано.

Тепловая энергия, полученная с помощью теплового насоса, обходится дешевле, чем ее производство путем сжигания топлива или в электрических котлах.

В основе работы трансформаторов теплоты лежит термодинамический цикл, известный как обратный цикл Карно.

В цикле Ренкина снижение температурного потенциала тепловой энергии приводит во вращение вал турбины, что сопровождается производством механической энергии.

В паровой турбине, это достигается путем подачи в нее пара высокого давления и выпуска пара с более низким давлением.

Механические тепловые насосы работают наоборот. Они преобразуют низкопотенциальные тепловые отходы в полезное тепло с более высокой температурой, на что расходуется механическая энергия вращения вала (рис.9) [4].

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 64стр. из 174

Количество работы, требуемой для привода теплового насоса, зависит от того, насколько повышается температура низкопотенциального источника энергии, так же как в паровой турбине количество производимой работы возрастает с увеличением степени изменения давлений.

Все тепловые насосы осуществляют три основные функции:

- Получение энергии от источника тепловых отходов;
- Повышение температуры тепловых отходов;
- Обеспечение полезной тепловой энергии при повышенной температуре.

Принцип действия компрессионного теплового насоса, как одного из наиболее широко применяемых типов, представлен на рис. 6.2.



Рисунок 6.2 - Сравнение принципов работы цикла теплового двигателя и цикла теплового насоса

Энергия тепловых отходов подводится к рабочему веществу в испарителе, в результате чего хладагент кипит и испаряется. В компрессоре давление пара повышается, соответственно возрастает и температура. После этого рабочий пар конденсируется в конденсаторе, передавая теплоту нагреваемой среде. Ключевым параметром, оказывающим влияние на эффективность работы теплового насоса, как уже было отмечено ранее, является разность температур испарения и конденсации рабочего вещества.

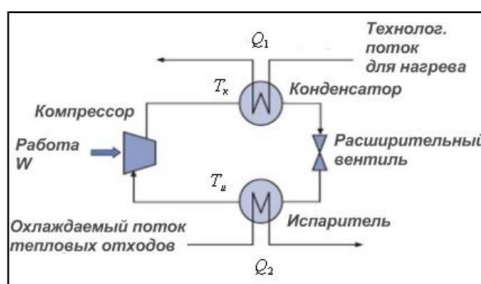


Рисунок 6.3 - Принципиальная схема компрессионного теплового насоса

Здесь Q_2 – подводимая энергия тепловых отходов;
 T_k – температура конденсации рабочего вещества;
 T_i – температура испарения рабочего вещества;
 W – работа, затрачиваемая компрессором для сжатия рабочего вещества;
 Q_1 – производимое тепловым насосом тепло.

$$Q_1 = Q_2 + W$$

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 65стр. из 174

Эффективность работы теплового насоса, как было отмечено ранее, характеризуется коэффициентом преобразования COP (φ) :

$$COP = \varphi = \frac{Q_1}{W} > 1$$

Основные типы промышленных тепловых насосов

Ниже представлены основные типы тепловых насосов и кратко описан принцип их работы:

- Замкнутый цикл теплового насоса: осуществляет механическое сжатие рабочей жидкости для повышения температуры. Рабочей средой чаще всего является хладагент.

Наиболее распространенные типы механических двигателей, которые могут быть использованы для работы теплового насоса, включают электродвигатели, паровые турбины, двигатели внутреннего сгорания, газотурбинные установки.

- Незамкнутый цикл с механической компрессией пара. Для повышения давления пара используется механическая энергия. Рабочей средой в испарителе чаще всего является водяной пар. Такие системы называются незамкнутыми, так как рабочая жидкость является технологическим потоком.

- Незамкнутые термокомпрессионные тепловые насосы используют энергию рабочего пара высоких параметров для повышения давления холодного пара в эжекторе. Как и в предыдущем случае, тепловой насос работает по разомкнутому циклу.

- Замкнутые абсорбционные тепловые насосы используют двухфазные рабочие жидкости и принцип повышения точки кипения и теплоты поглощения для повышения температуры для удовлетворения нужд потребителей при более высоких температурах.

Использование тепловых отходов для производства электроэнергии

Использование тепловых отходов для производства электроэнергии - это процесс сбора сбросного тепла технологических процессов и использование этого тепла для производства электрической энергии (рис. 6.14). Энергоемкие промышленные процессы – такие, как процессы имеющие место на нефтеперерабатывающих предприятиях, сталелитейных заводах, стеклодувных производств, цементных печах – являются источниками тепловых отходов и горячих отработанных газов, которые могут быть использованы в современных технологиях производства электроэнергии. Утилизация тепловых отходов для таких целей представляет собой неиспользованную разновидность комбинированной выработки энергии (когенерации), в которой один источник энергии (топливо) используется для совместной выработки тепла (холода) и электрической энергии. Когенерационная система состоит из первичного источника, генератора, системы утилизации тепла и электрического взаимосвязанного оборудования, собранного в интегрированную систему. Для комбинированной выработки характерны более высокие КПД и возможности избежания или снижения потерь при транспортировке энергии от источника к потребителю, в результате чего снижается расход первичного топлива и выброс в атмосферу вредных веществ.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 66стр. из 174

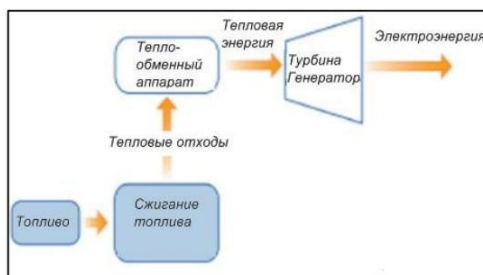


Рисунок 6.14 - Схема использования тепловых отходов для производства электроэнергии (нижний цикл)

Наиболее распространенный вариант комбинированной выработки осуществляется по так называемому верхнему циклу, когда топливо первоначально используется в тепловом двигателе для производства механической или электрической энергии, а затем сбросная теплота основного оборудования утилизируется для производства тепловой энергии. Например, газовая турбина или поршневой двигатель производит электроэнергию за счет сжигания топлива, и затем утилизационная установка собирает полезную тепловую энергию сбросных потоков и потоков систем охлаждения. Аналогично, паровые турбины генерируют электрическую энергию, используя пар высокого давления, идущий из котлоагрегатов, после чего отработавший пар более низкого давления используется для технологических целей или целей теплоснабжения. Тепловые отходы могут использоваться для производства электрической или механической энергии по так называемому нижнему циклу. В таком цикле топливо первоначально используется для обеспечения технологических процессов тепловой энергией, например в печах, а тепловые отходы этого процесса затем используются для производства электричества. Основным преимуществом таких систем является то, что в них используется тепло от существующих процессов, которое в любом случае имело бы место или было бы выброшено в окружающую среду, для производства электрической энергии, вместо того, чтобы затрачивать дополнительное топливо на эти нужды. Использование тепловых отходов для выработки электроэнергии

Применяемые технологии

Паровой цикл Ренкина (SRC) - наиболее распространенный способ производства электроэнергии из тепловых отходов – вовлекает в использование теплоту отходов для производства в котле-утилизаторе пара, который затем направляется в паровую турбину. Паровая турбина – одна из наиболее старых и универсальных технологий производства энергии. Система «котел-утилизатор – паровая турбина» работает на основе термодинамического цикла Ренкина, представленного на рис. 6.15 [4]

В паровом цикле Ренкина рабочее вещество – вода – сначала сжимается в насосе, затем направляется в котел-утилизатор. Вода с повышенным давлением испаряется за счет теплоты горячих отходов, образующийся пар расширяется в турбине с понижением температуры и давления, при этом производится механическая энергия, которая передается на электрический генератор. Пар низкого давления после турбины охлаждается в конденсаторе, в котором поддерживается давление, близкое к вакууму, в результате чего пар конденсируется. Образующийся конденсат перекачивается насосом в котел-утилизатор и цикл замыкается.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 67стр. из 174

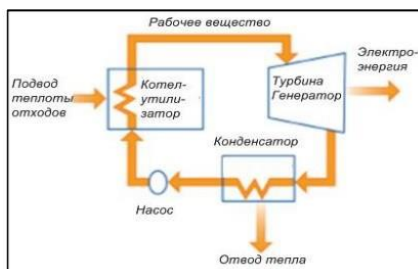


Рисунок 6.15 - Цикл теплового двигателя (Ренкина)

4. Иллюстративный материал: Для проведения занятия используется следующее материально- техническое обеспечение: ноутбук, мультимедийный проектор, экран.

5. Литература:

основная

1. Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.- Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.
2. Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).
3. Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.
4. Шароглазов Б. А., Фарафонов М. Ф., Клементьев В. В. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов: Учебник по курсу «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания». – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 403 с.
5. Ст. 1 Закон Об энергосбережении и повышении энергоэффективности РК от 13 января 2012 года № 541-IV. Действующий с изменениями и дополнениями. Проверено 15.01.2022
6. Вспомогательное оборудование ТЭС. Конспект лекций для студентов специальности 5В071700 – Теплоэнергетика. Алматы 2017. с.104
7. Дополнительная литература
8. Ледуховский Г.В., Пospelов А.А. Расчет и нормирование показателей тепловой экономичности оборудования ТЭС: Учеб. пособие / ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2015. – 468 с.
9. Нагнетатели и тепловые двигатели / В. М. Черкасский, И. В. Калинин, Ю. В. Кузнецов, В. И. Субботин. М. : Энергоатомиздат, 1997
10. Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года № 724
11. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 274 с.

Электронные ресурсы:

<http://www.studmedlib.ru>,
 ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123
<http://lib.ukma.kz/ru/> Базы данных
 Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

6. Контроль (вопросы, задачи, решение)

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 68стр. из 174

1. Пояснить понятие -энергетические отходы. Назовите их типы и виды.
2. Пояснить понятие - вторичные энергетические ресурсы. Привести классификацию ВЭР.
3. Описать виды вторичных энергетических ресурсов.
4. Источники тепловых ВЭР
5. Перечислить основные носители и агрегаты-источники ВЭР на промышленных предприятиях.
6. Где и как могут быть использованы источники тепловых ВЭР?
7. Чему равно количество выработки теплоты ВЭР
8. Как оценить экономию топлива за счет использования тепловых или горючих ВЭР?
9. Назовите основные типы теплообменных аппаратов для утилизации теплоты низкотемпературных и высокотемпературных ВЭР
10. Какие виды теплообменников используются в системах утилизации ВЭР?
11. Как рассчитывается выработка электроэнергии при поступлении пара высоких параметров из теплоутилизационных установок на конденсационную турбину?
12. Наличие каких компонентов требуется для эффективной утилизации тепловых ВЭР?
13. Перечислите низкопотенциальные тепловые ВЭР?
14. Перечислите источники высокопотенциальных тепловых ВЭР?
15. Объяснить упрощенную принципиальную схему тригенерации.
16. Объяснить принципиальную схему работы цикла теплового насоса на примере.
17. Перечислить примеры использования отходов для производства.
18. Объяснить термодинамический цикл Ренкина.

Лекция 7

1 Тема 7. Аккумуляирование тепловой и электрической энергии

2. Цель: знать типы аккумуляторов и области их применения, принципы и способы аккумуляирования в зависимости от вида энергии.

1. Аккумуляирование энергии.
2. Основные понятия.
3. Способы аккумуляирования в зависимости от вида энергии. Общие понятия

Аккумуляирование энергии.

Коммунальный сектор и транспорт стремятся полностью перейти на электрическую энергию, и в связи с этим быстро растет потребность в надежном, эффективном и экономичном аккумуляировании энергии и ее отдаче во время пиковых нагрузок.

Батареи, конденсаторы, кинетическая энергия, хранение энергии в виде нагретой или охлажденной жидкости, а также в виде водорода — все это уже доступные и использующиеся решения, дающие широкие возможности.

Технологии накопления энергии играют все большую роль в развитии современных систем коммунального энергоснабжения. Например, общая емкость накопления энергии в США уже превысила 2 ГВт·ч, причем недавно ежегодное увеличение объединенных хранилищ энергии приблизилось к 50%. Отрасль продолжает развиваться, адаптируясь к изменениям энергетического ландшафта и внедряя новые технологии.

Под аккумуляированием (накоплением) энергии понимается ввод какого-либо вида энергии в устройство, оборудование, установку или сооружение — в аккумулятор (накопитель) энергии — для того, чтобы эту энергию оттуда затем в удобное для

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		
Энергоресурсы, источники и методы получения		044/76-11 2022-2023 69стр. из 174

потребления время снова в том же или в преобразованном виде получить обратно. Для зарядки аккумулятора энергией иногда нужна дополнительная энергия, и в процессе зарядки могут возникать потери энергии. После зарядки аккумулятор может оставаться в состоянии готовности (в заряженном состоянии), но и в этом состоянии часть энергии может теряться из-за произвольного рассеяния, утечки, саморазряда или других подобных явлений. При отдаче энергии из аккумулятора также могут возникать ее потери; кроме того, иногда невозможно получить обратно всю аккумулированную энергию. Некоторые аккумуляторы устроены так, что в них и должна оставаться некоторая остаточная энергия. Состояние аккумулятора при потреблении энергии, во время готовности, при отдаче энергии и после отдачи схематично представлено на рис. 7.1



Рисунок 7.1 - Состояние аккумулятора энергии (A) (упрощенно).

1 - прием энергии, 2 -состояние готовности, 3- отдача энергии, 4 -разряженное состояние. P_{in} - потребляемая мощность, P_{ex} - отдаваемая мощность, t_{in} - длительность зарядки, t_{ex} - длительность отдачи энергии, W - аккумулированная энергия, W_{res} -остаточная энергия, W_{in} - потери при зарядке, W_{ex} - потери при отдаче энергии, W_d - потери энергии из-за произвольного рассеяния.

Аккумулирование энергии обычно понимается как целенаправленное действие. Однако энергия может аккумулироваться (накапливаться) и независимо от воли или действий человека – в результате физических процессов, происходящих в природе или в искусственных устройствах. В качестве примера на рис. 7.2 представлены некоторые процессы аккумулирования энергии в природе. Кроме них следует отметить:

- очень большое количество тепла, содержащегося в горячих жидких внутренних слоях Земли,
- кинетическую энергию вращения Земли вокруг Солнца и вокруг своей оси,
- кинетическую энергию ветра, водных потоков и движущихся предметов,
- химическую энергию, накопленную в живых существах.



Рисунок 7.2 - Примеры аккумулирования энергии в природе

При искусственном аккумулировании энергии могут ставиться следующие цели:

- создание запаса энергии (обычно в виде запасов топлива) при прерывистом поступлении энергоносителей, а также на случай временного прекращения поставок энергии или возникновении кризисных ситуаций и т. п.;
- получение большой кратковременной мощности от источников питания ограниченной мощности, например, для питания ламп-вспышек или установок точечной сварки (рис. 7.3);

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 70стр. из 174

- осуществление энергоснабжения, не зависимо от внешних источников энергии, например, в средствах передвижения, при использовании переносного и перемещаемого оборудования (рис. 7.4);

- выравнивание переменной нагрузки, например, в поршневых механизмах, при использовании пневматических инструментов, при чрезмерной неравномерности суточных графиков нагрузки энергосистем (рис. 7.5) и в других подобных случаях.

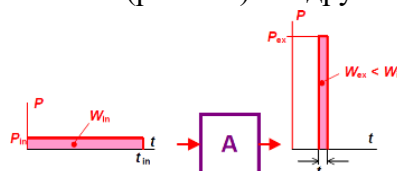


Рисунок 7.3 – Применение аккумулятора энергии (А) для получения импульса энергии повышенной мощности

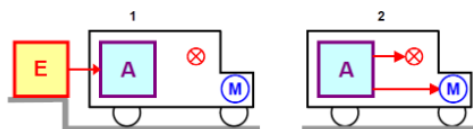


Рисунок 7.4 – Пример применения аккумулятора энергии в передвижном энергопотребителе

1 – зарядка от стационарного источника электроэнергии (Е), 2 – использование аккумулированной энергии.

Аккумуляторы энергии обычно характеризуются:

- видом аккумулируемой энергии (электроэнергия, тепло, механическая энергия, химическая энергия и др.),
- количеством аккумулируемой энергии,
- потребляемой и отдаваемой мощностью,
- длительностью зарядки и отдачи энергии,
- КПД аккумуляции $\eta = W_{ex} / W_{in}$, где W_{ex} – отдаваемая из аккумулятора энергия, W_{in} – потребляемая аккумулятором энергия,
- удельной аккумулирующей способностью на единицу массы или объема,
- абсолютной и удельной стоимостью аккумулятора,
- удельной стоимостью получаемой из аккумулятора энергии.

Способы аккумулирования в зависимости от вида энергии

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) обычно (за исключением ГЭС и биомассы) отличаются непостоянством и непредсказуемостью временных зависимостей выдаваемой мощности. Можно выделить сезонные и суточные неравномерности генерации, в то время как график нагрузки потребителя обычно тоже не представляет собой прямую линию и имеет свойство меняться по времени суток временам года. Все это приводит к тому, что необходима система, позволяющая согласовать генерацию и потребление энергии от ВИЭ.

Аккумуляирование гидроэнергии (Гидроаккумуляторы)

Гидроаккумуляторы являются одной из самых ранних технологий запасания больших объемов энергии. Принципиально гидроаккумулятор похож на обычную

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		71стр. из 174

гидроэлектростанцию, где турбины вращаются потоком набегающей воды за счет разности уровней верхнего и нижнего водяного резервуара, то есть потенциальная энергия воды преобразуется в механическую и электрическую энергию. Поэтому гидроэлектростанции обычно строятся на реках с достаточным перепадом высот. Перепадом высот во многом определяется мощность генерации. Следует также отметить высокую маневренность гидроэлектростанций, так как напор воды перед турбогенератором можно регулировать механически, шириной шлюза. В случае гидроаккумулятора вышеописанная система дополняется насосами, которые в часы отсутствия потребления электроэнергии нагнетают воду в верхний резервуар. В последнее время широкое распространение получают комбинированные системы – гидроаккумуляторы, построенные на реках и способные работать в режиме обычной гидроэлектростанции [6].

Применение гидроаккумуляторов может оказаться эффективным в том случае, когда регулируется работа не одной электростанции на основе традиционных технологий или возобновляемых источников энергии, а более крупной энергосистемы.

Для аккумуляирования и последующего использования гидроэнергии сооружаются гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС), принцип устройства которых представлен на рис. 7.5, 7.6. К такой станции относятся два водохранилища (верхнее и нижнее), разность уровней которых при полностью заполненном верхнем хранилище обычно составляет от 50 м до 500 м. В машинном зале имеются обратимые агрегаты, которые могут работать как в качестве двигателей-насосов, так и турбинами-генераторов; при высоком напоре (приблизительно 500 м или больше) используются отдельные насосные и турбинные агрегаты. Во время, когда нагрузка энергосистемы минимальна (например, ночью) эти агрегаты заполняют водой верхнее водохранилище, а во время пиковой нагрузки системы преобразуют накопленную гидроэнергию в электрическую. Несмотря на то, что КПД такого аккумуляирования равен (70...85) % и что себестоимость получаемой таким способом электроэнергии намного (до нескольких раз) выше, чем на тепловых электростанциях, выравнивание графика нагрузки и возможность уменьшения номинальной мощности тепловых электростанций снижают эксплуатационные расходы энергосистем и вполне оправдывают сооружение ГАЭС.

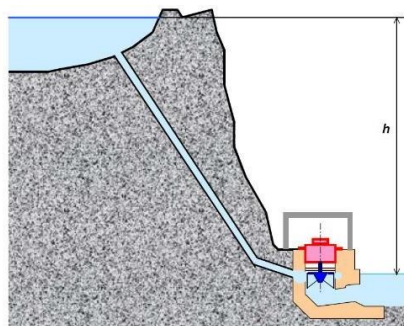


Рисунок 7.5 - Принцип устройства гидроаккумулирующей электростанции

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 72стр. из 174



Рисунок 7.6 – Устройство гидроаккумулирующей электростанции

Оценить запасаемую ГАЭС энергию можно, зная высоту h между верхним и нижним бьефами и массу воды M , запасенную в верхнем водоеме (за вычетом т.н. «мертвого объема» - объема воды, который находится в верхнем водоеме ниже уровня шлюза):

$$W_1 = M \cdot g \cdot h \cdot \eta$$

где g – ускорение свободного падения, а η – КПД генераторов и преобразователей. Энергия W_2 , затрачиваемая на перекачку воды в верхний водоем:

$$W_2 = N \cdot t$$

где N – суммарная мощность насосов, t – время, затрачиваемое на заполнение водой верхнего водоема.

На сегодняшний день в Казахстане нет ГАЭС.

Интенсивное развитие ГАЭС происходит по всему миру. На сегодняшний день мощность ГАЭС в США более 23 ГВт (из них 9 мощностью более 1 ГВт), в Японии – более 27 ГВт (из них 8 мощностью более 1 ГВт), в Европе – более 25 ГВт (из них в Германии – 5,3 ГВт), в Южной Корее – 4,7 ГВт.

Самая крупная ГАЭС – Бас Каунти мощностью 3,003 ГВт, построенная в США. Однако строящаяся в китайской провинции Хэбэй ГАЭС Fengning мощностью 3,6 ГВт, которая должна быть полностью введена в эксплуатацию в 2023 году, станет крупнейшей гидроаккумулирующей электростанцией в мире. Она будет работать как пиковая электростанция для обеспечения стабильной работы сети, уравнивая прерывистое энергоснабжение от крупных ветряных и солнечных парков в регионах северного Хэбэя и Внутренней Монголии.

В России построено 4 ГАЭС (Загорская ГАЭС мощностью 1200 МВт, Загорская ГАЭС-2 – 840 МВт, Ленинградская ГАЭС – 1560 МВт, ГАЭС Каскада Кубанских ГЭС – 1590 МВт) и запроектировано более 20. А Днестровская ГАЭС на Украине мощностью 2268 МВт в турбинном режиме и 2947 МВт в насосном режиме станет самой большой в Европе.

Аккумуляция тепла

Тепло можно аккумулировать относительно просто - путем нагрева твердых веществ или жидкостей. Отбор тепла из такого аккумулятора может происходить естественной или принудительной конвекцией, излучением или при помощи какого-либо

QAZAQSTAN QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		73стр. из 174

теплоносителя. Принцип устройства простейшего теплового аккумулятора представлен на рис. 7.6.

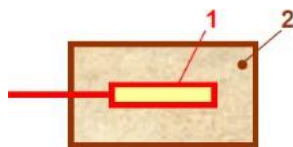


Рисунок 7.8 - Принцип устройства теплового аккумулятора. 1 электрический или другой нагреватель, 2 - теплоаккумулирующее вещество

Аккумуляция тепла в больших количествах может оказаться целесообразным на электростанциях. Используются, например,

- аккумуляторы перегретого пара между котлом и турбиной для выравнивания расхода пара, когда нагрузка турбогенератора во времени слишком неравномерна
- аккумуляторы горячей воды на теплоэлектроцентралях, чтобы обеспечить более равномерную нагрузку ТЭЦ при суточных колебаниях теплопотребления;
- аккумуляторы нагретого жидкого теплоносителя между солнечным нагревательным устройством и парогенератором солнечной электростанции, чтобы обеспечить работу станции при колебаниях и перерывах прямого солнечного излучения.

Аккумуляция электрической энергии

Электроэнергия может накапливаться

- в конденсаторах (в виде энергии электрического поля),
- в катушках индуктивности (в виде энергии магнитного поля),
- в первичных и вторичных гальванических элементах (в виде химической энергии).

Пример. Принцип устройства простейшего (плоского) конденсатора представлен на рис.7.9.

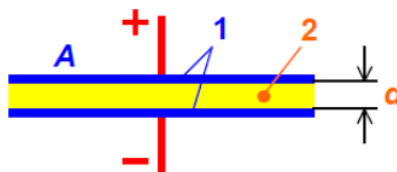


Рисунок 7.9 - Принцип устройства плоского конденсатора

1 - обкладки, 2- диэлектрик

Емкость такого конденсатора определяется по формуле $C = \varepsilon \frac{A}{d}$, где C – емкость конденсатора, Ф; A – площадь обкладки, м²; d – толщина диэлектрика, м; ε – диэлектрическая проницаемость, Ф/м

Энергия, запасенная в конденсаторе, определяется формулой $W = \frac{CU^2}{2}$, где W – запасенная энергия, Дж; C – емкость конденсатора, Ф; U – напряжение, приложенное к конденсатору, В.

Если использовать обкладки из фольги и многослойный пленочный диэлектрик, то можно изготовить конденсаторы рулонного типа, у которых удельная аккумулирующая способность находится приблизительно в пределах от 0,1 Дж/кг до 1 Дж/кг или от 0,03 мВт·ч/кг до 0,3 мВт·ч/кг. Из-за малой удельной аккумулирующей способности конденсаторы

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 74стр. из 174

такого вида не подходят для длительного сохранения существенного количества энергии, но они широко применяются как источники реактивной мощности в цепях переменного тока и как емкостные сопротивления.

Существует еще большее множество аккумулирующих устройств: электролитические конденсаторы, ультраконденсаторы (суперконденсаторы, ионисторы) и т.д.

Системы накопления энергии

Для захвата энергии, произведенной за короткий промежуток времени, с целью ее использования в дальнейшем доступны самые разные средства и технологии. Системы аккумулирования электрической и тепловой энергии являются наиболее распространенными, поэтому при проектировании современных объектов и инженерных систем именно они используются коммунальными предприятиями, которые, в свою очередь, предлагают жильцам зданий такие преимущества, как большая отказоустойчивость, экономия затрат, повышение энергоэффективности и удобство пользования энергией любого типа.

Электрическая энергия

Наибольший рост количества устанавливаемых систем накопления энергии за последнее десятилетие пришелся на электрические системы, такие как аккумуляторные батареи и конденсаторы.

Литий ионные аккумуляторные батареи являются основными компонентами и в быстро растущем парке электромобилей. В качестве примера эффективной батареи можно привести ту, что построил Илон Маск (Elon Musk) в Австралии. Она была введена в эксплуатацию 1 декабря 2017 г., и уже 14 декабря ей удалось показать себя в деле во время сбоя на местной угольной электростанции. Кроме того, разрабатываются так называемые проточные или буферные батареи, которые можно использовать с учетом требуемых пиковой емкости и продолжительности компенсации недостающей энергии. Их роль могут выполнять конденсаторы — устройства, хранящие электрическую энергию в форме электростатического заряда, накопленного на их токопроводящих металлических обкладках без химического преобразования. Энергия, накопленная в конденсаторе, описывается известной со школьной скамьи формулой:

$$W = 0.5 \frac{Q^2}{C} = 0.5C \cdot V^2$$

где Q - количество заряда, накопленного на конденсаторе, C - емкость конденсатора, а V - напряжение на конденсаторе.

Как видно из приведенного уравнения, максимальное количество энергии, которое может храниться на конденсаторе, зависит от емкости, а также от максимального номинального напряжения конденсатора. Накопленная энергия может быстро высвободиться из конденсатора благодаря тому, что конденсаторы имеют крайне низкое внутреннее сопротивление. Это свойство часто используется в системах, для которых характерны большие скачки нагрузки. Когда конденсатор подключен к источнику питания, он накапливает энергию (заряжается, не требуя при этом специальных зарядных устройств). При необходимости в порции дополнительной энергии конденсатор отдает накопленную энергию (разряжается), в этом отношении он похож на батарею. Разница в том, что батарея, как уже было сказано, использует электрохимические процессы для накопления энергии, в то время как конденсатор просто хранит электрический заряд. Таким образом, конденсаторы могут выделять накопленную энергию с гораздо более высокой скоростью, чем батареи,

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 76стр. из 174



Рисунок 7.11 - Новая система от Tesla - часть предпринимаемых усилий по решению проблем энергоснабжения в Южной Австралии, жители которой сильно страдают от постоянных скачков напряжения и отключений электросети

Механические системы

Механические системы накопления энергии преобразуют электрическую энергию в потенциальную или кинетическую и хранят ее в таком виде, превращая обратно в электрическую, когда это необходимо. Обычно системы, основанные на этом подходе, включают крупные гидроаккумулирующие насосы, механические маховики и устройства для хранения сжатого воздуха.

Принцип действия кинетического накопителя (КНЭ) или маховика основан на преобразовании кинетической энергии в электрическую и обратно. При заряде кинетического накопителя идет раскрутка массивного колеса до высокой скорости. Высокая масса необходима для сохранения запасенной энергии в течение большего времени за счет инерции. При разряде маховик вращает привод генератора до тех пор, пока потери на трение и перевод кинетической энергии в электрическую полностью не погасят эту инерцию. По области применения данная система близка к суперконденсаторам, но позволяет работать в диапазоне более высоких мощностей при меньшем уровне капитальных затрат. Основные исследования, проводимые в настоящее время, связаны с поиском новых материалов, способных обеспечить снижение цены маховика при сохранении приемлемых прочностных характеристик и уменьшение уровня потерь на трение, на раскрутку массивного тела, на сопротивление воздуха. Для решения последней задачи маховики располагают в вакуумированном объеме.

Использование супермаховиков для накопления энергии считается самым перспективным. В нужное время значительную часть накопленной энергии можно получить как за короткое, так и за длительное время в зависимости от потребностей. Теоретические расчёты маховика и опыты показывают, что по количеству накопленной энергии на каждый килограмм веса, по продолжительности хранения энергии, сроку службы, маховики могут опережать аккумуляторы, конденсаторы и другие накопители. Но, реально работающие маховики имеют довольно скромные характеристики и вот почему.

Исследованиями накопителей энергии, в том числе и маховиков серьезно занимался профессор Нурбей Владимирович Гулиа (Россия). Практической реализацией его идей занималась американская компания Beason Power. Её накопители – это емкости-цилиндры, с подвешенными на магнитных подшипниках с супермаховиками внутри. Выполненные из углеволоконного композита, маховики раскручиваются до 22500 об/мин, вращая ротор мотор-генератора, вырабатывающего ток при подключении нагрузки. При приеме энергии машина раскручивает маховик.

По расчетам Beason Power супермаховики, объединенные в батарею по 10 накопителей, смогут обеспечивать мощность в 1 мегаватт и запасать энергию в 250 киловатт-часов. Летом 2011г компанией Beason Power в городе Stephentown (в штате Нью-Йорк) возведен первый

QONTUSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 77стр. из 174

в мире кластер из 200 маховичных накопителей. Такой «парк» способен вырабатывать мощность 20МВт, на что был получен государственный кредит для поддержки «зелёных технологий».

Принцип работы маховичных накопителей энергии основан на постепенном раскручивании вращающегося тела за счёт внешней энергии. Использование маховиков позволяет постепенно накапливать энергию при разгоне маховика, а затем отдавать её в виде электрической или механической энергии за короткое или длительное время.

Количество запасённой энергии в маховике зависит от массы, геометрических размеров и скорости вращения. При одинаковой массе больше энергии можно накопить при большей скорости. Но, скорость вращения ограничивается механической прочностью материала. Например, литые металлические диски или цилиндры имеют некоторые внутренние неоднородности и дефекты, которые могут привести к разрушению маховика и повреждению находящихся вблизи предметов. Поэтому проводились серьёзные исследования механической прочности различных материалов.

Накопитель сегодня благодаря высокой энергоемкости супермаховики применяют во многих областях — от применения в спутниках связи в качестве аккумулятора энергии до использования в электростанциях для повышения их КПД. На схеме изображен маховичный накопитель, который применяют на американских электростанциях для повышения их КПД. Потери энергии в супермаховиках составляют всего 2% — это достигается, в том числе, за счет того, что он вращается в вакуумном кожухе на магнитных подшипниках.

Супермахові к — один из типов маховика, предназначенный для накопления механической энергии. По сравнению с обычными маховиками, способен сохранять больше кинетической энергии.

За счёт конструктивных особенностей способен хранить до 500 Вт·ч (1,8 МДж) на килограмм массы [4]. В частности, в 1964 году советский инженер Н. В. Гулия заявил авторские права на одну из конструкций, которой и дал название «супермаховик».

Современный супермаховик представляет собой барабан, изготовленный из композитных материалов, например, намотанный из тонких витков стальной, пластиковой ленты, стекловолокна или углеродных композитов. За счёт этого обеспечивается высокая прочность на разрыв и безопасность эксплуатации.



Рисунок 7.11 - Блок-модуль КНЭ суммарной мощностью до 2,5 МВт. Энергоемкость – 250 кВт/ час. Количество циклов «заряд-разряд» - до 50000. Саморазряд на трение – 2%.

Тепловые системы Аккумуляирование тепловой энергии позволяет накапливать тепловую энергию (горячую или холодную) и позднее использовать ее, чтобы сбалансировать потребность в энергии между дневным и ночным потреблением или даже в разные климатические сезоны. Чаще всего такая система реализуется в виде емкостей для хранения охлаждающей воды или воды для нагрева, которая может генерироваться в

QAZAQSTAN QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		78стр. из 174

периоды более низкого потребления энергии, а затем отдаваться в пиковое время, поддерживая стратегию ограничения максимальной нагрузки. Другие системы накопления тепловой энергии включают расплавленные соли, хранилище льда и криогенную технику.

Химические системы

В дополнение к аккумуляторным системам, которые, как правило, основаны на электрохимическом процессе, доступны и другие системы хранения химической энергии, например путем выработки и хранения водорода. Для выработки водорода из воды путем электролиза применяется электрическая энергия. Затем водород сжимается и хранится для будущего использования в генераторах, работающих на водородном топливе, или в топливных элементах, опять превращаясь в воду. Такой подход позволяет накапливать большие объемы энергии, однако он необязательно будет самым эффективным. Проблема в том, что он сам по себе энергозатратный, поскольку требует большого количества энергии для выделения водорода из воды, природного газа или биомассы, хранения газа путем сжатия или сжижения, передачи энергоносителя пользователю. Также часть энергии теряется при преобразовании в полезную электроэнергию с топливными элементами. Наиболее практичным пока остается получение водорода из природного газа — метана, CH_4 . Один из примеров такой установки показан на рис. 4, но в данном случае все равно требуется энергия для его извлечения. Для практического использования остается только примерно 25%.

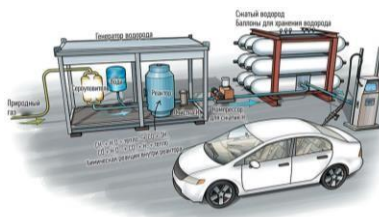


Рисунок 7.13 - Для получения водорода применяется электролиз, после его генерации водород сжимается или сжижается и хранится для последующего его использования в генераторах или топливных элементах. Изображение предоставлено компанией Affiliated Engineers

Преимущества, получаемые от использования систем накопления энергии

Системы накопления энергии могут использовать, чтобы поддержать стабильность ее поставок, снизить затраты и обеспечить устойчивость энергетической системы в целом.

Инвестиции могут вернуться довольно быстро: так, аккумуляторная батарея Илона Маска, согласно отчету Renew Economy [4] всего за несколько дней дала заработать владельцам 1 млн австралийских долларов, или \$800 тыс. При этом Австралия является одним из лидеров по развитию возобновляемой энергетики, и наличие эффективного способа хранить такую энергию делает ее крайне дешевой. Еще одно преимущество систем накопления энергии — их быстрое реагирование. Большинство технологий хранения могут компенсировать нехватку мощности электроэнергии в сети очень быстро, в то время как источники на основе ископаемого топлива имеют тенденцию довольно медленно увеличивать добавочную мощность. Такая скорость важна для обеспечения стабильного энергоснабжения в случаях, когда происходит неожиданное резкое увеличение нагрузки. В качестве шутки, хорошо иллюстрирующей проблему, можно привести эпизод из известного фильма «Рождественские каникулы» (“National Lampoon’s Christmas Vacation”, 1989), где

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 79стр. из 174

Кларк Гризволд неожиданно включил все 25 тыс. лампочек рождественской иллюминации. Пришлось запустить дополнительный атомный реактор на АЭС, до его подключения часть районов города оказалась обесточенной.

Резервное питание Системы накопления энергии могут служить надежным источником резервного питания на случай потери питания от электросети из-за тяжелых погодных условий или иных проблем. Помогая объектам оставаться в рабочем состоянии, такие системы исключают потери из-за сокращения времени простоя и обеспечивают повышенную устойчивость к критическим ситуациям.

Энергетические системы четвертого поколения

Хранение энергии играет важную роль и в системах городского теплоснабжения и охлаждения. Системы распределенного теплоснабжения используются с 1880-х гг. и до сих пор продолжают развиваться. Через городскую энергосистему различные источники, связанные с отоплением и охлаждением, также могут быть дополнены соответствующим хранилищем. Один из таких проектов в виде системы хранения тепловой энергии охлажденной воды для организации Национальных институтов здоровья (National Institutes of Health) США, выполненный компанией Affiliated [6].

Распределенное теплоснабжение, наряду с программами повышения энергоэффективности и переходом к системам четвертого поколения, позволяет получать больше отдачи от отработанного тепла и возобновляемых источников энергии в энергосистеме и обеспечивает балансирование переменных возобновляемых источников энергии, таких как солнечная энергия и ветер. Системы четвертого поколения работают при более низких температурах воды, что приводит к снижению потерь тепла по сравнению с предыдущими поколениями и позволяет использовать различные источники для его получения, такие как отходы, геотермальный обмен, солнечное тепло, комбинированное тепло и рекуперация энергии и тепла. В сочетании с накопителем тепловой энергии и интеллектуальным управлением такая система становится экономичным способом интеграции возобновляемой энергии и технологий накопления в повседневную практику предоставления услуг энергосистемами.

Современные энергетические (в общем понимании) и коммунальные системы становятся все более электрифицированными. Из-за развертывания все большего количества систем распределенной выработки энергии и, соответственно, распределенного ее накопления местные (традиционные) на основе топлива или возобновляемые источники энергии, а также технологии накопления энергии должны быть в состоянии стать взаимосвязанными — для обслуживания объекта, кампуса, города или какого-либо района. В таких случаях для получения электроэнергии могут использоваться, например, генераторы на природном газе, микротурбины, топливные элементы, солнечные фотоэлектрические системы, ветроэнергетические установки, комбинированные системы совместного производства теплоты и энергии (когенерационные установки). Метод накопления охлажденной воды и ее нагрева вместо сжигания ископаемого топлива максимально увеличивает коэффициент использования электроэнергии, вырабатываемой возобновляемыми источниками энергии, а также экономическую эффективность систем хранения электрической энергии.

4. Иллюстративный материал: Для проведения занятия используется следующее материально-техническое обеспечение: ноутбук, мультимедийный проектор, экран.

5. Литература:

QAZAQSTAN QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 80стр. из 174

основная

1. Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.- Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.
2. Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).
3. Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.
4. Шароглазов Б. А., Фарафонов М. Ф., Клементьев В. В. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов: Учебник по курсу «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания». – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 403 с.
5. Ст. 1 Закон Об энергосбережении и повышении энергоэффективности РК от 13 января 2012 года № 541-IV. Действующий с изменениями и дополнениями. Проверено 15.01.2022
6. Вспомогательное оборудование ТЭС. Конспект лекций для студентов специальности 5В071700 – Теплоэнергетика. Алматы 2017. с.104
7. Дополнительная литература
8. Ледуковский Г.В., Пospelов А.А. Расчет и нормирование показателей тепловой экономичности оборудования ТЭС: Учеб. пособие / ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2015. – 468 с.
9. Нагнетатели и тепловые двигатели / В. М. Черкасский, И. В. Калинин, Ю. В. Кузнецов, В. И. Субботин. М. : Энергоатомиздат, 1997
10. Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года № 724
11. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 274 с.

Электронные ресурсы:

<http://www.studmedlib.ru>,
ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123
<http://lib.ukma.kz/ru/> Базы данных
Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

6. Контроль (вопросы, задачи, решение)

1. Что понимается под аккумулярованием энергии?
2. Какие процессы аккумуляции энергии в природе вам известны?
3. Расскажите принцип работы ГАЭС
4. Перечислить известные технологии накопления энергии.
5. Как можно аккумуляровать тепло?
6. Чем характеризуются аккумуляторы энергии?
7. Описать принцип аккумулярования гидроэнергии
8. Как можно оценить запасаемую ГАЭС энергию?
9. Чему равна энергия, накопленная в конденсаторе энергии?
10. Объяснить принцип действия кинетического накопителя супермаховика
11. Объяснить преимущества, получаемые от использования систем накопления энергии.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 81стр. из 174

Лекция 8

1 Тема 8. Котельные установки

2. Цель: освоение особенностей технологии сжигания топлива и использования выделяющейся теплоты, знание устройства котельного агрегата, назначение и классификацию котельных установок

3. Тезисы лекции:

1. Общие сведения и понятия о котельных установках
2. Назначение и классификация котлоагрегатов
3. Основные виды котельных агрегатов
3. Тепловой баланс котельного агрегата

Общие сведения и понятия о котельных установках

Котельная установка представляет собой комплекс устройств, размещенных в специальных помещениях и служащих для преобразования химической энергии топлива в тепловую энергию пара или горячей воды. Основные элементы котельной установки – котел, топочное устройство (топка), питательные и тягодутьевые устройства.

Устройства, предназначенные для получения пара или горячей воды повышенного давления за счет теплоты, выделяемой при сжигании топлива, или теплоты, подводимой от посторонних источников (обычно с горячими газами), называют *котельными агрегатами*. Они делятся соответственно на *котлы паровые и котлы водогрейные*. Котельные агрегаты, использующие (т. е. утилизирующие) теплоту отходящих из печей газов или других основных и побочных продуктов различных технологических процессов, называют *котлами-утилизаторами*.

В состав котла входят: топка, пароперегреватель, экономайзер, воздухоподогреватель, каркас, обмуровка, тепловая изоляция, обшивка.

Вспомогательным оборудованием считают: тягодутьевые машины, устройства очистки поверхностей нагрева, устройства топливоприготовления и топливоподачи, оборудование шлако- и золоудаления, золоулавливающие и другие газоочистительные устройства, газозовоздухопроводы, трубопроводы воды, пара и топлива, арматуру, garnитуру, автоматику, приборы и устройства контроля и защиты, водоподготовительное оборудование и дымовую трубу.

К *арматуре* относят регулирующие и запорные устройства, предохранительные и водопробные клапаны, манометры, водоуказательные приборы.

В *garnитуру* входят лазы, гляделки, люки, шиберы, заслонки.

Здание, в котором располагаются котлы, называют котельной.

Комплекс устройств, включающий в себя котельный агрегат и вспомогательное оборудование, называют *котельной установкой*. В зависимости от вида сжигаемого топлива и других условий некоторые из указанных элементов вспомогательного оборудования могут отсутствовать.

Котельные установки, снабжающие паром турбины тепловых электрических станций, называют энергетическими.

Для снабжения паром производственных потребителей и отопления зданий в ряде случаев создают специальные *производственные и отопительные котельные установки*.

В качестве источников теплоты для котельных установок используются природные и искусственные топлива (каменный уголь, жидкие и газообразные продукты нефтехимической переработки, природный и доменный газы и др.), отходящие газы

QONTUSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ			SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11	
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 82стр. из 174	

промышленных печей и других устройств, солнечная энергия, энергия деления ядер тяжелых элементов (урана, плутония) и т. д.

Технологическая схема котельной установки с барабанным паровым котлом, работающим на пылевидном угле, приведена на рис. 8.1.

Топливо с угольного склада после дробления подается конвейером в бункер сырого угля 1, из которого направляется в систему пылеприготовления, имеющую углеразмольную мельницу 2. Пылевидное топливо с помощью специального вентилятора 3 транспортируется по трубам в воздушном потоке к горелкам 4 топки котла 5, находящегося в котельной 14. К горелкам подводится также вторичный воздух дутьевым вентилятором 13 (обычно через воздухоподогреватель котла 10). Вода для питания котла подается в его барабан 7 питательным насосом 12 из бака питательной воды 11, имеющего деаэрационное устройство.

Перед подачей воды в барабан она подогревается в водяном экономайзере 9 котла. Испарение воды происходит в трубной системе 6. Сухой насыщенный пар из барабана поступает в пароперегреватель 8, затем направляется к потребителю.

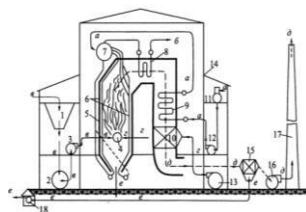


Рисунок 8.1. Технологическая схема котельной установки:

а - водяной тракт; б - перегретый пар; в - топливный тракт; г - путь движения воздуха; д - тракт продуктов сгорания; е - путь золы и шлака; 1 - бункер топлива; 2 - углеразмольная мельница; 3 - мельничный вентилятор; 4 - горелка; 5 - контур топки и газоходов котельного агрегата; 6 - экраны топки; 7- барабан; 8 - пароперегреватель; 9 - водяной экономайзер; 10 - воздухоподогреватель; 11 - бак запаса воды с деаэрационным устройством; 12 - питательный насос; 13- вентилятор; 14- контур здания котельной (помещения котельного отделения); 15 - золоулавливающее устройство; 16- дымосос; 17- дымовая труба; 18 - насосная для откачки золошлаковой пульпы

Из рис. 8.1 видно, что *барабанный котельный агрегат* состоит из *топочной камеры и газоходов, барабана, поверхностей нагрева*, находящихся под давлением рабочей среды (воды, пароводяной смеси, пара), *воздухоподогревателя, соединительных трубопроводов и воздухопроводов*. Поверхности нагрева, находящиеся под давлением, включают в себя водяной экономайзер, испарительные элементы, образованные в основном экранами топки и фестомом, и пароперегреватель.

Все поверхности нагрева котла, в том числе и воздухоподогреватель, как правило, трубчатые. Лишь некоторые мощные паровые котлы имеют воздухоподогреватели иной конструкции.

Испарительные поверхности подключены к барабану и вместе с опускными трубами, соединяющими барабан с нижними коллекторами экранов, образуют циркуляционный контур. В барабане происходит разделение пара и воды, кроме того, большой запас воды в нем повышает надежность работы котла.

Нижнюю трапецевидную часть топки котельного агрегата (см. рис. 8.1) называют холодной воронкой - в ней охлаждается выпадающий из факела частично спекшийся зольный остаток, который в виде шлака проваливается в специальное приемное устройство.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 83стр. из 174

Газомазутные котлы не имеют холодной воронки. Газоход, в котором расположены водяной экономайзер и воздухоподогреватель, называют конвективным (конвективная шахта), в нем теплота передается воде и воздуху в основном конвекцией. Поверхности нагрева, встроенные в этот газоход и называемые хвостовыми, позволяют снизить температуру продуктов сгорания от 500-700°C после пароперегревателя почти до 100°C, т. е. полнее использовать теплоту сжигаемого топлива.

Вся трубная система и барабан котла поддерживаются каркасом, состоящим из колонн и поперечных балок. Топка и газоходы защищены от наружных теплопотерь обмуровкой - слоем огнеупорных и изоляционных материалов. С наружной стороны обмуровки стенки котла имеют газоплотную обшивку стальным листом с целью предотвращения присосов в топку избыточного воздуха и выбивания наружу запыленных горячих продуктов сгорания, содержащих токсичные компоненты.

Назначение и классификация котлоагрегатов

Котельные установки в зависимости от характера потребителей разделяются на энергетические, производственно-отопительные и отопительные. По виду получаемого теплоносителя их делят на паровые (для выработки пара) и водогрейные (для выработки горячей воды).

Энергетические котельные установки вырабатывают пар для паровых турбин на тепловых электростанциях. Такие котельные оборудуют, как правило, котлоагрегатами большой и средней мощности, которые вырабатывают пар повышенных параметров.

Котельным агрегатом называется энергетическое устройство для получения пара заданного давления и температуры и в заданном количестве (p , МПа; t , °C; D , т/ч). Часто это устройство называют парогенератором, ибо в нем происходит генерация пара, или просто паровым котлом. Если конечным продуктом является горячая вода заданных параметров (давления и температуры), используемая в промышленных технологических процессах и для целей отопления промышленных, общественных и жилых зданий, то устройство называют водогрейным котлом.

По характеру движения воды, пароводяной смеси и пара паровые котлы подразделяются (см. рис. 8.2) на:

- 1) барабанные с естественной циркуляцией;
- 2) барабанные с многократной принудительной циркуляцией;
- 3) прямоточные.

В барабанных котлах с естественной циркуляцией (см. рис. 8.3) вследствие разности плотностей пароводяной смеси в левых трубах 2 и жидкости в правых трубах 4 будет происходить движение пароводяной смеси в левом ряду - вверх, а воды в правом ряду - вниз. Трубы правого ряда называются опускными, а левого - подъемными (экранными).

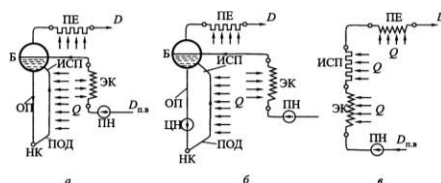


Рисунок 8.2 - Схемы генерации пара в паровых котлах:

а - естественная циркуляция; б - многократная принудительная циркуляция; в - прямоточная схема; Б - барабан; ИСП - испарительные поверхности; ПЕ - пароперегреватель; ЭК -

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 84стр. из 174

водяной экономайзер; D - расход пара; D_{п.в.} - расход питательной воды; ПН - питательный насос; ЦН - циркуляционный насос; НК - нижний коллектор; Q - подвод тепла; ОП - опускные трубы; ПОД - подъемные трубы

Отношение количества воды, проходящей через контур, к паропроизводительности контура D за тот же промежуток времени называется кратностью циркуляции K_ц. Для котлов с естественной циркуляцией K_ц колеблется в пределах от 10 до 60.

Разность весов двух столбов жидкостей (воды в опускных и пароводяной смеси в подъемных трубах) создает движущий напор циркуляции воды в трубах котла Δp, Н/м², равный

$$\Delta p = gh(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{см}}),$$

Где $\rho_{\text{в}}$ и $\rho_{\text{см}}$

- плотность (объемная масса) воды и пароводяной смеси, кг/м³, h – высота контура, м

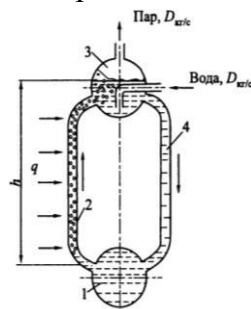


Рисунок 8.3 - Схема естественной циркуляции воды в котле: 1 - нижний коллектор; 2 - левая труба (экран); 3 - барабан котла; 4 - правая труба

Движущий напор циркуляции расходуется на преодоление сопротивления движению по трубам воды и пароводяной смеси, а также на сообщение ускорения пароводяной смеси в связи с ростом объема жидкости, происходящим при парообразованием в подъемных трубах.

В котлах с принудительной циркуляцией движение воды и пароводяной смеси (рис. 8.2, б) осуществляется принудительно с помощью циркуляционного насоса ЦН, движущий напор которого рассчитан на преодоление сопротивления всей системы.

В прямоточных котлах (см. рис. 8.2, в) нет циркуляционного контура, нет многократной циркуляции воды, отсутствует барабан, вода прокачивается питательным насосом ПН через экономайзер ЭК, испарительные поверхности ИСП и пароперегреватель ПЕ, включенные последовательно.

Следует отметить, что прямоточные котлы используют воду более высокого качества, вся вода, поступающая в испарительный тракт ИСП на выходе из него полностью превращается в пар, т.е. в этом случае кратность циркуляции K_ц= 1.

Паровой котельный агрегат (парогенератор) характеризуется паропроизводительностью, давлением и температурой производимого пара и температурой питательной воды.

Паропроизводительность парогенератора выражают в т/ч или кг/с.

Поскольку парогенератор предназначен для превращения тепла, заключенного в топливе, в потенциальную энергию пара, он представляет собой разновидность

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 85стр. из 174

преобразователя энергии, а потому его можно характеризовать также по мощности, выражаемой в кВт или в МВт. По паропроизводительности различают котлы малой паропроизводительности, до 20-25 т/ч, средней паропроизводительности, от 35-50 до 160-220 т/ч, и большой паропроизводительности, от 220-250 т/ч и выше.

Давление производимого в котле пара выражают в кН/м^2 и МН/м^2 .

По давлению производимого пара различают котлы: низкого давления - до $1,37 \text{ МН/м}^2$, среднего давления - $2,35$ и $3,92 \text{ МН/м}^2$, высокого давления - $9,81$ и $13,7 \text{ МН/м}^2$ и критического давления- $25,1 \text{ МН/м}^2$. Граница, отделяющая котлы низкого давления от котлов среднего давления, условна.

В котельных агрегатах производят либо насыщенный пар, либо пар, перегретый до различной температуры, величина которой зависит от его давления. В настоящее время в котлах высокого давления температура пара не превышает $540-570^\circ\text{C}$. Температура питательной воды в зависимости от давления пара в котле колеблется от 50 до 260°C .

Водогрейные котлы характеризуют по их теплопроизводительности, температуре и давлению подогретой воды, а также по роду металла, из которого изготовлен котел.

Теплопроизводительность водогрейного котла выражают в киловаттах или мегаваттах (в системе МКГСС в Гкал/ч).

По роду металла различают чугунные и стальные водогрейные котлы. Первые предназначены для отопления отдельных зданий и выполняют небольшие теплопроизводительности, не превышающие $1,2-1,6 \text{ МВт}$, для подогрева воды с давлением не выше $300-400 \text{ кН/м}^2$ до температуры 115°C . Вторые выполняют на большие теплопроизводительности от $4,75$ до 210 МВт и устанавливают в крупных квартальных и районных котельных для теплоснабжения больших жилых массивов. Кроме того, водогрейные котлы теплопроизводительностью 35 МВт и выше устанавливают также на ТЭЦ взамен пиковых подогревателей сетевой воды.[4].

В зависимости от масштаба теплоснабжения отопительные котельные бывают местные (индивидуальные), групповые и районные.

Местные котельные обычно оборудуют водогрейными котлами с нагревом воды до температуры не более 115°C или паровыми котлами с рабочим давлением до 70 кПа . Такие котельные предназначены для снабжения теплотой одного или нескольких зданий.

Групповые котельные установки обеспечивают теплотой группы зданий, жилые кварталы или небольшие микрорайоны. Их оборудуют как паровыми, так и водогрейными котлами большей теплопроизводительности, чем котлы для местных котельных. Эти котельные обычно размещают в специально сооруженных отдельных зданиях.

Районные отопительные котельные служат для теплоснабжения крупных жилых массивов: их оборудуют сравнительно мощными водогрейными или паровыми котлами.



Рисунок 8.4 - Пример территории котельной и некоторого ее оборудования

ОҢТҰСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра Инженерных дисциплин	044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения	2022-2023 86стр. из 174

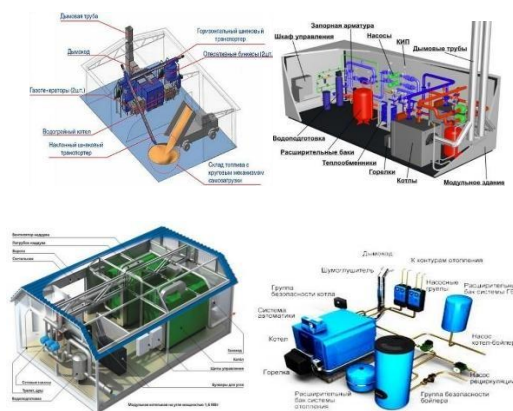


Рисунок 8.5 - Примеры компоновки некоторых котельных и их оборудования

Котельные установки могут располагаться как внутри объекта, так и за его пределами. Внутри объекта они могут устанавливаться в подвале, отдельном помещении и даже на крыше. Если здание представляет собой большой по размерам объект, то котельные установки выполняют в виде отдельно стоящих построек с собственной инженерной системой, подключенной к общей инженерной системе объекта.

В работе котельных установок используют различные виды топлива. Наибольшее распространение сегодня приобрели котельные, работающие на природном газе. Поскольку наша страна является лидером по запасам этого вида топлива, можно не опасаться того, что энергоресурсы могут закончиться. Помимо газа, котельные установки используют в качестве топлива нефтепродукты (мазут, дизельное топливо), твердое топливо (уголь, кокс, древесина). Ряд котельных могут использовать комбинированные виды топлива. Важной характеристикой любой котельной является категория надежности теплоснабжения потребителей.

В промышленности, сельском и коммунальном хозяйстве применяют различные виды котлов.

Паровой котел представляет собой устройство с топкой, обогреваемое продуктами сжигаемого в ней топлива и предназначенное для получения пара давлением выше атмосферного, используемого вне устройства, а водогрейный котел — такое же устройство, но предназначенное для нагревания воды, находящейся под давлением выше атмосферного и используемой в качестве теплоносителя вне устройства.

Котел-утилизатор — это паровой или водогрейный котел, в котором в качестве источника тепла используются горячие газы технологического процесса, **котел-бойлер** — паровой котел, в паровом пространстве которого размещено устройство для нагревания воды, используемой вне котла, а в естественную циркуляцию включен отдельно стоящий бойлер.

Стационарным называют котел, установленный на неподвижном фундаменте, передвижным — котел, имеющий ходовую часть или установленный на передвижном фундаменте.

Пароперегреватель представляет собой устройство, предназначенное для перегрева пара выше температуры насыщения, соответствующей давлению в котле, в результате передачи ему тепла дымовыми газами, а экономайзер — устройство, обогреваемое продук-

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 87стр. из 174

тами сгорания топлива и служащее для подогрева или частичного испарения воды, поступающей в котел.

Воздухоподогреватель предназначен для подогрева поступающего в топочное устройство воздуха теплом уходящих газов.

Питательная установка состоит из питательных насосов для подачи воды в котел под давлением, а также соответствующих трубопроводов и арматуры, **тягодутьевое устройство** — из дутьевых вентиляторов, системы газоздуховодов, дымососа и дымовой трубы, обеспечивающих подачу необходимого количества воздуха в топочное устройство, движение продуктов сгорания по газоходам и удаление их за пределы котлоагрегата.

Устройство теплового контроля и автоматического управления включает контрольно-измерительные приборы и автоматы, обеспечивающие бесперебойную и согласованную работу котельной установки для выработки необходимого количества пара определенной температуры и давления.

В **устройство для подготовки питательной воды** входят аппараты и приспособления, обеспечивающие очистку воды от механических примесей и растворенных в ней накипеобразующих солей, а также удаление из нее газов.

Котельные установки, работающие на пылевидном топливе, оборудуют дробилками, сушилками, мельницами, питателями, вентиляторами, а также системой транспортеров и пылегазопроводов.

Устройство для удаления золы и шлака состоит из гидравлических систем и механических приспособлений: вагонеток или транспортеров или тех и других.

Топливный склад служит для хранения топлива.

Тепловой баланс котельного агрегата

Тепловой баланс парового котла

Тепловой баланс парового котла заключается в установлении равенства между поступившим в агрегат при сжигании топлива количеством теплоты, называемым *располагаемой теплотой*, Q_p^p и суммой использованной теплоты Q_1 и тепловых потерь. На основе теплового баланса находят КПД и расход топлива.

При установившемся режиме работы агрегата тепловой баланс для 1 кг или 1 м³ сжигаемого топлива записывается как

$$Q_p^p = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6, \quad (8.1)$$

Где Q_p^p - располагаемая теплота, приходящаяся на 1 кг твердого или жидкого топлива или 1 м³ газообразного топлива, здесь и далее кДж/кг или кДж/м³; Q_1 - использованная теплота; Q_2 - потери теплоты с уходящими из агрегата газами; Q_3 - потери теплоты от химической неполноты сгорания топлива; Q_4 - потери теплоты от механической неполноты сгорания; Q_5 - потери теплоты в окружающую среду через внешнее ограждение котла; Q_6 - потери теплоты с физической теплотой шлака (рис.8.6).

Обычно в расчетах используется уравнение теплового баланса, выраженное в процентах по отношению к располагаемой теплоте, принимаемой за 100% ($Q_p^p = 100\%$):

$$100 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 \quad (8.2)$$

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 88стр. из 174

где $q_1 = Q_1 \cdot 100 \cdot \frac{100}{Q_p^p}$; $q_2 = Q_2 \cdot 100 \cdot \frac{100}{Q_p^p}$ и т. д.

Располагаемая теплота включает все виды теплоты, внесенной в топку вместе с топливом:

$$Q_p^p = Q_H^p + Q_{ф.т} + Q_{в.вн} + Q_{ф.}, \quad (8.3)$$

где $Q_{ф.т}$ - физическая теплота топлива, включая полученную при подсушке и подогреве; $Q_{в.вн}$ - теплота воздуха, полученная им при подогреве вне котла; $Q_{ф.}$ - теплота, вносимая в топку с распиливающим форсуночным паром.

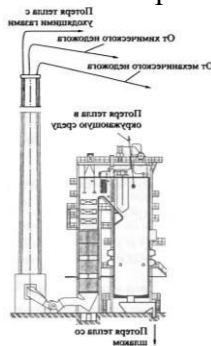


Рисунок 8.6 - Основные потери теплоты

Тепловой баланс котельного агрегата составляют относительно некоторого температурного уровня или, другими словами, относительно некоторой отправной температуры. Если в качестве этой температуры принять температуру воздуха, поступающего в котельный агрегат без подогрева вне котла, не учитывать теплоту парового дутья в форсунках и исключить величину $Q_{ф.}$, так как она пренебрежимо мала по сравнению с теплотой сгорания топлива, то можно принять

$$Q_p^p \cong Q_H^p \quad (8.4)$$

Следует отметить, что в выражении (8.3) не учитывается теплота, вносимая в топку горячим воздухом собственного котла. Дело в том, что это же количество теплоты отдается продуктами сгорания воздуху в воздухоподогревателе в пределах котельного агрегата, т. е. осуществляется своего рода рециркуляция (возврат) теплоты.

Использованная теплота Q_1 воспринимается поверхностями нагрева в топочной камере котла и его конвективных газоходах, передается рабочему телу и расходуется на подогрев воды до температуры фазового перехода, испарение и перегрев пара. Количество использованной теплоты, приходящейся на 1 кг или 1 м³ сожженного топлива, подсчитывается как

$$Q_1 = \frac{D_1}{B} (i_{п.п.} - i_{п.в.}) + \frac{D_R}{B} (i'' - i_{п.в.}) + \frac{D_{пр}}{B} (i' - i_{п.в.}) \quad (8.5)$$

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 89стр. из 174

где B - расход топлива, кг/с или $\text{м}^3/\text{с}$; D_1 , D_n , $D_{пр}$ - соответственно производительность парового котла (расход перегретого пара), расход насыщенного пара, расход котловой воды на продувку, кг/с; $i_{п.п.}$, i'' , i' , $i_{п.в.}$ - соответственно энтальпии перегретого пара, насыщенного пара, воды на линии насыщения, питательной воды, кДж/кг. При доле продувки $p = \frac{D_{пр} \cdot 100}{D_1} < 2\%$ и отсутствии расхода насыщенного пара формула (8.5) принимает вид

$$Q_1 = \frac{D_1}{B} (i_{п.п.} - i_{п.в.}) \quad (8.6)$$

Для котельных агрегатов, которые служат для получения горячей воды (водогрейные котлы),

$$Q_1 = \frac{G_v}{B} (i_2 - i_1) \quad (8.7)$$

где G_v - расход горячей воды, кг/с; i_1 и i_2 - соответственно удельные энтальпии воды, поступающей в котел и выходящей из него, кДж/кг.

Коэффициент полезного действия и расход топлива
 Совершенство тепловой работы парового котла оценивается коэффициентом
 полезного действия брутто $\eta_k^{бр}$, %.
 Так, по прямому балансу

$$\eta_k^{бр} = q_1 = \frac{Q_1 \cdot 100}{Q_p} = \frac{Q_1}{Q_p} \quad (8.8)$$

где Q_k - теплота, полезно отданная котлу и выраженная через тепло-восприятие поверхностей нагрева, кДж/с:

$$Q_k = D(i_{п.п.} - i_{п.в.}) + D_{пр}(i' - i_{п.в.}) + Q_{ст}, \quad (8.9)$$

где $Q_{ст}$ - теплота воды или воздуха, подогреваемых в котле и отдаваемых на сторону. Теплота продувки учитывается только для $D > 2\% D$.

КПД котла, %, можно рассчитывать и по обратному балансу:

$$\eta_k^{бр} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6) \quad (8.10)$$

Метод прямого баланса менее точен в основном из-за трудностей при определении в эксплуатации больших масс расходуемого топлива. Тепловые потери определяются с большей точностью, и поэтому метод обратного баланса нашел преимущественное распространение при определении КПД. [4].

4.Иллюстративный материал: Для проведения занятия используется следующее материально- техническое обеспечение: ноутбук, мультимедийный проектор, экран.

5.Литература:

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 90стр. из 174

основная

5.Литература:

основная

- Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.- Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.
- Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).
- Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.
- Шароғлазов Б. А., Фарафонов М. Ф., Клементьев В. В. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов: Учебник по курсу «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания». – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 403 с.
- Ст. 1 Закон Об энергосбережении и повышении энергоэффективности РК от 13 января 2012 года № 541-IV. Действующий с изменениями и дополнениями. Проверено 15.01.2022
- Вспомогательное оборудование ТЭС. Конспект лекций для студентов специальности 5В071700 – Теплоэнергетика. Алматы 2017. с.104
- Дополнительная литература
- Ледуковский Г.В., Поспелов А.А. Расчет и нормирование показателей тепловой экономичности оборудования ТЭС: Учеб. пособие / ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2015. – 468 с.
- Нагнетатели и тепловые двигатели / В. М. Черкасский, И. В. Калинин, Ю. В. Кузнецов, В. И. Субботин. М. : Энергоатомиздат, 1997
- Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года № 724
- Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 274 с.

Электронные ресурсы:

<http://www.studmedlib.ru>,
 ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123
<http://lib.ukma.kz/ru/> Базы данных
 Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

6.Контроль (вопросы, задачи, решение)

- Описать назначение и классификацию котлоагрегатов
- Назовите основные виды котельных агрегатов и перечислите их
- основные элементы.
- Опишите испарительные поверхности котла; виды пароперегревателей и способы регулирования температуры перегретого пара.
- Какие виды водяных экономайзеров и воздухоподогревателей используются в котлах? Опишите принципы их устройства.
- Как осуществляется подача воздуха и удаление дымовых газов в
- котельных агрегатах?

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 91стр. из 174

8. Опишите назначение дымовой трубы, определение ее самотяги; укажите виды дымососов, применяемых в котельных установках.

9. Что такое тепловой баланс котельного агрегата? Перечислите потери тепла в котле и укажите их причины.

10. Укажите, как определяется КПД котельного агрегата и порядок его величины.

11. Описать примеры компоновки котельных и их оборудования

12. Перечислить виды топлива, используемых в работе котельных установках.

Лекция 9

1 Тема 9. Паровые турбины и газотурбинные установки

2. **Цель:** знать классификацию паровых турбин, процессы в ступенях турбин, обосновывать выбор различного теплоэнергетического оборудования;

3. Тезисы лекции:

1. Общая классификация паровых и газовых турбин

2. Паровые турбины.

3. Пути повышения экономичности работы ПСУ

4. Газотурбинные установки

5 Газотурбинная установка и ее экономичность

В конце XIX в. в связи с развитием электрических машин и широким внедрением электроэнергии развитие паротурбостроения пошло быстрыми темпами. Первые паровые турбины в России начали выпускать в 1907 г. на Металлическом заводе в Петербурге. Развитие паротурбостроения в СССР было тесно связано с электрификацией страны. В 1920 г. по инициативе В.И. Ленина был разработан и принят грандиозный государственный план электрификации России - ГОЭЛРО, по которому главную долю электроэнергии должны были вырабатывать тепловые электростанции, имеющие в качестве двигателей для привода электрических генераторов паровые турбины. Первая советская паровая турбина построена в 1924 г. на ЛМЗ. Она была рассчитана на начальные параметры пара 1,1 МПа (11 кгс/см²), 300 °С и имела мощность 2000 кВт. В 1926 г. ЛМЗ была выпущена турбина мощностью 10 тыс. кВт при частоте вращения 50 с⁻¹, в 1930 г. - турбина мощностью 24 тыс. кВт при частоте вращения 50 с⁻¹ на начальные параметры пара 2,55 МПа (26 кгс/см²) и 375 °С, а в 1931 г. - турбина мощностью 50 тыс. кВт при частоте вращения 25 с⁻¹ на параметры пара 2,85 МПа (29 кгс/см²) и 400 °С.

Современные паровые и газовые турбины являются основными двигателями тепловых и атомных электростанций, значение которых для энергетики определяется все возрастающими потребностями страны в электроэнергии. Паровые турбины позволяют осуществлять совместную выработку электрической энергии и теплоты, что повышает степень полезного использования теплоты органического и ядерного топлива. Газотурбинные установки обеспечивают высокую маневренность электростанций для покрытия переменной части суточного графика электрической нагрузки в энергосистеме, а в сочетании с паротурбинными установками дают максимальную экономичность при минимальной удельной стоимости.

Общая классификация паровых и газовых турбин

Принцип работы турбины.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 92стр. из 174

Турбина - ротативный тепловой двигатель с непрерывным процессом преобразования тепловой энергии рабочего вещества в механическую работу. Кинематическая схема её предельно проста. Турбина состоит из двух основных узлов:

1. Вращающаяся часть – ротор
2. Неподвижная часть - корпус (статор).

Перед каждым диском с рабочими лопатками укреплен сопловый аппарат, состоящий из нескольких неподвижных сопел, закрепленных в корпусе. (рис. 9.1).

Основным условием работы турбины является наличие разности давлений – перед сопловым аппаратом и за рабочими лопатками (рис. 9.2).

Сопла, совместно с рабочими лопатками, образуют проточную часть турбины. В проточной части происходит двойное преобразование энергии рабочего вещества:

1. в соплах потенциальная энергия пара или газа превращается в кинетическую; на выходе из сопел скорость потока составляет сотни метров в секунду;
2. на рабочих лопатках кинетическая энергия потока непосредственно превращается в механическую работу вращения вала турбины; скорость вращения, как правило, составляет тысячи оборотов в минуту.



Рисунок 9.1- Общий вид паровой турбины

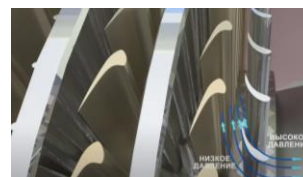
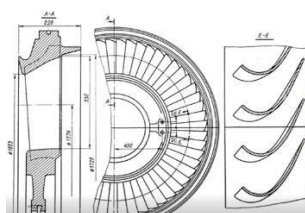


Рисунок 9.2 – Общий вид сопел, составляющих рабочий аппарат

1. По принципу действия пара: активные и реактивные,
2. По количеству ступеней: одноступенчатые и многоступенчатые. Многоступенчатые, в свою очередь, могут быть со ступенями давления, со ступенями скорости и комбинированные (как со ступенями скорости, так и со ступенями давления).

3. По направлению потока рабочего вещества: осевые, радиальные и тангенциальные.

4. По использованию в промышленности:

1. стационарные;
2. транспортные.

По характеру процесса: конденсационные и теплофикационные турбины.

По числу цилиндров: одноцилиндровые и многоцилиндровые.

Подразделение турбин по принципу действия

Активные турбины (турбинные ступени)

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 93стр. из 174

Проточная часть, состоящая из одного ряда сопел и одного ряда рабочих лопаток, образует простейшую турбинную ступень.

В активном варианте ступени расширение рабочего вещества (падение давления) имеет место только в соплах; на рабочих лопатках давление остается постоянным.

Реактивные турбинные ступени

Расширение рабочего вещества имеет постепенный характер: давление частично падает в соплах, а затем - до конечного значения - на рабочих лопатках, что обусловливается соответствующим профилем проточной части.

На лопатках, вследствие наличия перепада давлений, наряду с непосредственным ударным (активным) действием струи, появляется реактивная отдача, т.е., полная сила, действующая на лопатку, складывается из двух составляющих.

Подразделение турбин по количеству ступеней Одноступенчатые турбины Комбинация одного ряда (по окружности) сопел и одного венца рабочих лопаток называется активной или реактивной ступенью.

Многоступенчатые турбины. Турбины со ступенями давления

В данном случае турбина состоит из нескольких, последовательно расположенных простейших одноступенчатых турбин, являющихся "ступенями" многоступенчатой турбины. Расширение рабочего вещества происходит постепенно, от ступени к ступени. Такие турбины могут быть как активного, так и реактивного типа.

Маркировка паровых турбин

Для обозначения типов турбин применяется специальная маркировка (ГОСТ 3618-82), определяющая тип и назначение турбины и состоящая из буквенной и цифровой части. Используемые буквы обозначают:

К – турбина конденсационная (имеет нерегулируемые регенеративные отборы для подогрева конденсата и питательной воды в подогревателях низкого и высокого давления);

П – конденсационная турбина с регулируемым производственным промышленным отбором пара на технологические нужды потребителей с давлением 0,4 – 4 МПа;

Т – конденсационная турбина с регулируемым теплофикационным отбором пара для подогрева сетевой (отопительной) воды с давлением 0,07 – 0,24 МПа;

ПТ – конденсационная турбина с регулируемым производственным и теплофикационным отборами пара;

Р – турбина с противодавлением (конденсатор отсутствует);

ПР – турбина с противодавлением и регулируемым производственным отбором пара.

Первое число за буквой показывает номинальную мощность турбины в мегаваттах. Максимальная мощность указывается в знаменателе дроби. Следующее число означает номинальное давление пара перед турбиной в кгс/см².

Для турбин с производственным регулируемым отбором пара и с противодавлением в виде дроби указывают давление пара перед турбиной (числитель), в отборе и противодавление (знаменатель) в кгс/см².

Последняя цифра, если она имеется, означает номер заводской модификации турбины.

Например:

К-200-130 – конденсационная турбина номинальной мощностью 200 МВт, давлением пара 130 кгс/см² (12,7 МПа);

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 94стр. из 174

П-6-35/5 - конденсационная турбина номинальной мощностью 6 МВт, начальным давлением пара 35 кгс/см² (3,43 МПа), с регулируемым производственным отбором пара давлением 5 кгс/см² (0,49 МПа);

Т-250/300 –240 – турбина с регулируемым теплофикационным отбором пара, номинальной мощностью 250 МВт, максимальной – 300 МВт, номинальным давлением 240 кгс/см² (23,5 МПа);

ПР-25/30-90/10/0,9 – турбина с противодавлением 0,9 кгс/см² (0,088 МПа) и производственным отбором пара, номинальной мощностью 25 МВт, максимальной 30 МВт, начальным давлением пара 90 кгс/см² (8,82 МПа) и давлением в промышленном отборе 10 кгс/см² (0,98 МПа).

В маркировке турбин АЭС часто указывают частоту вращения ротора:

К-500-60/1500 - конденсационная турбина номинальной мощностью 500 МВт, начальным давлением пара 60 кгс/см² (5,88 МПа), частотой вращения 1500 оборотов в минуту.

Под номинальной мощностью турбины понимается наибольшая мощность, которую турбина должна развивать длительно на зажимах генератора при номинальных значениях всех других основных параметров (пара, охлаждающей воды, технического состояния).

Максимальная мощность для турбин «К» - это наибольшая мощность, которую турбина должна развивать на зажимах генератора при номинальных значениях всех других основных параметров, чистой проточной части и при отсутствии отбора пара для внешних потребителей тепла.

Для турбин «П», «Т», «Р» и «ПР» максимальная мощность – это мощность, которую турбина может длительно развивать на зажимах генератора при соответствующих изменениях количества отбираемого пара, а также при отклонениях от номинальных значений давления пара в отборах или противодавлении в пределах, допускаемых ГОСТом и заводом- изготовителем.

Схема работы паросиловой установки и цикл Ренкина

ПСУ позволяет осуществлять цикл Карно (но это не выгодно).поэтому на практике применяют цикл Ренкина.



Уильям Джон Макуорн Ранкин
(1820-1872) ученый теплотехник

В 1849 году Ранкин независимо от Клаузиуса получил общие уравнения термодинамики, выражающие соотношение между теплотой и механической энергией. Исследовал термодинамические свойства газов и пара в 1850 году и составил таблицы водяных паров, получивших широкое применение. А в 1859 году он построил полную теорию паровой машины.

Термодинамические исследования Ренкина показывают, что эффективность работы паровой турбины во многом зависит от начальных параметров, от его давления и начальной температуры.

$$\eta = \frac{q_1 - q_2}{q_1}$$

q_1 – подведенная теплота, q_2 – отведенная теплота

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 95стр. из 174

Для того чтобы увеличить термический КПД цикла Ренкина, применяют так называемый перегрев пара в специальном элементе котла — пароперегревателе 1 (на рис. 9.3), где пар нагревается до температуры, превышающей температуру насыщения при данном давлении направляется в паровую турбину 2, где адиабатно расширяется и совершает работу. Из турбины отработавший пар направляется в конденсатор 4, там происходит отдача теплоты охлаждающей воде, проходящей через конденсатор вследствие этого пар полностью конденсируется. Полученный конденсат непрерывно засасывается насосом из конденсатора, сжимается и направляется вновь в паровой котел. Конденсатор 4 имеет двоякую роль и установки во первых он имеет паровое и водяное пространство, разделенное пространство через которую происходит теплообмен между отработавшими газами и охлаждающей водой. Поэтому конденсат пара может быть использован в качестве идеальной воды не содержащей растворенных солей. Во вторых в конденсаторе, вследствие резкого уменьшения объема пара его превращение в капельно-жидкое состояние наступает вакуум, который будучи поддерживаемый в течение всего времени работы установки позволяет пару расширяться еще на одну атмосферу то, есть, на давление, где то 0,04 -0,06 бар и совершать за счет этого работу. Давайте рассмотрим цикл Ренкина на примере диаграммы в координатах T - S , зависимость температуры от энтропии.

T - S -диаграмма показана на рис. 9.4. В этом случае средняя температура подвода теплоты увеличивается по сравнению с температурой подвода теплоты в цикле без перегрева и, следовательно, термический КПД цикла возрастает

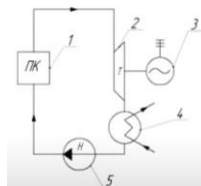


Рисунок 9.3 - Схема работы ПСУ

1 – паровой котел; 2 – турбина; 3 –электрогенератор; 4 – конденсатор; 5- питательный насос.

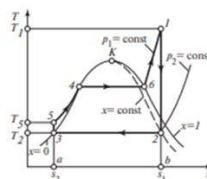


Рисунок 9.4 – Цикл Ренкина в T - S диаграмме

На диаграмме мы видим жирную линию, которая является разделительной и энтропии соответствующим точкам лежащим на диаграмме выше этой линии существует только пар, то ниже этой жирной линии это пароводяная смесь. Влажный пар в конденсаторе полностью конденсируется по изобаре p_2 равная константе. Линия 2-3 затем вода сжимается насосом от давления p_2 давления p_1 . Этот адиабатный процесс изображен в T - S диаграмме вертикальным отрезком 5-3. Длина отрезка 3-5 весьма мала так как изобары в области жидкости а, изобары этой линии постоянного давления в

T - S диаграмме проходит очень близко друг к другу. Малая величина отрезка 3-5 свидетельствует о малой работе затрачиваемой насосом на сжатие воды. Малая величина

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 96стр. из 174

работы на сжатие по сравнению с величиной работы, производимой водяным паром в процессе расширения. Линия 1-2 является важным преимуществом цикла Ренкина. Именно поэтому цикл Ренкина и является наиболее эффективным по сравнению с циклом Карно. Из насоса вода под давлением p_2 поступает в паровой котел, где к ней изобарно процесс 5-4 подводится тепло. В начале вода в паровом котле нагревается до кипения это участок 5-4 изобары p_1 равная const, а затем по достижении температуры кипения происходит процесс парообразования, это участок 4-1. Насыщенный пар из котла поступает в турбину. Процесс расширения в турбине изображен адиабатой 1-2. Можно пометить, что этот процесс относится к классическому циклу Ренкина, а реальной установке процесс расширения пара в турбине несколько отличается от классической поэтому это нужно иметь ввиду. Отработанный влажный пар поступает в конденсатор и цикл замыкается. С точки зрения термического КПД цикл Ренкина представляется менее выгодным по сравнению с циклом Карно, поскольку степень заполнения цикла равно как средняя температура подвода тепла у цикла Ренкина оказывается ниже, чем в цикле Карно. Однако с учетом реальных условий экономичность цикла Ренкина оказывается выше соответствующего цикла Карно, который будет осуществляться во влажном паре.

Пути повышения экономичности работы ПСУ

1. цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара.
2. Теплофикационный цикл
3. Регенеративный цикл с подогревом воды.

В 1884 г. английский инженер Чарльз Парсонс предложил многоступенчатую реактивную турбину, расширение пара в которой происходило не в одной, а в ряде следующих друг за другом ступеней, причем не только в сопловых (неподвижных), но и в рабочих (вращающихся) решетках (рис. 9.5), благодаря чему стала возможна работа машины со значительно меньшими, чем в турбине Лавалля, скоростями пара на выходе из сопловых решеток и соответственно с меньшими окружными скоростями рабочих лопаток.

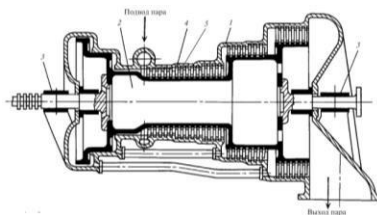


Рисунок 9.5 - Многоступенчатая реактивная турбина:

1 - корпус; 2 - барабанный ротор; 3 - подшипник; 4 - сопловые лопатки одной из ступеней; 5 - рабочие лопатки одной из ступе

Газотурбинные установки

Простейшая схема газотурбинной установки дана на рис. 9.5. В её состав входят: К – компрессор, КГ – камера горения, ГТ – газовая турбина, ТН – топливный насос, ПМ – пусковой мотор.

Компрессор забирает воздух из атмосферы. сжимает его до нужного давления и подаёт в камеру горения, куда от топливного насоса поступает топливо. Компрессор приводится в действие от газовой турбины, но мощность, им потребляемая, меньше мощности, развиваемой турбиной. В результате, одновременно с вращением компрессора, турбина дает полезную мощность на привод электрогенератора. Рабочим телом в данном случае служат

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 97стр. из 174

продукты сгорания топлива. Отработавший газ из турбины выбрасывается в атмосферу. Пусковой мотор необходим для раскручивания системы роторов, в том числе - компрессора, с целью получения начального сжатия воздуха при пуске установки.

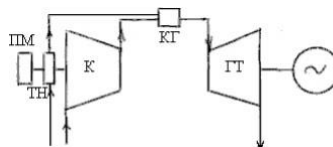


Рисунок 9.5 - Простейшая схема газотурбинной установки

К – компрессор, КГ – камера горения, ГТ – газовая турбина, ТН – топливный насос, ПМ – пусковой мотор

Газотурбинная установка, работающая по схеме открытого цикла. Более сложная схема газотурбинной установки, работающей по замкнутому циклу, дана на рис. 9.6.

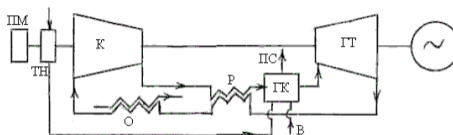


Рисунок 9.6 - Схема газотурбинной установки, работающей по замкнутому циклу

В качестве рабочего тела здесь используется воздух или же какой-то другой газ, циркулирующий в замкнутом контуре и не смешивающийся с продуктами сгорания.

Камера горения здесь заменена газовым котлом ГК, представляющем из себя трубчатую конструкцию, подобную обычным водотрубным котлам, работающим на органическом топливе. На схеме В - подвод воздуха, ПС - отвод продуктов сгорания.

Кроме известных уже элементов в схему включен регенератор - Р и охладитель воздуха - О. Регенератор - теплообменный аппарат, служащий для подогрева рабочего газа, идущего в газовый котел, теплом, содержащимся в отработавшем газовом потоке, идущем из турбины. Охладитель воздуха перед компрессором обеспечивает отвод тепла в окружающую среду в соответствии со вторым законом термодинамики. В настоящее время практически все газотурбинные установки работают по схеме открытого цикла. Основные достоинства и недостатки газотурбинных установок

В отличие от паротурбинного цикла (паросилового цикла Ренкина для водяного пара), в циклах газотурбинных установок рабочим телом служат нагретые до высокой температуры сжатые газы. В качестве таких газов чаще всего используют смесь воздуха и продуктов сгорания жидкого (или газообразного) топлива.

Принципиальная схема газотурбинной установки (ГТУ с подводом тепла при $p = \text{const}$) представлена на рис. 9.6. Воздушный компрессор КП сжимает атмосферный воздух, повышая его давление с p_1 до p_2 , и непрерывно подает его в камеру сгорания КС. Туда же специальным насосом непрерывно подается необходимое количество жидкого или газообразного топлива.

Образующиеся в камере продукты сгорания выходят из нее с температурой T_3 и практически с тем же давлением p_2 (если не учитывать сопротивления), что и на выходе из

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ			SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11	
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 98стр. из 174	

компрессора ($p_2=p_3$). Следовательно, горение топлива (т. е. подвод теплоты) происходит при постоянном давлении.

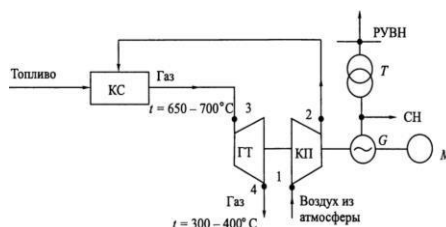


Рисунок 9.7 - Принципиальная технологическая схема электростанции с газовыми турбинами:

КС- камера сгорания; КП- компрессор; ГТ- газовая турбина; Г- генератор; Т- трансформатор;

М- пусковой двигатель; СН - собственные нужды; РУВН – распределительное устройство высокого напряжения

К достоинствам газотурбинных установок можно отнести:

1. Газотурбинная установка проще по устройству, чем паросиловая из-за отсутствия котельной установки, сложной системы паропроводов, конденсатора, а также большого числа вспомогательных механизмов, применяющихся в паровых установках. Металлозатраты и вес газотурбинной установки на единицу мощности вследствие указанных причин будут значительно меньше, чем паротурбинной.

2. Установка требует минимального расхода воды - практически только на охлаждение масла, идущего к подшипникам.

3. Для газотурбинных установок характерен быстрый ввод турбоагрегата в работу. Пуск мощных установок из холодного состояния до принятия нагрузки занимает порядка 15 ÷ 18 минут, в то время как подготовка к пуску паросиловой установки занимает несколько часов, увеличиваясь с повышением начальных параметров пара.

Недостатки газотурбинных установок:

1. Для того, чтобы установка давала полезную мощность, начальная температура газа перед турбиной должна быть больше 550 °С, т.е., весьма высокой. Это вызывает определенные трудности при практическом выполнении газовых турбин, требуя как специальных весьма жаростойких материалов, так и специальных систем охлаждения наиболее высокотемпературных частей.

2. На привод компрессора расходуется до 50 ÷ 70 % мощности, развиваемой турбиной. Поэтому полезная мощность газотурбинной установки гораздо меньше фактической мощности газовой турбины.

3. В газотурбинных установках исключено применение твердого топлива по обычной схеме. Наилучшие виды топлива для ГТУ - природный газ и качественное жидкое (керосин). Мазут же требует специальной подготовки для удаления шлакообразующих примесей.

4. Единичная мощность газотурбинной установки ограничена. На конец XX века она составляет 120 ÷ 150 МВт. Это обусловлено большими габаритными размерами установки из-за невысокого начального давления газа перед турбиной - до 25 кгс/см² и его гораздо меньшей работоспособности по сравнению с водяным паром.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 99стр. из 174

5. Очень большая шумность при работе, значительно превышающая ту, что имеет место при эксплуатации паротурбинных установок.

Газотурбинная установка и ее экономичность

По своему устройству газовая турбина похожа на паровую. Разница в том, что ротор турбины, вместо пара, приводится в движение газом высокого давления, получаемым при сжигании топлива. Сжигание газообразного или жидкого топлива происходит в **камере сгорания**, куда под высоким давлением подаются как топливо, так и воздух. Для получения сжатого воздуха в составе газовой турбины (обычно на одном валу с ротором турбины) имеется **компрессор**. Давление газа на входе в турбину обычно равно 0,6...1,2 МПа, а температура газа может быть до 900 °С (в случае охлаждаемых лопастей до 1600 °С). Совокупность газовой турбины и компрессора часто называется **газотурбинным двигателем**. Для запуска этого агрегата обычно пользуются пусковым (чаще всего электрическим) двигателем.

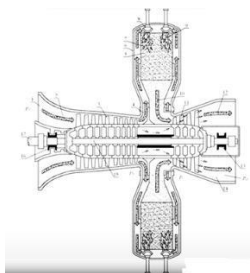


Рисунок 9.8 – Устройство современных газотурбинных установок

Подавляющее большинство ГТУ, работающих независимо или в составе ПГУ, рассчитаны на работу на природном газе. Жидкое топливо иногда используется в ГТУ малой мощности, а также в ограниченном числе ГТУ средней и большой мощности, предназначенных для работы в нефтедобывающих странах Ближнего Востока и Центральной Америки. Но в последние годы в мировой энергетике существенно активизировались работы по использованию в парогазовых технологиях твердого топлива. За рубежом накоплен опыт эксплуатации демонстрационных ПГУ на твердом топливе с использованием ГТУ различных типов. Указанные тенденции связаны с тем, что газ является ценным технологическим сырьем для химической промышленности, где его использование часто более рентабельно, чем в энергетике

Переходя к практической реализации того или иного термодинамического цикла, приходится сталкиваться с множеством непреодолимых технических препятствий, которые крайне ограничивают наши возможности.

Наиболее характерный пример: при влажности пара более 8–12 % потери в проточной части паровой турбины резко возрастают, растут динамические нагрузки, возникает эрозия, что, в конечном счете, приводит к разрушению проточной части турбины. В результате указанных ограничений в энергетике (для получения работы) широкое применение пока находят только два базовых термодинамических цикла: цикл Ренкина и цикл Брайтона.

Большинство энергетических установок строится на сочетании элементов указанных циклов. Цикл Ренкина применяют для рабочих тел, которые в процессе реализации цикла совершают фазовый переход, по такому циклу работают паросиловые установки (ПСУ).

Для рабочих тел, которые не могут быть сконденсированы в реальных условиях, и которые мы называем газами, применяют цикл Брайтона.

QNTÜSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин	044/76-11	
Энергоресурсы, источники и методы получения	2022-2023 100стр. из 174	

По этому циклу работают двигатели внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинные установки (ГТУ).

Принципиальное отличие ДВС и ГТУ сводится к следующему.

В ДВС процессы сжатия воздуха, сгорания топлива и расширения продуктов сгорания происходят в пределах одного конструктивного элемента, именуемого цилиндром двигателя. В ГТУ указанные процессы разнесены по отдельным конструктивным узлам: сжатие осуществляется в компрессоре, сгорание топлива в камере сгорания, расширение продуктов сгорания в газовой турбине. В результате конструктивно ГТУ и ДВС мало похожи, хотя работают по схожим термодинамическим циклам.

Существует две модификации цикла Брайтона, отличающиеся термодинамическими процессами подвода теплоты: цикл с подводом теплоты при постоянном давлении, сокращенно его называют цикл Брайтона $p=\text{const}$, и цикл с подводом теплоты при постоянном объеме, называемый цикл Брайтона $v=\text{const}$.

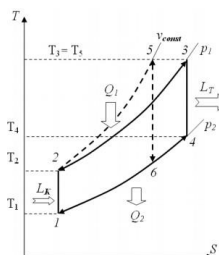


Рисунок 9.9 - Идеальный цикл Брайтона:
1–2–3–4–1 — подвод теплоты при $p=\text{const}$;
1–2–5–6–1 — подвод теплоты при $v=\text{const}$

В процессе сжатия к циклу подводится работа L_K , при расширении отводится работа L_T . Из рис. 1.1 видно, что $L_T > L_K$, их разность и составляет полезную работу цикла. Ясно, то что полезная разность в работе достигнута за счет разности подведенного Q_1 и отведенного Q_2 в цикле тепла.

На рис. 9.10 показана принципиальная схема установки, реализующей цикл Брайтона с подводом тепла при постоянном давлении.

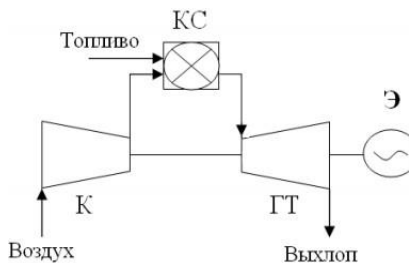


Рисунок 9.10 - Принципиальная схема ГТУ непрерывного горения, реализующей цикл Брайтона $p=\text{const}$:

К — компрессор, ГТ — газовая турбина, КС — камера сгорания,
Э — электрогенератор

Такие установки часто называют установками непрерывного горения. В данной установке рабочее тело (воздух) закачивается при давлении p_1 из атмосферы компрессором

QAZAQSTAN QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		102стр. из 174

основная

1. Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.- Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.
2. Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).
3. Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.
4. Шароглазов Б. А., Фарафонов М. Ф., Клементьев В. В. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов: Учебник по курсу «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания». – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 403 с.
5. Ст. 1 Закон Об энергосбережении и повышении энергоэффективности РК от 13 января 2012 года № 541-IV. Действующий с изменениями и дополнениями. Проверено 15.01.2022
6. Вспомогательное оборудование ТЭС. Конспект лекций для студентов специальности 5В071700 – Теплоэнергетика. Алматы 2017. с.104
7. Дополнительная литература
8. Ледуковский Г.В., Пospelов А.А. Расчет и нормирование показателей тепловой экономичности оборудования ТЭС: Учеб. пособие / ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2015. – 468 с.
9. Нагнетатели и тепловые двигатели / В. М. Черкасский, И. В. Калинин, Ю. В. Кузнецов, В. И. Субботин. М. : Энергоатомиздат, 1997
10. Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года № 724
11. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 274 с.

Электронные ресурсы:

<http://www.studmedlib.ru>,
ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123
<http://lib.ukma.kz/ru/> Базы данных
Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

6. Контрольные вопросы

1. Опишите принцип работы паровой турбины.
2. Опишите принцип работы паровых активных и реактивных турбин.
3. Назовите основное условие работы турбины.
4. Как разделяются турбины по характеру процесса? По числу цилиндров?
5. Описать подразделение турбин по принципу действи
6. Расшифровать маркировку турбины - П-6-35/5
7. Какой цикл увеличивает термический коэффициент турбины?
8. Перечислить пути повышения экономичности работы ПСУ
9. Описать принцип работы газотурбинной установки.
10. За счет чего достигается повышение эффективности ГТУ?

Лекция 10

Тема 10 Нагнетательные машины электрических станций

Основные вопросы темы:

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		103стр. из 174

I. Виды и классификация нагнетателей.

1. Классификация компрессоров.
2. Принцип действия компрессоров
3. Области применения

Виды и классификация нагнетателей

Нагнетателями называются машины, служащие для перемещения жидкости и газов и повышения их потенциальной и кинетической энергии.

Известно, что большинство современных технологических процессов связано с перемещением потоков жидких и газообразных сред, и поэтому нагнетатели имеют очень широкое применение во всех отраслях промышленности, сельском и коммунальном хозяйствах.

В зависимости от вида перемещаемого рабочего тела нагнетательные машины подразделяются на две большие группы: *насосы* - машины, подающие жидкости; *вентиляторы* и *компрессоры* - машины, подающие воздух и технические газы.

Вентилятор - машина, перемещающая газовую среду при степени повышения давления $\epsilon_p < 1,15$ (степень повышения давления ϵ_p - отношение давления газовой среды на выходе из машины к давлению ее на входе).

Компрессор - машина, сжимающая газ с $\epsilon_p \gg 1,15$ и имеющая искусственное (обычно водяное) охлаждение полостей, в которых происходит сжатие газов.

Согласно ГОСТ 17398-72 насосы подразделяются на две основные группы: насосы динамические и насосы объемные.

В динамических насосах и нагнетателях передача энергии жидкости или газу происходит путем работы массовых сил потока в полости, постоянно соединенной с входом и выходом нагнетателя.

В объемных нагнетателях повышение энергии рабочего тела (жидкости или газа) достигается силовым воздействием твердых тел, например, поршней в поршневых машинах в рабочем пространстве цилиндра, периодически соединяемым при помощи клапанов с входом и выходом нагнетателя.

Классификация нагнетателей производится также по конструктивным признакам, давлению, развиваемому машиной, назначению в технологическом процессе.

На рис. 10.1 представлена классификация нагнетателей по принципу действия и конструктивным признакам.

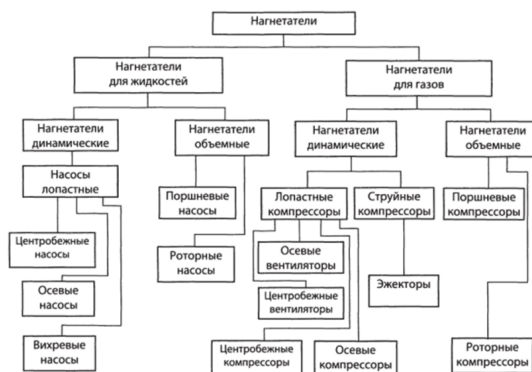


Рисунок 10.1 - Классификация нагнетателей

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		104стр. из 174

На рис. 10.2 приведена схема динамического центробежного нагнетателя.

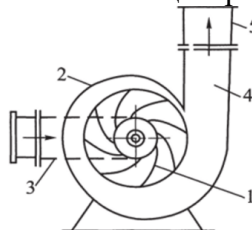


Рисунок 10.2 - Схема центробежного нагнетателя (насоса)

Рабочее колесо, снабженное изогнутыми лопатками 1, вращается двигателем, расположенным в корпусе 2. Рабочее тело (жидкость, газ), входящее в центральную полость колеса через патрубок 2, заполняет весь корпус и криволинейные каналы колеса между лопатками 1. При вращении рабочего колеса под действием центробежных сил масса рабочего тела, находящегося в этих каналах, повышает энергию потока и выбрасывается потоком в спиральный канал, охватывающий рабочее колесо. Далее поток поступает в напорный патрубок 4 и трубопровод 5.

Процесс всасывания и подачи в таких нагнетателях происходит непрерывно и равномерно (при постоянной скорости вращения рабочего колеса).

Схема простейшего объемного нагнетателя-насоса дана на рис. 10.3. Цилиндр 1 и клапанная коробка 2 плотно соединены в единый блок. В коробке размещены всасывающий 3 и напорный 4 клапаны. Поршень 5, двигаясь возвратно-поступательно, производит всасывание и подачу.

Ускорение поршня, двигающегося синусоидально, вызывает появление инерционных сил, влияющих на прочность ходовой системы нагнетателя и вызывающих разрывы сплошности потока. Это ограничивают допустимую скорость вращения кривошипного вала. Поэтому применяются объемные нагнетатели роторного типа, допускающие прямое соединение с высокоскоростными двигателями.

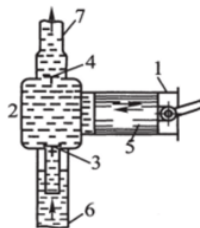


Рисунок 10.3 - Схема поршневого нагнетателя (насоса)

На рис. 10.4 дано представление о пластинчатом роторном нагнетателе. Массивный ротор 1 с радиальными прорезями помещен эксцентрично в корпус 2. В прорези вставлены прямоугольные стальные пластинки 3, свободно отжимаемые до упора в корпус центробежными силами. При вращении ротора двигателем рабочее тело будет всасываться через патрубок 4 и подаваться через полости переменного сечения 5 и 6 в напорный патрубок 7. Нагнетатель реверсивен: при изменении направления вращения ротора нагнетатель меняет направление потока рабочего тела.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		105стр. из 174

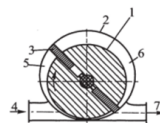


Рисунок 10.4 - Схема роторного нагнетателя (насоса)

Для перемещения жидкостей и газов на электрических станциях и промышленных установках находят применение струйные нагнетатели (рис. 10.5).

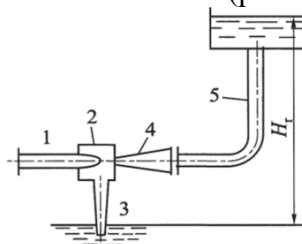


Рисунок 10.5 - Схема устройства струйного насоса

Поток рабочей жидкости выходит с высокой скоростью через суживающееся сопло 1 в камеру 2, где устанавливается низкое давление. Под влиянием разности давлений на поверхности жидкости и в камере происходит подъем жидкости по трубе 3 и смешение ее с рабочей жидкостью, выбрасываемой из сопла. Смесь жидкостей - рабочей и поднимаемой по трубе 3 - транспортируется через диффузор 4 и напорную трубу 5 на высоту H .

Наибольшее распространение в промышленности и энергетике получили динамические лопастные насосы. Создаваемый ими напор может превышать 35 МПа, а подача - 100 000 м³/ч в одном агрегате.

В теплоэнергетических установках для питания котлов, подачи конденсата в системе регенеративного подогрева питательной воды, циркуляционной воды в конденсаторы турбин, сетевой воды в системах теплофикации применяются центробежные насосы.

Центробежные и струйные насосы применяются на ТЭС в системах гидрозолаудаления.

Струйные насосы используются для удаления воздуха из конденсаторов паровых турбин и в абонентских теплофикационных вводах в качестве смесителей прямой и обратной воды.

Из объемных насосов в теплоэнергетике применяют поршневые насосы для питания паровых котлов малой паропроизводительности и в качестве дозаторов реагентов для поддержания требуемого качества питательной и котловой воды крупных котлов. Роторные насосы употребляются на электростанциях в системах смазки и регулирования турбин.

Для получения сжатого воздуха в качестве энергоносителя используются в основном поршневые компрессоры.

В теплоэнергетике для обеспечения энергетического цикла (котел-турбина-генератор) используют более 20 различных видов насосов.

Насосное оборудование теплоэлектростанций среди вспомогательного оборудования по установленной мощности занимает первое место.

По назначению, характеру работы, роду перекачиваемой жидкости и параметрам на ТЭС используются центробежные и осевые насосы различной конструкции. Это центробежные насосы низкого, среднего и высокого давления; одноступенчатые насосы с

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		106стр. из 174

односторонним и двусторонним всасыванием, многоступенчатые насосы для чистой воды, насосы для масла, мазута и пр.

Если в качестве основного признака принять назначение насоса, то возможно деление на следующие группы:

I. Насосы, тесно связанные с работой основного эксплуатационного оборудования теплоэлектростанции и являющиеся особо ответственными механизмами, т.е. отвечающие основным и вспомогательным циклам работы станции:

Насосы основных (непрерывных) циклов работы.

1. Цикл циркуляции воды.

а) Циркуляционные для охлаждения пара в конденсаторах.

б) Рециркуляционные для охлаждения циркуляционной воды (через пруды, холодильники, градирни и т.п.).

2. Цикл питательной воды.

а) Конденсатные низкого давления.

б) Конденсатные среднего давления.

в) Конденсатные добавочные (конденсат греющего пара).

г) Воздушные, мокровоздушные, эжекторные.

д) Питательные, промежуточного подогрева.

е) Питательные котлов.

3. Цикл теплопередачи.

а) Сетевые.

б) Бойлерные.

4. Цикл регулирования.

а) Нагнетательные для питания сервомоторов регуляторов паровых турбин.

5. Цикл охлаждения основного оборудования.

а) Охлаждение колосниковых балок котлов.

б) Охлаждение подшипников турбин (основные и пусковые).

в) Охлаждение трансформаторов.

2) Насосы вспомогательных циклов работы.

1. Цикл подготовки питательной воды.

а) Подача сырой воды в испарители.

б) Рециркуляционные (для охлаждения пара в испарителе).

в) Подача конденсата из испарителя в конденсатный бак или аккумулятор.

2. Цикл подготовки топлива и удаление продуктов горения.

а) Подача жидкого топлива (нефти и мазута) к бакам хранения и питания.

б) Удаление золы гидравлическим способом.

II. Насосы, не связанные с основным эксплуатационным оборудованием станции, т.е. насосы, предназначенные для технических целей, и насосы разного назначения:

1) Насосы для технических целей.

1. Дренажные (грязевые) для откачки из колодцев.

2. Масляное хозяйство (очистка масла и пр.).

3. Откачка грязевых осадков из испарителей.

4. Для прострелки трубок конденсаторов или бойлеров (при их очистке).

2) Насосы разного назначения.

1. Пожарные.

2. Хозяйственные.

3. Разные.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		107стр. из 174

К наиболее важным насосам, непосредственно влияющим на надежность и экономичность работы электростанции, относятся питательные, конденсатные, циркуляционные, сетевые и багерные.

В наиболее трудных условиях работают питательные, конденсатные и багерные насосы вследствие особенностей рабочего процесса на тепловых электростанциях и требований, предъявляемых к их надежности и экономичности. Особо ответственна работа питательных насосов, которые на современных мощных электростанциях приравняются к основному тепломеханическому оборудованию наряду с паровыми турбинами и котлами.

Основные рабочие характеристики нагнетательных машин

Основными параметрами (величинами), характеризующими работу нагнетательных машин, является подача (расход), напор и давление, ими развиваемыми. Энергия, сообщаемая потоку жидкости или газа нагнетательной машиной, вполне определяется этими величинами и плотностью подаваемой среды. Гидродинамическое и механическое совершенство машины характеризуется ее полным КПД.

Подача (расход) - количество жидкости (газа), перемещаемое машиной в единицу времени. Количество газа, подаваемого вентилятором и компрессором, принято называть производительностью.

Если подачу измеряют в единицах объема, то ее называют объемной и обозначают Q . Системой СИ введена массовая подача M , кг/с - масса жидкости (газа), подаваемая машиной в единицу времени. Очевидно, что

$$M = \rho Q$$

где ρ - плотность среды, кг/м³; Q - объемная подача, м³/с.

В компрессорах из-за значительного повышения давления плотность газа по длине проточной полости возрастает, а объемная производительность уменьшается, поэтому принято объемную производительность компрессоров исчислять по физическим условиям входа в компрессор: $T = 293 \text{ K}$; $p = 0,102 \text{ МПа}$.

Напором насоса H называется приращение энергии, получаемой каждым килограммом жидкости, проходящей через насос, т.е. разность удельных энергий жидкости между нагнетательным и всасывающим патрубками насоса, и выражаемая в метрах столба перекачиваемой жидкости.

Классификация поршневых компрессоров

Устройство и работа поршневого компрессора

Поршневые компрессоры по конструктивным признакам сходны с поршневыми насосами. Конструктивная схема одноступенчатого компрессора с цилиндром двойного действия и индикаторная диаграмма представлены на рис. 10.6. Цилиндр компрессора, закрытый с обеих сторон крышками, имеет две полости. В стенках цилиндра в специальных коробах расположены всасывающий и нагнетательный клапаны, они открываются и закрываются автоматически под действием перепада давлений между рабочей полостью и соответствующей камерой (всасывающей, либо нагнетательной).

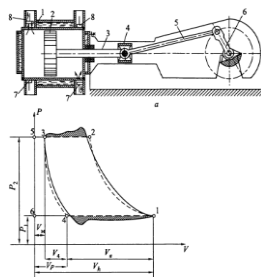
Цилиндры поршневых компрессоров чаще всего охлаждаются водой.

Для этого в них предусмотрена специальная водяная рубашка.

Небольшие компрессоры выполняются с воздушным охлаждением, а их поршень соединен непосредственно с шатуном (бескрейцкопфные компрессоры).

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		108стр. из 174

В месте прохода штока через крышку цилиндра помещается уплотнение, называемое сальником.



а - схема: 1- цилиндр; 2 - поршень; 3 - шток; 4 - крейцкопф;
 5 - шатун; 6 - кривошип; 7 и 8 - всасывающий и нагнетательный клапаны;
 б - индикаторная диаграмма (цифры на диаграмме соответствуют точкам процесса)

Рисунок 10.6 - Одноступенчатый поршневой компрессор двухстороннего действия:

Перепад давлений, обеспечивающий открытие клапанов и преодоление их гидравлических сопротивлений, определяет дополнительные затраты работы по сравнению с идеальным компрессорным циклом.

Холодильные поршневые компрессоры классифицируются по множеству отличительных особенностей, из которых наиболее значительные следующие:

1. По виду рабочего вещества холодильные компрессоры делятся на аммиачные, фреоновые, пропановые, воздушные и др.

Детали и узлы компрессоров изготавливают из таких конструкционных материалов, которые не вступают в химическую реакцию с холодильным агентом. Например, в аммиачных компрессорах исключается применение медных деталей, так как аммиак окисляет медь, что может привести к нежелательному омеднению стальных поверхностей. Фреоны являются наиболее текучими холодильными агентами. Поэтому, во избежание утечек, к материалам блок-картеров предъявляются повышенные требования (отсутствие микротрещин, раковин, рисок и т. д.).

2. По диапазону работы на высоко-, средне- и низкотемпературные.

Для высокотемпературных компрессоров стандартная температура кипения холодильного агента равна $T_k = 278K(+5^\circ C)$, для среднетемпературных компрессоров $T_k = 258K(-15^\circ C)$, для низкотемпературных $T_k = 238K(-35^\circ C)$.

3. По холодопроизводительности на малые, средние и крупные.

К малым относятся компрессоры, имеющие холодопроизводительность Q_0 менее 12 кВт, к средним Q_0 от 12 до 120 кВт, к крупным Q_0 более 120 кВт при стандартном среднетемпературном режиме.

4. По конструкции кривошипно-шатунного механизма: крейцкопфные и бескрейцкопфные. (рисунок 3)

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		109стр. из 174

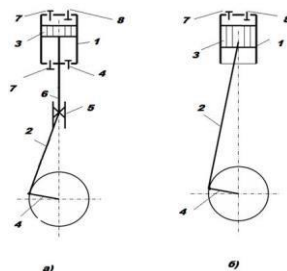


Рисунок 10.7– Конструкции механизма движения компрессора

а) крейцкопфный; б) бескрейцкопфный;
 1-цилиндр; 2-шатун; 3-поршень; 4-коленчатый вал; 5-крейцкопф; 6-шток; 7-нагнетательный клапан; 8-всасывающий клапан.

В крейцкопфных конструкциях компрессоров (рисунок 3а) движение от шатуна к поршню передается через специальный механизм-крейцкопф и шток. В бескрейцкопфных компрессорах движение от шатуна непосредственно передается поршню (рисунок 10.3б). В крейцкопфных компрессорах поршень имеет небольшую высоту, достаточную только для размещения колец, так как всю боковую нагрузку воспринимает на себя крейцкопф. В бескрейцкопфных компрессорах высота поршня значительно больше, здесь роль крейцкопфа выполняет нижняя часть поршня. В настоящее время в холодильной технике применяются в основном бескрейцкопфные компрессоры, как наиболее простые.

5. По количеству цилиндров: одно-, двух-, четырех-, шести- и так далее цилиндров (количество цилиндров может быть до шестнадцати). Так как валы холодильных компрессоров преимущественно двухколенчатые, то число цилиндров всегда четное, кроме одноцилиндровых с консольным или эксцентриковым валом.

6. По расположению осей цилиндров – вертикальные, горизонтальные, оппозитные и угловые (рисунок 10.8).

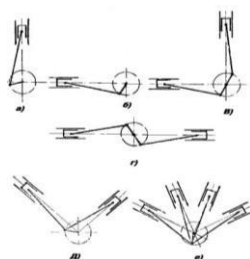


Рисунок 10.8 – Расположение осей цилиндров компрессоров

а – вертикальный; б – горизонтальный; в – угловой; г – оппозитный, д – V-образный; е – W-образный.

В вертикальных компрессорах оси цилиндров расположены вертикально (рисунок 10.8а). У горизонтальных компрессоров оси цилиндров проходят горизонтально по одну сторону коленчатого вала (рисунок 10.8б). Расположение осей цилиндров у оппозитного компрессора также горизонтальное, только по обе стороны коленчатого вала (рисунок.10.8г). Угловые компрессоры имеют часть цилиндров, расположенных горизонтально, часть - вертикально (рисунок 10.8в). В последнее время большое распространение получили

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		110стр. из 174

угловые компрессоры, у которых оси цилиндров расположены Y-образно с углом развала от 60° до 90° (рисунок 10.7д) и веерообразно с углом развала от 45° до 60° (рисунок 10.8е).

7. По типу газораспределения в цилиндре: прямоточные и непрямоточные (рисунок 10.9, 10.10, 10.11, 10.12).

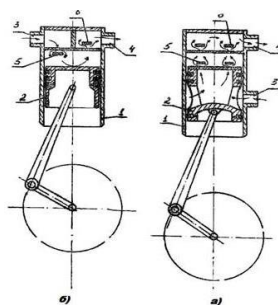


Рисунок 10.9 – Схема прямоточного (а) и непрямоточного (б) компрессор

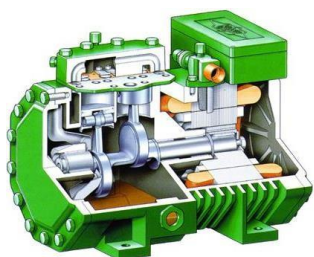


Рисунок 10.11 – Прямоточный компрессор

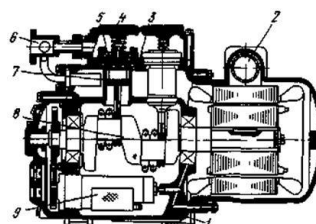


Рисунок 10.12 – Непрямоточный компрессор

1 — блок картер, 2 — всасывающий патрубок, 3 — блок цилиндров, 4 — крышка цилиндров, 5 — клапанная группа, 6 — нагнетательный патрубок, 7 — шатунно-поршневая группа, 8 — коленчатый вал, 9 — фильтр

В прямоточных компрессорах пар всегда движется в одном направлении. Нагнетательный клапан неподвижно закреплен в клапанной доске в верхней части цилиндра, а всасывающий клапан находится в верхней части поршня и движется вместе с ним (рисунок 10.12а). В непрямоточных компрессорах, всасывающий и нагнетательный клапан неподвижны и расположены в клапанной доске в верхней части цилиндра. При всасывании и нагнетании пар холодильного агента в цилиндре меняет свое направление (рисунок 10.12б).

8. По количеству ступеней сжатия на одно-, двух-, многоступенчатые.

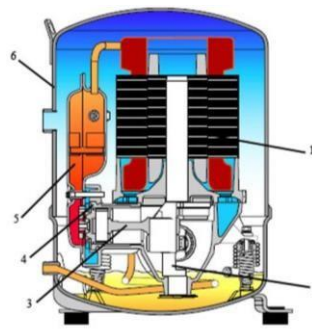
Количество ступеней сжатия выбирается в зависимости от того, какой термодинамический цикл осуществляется в холодильной машине. Сжатие в одной ступени экономически не эффективно при отношении давления нагнетания и всасывания:

$$\frac{P_H}{P_{BC}} \geq 8$$

В многоступенчатом поршневом компрессоре одна часть цилиндров работает на низкую ступень, другая – на ступень высокого давления.

9. По степени герметичности на герметичные, бессальниковые и сальниковые.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		111стр. из 174



1 – электродвигатель , 2 – коленчатый вал , 3 – шатунно-поршневая группа, 4 – блок цилиндров, 5 – глушитель шума , 6 – кожух.

Рисунок 10.13 - Герметичный холодильный компрессор

В герметичных компрессорах весь механизм движения вместе с электродвигателем помещен в один неразъемный сварной кожух (рисунок 10.13). Бессальниковый компрессор имеет картер со встроенным электродвигателем (рисунок 10.13). Картер выполнен со съемными крышками, обеспечивающим доступ к клапанам, механизму движения и электродвигателю. Сальниковые компрессоры соединяются с приводом через муфту или ременную передачу. Тут герметичность между выходным концом коленчатого вала и корпусом достигается установкой специального устройства-сальника.

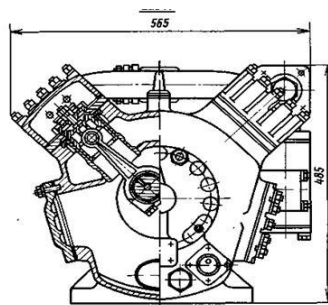


Рисунок 10.14 - Бессальниковый холодильный компрессор

1 - блок картер, 2 - ротор электродвигателя, 3 - статор электродвигателя, 4 - герметизированные электровводы

10. По взаимному креплению цилиндра и картера: на блок-картерные и блок-цилиндровые.

Блок-картерные конструкции имеют блок цилиндров и картер в общей отливке. В блок-цилиндровых компрессорах картер и блок цилиндров отдельные детали, крепящиеся друг к другу болтами. Блок-цилиндровые компрессоры применяются в настоящее время сравнительно редко и только в малых холодильных компрессорах.

11. По числу рабочих полостей цилиндра: на компрессоры простого действия и двойного действия.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 112стр. из 174

В компрессорах простого действия сжатие пара осуществляется одной стороной поршня, а в компрессорах двойного действия обеими сторонами поршня, соответственно в двух рабочих полостях цилиндра. Крейцкопфные компрессоры в основном двойного действия (рисунок 10.14а), бескрейцкопфные – простого действия (рисунок 10.14б).

12. По виду охлаждения: на компрессоры с водяным охлаждением и с воздушным охлаждением, с охлаждением паром холодильного агента, с комбинированным охлаждением.

При водяном охлаждении верхняя часть цилиндров, а иногда и крышки, имеют водяную рубашку, выполненную в блок-картере или в блок-цилиндре. В компрессорах с воздушным охлаждением для увеличения теплопередающей поверхности на блок-цилиндрах и крышках делается ребрение.

13. По способу смазки трущихся деталей: на компрессоры с принудительной смазкой, разбрызгиванием, комбинированной смазкой и без смазки.

Для смазки поверхностей трения используется специальное жидкое масло, которое находится в нижней части картера компрессора. Принудительная смазка осуществляется при помощи масляного насоса через просверленные отверстия в коленчатом вале и шатуне.

При смазке разбрызгиванием, масляного насоса нет, а смазка осуществляется за счет разбрызгивания масла по всему внутреннему объему компрессора. При комбинированной смазке применяется совместное действие принудительной системы смазки и разбрызгиванием. В настоящее время выпускаются крейцкопфные компрессоры, у которых цилиндропоршневая группа не смазывается, а кривошипно-шатунный механизм имеет обычную циркуляционную смазку от насоса. Для предотвращения попадания масла к цилиндрам, в них на штоке, между поршнем и крейцкопфом, устанавливается сальник. Прошли успешные испытания бескрейцкопфные поршневые компрессоры без смазки, где полностью отсутствует жидкое масло. В таких компрессорах шатунные подшипники, поршневые кольца, втулки верхних головок шатунов изготовлены из композиционных антифрикционных материалов с низким коэффициентом трения. Имеются также компрессоры без смазки, в нижних головках шатунов которых установлены герметизированные подшипники качения с консистентной смазкой. Такие компрессоры имеют разъемный вал.

Поршни

Поршень предназначен для создания разрежения в цилиндре компрессора при увеличении его внутреннего объема и сжатия пара хладагента при уменьшении внутреннего объема. По конструкции различают дифференциальные, дисковые и тронковые поршни.

Дифференциальные поршни (рисунок 10.14а) применяют в компрессорах многоступенчатого сжатия. Поршни изготавливают как цельными, так и составными. Двухступенчатые дифференциальные поршни горизонтальных компрессоров выполняют подвешенными на штоке. Более сложные поршни делают скользящими по поверхности цилиндра. Компрессоры с дифференциальными поршнями применяют в основном для сжатия различных газов и в холодильной технике большого практического значения не получили.

Дисковые поршни используются в крейцкопфных холодильных компрессорах (рисунок 11б). Дисковые поршни делают обычно полыми и днища соединяют между собой ребрами. Высота поршня компрессора небольшая и определяется из условия размещения на нем уплотнительных колец.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		113стр. из 174

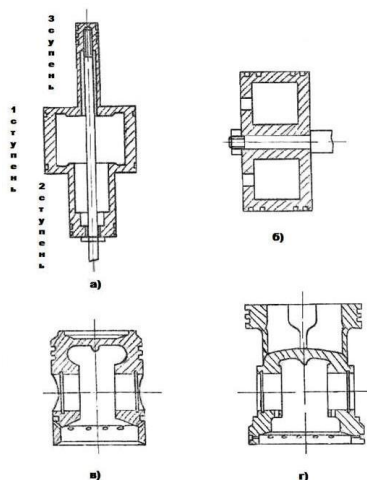


Рисунок 10.14 – Поршни компрессоров

а – дифференциальный; б – дисковый; в – тронковый непроходной; г – тронковый проходной.

Поршни крейцкопфных компрессоров могут подвешиваться на штоке или опираться на рабочую поверхность цилиндра. В последнем случае дисковый поршень снабжают дополнительной несущей поверхностью, воспринимающей вес поршня.

Тронковые поршни применяют в холодильных бескрейцкопфных компрессорах, они соединяются непосредственно с шатуном при помощи поршневого пальца. В непрямоточных бескрейцкопфных компрессорах применяют тронковые непроходные поршни, которые имеют вид перевернутого вверх дном стакана (рисунок 10.14в). На верхней части поршня имеются канавки для уплотнительных и маслосъемных колец. В отечественных конструкциях принято применять два-три уплотнительных и одно маслосъемное кольцо. Прямоточные бескрейцкопфные компрессоры снабжены тронковыми проходными поршнями. Проходной поршень не имеет дна, вместо которого устанавливается клапанная доска с всасывающими клапанами (рисунок 10.14г). Форма поршня удлиненная, где предусмотрены окна или каналы для прохода пара холодильного агента из всасывающего трубопровода к всасывающим клапанам.

Тронковые поршни выполняют из высококачественных чугунов СЧ21, СЧ24 или алюминиевых сплавов АЛ10В, АЛ30. Для малых поршней (диаметром до 50мм) без уплотнительных колец применяют чугун, алюминиевые сплавы или низкоуглеродистую автоматную сталь.

4. Иллюстративный материал: Для проведения занятия используется следующее материально- техническое обеспечение: ноутбук, мультимедийный проектор, экран.

5. Литература:

основная

5. Литература:

основная

- Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.- Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		114стр. из 174

2. Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).
3. Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.
4. Шароглазов Б. А., Фарафонов М. Ф., Клементьев В. В. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов: Учебник по курсу «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания». – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 403 с.
5. Ст. 1 Закон Об энергосбережении и повышении энергоэффективности РК от 13 января 2012 года № 541-IV. Действующий с изменениями и дополнениями. Проверено 15.01.2022
6. Вспомогательное оборудование ТЭС. Конспект лекций для студентов специальности 5В071700 – Теплоэнергетика. Алматы 2017. с.104
7. Дополнительная литература
8. Ледуховский Г.В., Пospelов А.А. Расчет и нормирование показателей тепловой экономичности оборудования ТЭС: Учеб. пособие / ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2015. – 468 с.
9. Нагнетатели и тепловые двигатели / В. М. Черкасский, И. В. Калинин, Ю. В. Кузнецов, В. И. Субботин. М. : Энергоатомиздат, 1997
10. Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года № 724
11. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 274 с.

Электронные ресурсы:

<http://www.studmedlib.ru>,
 ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123
<http://lib.ukma.kz /ru/> Базы данных
 Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

6. Контроль (вопросы, задачи, решение)

1. Объясните способ действия динамических и объемных нагнетателей.
2. Перечислите основные параметры нагнетательных машин.
3. Что такое параллельное и последовательное соединение нагнетателей? В каких случаях они применяются?
4. Какие существуют практические способы регулирования подачи центробежных насосов?
5. Назовите основные показатели и характеристики центробежных вентиляторов.
6. Какие существуют способы регулирования производительности вентиляторов?
7. Какие процессы происходят в реальном поршневом компрессоре?
8. Как определить мощность и КПД поршневого компрессора?
9. Какие существуют способы регулирования подачи поршневого компрессора?

Лекция 11

1 Тема 11. Системы теплоснабжения и источники

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		115стр. из 174

2. Цель: знать основные о системах и источниках теплоснабжения, знать пути потребления тепловой энергии

3. Тезисы лекции:

Классификация систем теплоснабжения.

Потребление тепловой энергии.

Основные сведения о системах теплоснабжения.

Водяные и паровые системы теплоснабжения

Классификация систем теплоснабжения и источники

Человечество использует тепловую энергию с начала своего существования. До второй половины ХУІІ в. она использовалась на месте ее получения, т. е. применялось местное отопление. У римлян применялись водяные системы отопления с использованием термальных вод и подпольное огневоздушное отопление дворцов. Эти способы после падения Римской империи (V в. до н. э.) были совершенно забыты и обнаружены только сейчас в результате работы археологов.

Отрар – свидетель расцвета Казахстана в эпоху Великого Шелкового пути. Он оставался крупным торговым центром вплоть до средневековья. Отрар был знаменит собственным монетным двором, роскошными восточными банями с оригинальной системой отопления, огромной библиотекой, не уступавшей самым известным библиотекам древности. В этом городе родился, жил и творил всемирно известный средневековый мыслитель Аль-Фараби. В конце XIII века во время монгольского нашествия город был уничтожен.

В ХУІІ - ХУІІІ вв. появляются системы центрального отопления, в которых от одного источника отапливались все помещения.

В России первая система парового отопления была осуществлена в 1816, а водяного отопления - в 1834 г. Началом централизации систем теплоснабжения следует считать 1818 г. Англичанин Тредгольд описывает смонтированную в том же году паровую систему высокого давления, отапливавшую целую группу оранжерей от общей котельной, отстоящей от наиболее удаленной оранжереи на 127 м.

В 1830 г. в Германии появилась первая система парового отопления, в которой был использован выхлопной пар паровой машины.

Хорошие технико-экономические показатели централизации источников тепла для силовых и отопительных целей были получены в США. В 1878 г. в

г. Локпорте (штат Нью-Йорк) осуществлена первая районная система теплоснабжения 210 домов с использованием для этой цели пара паровых машин.

Первоначальная длина подземных паропроводов составляла 2 км. В это же время было осуществлено насосно-водяное отопление, совмещенное с горячим водоснабжением, большой группы домов в Бантедте (штат Нью-Йорк).

Следующей страной, осуществившей центральное теплоснабжение, была Германия. Здесь система централизованного парового теплоснабжения появилась в 1900 г. в г. Дрездене. Пар с давлением 0,8 МПа подавался на расстояние 1050 м к двенадцати потребителям.

В начале XX в. в связи с серийным производством электродвигателей получает развитие центральное водяное теплоснабжение.

Классификация систем теплоснабжения

Основное назначение любой системы теплоснабжения состоит в обеспечении потребителей необходимым количеством теплоты заданных параметров.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		116стр. из 174

В зависимости от размещения источника теплоты по отношению к потребителям системы теплоснабжения разделяются на децентрализованные и централизованные.

В децентрализованных системах источник теплоты и теплоприемники потребителей совмещены в одном агрегате или размещены столь близко, что передача теплоты от источника до теплоприемников может производиться без промежуточного звена - тепловой сети.

В системах централизованного теплоснабжения источник теплоты и теплоприемники потребителей размещены раздельно, часто на значительном расстоянии, поэтому передача теплоты от источника до потребителей производится по тепловым сетям.

Системы децентрализованного теплоснабжения разделяются на индивидуальные и местные.

В индивидуальных системах теплоснабжение каждого помещения (участок цеха, комната, квартира) обеспечивается от отдельного источника.

К таким системам, в частности, относятся печное и поквартирное отопление. В местных системах теплоснабжение каждого здания обеспечивается от отдельного источника теплоты, обычно от местной котельной. К этой системе, в частности, относится так называемое центральное отопление зданий. В зависимости от степени централизации системы централизованного теплоснабжения можно разделить на следующие четыре группы:

- групповое - теплоснабжение группы зданий;
- районное - теплоснабжение нескольких групп зданий (района);
- городское - теплоснабжение нескольких районов;
- межгородское - теплоснабжение нескольких городов. [4].

Процесс централизованного теплоснабжения состоит из трех последовательных операций:

- а) подготовки теплоносителя;
- б) транспорта теплоносителя
- в) использования теплоносителя.

Подготовка теплоносителя производится в специальных, так называемых теплоподготовительных установках на ТЭЦ, а также в городских, районных, групповых (квартальных) или промышленных котельных.

Потребление тепловой энергии.

Транспортируется теплоноситель по тепловым сетям. Используется теплоноситель в теплоприемниках потребителей. *Комплекс установок, предназначенных для подготовки, транспорта и использования теплоносителя, составляет систему централизованного теплоснабжения.* Для транспорта теплоты на большие расстояния применяются два теплоносителя: вода и водяной пар. Как правило, для удовлетворения сезонной нагрузки и нагрузки горячего водоснабжения в качестве теплоносителя используется вода, для промышленной технологической нагрузки - пар.

Если сравнить по основным показателям воду и пар, можно отметить следующие преимущества их друг перед другом.

Преимущества воды:

- 1) сравнительно низкая температура воды, а следовательно, температура поверхности нагревательных приборов;
- 2) возможность транспортирования воды на большие расстояния без уменьшения ее теплового потенциала;

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		117стр. из 174

3) возможность центрального регулирования тепловой отдачи систем теплоснабжения;

4) возможность ступенчатого подогрева воды на ТЭЦ с использованием низких давлений пара и увеличения таким образом выработки электрической энергии на тепловом потреблении;

5) простота присоединений водяных систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения к тепловым сетям;

6) сохранение конденсата греющего пара на ТЭЦ или в районных котельных;

7) большой срок службы систем отопления и вентиляции.

Преимущества пара:

1) возможность применения пара не только для тепловых потребителей, но также для силовых и технологических нужд;

2) быстрый прогрев и быстрое остывание систем парового отопления, что представляет собой ценность для помещений с периодическим обогревом;

3) пар низкого давления (обычно применяемый в системах отопления зданий) имеет малую объемную массу (примерно в 1650 раз меньше объемной массы воды); это обстоятельство в паровых системах отопления позволяет не учитывать гидростатическое давление и создает возможность применять пар в качестве теплоносителя в многоэтажных зданиях; паровые системы теплоснабжения по тем же соображениям могут применяться при самом неблагоприятном рельефе местности теплоснабжаемого района;

4) более низкая первоначальная стоимость паровых систем ввиду меньшей поверхности нагревательных приборов и меньших диаметров трубопроводов;

5) простота начальной регулировки вследствие самораспределения пара;

6) отсутствие расхода энергии на транспортирование пара.

К недостаткам пара можно отнести дополнительно:

1) повышенные

потери теплоты паропроводами из-за более высокой температуры пара;

2) срок службы паровых систем отопления значительно меньше, чем водяных, из-за интенсивной коррозии внутренней поверхности конденсатопроводов.

Принимая во внимание сказанное, несмотря на некоторые преимущества пара как теплоносителя, последний применяется для систем теплоснабжения и отопительных систем значительно реже воды и то лишь для тех помещений, где нет долговременного пребывания людей.

Строительными нормами и правилами паровое отопление разрешается применять в торговых помещениях, банях, прачечных, кинотеатрах, в промышленных зданиях. В жилых зданиях паровые системы не применяются.

В системах воздушного отопления и вентиляции любых зданий разрешается применение пара в качестве первичного (нагревающего воздух) теплоносителя. Применять его также можно для нагревания водопроводной воды в системах горячего водоснабжения.

Параметрами теплоносителей называют температуру и давление.

Вместо давления в практике эксплуатации широко пользуются другой единицей - напором.

Напор и давление связаны зависимостью

$$H = \frac{P}{\rho g}$$

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		118стр. из 174

где H - напор, м; P - давление, Па; ρ - плотность теплоносителя кг/м^3 ; g - ускорение свободного падения, м/с^2 .

Вода как теплоноситель характеризуется различными температурами до системы теплоснабжения (нагревательного прибора) и после системы теплоснабжения.

Мощность теплового потока, кВт, отдаваемого водой, Q определяется формулой

$$Q = Gc(t_1 - t_2) \quad (11.1)$$

где G - количество воды, проходящей через систему теплоснабжения, кг/с ; c - удельная теплоемкость воды, равная $4,19 \text{ кДж}/(\text{кг}^\circ\text{C})$; t_1 - температура воды до системы теплоснабжения (после источника теплоты), $^\circ\text{C}$; t_2 - температура воды после системы теплоснабжения (до источника теплоты), $^\circ\text{C}$.

В современных системах теплоснабжения применяют следующие значения температур воды:

- а) $t_1 = 105^\circ\text{C}$ (95°C); $t_2 = 70^\circ\text{C}$ в системах отопления жилых и общественных зданий;
- б) $t_1 = 150^\circ\text{C}$; $t_2 = 70^\circ\text{C}$ в системах централизованного теплоснабжения от котельной или ТЭЦ, а также в системах отопления промышленных зданий.

Температура воды в системах теплоснабжения должна соответствовать давлению, при котором не будет вскипания (например, вода при температуре 150°C должна иметь давление не ниже $0,4 \text{ МПа}$).

Повышение температуры воды в источнике теплоснабжения (у генератора теплоты) ведет к снижению количества перекачиваемой воды, уменьшению диаметров труб и расходов энергии на перекачку.

Сказанное будет ясно, если формулу (11.1) решить относительно расхода воды, кг/с ,

$$G = \frac{Q}{c(t_1 - t_2)} \quad (11.2)$$

Для передачи того же количества теплоты Q тем меньше потребуется воды G , чем больше разность температур ($t_1 - t_2$).

Для перехода от массы перекачиваемой воды к ее объему V , м^3 , используют формулу

$$V = \frac{G}{\rho}, \quad (11.3)$$

где G - расходы воды, кг/с ; ρ - плотность воды, кг/м^3 .

В системах парового теплоснабжения применяется пар различных давлений, МПа:

В системах парового отопления низкого давления - $0,005-0,07$

В системах парового отопления высокого давления - $> 0,07$

Для технологии применяется пар с различными более высокими давлениями.

Мощность тепловой отдачи пара, кВт, в системе теплоснабжения Q и количество пара G для передачи этого же количества теплоты определяются по формуле:

$$Q = G(i - c_r t_{\text{нас}}) \quad (11.4)$$

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		119стр. из 174

где G - количество пара, кг/с; i - энтальпия сухого насыщенного пара, кДж/кг; $t_{\text{нас}}$ - температура насыщения пара, °C.

Теплоемкость конденсата ск, как и воды, равна 4,19 кДж/(кг°C), поэтому энтальпия конденсата $i_k = t_{\text{нас}}$, $c_k = 4,19$.

Для пара низкого давления формула (11.4) может быть упрощена

$$Q = Gr,$$

где r - скрытая теплота парообразования, равная 2260 кДж/кг.

Расход пара (и конденсата), кг/с,

$$G = \frac{Q}{i - c_k t_{\text{нас}}}$$

Тепловые системы источников тепла

Большая часть тепловой нагрузки при теплофикации покрывается отработавшей теплотой, получаемой от установленных на ТЭЦ теплофикационных турбин, в которых электрическая энергия вырабатывается комбинированным методом.

На современных ТЭЦ, работающих на органическом топливе, устанавливаются, как правило, теплофикационные турбины большой единичной мощностью (50-250 МВт) на высокие и закритические начальные параметры (13 и 24 МПа) двух основных типов:

а) конденсационные с отбором пара (Т и ПТ);

б) с противодавлением (Р). Основные параметры теплофикационных турбин серийного производства приведены в табл. 9.1.

Таблица 11.1

Марки основные параметры стационарных теплофикационных турбин серийного производства единичной мощностью $N \geq 25\,000$ кВт

Тип турбины	Обозначение	Завод-изготовитель	Электрическая мощность, кВт ¹	Начальные параметры: давление, МПа; температура, °C	Номинальный расход пара, т/ч	Давление регулируемых отборов, МПа	Расход пара в отборе, т/ч	Температура питательной воды, °C	Число регенеративных подогревателей ³	Температура охлаждающей воды, °C	Число цилиндров
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Конденсационная с отборным паром	T-25-90	ТМЗ	25 000 30 000	9; 535	130	0,07-0,25	92	225		20	1
	T-50/60-130	ТМЗ	55 000 60 000	13; 565	256	0,05-0,20 0,06-0,25	180	230	4 3	20	2
	T-105/120-130-2	ТМЗ	105 000 120 000	13; 565	460	0,05-0,20 0,06-0,25	310	230	4 3	20	3
	T-175/210-130	ТМЗ	175 000 210 000	13; 565	745	0,05-0,20 0,06-0,30	520	232	4 3	20	3
	T-180/215-130	ТМЗ	180 000 215 000	13; 560/565	628	0,05-0,15 0,06-0,20	465	232	4 3	20	3
	T-250/300-240	ТМЗ	250 000 300 000	24; 560/565	905	0,05-0,20 0,06-0,20	645	265	5 3	20	4

Основные сведения о системах теплоснабжения.

На промышленном предприятии тепловая энергия распределяется на технологические процессы, отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. В жилищно-коммунальном хозяйстве основными потребителями тепловой энергии являются системы отопления зданий.

В систему теплоснабжения входит следующее оборудование:

- источники теплоты;
- трубопроводы;
- насосы;
- теплопотребляющие приборы и оборудование;
- регулирующая, сигнализирующая и регистрирующая аппаратура;

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		120стр. из 174

– устройства автоматики

Источники теплоты вырабатывают тепловую энергию требуемых параметров, которая затем транспортируется по тепловым сетям к промышленному и жилищно-коммунальному сектору.

Тепловые сети от ТЭЦ и крупных котельных имеют в своем составе центральные тепловые пункты (ЦТП), местные тепловые пункты (МТП), контрольно-распределительные пункты (КРП), подкачивающие насосные станции, (ПНС).

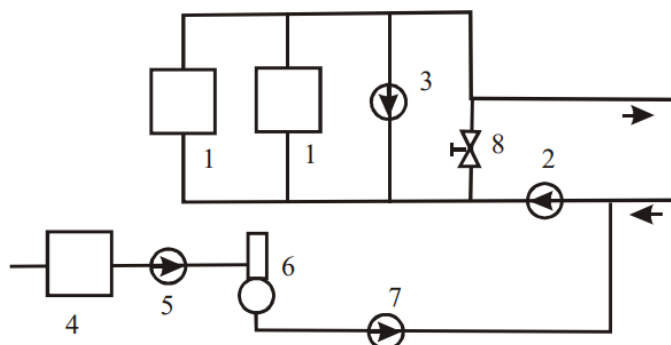
Тепловые потребители классифицируются по двум основным категориям:

- а) потребление тепла для коммунально-бытовых нужд (для обеспечения комфортных условий труда и быта в жилых, общественных и производственных помещениях);
- б) потребление тепла для технологических нужд (для обеспечения выпуска промышленной или сельскохозяйственной продукции заданного качества).

Основная задача систем теплоснабжения. Из основной задачи вытекают проектные задачи и эксплуатационные функции теплоснабжающей системы.

Представление об основных источниках тепла.

На рис. 11.1 приведена в качестве примера простейшая принципиальная схема водогрейной котельной с котлами ПТВМ, работающими на газе.



- 1 - водогрейные котлы; 2 - сетевой насос; 3 - рециркуляционный насос; 4 – химическая водоподготовка ; 5 – насос;
6 - деаэрактор; 7 - подпиточный насос; 8 - регулятор перепуска.

Рисунок 11.1. - Тепловая схема водогрейной котельной с котлами ПТВМ:

Классификация систем теплоснабжения.

Источники теплоты

В зависимости от размещения источника теплоты по отношению к потребителям системы теплоснабжения разделяются на два вида:

- 1) централизованные;
- 2) децентрализованные.

1. В системах *централизованного* теплоснабжения источник теплоты и теплоприемники потребителей размещены раздельно, часто на значительном расстоянии, поэтому передача теплоты от источника до потребителей производится по **тепловым сетям**.

Процесс централизованного теплоснабжения состоит из трех операций: **подготовки, транспорта и использования теплоносителя**.

Подготовка теплоносителя производится в специальных тепло-подготовительных установках на ТЭЦ, а также в городских, районных, групповых (квартальных) или

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		121стр. из 174

промышленных котельных. Транспортируется теплоноситель по тепловым сетям, а используется в теплоприемниках потребителей.

В зависимости от степени централизации системы централизованного теплоснабжения можно разделить на следующие четыре группы:

- групповые - теплоснабжение группы зданий;
- районные - теплоснабжение нескольких групп зданий (района);
- городские - теплоснабжение нескольких районов;
- межгородские - теплоснабжение нескольких городов.

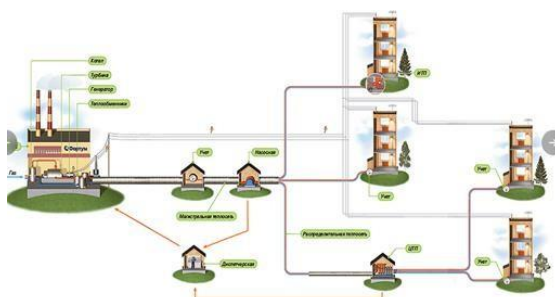


Рисунок 11.2 – Система теплоснабжения города



Рисунок 11.4 – Источники теплоснабжения

По виду теплоносителя системы централизованного теплоснабжения разделяют на **водяные и паровые**. Вода используется для удовлетворения сезонной нагрузки и нагрузки горячего водоснабжения (ГВС); пар - для промышленной технологической нагрузки.

2. В *децентрализованных* системах теплоснабжения источник теплоты и теплоприемники потребителей совмещены в одном агрегате или размещены столь близко, что передача теплоты от источника до теплоприемников может производиться без промежуточного звена - тепловой сети.

Системы децентрализованного теплоснабжения разделяются на индивидуальные и местные.

В индивидуальных системах теплоснабжение каждого помещения (участок цеха, комната, квартира) обеспечивается от отдельного источника. К таким системам относятся печное и поквартирное отопление. В местных системах теплоснабжение каждого здания обеспечивается от отдельного источника теплоты, обычно от местной котельной.

Системой теплоснабжения называют комплекс технических устройств, обеспечивающих приготовление теплоносителя, его транспортирование и распределение по потребителям.

Назначение системы теплоснабжения — обеспечение потребителей теплоты необходимым количеством тепловой энергии требуемых параметров,

Потребителями теплоты являются системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения, а также технологические установки промышленных предприятий.

В зависимости от изменения потребности в теплоте во времени различают *сезонных* и *круглогодичных* потребителей теплоты.

Системы отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха являются сезонными потребителями теплоты.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 122стр. из 174

Применяют централизованные и децентрализованные (автономные) системы теплоснабжения. В *централизованных* системах один источник теплоты обслуживает отдельно расположенные теплопотребляющие устройства ряда абонентов. В *децентрализованных* (автономных) системах теплоснабжения каждый потребитель имеет собственный источник теплоты.

Теплоноситель — материальная среда, которая используется для передачи теплоты от источника к потребителям. В системах теплоснабжения в качестве теплоносителя служат вода и водяной пар. Воздух для передачи теплоты на значительное расстояние малопригоден из-за его невысокой плотности и теплоемкости.

Вода: $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$; $c = 4187 \text{ кДж/кг}^\circ\text{К}$; $v = 1,5 \text{ м/с}$;

Пар: $\rho = 0,6-1,6 \text{ кг/м}^3$; $c = 2250-2160 \text{ кДж/кг}$; $v = 40-80 \text{ м/с}$.

Для обеспечения теплотой больших жилых массивов городов и промышленных предприятий применяются *системы централизованного теплоснабжения*. Источниками теплоты в них являются *теплоэлектроцентрали* (ТЭЦ) или крупные (обычно *районные котельные*).

Применяются водяные и паровые системы теплоснабжения.

К *преимуществам воды как теплоносителя* относятся значительно меньшие потери теплоты при транспортировании. В больших системах температура воды падает примерно на 1°C на 1 км теплопровода, в то же время давление пара снижается примерно на 0,1-0,15 МПа, что соответствует $5-10^\circ\text{C}$.

Преимуществом воды как теплоносителя является также возможность регулирования подачи теплоты путем изменения температуры воды (качественное регулирование). Водяная система более проста в эксплуатации, чем паровая, так как в ней отсутствуют конденсатоотводчики, конденсато-проводы, конденсатные насосы. При теплоносителе-воде поддерживается более низкая температура отопительных приборов. Это является гигиеническим преимуществом воды. Трубопроводы, транспортирующие воду, в меньшей степени подвержены коррозии и служат дольше, чем паропроводы.

Достоинством пара является возможность удовлетворять как отопительные, так и технологические нагрузки, а также малое гидростатическое давление. С учетом преимуществ и недостатков теплоносителей водяные системы применяют для теплоснабжения жилых домов, общественных и коммунальных зданий, предприятий, которым необходима горячая вода, а паровые системы — для снабжения промышленных предприятий. Централизованное теплоснабжение городов составляет до 70—80% в крупных городах, в которых преобладает современная застройка.

Теплофикация- централизованное теплоснабжение на базе ТЭЦ.

На конденсационной электростанции (КЭС) 40% теплоты - на производство электроэнергии.

В этих котельных могут быть механизированы подача топлива, удаление золы и шлака.

Сокращение количества источников теплоты и их укрупнение позволяют значительно улучшить экологическую ситуацию в крупных городах. Уменьшается количество дымовых труб, через которые в окружающую среду выбрасываются продукты сгорания.

Нет необходимости в большом числе складов топлива, может быть механизирован процесс удаления золы и шлаков. Легче осуществлять очистку дымовых газов от токсичных компонентов.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 123стр. из 174

Наряду со значительными преимуществами централизованное теплоснабжение имеет определенные недостатки. К ним в первую очередь относятся значительные потери теплоты в тепловых сетях, достигающие 30%.

В качестве источника теплоты в этих системах все шире применяются блочные и крышные котельные, работающие на газе и жидком топливе. Тепловая мощность котельных от 50 до 3840 кВт.

Тепловые сети

Водяные тепловые сети разделяются на *закрытые* и *открытые*. В открытых сетях циркулирующая в тепловой сети вода полностью или частично разбирается для горячего водоснабжения. В закрытых сетях вода из сети не отбирается.

Тепловая сеть - это система трубопроводов, по которым теплоноситель (горячая вода или пар) поступает от источника к потребителям теплоты. В тепловой сети можно выделить *три основных элемента: трубопроводы, по которым перемещается теплоноситель; изоляцию, предназначенную для уменьшения попутных потерь теплоты; строительные конструкции (каналы, опоры и др.)*.

В зависимости от схемы магистральных трубопроводов применяют *кольцевые* и *радиальные* (лучевые) тепловые сети.

Тепловые сети разделяются на *магистральные, распределительные* (внутри квартала, микрорайона) и *ответвления* к отдельным зданиям.

Тепловые сети могут быть одно-, двух- и многотрубными. 3-трубны: 1-я и 2-я трубы — подающие теплоноситель с разной температурой, 3-я - обратная.

4-трубная: 1-я, 2-я трубы - для отопления, вентиляции и кондиционирования; 3-я, 4-я - для горячего водоснабжения и технологических нужд.

Тепловые сети могут быть *подземными* и *надземными*. *Подземная* прокладка производится на территории населенных пунктов и предприятий. Применяется *канальная* и *бесканальная* прокладка.

Надземная прокладка производится на территории предприятий, в некоторых случаях на незастроенных территориях в населенных пунктах. Трубы устанавливаются на высоких опорах, наземных опорах, кронштейнах у стен зданий, эстакадах. Трассу тепловых сетей прокладывают в специально отведенных технических полосах параллельно улицам, дорогам и проездам.

При *бесканальной* прокладке тепловых сетей необходимо выдерживать определенные расстояния по вертикали и горизонтали от зданий, сооружений, водопровода, канализации, газопровода, электрических кабелей, кабелей связи.

Подземная прокладка производится в каналах и бесканальным способом. Используются *проходные* и *непроходные* каналы. Каналы обычно сооружаются из типовых деталей индустриального изготовления.

Проходные каналы более удобны в эксплуатации, они дают возможность вести постоянное наблюдение и обслуживание трубопроводов. При *бесканальной* прокладке трубопроводы находятся непосредственно в грунте. Этот способ прокладки дает существенную экономию. Теплоизоляционная конструкция состоит из четырех слоев: антикоррозионного, теплоизоляционного, гидроизоляционного, защитно-механического. Применяют следующие виды тепловой изоляции: *засыпную, сборную и монолитную*.

Присоединение потребителей к тепловым сетям

Схемы присоединения

Применяют *зависимое* и *независимое* присоединения местных систем к тепловым сетям.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		124стр. из 174

При *зависимом* присоединении вода из тепловой сети может поступать без подмешивания в отопительные приборы систем отопления. Эта схема применяется, если параметры воды в теплосети соответствуют параметрам воды в местной системе.

При *независимой* схеме вода из тепловой сети поступает в теплообменники местной системы. Отдав теплоту воде местных систем отопления и вентиляции, сетевая вода возвращается к источнику теплоснабжения.

При зависимом присоединении местная система и тепловая сеть между собой гидравлически взаимосвязаны. При независимом присоединении такой связи нет.

При присоединении систем горячего водоснабжения к открытой системе теплоснабжения вода из теплосети поступает на *водоразбор*.

При закрытой системе вода для горячего водоснабжения нагревается в *теплообменнике*.

К *паровым* тепловым сетям системы отопления и вентиляции могут присоединяться непосредственно и независимо с помощью теплообменника.

Тепловые пункты

Тепловой пункт скрывает тепловую сеть с потребителями теплоты. Тепловые пункты располагаются в отдельно стоящих специальных зданиях или в отведенных помещениях зданий - *потребителей теплоты*.

В тепловом пункте осуществляются прием, подготовка и распределение теплоносителя для подачи в местные системы, а также возврат использованного теплоносителя в тепловую сеть.

На тепловом пункте в соответствии с принятой схемой могут быть установлены *элеваторы, центробежные насосы, аккумуляторы горячей воды, теплообменники для систем отопления и горячего водоснабжения, грязевики, фильтры и др.* Управление работой теплового пункта производится с помощью приборов контроля и автоматического регулирования.

Если в тепловом пункте подготавливается теплоноситель только для систем отопления и вентиляции, то такой тепловой пункт носит название *абонентский ввод*.

Элеватор осуществляет подмешивание воды из местной системы отопления к воде, поступающей из тепловой сети. В результате смешения местные системы получают воду с заданной температурой. Элеватор выполняет также функцию насоса в местной системе отопления.

Элеватор работает за счет разности гидравлического давления в подающей и обратной трубах перед элеватором.

Если напор недостаточен, применяют подмешивание с помощью *насоса*.

Теплообменники (бойлеры, водонагреватели) устанавливаются на тепловых пунктах для нагрева воды для отопления и горячего водоснабжения. Применяют пароводяные и водоводяные теплообменники. Во-первых, теплоносителем является пар, во-вторых - вода.

Также различают *емкостные и скоростные теплообменники*.

Грязевик - устройство для осаждения загрязнений, которые несет с собой теплоноситель. Они состоят из земли и песка, попавших в трубопровод при ремонтных работах, окарины и отложений. Грязевики устанавливают в тепловых пунктах на подающих трубах, а также перед водомерами. Грязевик имеет небольшое гидравлическое сопротивление. Диаметр корпуса в три раза больше диаметра входного патрубка, Скорость воды резко падает, что способствует осаждению частиц. В грязевике имеется также съемный фильтр в виде отрезка трубы с прорезями, натянутыми латунной сеткой.

Потребление тепловой энергии

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 125стр. из 174

Виды тепловых нагрузок

В системах централизованного теплоснабжения тепло расходуется на отопление в системах отопления зданий, нагревание приточного воздуха в установках систем вентиляции, на горячее водоснабжение в системах ГВС, а также технологические процессы промышленных предприятий.

В системах отопления и вентиляции тепло расходуется не непрерывно в течение года, а только при сравнительно низких температурах наружного воздуха в отопительный период. Таких потребителей тепловой энергии принято называть сезонными, а их тепловые нагрузки - сезонными тепловыми нагрузками.

Тепловая энергия в системах горячего водоснабжения и в технологических процессах промышленных предприятий расходуется непрерывно в течение года и мало зависит от температуры наружного воздуха.

Тепловые нагрузки на горячее водоснабжение и технологические нужды считаются круглогодичными тепловыми нагрузками.

При проектировании систем теплоснабжения расчетные данные о сезонных тепловых нагрузках следует принимать из проектов отопления и вентиляции зданий. При перспективном строительстве расчетные расходы тепла рекомендуется принимать из типовых проектов с соответствующей корректировкой по климатическим условиям района строительства.

При отсутствии проектных данных отопительные тепловые нагрузки зданий определяются одним из следующих методов:

- 1) расчетом теплопотерь через элементы ограждающих конструкций и добавления потерь на нагрев инфильтрационного воздуха ;
- 2) расчетом тепловых нагрузок по укрупненным показателям;
- 3) определением теплообмена установленного в здании отопительно вентиляционного оборудования .

Расчет теплопотерь через ограждающие конструкции выполняется при необходимости более точного определения тепловых потерь, например, при расчетах, требующих составления теплового баланса здания и отдельных его помещений.

При отсутствии проектных данных отопительные тепловые нагрузки, как правило, определяются по укрупненным показателям.

Конечной целью расчетов является определение тепловых нагрузок (максимальных, средних для отопительного периода и т.д.) объектов системы теплоснабжения на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, расчет и построение графиков тепловых нагрузок.

Сезонные тепловые нагрузки

Величина и характер изменения сезонной нагрузки зависят главным образом от климатических условий: температуры наружного воздуха, направления и скорости ветра, солнечного излучения, влажности воздуха и др. Основное влияние на величину тепловой нагрузки оказывает наружная температура. Сезонная нагрузка имеет сравнительно постоянный суточный график и переменный годовой график нагрузки.

Расчет тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение теплопотребителей, присоединенных к источникам (ТЭЦ, котельная), предшествует тепловому расчету источников систем теплоснабжения и гидравлическому расчету тепловых сетей. Точность расчета тепловых нагрузок будет определять достоверность результатов расчета системы теплоснабжения в целом.

Тепловая нагрузка на отопление

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		126стр. из 174

Для выполнения основной функции системы отопления необходимо сохранение равновесия между тепловыми потерями здания и теплопритоком от системы отопления. Условие теплового равновесия здания может быть выражено в виде равенства

$$Q_{oc} = Q_T + Q_{и} = Q_o + Q_{тв}, \text{ МВт (Гкал/ч)},$$

где Q_{oc} – суммарные тепловые потери здания;
 Q_T – теплопотери теплопередачей через наружные ограждения;
 $Q_{и}$ – теплопотери инфильтрацией из-за поступления в помещение через неплотности наружных ограждений холодного воздуха;
 Q_o – подвод тепла в здание через отопительную систему;
 $Q_{тв}$ – внутренние тепловыделения.
 Суммарные тепловые потери здания можно представить в виде

$$Q_{oc} = Q_T (\mu + 1), \text{ МВт (Гкал/ч)}, \quad (2.2)$$

где $\mu = \frac{Q_{и}}{Q_T}$ коэффициент инфильтрации;

Коэффициент инфильтрации μ зависит от типа зданий, герметичности наружных ограждений, свободной высоты здания (не разделенной между этажами перекрытиями), внутренней и наружной температуры воздуха и скорости ветра

5. Литература:

основная

5. Литература:

основная

- Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.- Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.
- Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).
- Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.
- Шароглазов Б. А., Фарафонов М. Ф., Клементьев В. В. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов: Учебник по курсу «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания». – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 403 с.
- Ст. 1 Закон Об энергосбережении и повышении энергоэффективности РК от 13 января 2012 года № 541-IV. Действующий с изменениями и дополнениями. Проверено 15.01.2022
- Вспомогательное оборудование ТЭС. Конспект лекций для студентов специальности 5В071700 – Теплоэнергетика. Алматы 2017. с.104
- Дополнительная литература
- Ледуховский Г.В., Пospelов А.А. Расчет и нормирование показателей тепловой экономичности оборудования ТЭС: Учеб. пособие / ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2015. – 468 с.
- Нагнетатели и тепловые двигатели / В. М. Черкасский, И. В. Калинин, Ю. В. Кузнецов, В. И. Субботин. М. : Энергоатомиздат, 1997

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		127стр. из 174

10. Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года № 724

11. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 274 с.

Электронные ресурсы:

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz/ru/> Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

6.Контроль (вопросы, задачи, решение)

1. Опишите классификацию систем теплоснабжения и назовите основные параметры теплоносителей.
2. Назовите основные источники теплоты в теплоснабжении.
3. Как оценивается энергетическая эффективность теплофикации?
4. Назовите различие между районной и промышленной отопительной котельной.
5. Для чего используют ЦТП и какие теплообменные аппараты в них применяют?
- 6 Перечислить системы централизованного теплоснабжения в зависимости от степени централизации.
7. Описать систему централизованного теплоснабжения
8. Перечислить преимущества использования пара.
9. Назвать параметры теплоносителей.
10. как определить мощность тепловой отдачи пара.
11. Как обеспечивается работа теплового пункта.

Лекция 12

1 Тема 12. Поршневые двигатели внутреннего сгорания

2. **Цель:** знать рабочие процессы в двигателях внутреннего сгорания, схему и принцип действия поршневых двигателей внутреннего сгорания; принцип работы карбюраторных и дизельных двигателей; способы повышения КПД в ДВС.

3.Тезисы лекции:

Рабочие процессы в двигателях внутреннего сгорания.

Классификация ДВС.

Общее устройство ДВС.

Основные понятия и определения. Топлива ДВС.

Создателем первой тепловой (паровой) машины (1766 г.) является российский изобретатель И. И. Ползунов. Его машина была создана на 12 лет раньше паровой машины Уатта. Машину Ползунова можно считать первым тепловым двигателем универсального назначения. Машина уже содержала механизм паро-водораспределения, который, можно сказать, стал прообразом механизма газораспределения современных ДВС. Первый поршневой двигатель в 1807 г. изобрел швейцарец Франсуа Исаак де Риваз.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		128стр. из 174

Как источник механической энергии поршневой двигатель внутреннего сгорания получил господствующее применение в энергетике и на транспорте. Это объясняется тем обстоятельством, что по состоянию на сегодня на нашей планете нет более экономичной тепловой машины. И названное преимущество поршневого ДВС сохранится за ним, по оценкам учёных, на ближайшую перспективу, которая оценивается примерно в 30...40 лет.

Рабочий цикл двигателей внутреннего сгорания (основные понятия).

В двигателях внутреннего сгорания преобразование химической энергии топлива в механическую работу происходит в результате периодического осуществления в цилиндрах ряда процессов. Законченная совокупность процессов, периодически повторяющихся в цилиндре ДВС и необходимая для его работы, называется рабочим циклом двигателя.

Основные типы двигателей внутреннего сгорания

По характерным признакам осуществления рабочего цикла двигатели делятся на несколько типов. Ниже, на схеме, приводится такая классификация двигателей внутреннего сгорания (рис. 12. 1).



Рисунок 12.1 - Общая схема классификации двигателей

В свою очередь, с учетом особенностей камер сгорания, процессов воспламенения и смесеобразования двигатели высокого сжатия также могут быть подразделены на несколько классов. Это поясняется схемой, представленной на рис. 12. 2. Преимущественное распространение получили два типа ДВС: двигатели с внутренним смесеобразованием (дизели) и двигатели с воспламенением горючей смеси от постороннего источника зажигания (бензиновые карбюраторные, а также двигатели с впрыскиванием топлива во впускной трубопровод и, реже, – в цилиндр).



Рисунок 12.2 - Схема классификации двигателей высокого сжатия

Положения поршня двигателя в характерных точках (ВМТ, НМТ) при осуществлении рабочего цикла дают основания ввести понятия о характерных объемах цилиндра (а также

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 129стр. из 174

рабочего тела): V_a – полный объём цилиндра (рабочего тела); V_h – рабочий объём; V_c – объём камеры сгорания. Отношение объёмов

$$\frac{V_a}{V_c} = \frac{V_c + V_h}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c} = \varepsilon$$

называется степенью сжатия. Это – важный показатель (параметр) цикла и двигателя в целом.

Топливо. В качестве топлива используются лишь те горючие вещества, которые легко перемешиваются с воздухом, а в процессе сгорания не образуют твёрдого зольного остатка

В качестве газовых топлив применяются природные и промышленные газы. Под промышленными понимаются газы, получаемые при добыче и переработке нефти, канализационные газы, а также газы, получаемые путём специальной переработки твёрдых топлив (газификация топлив).

Жидкое топливо, применяемое в двигателях, является, как правило, продуктом переработки нефти. Такими продуктами обычно являются: бензин, лигроин, керосин, дизельное топливо, соляровое масло.

Основными компонентами любого топлива являются углерод (С), водород (Н), кислород (О). Иногда содержатся сера (S) и азот (N). Содержание серы и азота обычно невелико. Так что наличием в топливе этих веществ при выполнении тепловых расчётов ДВС обычно пренебрегают. Следует иметь в виду, что содержание двух последних компонентов ограничивается или даже запрещается стандартами на топливо.

В теории двигателей элементарный состав топлива – элементарный химический состав (ЭХС) – принято отображать записью

$$C + H + O = 1,$$

в которой С, Н, О – доленое содержание соответствующих компонентов (углерода, водорода, кислорода) в единице массы топлива.

Важнейшим показателем любого топлива является его теплота сгорания (теплотворность). Под теплотой сгорания (теплотворностью) понимается то количество теплоты, которое выделяется при полном сгорании единицы его количества, например, одного кг.

Рабочий цикл двигателя с внутренним смесеобразованием Основными признаками рабочего цикла двигателя с внутренним смесеобразованием являются:

1. Высокая степень сжатия воздушного заряда ($\varepsilon = 14 \dots 18$);
2. Впрыскивание тяжёлого топлива внутрь цилиндра двигателя в конце процесса сжатия;
3. Самовоспламенение топлива за счёт высокой температуры воздушного заряда, сжатого в цилиндре (в последнее время появились дизели с принудительным воспламенением топлива электрической искрой);
4. Неполнота сгорания топлива, характеризующаяся, главным образом, содержанием в отработавших газах сажи и очень небольшого количества оксида углерода.

Рабочие процессы в двигателях внутреннего сгорания.

Ключевым элементом ДВС является один или несколько металлических цилиндров, внутри которых происходит сжигание топлива [14].

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра Инженерных дисциплин	044/76-11	
Энергоресурсы, источники и методы получения	2022-2023 130стр. из 174	



Рисунок 12.3 – Внутреннее устройство двигателя внутреннего сгорания

Внутри цилиндра расположен поршень, диаметр которого чуть меньше диаметра цилиндра, что позволяет ему свободно перемещаться.



Рисунок 12.4 – Устройство поршня ДВС

Поршень представляет собой полый металлический цилиндр, опоясанный пружинящими кольцами, вложенными в канавки на поршне (поршневые) кольца. Назначение поршневых колец — не пропускать газы, образующиеся при сгорании топлива, в промежутки между поршнем и стенками цилиндра. К поршню прикреплен металлический стержень (“палец”), который соединяет поршень с шатуном. Шатун служит для передачи вертикального усилия от поршня к коленчатому валу. В верхней части цилиндра имеются два канала, закрытые клапанами. Через один канал — впускной подается горючая смесь (топливо с воздухом), а через другой - выпускной - выбрасываются продукты сгорания.

В верхней части цилиндра размещена свеча зажигания. С помощью этой детали производится поджиг горючей смеси от искры, возникающей между близко расположенными электродами свечи.

Принцип действия карбюратора

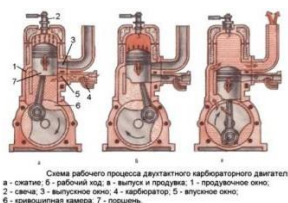


Рисунок 12.5 – Работа карбюратора ДВС

Если в цилиндре открыт только впускной клапан и поршень движется к коленчатому валу, то сквозь отверстие в разреженное пространство атмосферное давление резко подает воздух. Поток воздуха с большой скоростью проходит мимо инжектора (карбюраторной трубки) и засасывает бензин. Таким образом получается горючая смесь (бензиновые пары и воздух). Искра от свечи поджигает смесь, получается микровзрыв, в результате которого раскаленные продукты сгорания (газы) расширяясь давят на поршень, и этим создается полезная работа. Внутренняя энергия газовой смеси преобразуется в механическую энергию

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 131стр. из 174

поршня. Поршень через шатун передает усилие на коленчатый вал, который создает вращательный момент, передавая его на колеса (или на винт, пропеллер и т.д.).

Четырехтактный ДВС

Одноцилиндровые двигатели ставятся главным образом на мотоциклах. На автомобилях тракторах и т.п. ставятся 4, 6, 8 и более цилиндров.

Рабочий цикл цилиндра состоит из четырех тактов: всасывания смеси, сжатия, сгорания и выхлопа. Получается, что только один такт является полезным (рабочим). Поэтому был разработан двигатель, состоящий из четырех цилиндров, которые работают поочередно и, таким образом, при каждом такте по крайней мере один из цилиндров работает: вращает коленчатый вал.

Типы двигателе внутреннего сгорания

Дизельные двигатели работают при степенях сжатия горючей смеси в 3-4 раза больших, чем бензиновые. Это позволило повысить к.п.д. двигателя и дало возможность отказаться от системы зажигания. Смесь самовоспламеняется при высоком давлении, когда воздух от сжатия разогревается до 500-600С⁰. Кроме этого, такие двигатели работают на дешевых сортах топлива, которое так и называют “дизтопливо”.

Газовые двигатели работают от смеси сжиженных природных газов, хранящихся в баллонах под давлением насыщенных паров.

Назначение и принцип работы карбюраторного и дизельного двигателей.

Рабочий цикл двигателя – это комплекс последовательных процессов внутри цилиндра, в результате которых энергия топлива преобразуется в механическую работу.

Такт - это часть рабочего цикла, происходящая за время движения поршня от одной мертвой точки до другой, т.е. за один ход поршня.

Двигатели, в которых рабочий цикл совершается за два оборота коленчатого вала или за четыре хода поршня, называются четырехтактными. Двигатели, в которых рабочий цикл совершается за один оборот коленчатого вала или за два хода поршня, называются двухтактными.

Рабочий цикл карбюраторного четырехтактного двигателя состоит из последовательно происходящих тактов впуска, сжатия, расширения и выпуска.

Рабочий цикл четырехтактного карбюраторного двигателя (рис. 1) состоит из следующих тактов:

- впуск горючей смеси;
- сжатие рабочей смеси;
- рабочий ход;
- выпуск отработавших газов;

Горючей смесью называется смесь мелко распыленного бензина с воздухом в определенной пропорции. Приготовление смеси в двигателе занимается карбюратор, о чем мы с вами поговорим чуть позже. А пока следует знать, что соотношение бензина к воздуху 1:15 считается оптимальным для обеспечения нормального процесса горения.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 132стр. из 174

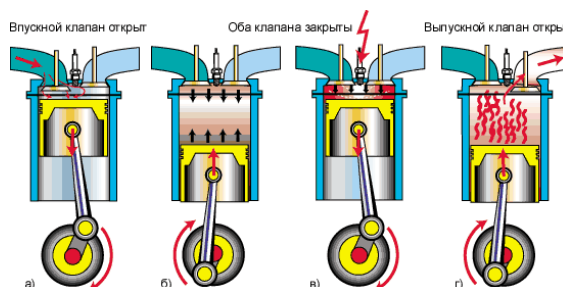


Рисунок 12.6 - Рабочий цикл четырехтактного карбюраторного двигателя:

а) впуск; б) сжатие; в) рабочий ход; г) выпуск

При такте впуска (рис 12.6,а) поршень от верхней мертвой точки перемещается к нижней мертвой точке. Объем над поршнем увеличивается. Цилиндр заполняется горючей смесью через открытый впускной клапан. Иными словами, поршень всасывает горючую смесь.

Впуск смеси продолжается до тех пор, пока поршень не дойдет до нижней мертвой точки. За первый такт работы двигателя кривошип коленчатого вала поворачивается на пол-оборота.

В процессе заполнения цилиндра горючая смесь перемешивается с остатками отработавших газов и меняет свое название, теперь эта смесь называется – рабочая.

Второй такт - сжатие рабочей смеси (рис. 12.6,б).

При такте сжатия поршень от нижней мертвой точки перемещается к верхней мертвой точке.

Оба клапана плотно закрыты и поэтому рабочая смесь сжимается. Из школьной физики всем известно, что при сжатии газов их температура повышается. Так и здесь. Давление в цилиндре над поршнем в конце такта сжатия достигает 9 - 10 кг/см², а температура 300 – 400 °С.

В заводской инструкции к автомобилю можно увидеть один из параметров двигателя, имеющий название – степень сжатия (например 8,5). Что это такое?

Степень сжатия показывает во сколько раз полный объем цилиндра больше объема камеры сгорания ($V_{\text{п}}/V_{\text{с}}$). У карбюраторных двигателей в конце такта сжатия, объем над поршнем уменьшается в 8 - 10 раз.

В процессе такта сжатия коленчатый вал двигателя поворачивается на очередные пол-оборота. А в сумме, от начала первого такта и до окончания второго, он повернется уже на один оборот.

Третий такт - рабочий ход (рис. 12.6,в).

Во время третьего такта происходит преобразование выделяемой при сгорании рабочей смеси энергии в механическую работу. Давление от расширяющихся газов передается на поршень и затем, через шатун и кривошип, на коленчатый вал. Вот откуда берется та сила, которая заставляет вращаться коленчатый вал двигателя и, в конечном итоге, ведущие колеса автомобиля.

В самом конце такта сжатия, рабочая смесь воспламеняется от электрической искры, проскакивающей между электродами свечи зажигания. В начале такта рабочего хода, сгорающая смесь начинает активно расширяться. А так как впускной и выпускной клапаны все еще закрыты, то расширяющимся газам остается только один единственный выход - давить на подвижный поршень. Поршень под действием этого давления, достигающего 40

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 133стр. из 174

кг/см², начинает перемещаться к нижней мертвой точке. При этом на всю площадь поршня давит сила 2000 кг и более, которая через шатун передается на кривошип коленчатого вала, создавая крутящий момент. При такте рабочего хода, температура в цилиндре достигает 2000 °С и выше.

Коленчатый вал при рабочем ходе поршня делает очередные пол-оборота.

Позднее мы вернемся к этим огромным цифрам, похожим на температуры в доменной печи. А пока следует отметить для себя, что процесс рабочего хода происходит за очень короткий промежуток времени, по сравнению с которым, удивленное «хлопанье» ресницами ваших глаз после прочтения этого сюжета, длится целую вечность.

Четвертый такт - выпуск отработавших газов (рис.12.6,г)

При движении поршня от нижней мертвой точки к верхней мертвой точке, открывается выпускной клапан (впускной все еще закрыт) и отработавшие газы с огромной скоростью выбрасываются из цилиндра двигателя. Вот почему слышен тот сильный грохот, когда по дороге едет автомобиль без глушителя выхлопных газов, но об этом позже. А пока обратим внимание на коленчатый вал двигателя - при такте выпуска он делает еще пол-оборота. И всего, за четыре такта рабочего цикла, он сделал два полных оборота.

После такта выпуска начинается новый рабочий цикл, и все повторяется: впуск – сжатие – рабочий ход – выпуск и так далее.

Рабочий цикл четырехтактного дизельного двигателя. В отличие от карбюраторного двигателя в цилиндр дизеля воздух и топливо вводятся отдельно.

Первый такт – впуск (рис.2,а), служит для наполнения цилиндра двигателя только воздухом.

При движении поршня от верхней мертвой точки к нижней мертвой точке, происходит всасывание воздуха через открытый впускной клапан.

Второй такт – сжатие (рис.12.7,б), необходим для подготовки к самовоспламенению дизельного топлива.

При своем движении к верхней мертвой точке, поршень сжимает воздух в 18 - 22 раза (у карбюраторных в 8 - 10 раз). Поэтому в конце такта сжатия, давление над поршнем достигает 40 кг/см², а температура поднимается выше 500 градусов.

Третий такт - рабочий ход (рис. 12.7,в), служит для преобразования энергии сгораемого топлива в механическую работу.

В конце такта сжатия, в камеру сгорания, через форсунку под давлением подается дизельное топливо, которое самовоспламеняется за счет высокой температуры сжатого воздуха.

При сгорании дизельного топлива (взрыве), происходит его расширение и увеличение давления. При этом возникает усилие, которое перемещает поршень к нижней мертвой точке и через шатун проворачивает коленчатый вал. Во время рабочего хода давление в цилиндре достигает 100 кг/см², а температура превышает 2000 °С.

Четвертый такт – выпуск отработавших газов (рис. 12.7,г), служит для освобождения цилиндра от отработавших газов.

Поршень от нижней мертвой точки поднимается к верхней мертвой точке и, через открытый выпускной клапан, выталкивает отработавшие газы.

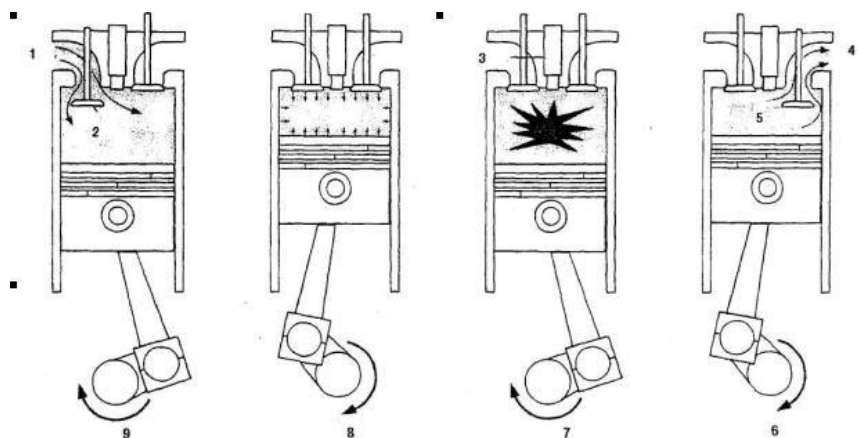


Рисунок 12.7 - Рабочий цикл четырехтактного дизельного двигателя:

1 – воздух; 2 – впускной клапан открыт; 3 – форсунка; 4 – выхлопные газы; 5 – выпускной клапан открыт

При своем последующем движении вниз, поршень засасывает свежую порцию воздуха, происходит такт впуска и рабочий цикл повторяется.

В дизельном двигателе, нагрузки на все механизмы и детали значительно больше, чем в карбюраторном бензиновом, и это закономерно приводит к увеличению его массы, размеров и стоимости. Однако дизельный двигатель имеет и неоспоримые преимущества - меньший расход топлива, чем у его карбюраторного «брата» (приблизительно на 30 %), а также отсутствие системы зажигания, что значительно уменьшает количество возможных неисправностей при эксплуатации.

Рабочий цикл двухтактного карбюраторного двигателя. Наиболее часто применяют двухтактные карбюраторные двигатели с кривошипно-камерной продувкой. В стенке цилиндра двигателей этого типа выполнены три окна: впускное, продувочное и выпускное. Картер (кривошипная камера) двигателя непосредственно с атмосферой не сообщен. Впускное окно соединено с карбюратором, а продувочное – через канал с кривошипной камерой двигателя.

Рабочий цикл двухтактного карбюраторного двигателя происходит следующим образом. Поршень движется от н.м.т. к в.м.т., перекрывая в начале хода продувочное окно, а затем выпускное. После этого в цилиндре начинается сжатие находящейся в нем рабочей смеси. В то же время в кривошипной камере создается разрежение, и как только нижняя кромка поршня откроет впускное окно, через него из карбюратора в кривошипную камеру будет засасываться горючая смесь.

При положении поршня, близком к в.м.т., сжатая рабочая смесь воспламеняется электрической искрой от свечи. При сгорании смеси давление газов резко возрастает. Под давлением газов поршень перемещается к н.м.т. Как только он закроет впускное окно, в кривошипной камере начинается сжатие ранее поступившей сюда горючей смеси.

В конце хода поршень открывает выпускное, а затем и продувочное окно. Через открытое выпускное окно отработавшие газы с большой скоростью выходят в атмосферу. Давление газов в цилиндре падает. К моменту открытия продувочного окна давление сжатой горючей смеси в кривошипной камере становится выше, чем давление отработавших газов в цилиндре. Поэтому горючая смесь из кривошипной камеры по каналу поступает в цилиндр

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 135стр. из 174

и, заполняя его, выталкивает остатки отработавших газов через выпускное окно наружу. В дальнейшем все процессы повторяются в той же последовательности.

Рабочий цикл двухтактного дизеля аналогичен рабочему циклу двухтактного карбюраторного двигателя, отличаясь лишь тем, что в цилиндр поступает не горючая смесь, а чистый воздух от специального нагнетателя и в конце процесса сжатия впрыскивается топливо, которое воспламеняется от соприкосновения с воздухом, имеющим высокую температуру.

Сравнение показателей дизелей и карбюраторных двигателей. Дизель по сравнению с карбюраторным двигателем имеет следующие преимущества: для выполнения единицы работы расходуется в среднем 25...30 % (по массе) меньше топлива; используемое топливо дешевле и менее огнеопасно. Хорошие экономические показатели дизелей обеспечили им широкое применение.

Однако вследствие более высокого давления газов в цилиндре дизеля некоторые детали его должны быть повышенной прочности, что приводит к увеличению размеров и массы дизеля. Пуск его затруднен, особенно в зимнее время.

Двухтактные двигатели (особенно карбюраторные) менее экономичны, чем четырехтактные. Наиболее неэкономичны двухтактные карбюраторные двигатели, в которых цилиндры продувают горючей смесью. [14].

Топливо для двигателей внутреннего сгорания

Для питания двигателей внутреннего сгорания применяются жидкие и газообразные виды топлива. Наибольшее распространение получило жидкое топливо - **бензин** для карбюраторных двигателей и **дизельное топливо** для дизелей. Газообразные топлива, главным образом сжиженные газы, применяют для двигателей газобаллонных автомобилей.

Автомобильный бензин - легкое моторное топливо, состоящее из жидких углеводородов. Бензины получают из нефти путем ее тепловой переработки. Они представляют собой бесцветную жидкость со специфическим запахом и плотностью 0,70...0,76 г/см³.

Основными свойствами бензина, характеризующими его эксплуатационные качества, являются испаряемость, теплота сгорания и детонационная стойкость.

Испаряемость бензина зависит, главным образом, от его фракционного состава, который определяется температурой перегонки 10,50 к 90% его объема. Чем больше в бензине легких фракций, т.е. его составляющих частей, полученных при более низкой температуре переработки нефти, тем лучше испаряемость бензина.

Теплотой сгорания топлива называется качество теплоты, которое выделяется при его полном сгорании в нормальных условиях. Бензин, также как и дизельное топливо, имеет высокую теплоту сгорания, составляющую около 44 МДЖ/кг.

Детонационная стойкость характеризует способность бензина быстро и плавно сгорать. Детонацией называется сверхбыстрое сгорание рабочей смеси в виде взрыва. Скорость нормального сгорания рабочей смеси составляет 20...40 м/с, при детонации - 2000 м/с и выше. Детонация сопровождается резкими металлическими стуками, дымным выпуском, снижением мощности и экономичности двигателя.

Детонационную стойкость бензина оценивают октановым числом. Этот показатель определяется на специальной установке путем сравнения испытуемого бензина с эталонным топливом (смесь изооктана с гектаном). Чем больше октановое число бензина, тем меньше он детонирует и тем большую степень сжатия может иметь двигатель. Для повышения октанового числа к бензину добавляют антидетонаторы. Наиболее сильным

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		136стр. из 174

антидетонатором является этиловая жидкость. Такой бензин называется этилированным. Этиловая жидкость содержит свинец, поэтому этилированные бензины ядовиты, для предупреждения их окрашивают в красно-оранжевый или сине-зеленый цвет.

Нефтеперерабатывающая промышленность выпускает следующие **марки бензина**: А-72, А-76, АИ-93, АИ-98. Маркировка обозначает: А-автомобильный, И- октановое число получено исследовательским методом, числа (72, 76, 93, 98) - величина октанового числа.

Все бензины, кроме А-93, выпускаются в летнем и зимнем вариантах и различаются температурой перегонки 10% и 50% (т.е. количеством легких и средних фракций, а значит, и испаряемость). Летние бензины применяют в период с 1 апреля до 1 октября во всех районах, кроме северных и северо-восточных, и в течение всего года -в южных районах. Зимние бензины применяют в течение всех сезонов в северных и северо-восточных районах и с 1 октября до 1 апреля - в остальных районах.

Бензин А-72 предназначен для двигателей со степенью сжатия от 6,2 до 7,0 (УАЗ-69, ЗАЗ-451, ГАЗ-53Ф и др.). **Бензин А-76** применяется для двигателей со степенью сжатия до 8,2 (ГАЗ-66, ЗиЛ-131 и др.), **АИ-93** для двигателей со степенью сжатия 8,2...9,0 (ГАЗ-24 «Жигули», «Москвич» и др.), **АИ-98** - со степенью сжатия более 9,0 (ЗиЛ-114, .ЗиЛ-117). Для двигателей «Чайка» и других автомобилей этого класса выпускается автомобиль марки «Экстра».

Дизельное топливо является также продуктом переработки нефти, в основном ее тяжелых фракций. Оно состоит из жидких углеводородов и частично из растворенных в них твердых углеводородов (парафина), плотность 0,830...0,865 г/см³.

Основными свойствами дизельного топлива являются: вязкость, температура помутнения и застывания, испаряемость, способность обеспечить мягкую работу двигателя, содержание в топливе серы, склонность к нагарообразованию.

Вязкость топлива определяет его подачу и впрыск в цилиндры, а также способность смазывать детали топливо подающей аппаратуры. Оптимальной считается вязкость топлива 2.5...8,5 сСт. Помутнение топлива и затем и его застывание происходит при выделении в нем кристаллов парафина вследствие понижения температуры; этот показатель определяет марку и условия применение топлива.

Испаряемость дизельного топлива характеризует его способность к быстрому испарению и самовоспламенению в камере сгорания двигателя; это свойство оценивается фракционным составом (температурой выкипания 50% и 90% перегоняемого топлива).

Способность топлива обеспечить мягкую работу дизеля оценивается цетановым числом. Мягкая работа двигателя достигается при плавном нарастании давления в процессе сгорания, что возможно в случае воспламенения топлива сразу же после поступления в цилиндры первых его частиц. Запаздывание воспламенения приводит к единовременному сгоранию значительного количества топлива, резкому возрастанию давления и жесткой работе двигателя. Цетановое число - это условная величина равная процентному содержанию цетана в его смеси с альсбамэтилнафталином, которая одинаковая по самовоспламеняемости с данным топливом.

Более высокое цетановое число показывает, что топливо может обеспечить более мягкую работу двигателя. Склонность топлива к образованию нагара оценивается его коксуемостью, которая должна быть не более 0,05%.

Содержание серы в топливе характеризует износостойкость деталей двигателя, поэтому эта величина строго ограничивается. По ГОСТ 300-82 дизельное топливо выпускается трех марок:

QAZAQSTAN QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		137стр. из 174

Л (летнее), З (зимнее), А (арктическое). По содержанию серы дизельное топливо подразделяется на два типа: не более 0,2%, не более 0,5%.

Летнее топливо применяют только при температуре окружающего воздуха выше 0°C, зимнее - при температуре до - 30°C, при более низких температурах следует применять арктическое топливо.

5. Литература:

основная

5. Литература:

основная

1. Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.- Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.
2. Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).
3. Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.
4. Шароглазов Б. А., Фарафонов М. Ф., Клементьев В. В. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов: Учебник по курсу «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания». – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 403 с.
5. Ст. 1 Закон Об энергосбережении и повышении энергосбереженности РК от 13 января 2012 года № 541-IV. Действующий с изменениями и дополнениями. Проверено 15.01.2022
6. Вспомогательное оборудование ТЭС. Конспект лекций для студентов специальности 5В071700 – Теплоэнергетика. Алматы 2017. с.104
7. Дополнительная литература
8. Ледуховский Г.В., Поспелов А.А. Расчет и нормирование показателей тепловой экономичности оборудования ТЭС: Учеб. пособие / ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2015. – 468 с.
9. Нагнетатели и тепловые двигатели / В. М. Черкасский, И. В. Калинин, Ю. В. Кузнецов, В. И. Субботин. М. : Энергоатомиздат, 1997
10. Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года № 724
11. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 274 с.

Электронные ресурсы:

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz/ru/> Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

6. Контроль (вопросы, задачи, решение)

1. Описать основные типы двигателей внутреннего сгорания
2. Объяснить классификацию ДВС
3. Описать принцип работы двигателей высокого сжатия
4. Привести запись элементарного химического состава топлива
5. Объяснить внутренне устройство ДВС

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		138стр. из 174

6. Объяснить устройство поршня ДВС
7. Описать работу карбюратора ДВС
8. Описать рабочий цикл цилиндра ДВС
9. Описать рабочий цикл четырехтактного карбюраторного двигателя
10. Описать рабочий цикл четырехтактного дизельного двигателя
11. Описать топливо для двигателей внутреннего сгорания

Лекция 13

1 Тема 13. Показатели режима работы, экономичности тепловых электрических станции

2. Цель: знать требования к установкам производящим электроэнергию и теплоту; показатели общей экономичности источников полезной энергии; современные методы оценки повышения тепловой экономичности паротурбинных установок.

3. Тезисы лекции:

Тепловая экономичность КЭС. Преобразование мощности в турбине.

Потери мощности в турбине. КПД электростанции (блока).

Методы повышения тепловой экономичности паротурбинных установок.

Тепловая экономичность ТЭЦ

Тепловая экономичность ТЭЦ характеризуется:

- показателями тепловой экономичности по производству и отпуску электроэнергии
- показателями по отпуску теплоты тепловым потребителям

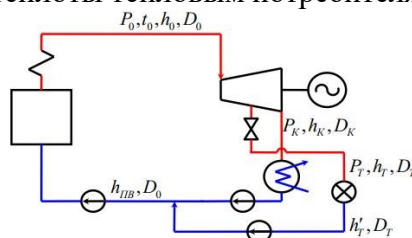


Рисунок 13.1 – Схема паротурбинной установки с отпуском тепла потребителю

1). Расход пара на турбину

$$D_0 = D_K + D_T, \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}}\right)$$

$D_T, \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}}\right)$ - расход пара из отбора (к тепловому потребителю)

D_K - расход пара в конденсатор

2). Мощность т/ф турбины

По отсекам

$$N_{\text{э}} = [D_0 \cdot (h_0 - h_T) + (D_0 - D_T) \cdot (h_T - h_K)] \cdot \eta_M \cdot \eta_G$$

По потокам

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		139стр. из 174

$$N_{\Sigma} = [D_T \cdot (h_0 - h_T) + D_K \cdot (h_0 - h_K)] \cdot \eta_M \cdot \eta_G$$

5). Абсолютный электрический КПД т/ф ТУ

$$\eta_{\Sigma} = \frac{N_{\Sigma}}{Q_0 - Q_T} = \frac{N_{\Sigma}}{Q_0^{\Sigma}}$$

6). КПД станции по выработке ЭЭ

$$\eta_{CT}^{br} = \eta_{\Sigma} \cdot \eta_{TP} \cdot \eta_K$$

7). КПД станции по отпуску ЭЭ

$$\eta_{CT}^{нетто} = \eta_{CT}^{br} \cdot (1 - \beta_{CH})$$

КПД ТЭЦ по производству теплоты

$$\eta_{CT}^T = \eta_{KA} \cdot \eta_{TP}$$

КПД ТЭЦ по отпуску теплоты

$$\eta_{CT}^T = \eta_K \cdot \eta_{TP} \cdot \eta_{ТП}$$

$\eta_{ТП}$ - КПД теплового потока (учитывает потери теплоты при транспорте)

Показатели общей экономичности ТЭС (технико-экономические показатели)

Общая экономичность ТЭС характеризуется:

1. Капитальными затратами на сооружение ТЭС (удельными капитальными затратами)
2. Издержками производства
3. Себестоимостью электрической и тепловой энергии
4. Приведенными затратами

Мощность и КПД турбины

Работа турбины как теплового двигателя характеризуется внутренней (индикаторной) мощностью, развиваемой лопатками, и эффективной (на валу) мощностью.

Эффективная мощность N_e меньше внутренней N , на значение механических потерь (в подшипниках, на привод вспомогательных механизмов и т.д.). Внутренняя мощность N_i ; меньше мощности N_0 , которую развивала бы идеальная турбина, на значение внутренних потерь (от трения и завихрения в каналах, от перетечек пара в зазорах помимо сопел и т. д.).

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		140стр. из 174

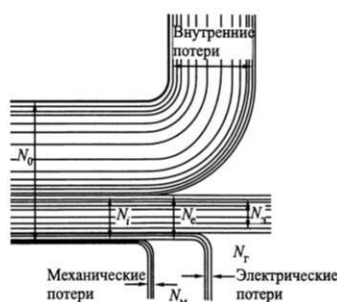


Рисунок 13.2 - Мощности тепловых потоков парового турбогенератора

Потеря от утечки пара через концевые уплотнения увеличивает расход пара на турбину. Она не влияет на энтальпию пара, а потому ее относят к внешним, а не внутренним потерям.

Механические потери определяются затратой части энергии на преодоление трения в опорных и упорных подшипниках турбины (включая опорные подшипники электрического генератора или другой машины, соединенной с валом турбины), на привод системы регулирования и главного масляного насоса. Потери на трение превращаются в тепло смазочного масла. Это тепло выделяется в масляном холодильнике и уносится охлаждающей водой.

Внутренний относительный КПД учитывает внутренние потери турбины и определяется отношением:

$$\eta_{oi} = \frac{N_i}{N_0} = \frac{H_i}{H_0}$$

Механические потери оцениваются механическим КПД η_m :

$$\eta_m = \frac{N_c}{N_i}$$

Механический КПД зависит от типа двигателя и его мощности.

У турбин механический КПД выше, чем у поршневых двигателей, у которых есть возвратно-поступательно движущиеся части, вызывающие большие потери трения. Чем выше мощность двигателя, тем больше его механический КПД. Механический КПД турбин достаточно высок и составляет для турбин мощностью от 500 до 5000 кВт 96-99%, а свыше 5000 кВт 99-99,5%.

КПД электрического генератора называют отношением электрической мощности к эффективной

$$\eta_r = \frac{N_e}{N_c}$$

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		141стр. из 174

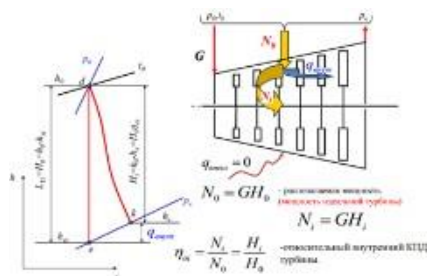


Рисунок 13.3 – Мощность и КПД турбины

Для электрических генераторов мощностью от 500 до 5000 кВт $\eta_{\text{г}} = 92,5-96\%$, а свыше 5000 кВт $\eta_{\text{г}} = 96-99\%$.

Преобразование мощности в турбине

1. Теоретическая мощность (идеальной турбины), кВт

$$N_0 = G_0 H_0$$

G_0 - расход пара на турбину, кг/с

$H_0 = h_0 - h_{\text{кт}}$ - - располагаемый (теоретический) т/перепад, кДж/кг

2. Действительная (внутренняя) мощность турбины, кВт

$$N_i = G_0 H_i$$

$H_i = H_0 \eta_{oi}$ - действительный т/перепад, кДж/кг

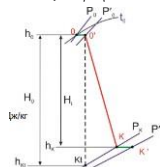


Рисунок 13.4 – Процесс расширения пара в турбине без отборов

Методы повышения тепловой экономичности паротурбинных установок.

$$\eta_{\text{э}} = \eta_{\text{т}} \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{эг}}$$

А. Термодинамические методы.

Направлены на увеличение $\eta_{\text{т}}$. Однако они влияют и на η_{oi} .

- Повышение начальных параметров.
- Понижение конечного давления.
- Применение промежуточного перегрева и сепарации влаги.
- Применение регенеративного подогрева питательной воды.

Комбинированное производство электроэнергии и теплоты.

Б. Конструктивные методы.

Направлены на увеличение η_{oi} , $\eta_{\text{м}}$, $\eta_{\text{эг}}$.

Повышение КПД конденсационной электростанции путем использования теплоты конденсации отработавшего в турбине пара

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 142стр. из 174

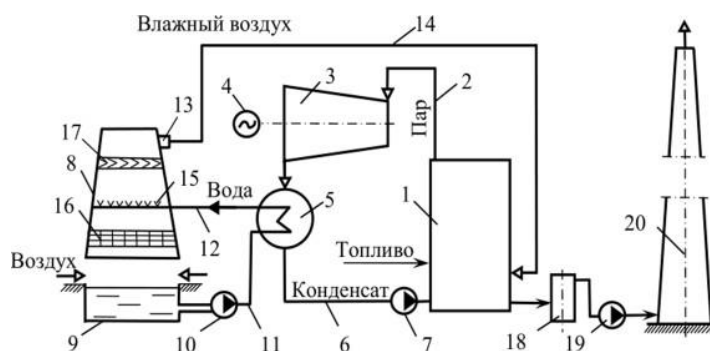
Уровень экономичности тепловой электрической станции (ТЭС) зависит от КПД термодинамического цикла, положенного в основу ее работы, и от КПД установок, в которых осуществляется преобразование химической энергии топлива в тепло и использование тепла для выработки электрической энергии. ТЭС состоит из трех основных установок: парового котла, паровой турбины и электрического генератора, связанных между собой трубопроводами для транспорта теплоносителей (воды и водяного пара) и электропроводами для привода вспомогательного тепломеханического оборудования станции.

Работа парового котла осуществляется с потерей тепла, главным образом, с уходящими продуктами сгорания, в окружающую среду через наружные ограждения и с непрерывной продувкой (для барабанных котлов), а также от химического и механического недожога топлива.

Преобразование тепловой энергии в механическую работу в паровой турбине и выработка электроэнергии в электрическом генераторе неизбежно связаны с потерями: отдачей значительной части тепла холодному источнику (охлаждающей воде в конденсаторах турбин); потерями энергии пара внутри турбины; механическими потерями турбины и потерями в электрическом генераторе.

Незначительная часть тепла теряется при транспорте теплоносителей в трубопроводах, соединяющих котельную и турбинную установки.

Предлагается способ повышения КПД паротурбинной электростанции конденсационного типа, который заключается в использовании на ТЭС части теплоты конденсации отработавшего в турбине пара путем подачи из градирни башенного типа нагретого и насыщенного водяными парами атмосферного воздуха в паровой котел для горения топлива [100]. Тепловая схема паротурбинной ТЭС с использованием части теплоты конденсации отработавшего в турбине пара представлена на рис. 13.5.



1- паровой котел; 2 - паропровод; 3 - турбина; 4 - электрический генератор; 5 - конденсатор; 6,14 - трубопровод; 7 - питательный насос; 8 - вытяжная башня; 9 - водосборный бассейн; 10 - циркуляционный насос; 11 - напорный трубопровод; 12 - сливной напорный трубопровод; 13 - короб; 15 - разбрызгивающие сопла; 16 - оросительное устройство; 17 - водоуловитель; 18 - золоуловитель; 19 - дымосос; 20 - дымовая труба

Рисунок 13.5 - Схема КЭС с использованием части теплоты конденсации отработавшего в турбине пара:

Работа тепловой электрической станции осуществляется следующим образом.

В паровой котел 1 подаются топливо, питательная вода по трубопроводу 6 посредством питательного насоса 7 и по трубопроводу 14 - нагретый и насыщенный водяными парами в градирне башенного типа атмосферный воздух для осуществления

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		143стр. из 174

горения топлива. В результате горения топлива образуются продукты сгорания, в котле 1 вырабатывается пар, который по паропроводу 2 направляется в турбину 3, а охлажденные продукты сгорания очищаются в золоуловителе 18 и посредством дымососа 19 через дымовую трубу 20 отводятся в атмосферу. В турбине 3 осуществляется преобразование кинетической и потенциальной энергии пара в механическую работу для вращения ротора турбины 3 и привода электрического генератора 4, в котором вырабатывается электрический ток.

Отработавший в турбине 3 пар направляется в конденсатор 5, где осуществляется конденсация пара путем подачи в конденсатор 5 циркуляционной воды из водосборного бассейна 9 циркуляционным насосом 10 по напорному трубопроводу 11. В конденсаторе 5 в процессе теплопередачи циркуляционная вода нагревается за счет теплоты конденсации (парообразования) отработавшего в турбине 3 пара и по сливному напорному трубопроводу 12 подается в вытяжную башню 8 градирни, где поток воды посредством сопел 15 разбрызгивается и в форме струй и капель падает на оросительное устройство 16, а затем стекает в виде дождя в водосборный бассейн 9.

Навстречу потоку воды в вытяжной башне 8 градирни движется холодный атмосферный воздух. В процессе непосредственного контакта теплоносителей осуществляется тепло- и массообмен между циркуляционной водой и атмосферным воздухом, при этом вода охлаждается, а воздух нагревается и насыщается водяными парами. Затем насыщенный водяными парами воздух проходит водоуловитель 17, где из него отделяется капельная влага. Из вытяжной башни 8 градирни часть нагретого и насыщенного водяными парами воздуха посредством короба 13 по трубопроводу 14 подается в паровой котел 1 для осуществления горения топлива.

Таким образом, вследствие подачи из градирни башенного типа в паровой котел для горения топлива, нагретого и насыщенного водяными парами атмосферного воздуха, эффективно используется часть теплоты конденсации отработавшего в турбине пара, т.е. повышается экономичность тепловой электрической станции. Кроме того, подача насыщенного водяными парами воздуха в котел для горения топлива позволяет в 2-3 раза снизить содержание оксидов азота в продуктах сгорания в топке и в уходящих дымовых газах [100].

5.Литература:

основная

5.Литература:

основная

1. Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.- Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.
2. Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).
3. Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.
4. Шароглазов Б. А., Фарафонов М. Ф., Клементьев В. В. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов: Учебник по курсу «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания». – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 403 с.

QONTÜSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		144стр. из 174

5. Ст. 1 Закон Об энергосбережении и повышении энергоэффективности РК от 13 января 2012 года № 541-IV. Действующий с изменениями и дополнениями. Проверено 15.01.2022

6. Вспомогательное оборудование ТЭС. Конспект лекций для студентов специальности 5В071700 – Теплоэнергетика. Алматы 2017. с.104

7. Дополнительная литература

8. Ледуховский Г.В., Поспелов А.А. Расчет и нормирование показателей тепловой экономичности оборудования ТЭС: Учеб. пособие / ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2015. – 468 с.

9. Нагнетатели и тепловые двигатели / В. М. Черкасский, И. В. Калинин, Ю. В. Кузнецов, В. И. Субботин. М. : Энергоатомиздат, 1997

10. Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года № 724

11. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 274 с.

Электронные ресурсы:

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz/ru/> Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

6.Контроль (вопросы, задачи, решение)

1. Описать требования к установкам производящим электроэнергию и теплоту
2. Перечислить как характеризуется тепловая экономичность ТЭЦ
- 3.объяснитьформулу расходв пара на турбину
4. Из каких составляющих состоит мощность по отсекам т/ф турбины
5. Чему равен КПД ТЭЦ по производству теплоты
6. Как характеризуется общая экономичность ТЭС
7. Описать мощности тепловых потоков парового турбогенератора
8. Чему равен КПД электрического генератора.
- 9.объяснить методы повышения тепловой экономичности паротурбинных установок.
- 10 От чего зависит уровень экономичности КЭС?

Лекция 14

1 Тема 14. Энергосбережение в системах потребления энергоресурсов

2. Цель: знать Закон Республики Казахстан «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности», аспекты устойчивого развития: энергетический, экономический, экологический, социальный.

3.Тезисы лекции:

Аспекты устойчивого развития: энергетический, экономический, экологический, социальный.

Закон Республики Казахстан «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности»

Аспекты устойчивого развития: энергетический, экономический, экологический, социальный

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		145стр. из 174

Энергетика является одной из основ и составных частей инфраструктуры человеческой цивилизации, важнейшим фактором производства и жизнеобеспечения современного общества. В структуре себестоимости продукции расходы на энергоресурсы составляют от 5 до 40 %. Более 80 % энергии в мире получают путём сжигания ископаемого топлива на ТЭС, при этом распределение по основным энергоносителям выглядит следующим образом: 37 % – нефть, 24 % – газ, 24 % – уголь.

Однако среди развитых стран можно отметить исключения. Например, во Франции на долю атомной энергетики приходится около 85 % вырабатываемой энергии, а Норвегия почти 99 % энергии получает на гидроэлектростанциях [5]. Потребление топливно-энергетических ресурсов набирает всё большие обороты. Переломным в изменении темпов прироста потребления энергоресурсов стали 1970-е гг., которые ознаменовались энергетическим кризисом, резким изменением мировых цен на нефть, в результате чего промышленно развитые страны приступили к реализации энергосберегающих программ. Тем не менее, можно с уверенностью утверждать, что потребление энергоресурсов при современных требованиях к жизнедеятельности человека будет неуклонно увеличиваться.

Ещё один аспект, который необходимо отметить – это рост доли нефти и газа в мировом энергобалансе. Однако природные ресурсы не бесконечны. Несмотря на открытие огромных запасов нефти по миру, в странах Ближнего Востока и т.д., можно констатировать, что человечество находится на рубеже принятия стратегического решения об изменении подхода к дальнейшему использованию топливно-энергетических ресурсов. Существенное истощение источников доступного природного топлива и конец эры дешёвого углеводородного сырья делают проблематичным стабильное энергообеспечение многих стран мира. По мнению экспертов, запасов газа и, особенно, нефти хватит лет на 50. За всю свою историю человечество уже использовало до половины извлекаемых запасов традиционного ископаемого топлива, а нынешний спрос на него чуть ли не вчетверо опережает прирост располагаемых ресурсов. Пик добычи прошли уже 54 из 65 стран-производителей нефти, в период с 2015 по 2020 гг. был прогнозирован её планетарный максимум [7]. По данным Мирового энергетического агентства (МЭА), потребление энергоресурсов в 2010 г. составило 12 млрд тонн нефтяного эквивалента (т н.э.) (рис. 14.1). Прибавка за год составила 639 млн т н.э. или 5,6 % – это самые высокие темпы роста с 1973 г. Заметим, что среднегодовой рост потребления энергоресурсов за последние 45 лет составлял 2,6 % [27].

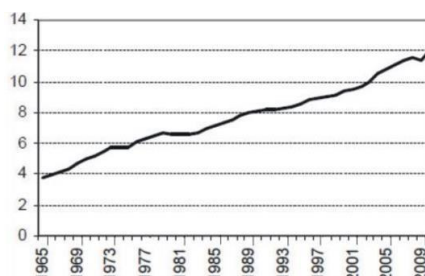


Рисунок 14.1 - Динамика потребления энергоресурсов, млрд т н.э.

Спрос увеличился на все виды энергоносителей (нефть, газ, уголь, гидроэнергию, атомную энергию, биотопливо) и во всех регионах мира. По оценкам специалистов МЭА, мировой спрос на первичные энергоресурсы к 2030 г. будет ежегодно расти на 1,6 %.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		146стр. из 174

Прогнозируемый рост будет проходить на фоне широкой борьбы практически всех стран за экономию энергии и повышение энергоэффективности, вызовет ряд структурных изменений в мировой промышленности. При этом вопросы энергообеспечения – всего лишь часть проблемы или верхняя часть «айсберга». Не менее (если не более) важным фактором является экологическая безопасность. Парниковый эффект и глобальные климатические катаклизмы последних лет заставляют задуматься, а как же жить дальше? Перспективными направлениями можно считать термоядерный синтез и, конечно, водородную энергетику. Но это всё пока «вилами по воде писано». Да, продуктом сжигания водорода является вода (водяной пар). Так что, если разложить эту воду на составляющие (водород и кислород), то получается безотходный и безвредный процесс. Одна «маленькая» проблема – свободного водорода на Земле нет. Для его получения требуется энергия. А где её взять? С помощью так называемых возобновляемых источников энергии (солнце, ветер, энергия приливов и отливов, геотермальная энергия и т.п.)? Но их доля в мировом энергобалансе пока что очень мала, а, например, в России вообще ничтожна. Значит, опять придётся призвать на помощь ископаемые топлива. Вот такой «заколдованный круг».

Закон Республики Казахстан «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности»

13 января 2012 года Правительством Казахстана был принят Закон Республики Казахстан «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности»

Программа направлена на обеспечение повышения конкурентоспособности, финансовой устойчивости, энергетической и экологической безопасности экономики РК, а также роста уровня и качества жизни населения за счет реализации потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности на основе модернизации, технологического развития и перехода к рациональному и экологически ответственному использованию энергетических ресурсов.

Основными направлениями государственного регулирования в области энергосбережения и повышения энергоэффективности являются:

- 1) осуществление технического регулирования в области энергосбережения и повышения энергоэффективности;
- 2) осуществление сбалансированной тарифной политики и ценообразования в области производства и потребления энергетических ресурсов;
- 3) стимулирование энергосбережения и повышения энергоэффективности, включая использование энергосберегающих оборудования и материалов;
- 4) осуществление государственного контроля за эффективным использованием энергетических ресурсов;
- 5) пропаганда экономических, экологических и социальных преимуществ эффективного использования энергетических ресурсов, повышение общественного образовательного уровня в этой области;
- 6) обеспечение соблюдения законодательства Республики Казахстан об энергосбережении и повышении энергоэффективности.[17].

Высокая энергоёмкость при росте тарифов на энергоносители затрудняет борьбу с инфляцией. Рост тарифов на энергоносители необходим для обеспечения развития топливно-энергетического комплекса. Однако рост нагрузки по оплате энергоносителей, выходящий за пределы платежной способности населения, затрудняет борьбу с бедностью, не позволяет обеспечить высокую собираемость платежей и порождает недовольство граждан. Низкая энергетическая эффективность жилищно-коммунального комплекса и бюджетной сферы

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		147стр. из 174

ведет к высокой нагрузке коммунальных платежей на местные бюджеты, что снижает финансовую стабильность.

Основные организационные мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в электроэнергетике охватывают: – внедрение систем мониторинга энергосбережения и повышения энергетической эффективности; – обучение и повышение квалификации руководителей и специалистов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности; – разработку и внедрение системы энергетического менеджмента. Планируется осуществление технических мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности на конденсационных электростанциях на газе и твердом топливе, теплоэлектроцентралях. При техническом перевооружении действующих электростанций будет производиться: – вывод из эксплуатации неэкономичного, выработавшего моральный и физический ресурс паросилового оборудования газовых тепловых электростанций и замещение его новыми установками с использованием газотурбинных и парогазовых технологий; модернизация и реконструкция действующих конденсационных и теплофикационных установок и станций с использованием современного энергоэффективного оборудования; – вывод из эксплуатации морально и физически устаревшего оборудования с низкими параметрами пара угольных тепловых электростанций; замещение его новыми установками с использованием эффективных экологически чистых угольных технологий; модернизация и реконструкция действующих конденсационных и теплофикационных агрегатов с целью повышения их энергетической эффективности. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в электроэнергетике также связаны с необходимостью вывода из эксплуатации дизельных электростанций, выработавших ресурс, строительства новых дизельных электростанций с использованием современных технологий (в условиях укрупнения и консолидирования поселков, их частичного закрытия, развития сетевого хозяйства), модернизации дизельных электростанций с использованием современного энергоэффективного оборудования.

В результате бесконтрольной добычи и расточительного использования невозобновляемых энергоресурсов в последние десятилетия человечество приблизилось к глобальному энергетическому кризису. Кроме того, значительно ухудшилась экологическая обстановка: глобальное изменение климата на планете, как следствие парникового эффекта, онкологические заболевания, загрязнение атмосферы вредными выбросами, загрязнение рек, вырубка лесов.

Энергетический кризис в 1970-х гг. явился первой предпосылкой к осознанию экологических проблем и началу разработки крупномасштабных природоохранных проектов. В 1997 г. был подписан Киотский протокол, 12 согласно которому государства должны ограничить выброс парниковых газов (в первую очередь, CO₂) в атмосферу. Во многих развитых странах одним из важнейших объектов государственного регулирования стали требования к развитию инновационных энергосберегающих технологий и повышению тепловой эффективности защиты зданий.

Основные задачи и аспекты энергосберегающих технологий: – экономия государственных энергоресурсов; – рациональное использование природных ресурсов; – защита окружающей среды от вредных выбросов; – освоение и развитие технологий, основанных на использовании возобновляемых источников энергии; – снижение «парникового эффекта».

На сегодняшний день всё более актуальной становится проблема снижения энергопотребления жилых зданий, что даёт толчок для развития энергосберегающих

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		148стр. из 174

технологий. На обогрев домов государством тратится до 40 % всех энергоресурсов страны, а в атмосферу в результате выбрасывается огромное количество углекислого газа, что приводит к развитию «парникового эффекта».

Современную историю энергосбережения условно можно разбить на 4 этапа: 1973–1991 гг., 1991–2003 гг., 2003–2008 гг. и с 2009 г. по настоящее время. Из этой хронологии очевидно, что основные усилия, направленные на экономию энергии, развитые государства, обделённые в значительной степени природными ресурсами, начинают предпринимать в периоды резкого роста цен на углеводородное сырьё. Эти периоды, в свою очередь, связаны с обострением международной обстановки, как правило, естественно, на Ближнем и Среднем Востоке, т.е. в странах ОПЕК [31].

На первом этапе (1973–1991 гг.)

В большинстве развитых государств были приняты решения о разработке специальных программ, включающих в себя следующие направления:

- экономия энергии;
- выделение значительных бюджетных средств на проведение научно-исследовательских и конструкторских разработок использования нетрадиционных источников энергии;
- снижение энергопотребления в различных отраслях промышленности;
- разработка законодательных инициатив, обеспечивающих снижение потребления энергетических ресурсов (как выяснилось позже – самое главное направление на данном этапе).

В этот период занимались практически всем: энергией солнца и ветра, тепловыми насосами (энергия Земли), биотопливом, энергией приливов и морских течений и волн, геотермальной энергией, энергией атома и, собственно, технологиями энергосбережения.

К сожалению, большинству работ тех лет были характерны недостаточная эффективность и длительные (иногда запредельные) сроки окупаемости из-за несовершенства материалов и технологий, имевшихся тогда в распоряжении специалистов. И, что самое главное, цены на нефть и другие углеводороды стали очень быстро снижаться. Именно поэтому щедрые поначалу правительственные ассигнования на разработку альтернативных и нетрадиционных энергоресурсов к середине 1980-х гг. были значительно сокращены.

Однако польза от этой «нефтяной встряски» была неоспорима. Фактически было сломано традиционное мышление, основанное на возможности использования исключительно углеводородного топлива, определены наиболее перспективные направления дальнейшего развития. Некоторые исследования продолжались даже после прекращения государственного финансирования – частный бизнес понял долгосрочную перспективность некоторых инновационных направлений и обеспечивал финансирование многих программ.

И всё же главным успехом первого этапа стали многочисленные разработки законодательств, систем поощрений, субсидий и льгот тем организациям, которые способствовали энергосбережению, и, наоборот, штрафов и других наказаний тем, кто считал это необязательным. Конечно, законодательные акты на этом этапе были несовершенны и в дальнейшем не раз корректировались. В тот период была разработана целостная идеология экономии энергии, было доказано со всей очевидностью, что для успешного решения проблем энергосбережения необходим комплексный подход – улучшение только какого-нибудь одного элемента не позволит кардинально снизить

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		149стр. из 174

энергопотребление, а иногда может привести даже к дискредитации самой идеи энергосбережения.

Важным стало и создание крупных исследовательских центров в Европе и США, в состав которых вошли динамичные и мобильные команды специалистов, определившие значительные успехи энергосбережения в последующие годы. В частности, в составе знаменитой Национальной лаборатории министерства энергетики США (Lawrence Berkeley National Laboratory – LBNL) был организован отдел по энергосбережению в строительстве, который и стал одним из «законодателей мод» в этой отрасли. Кстати, организовал его Артур Розенфельд (Arthur Rosenfeld), который в 2011 г. был удостоен учреждённой в России Международной премии «Глобальная энергия», являющейся своеобразной Нобелевской премией по энергетике. Международная энергетическая Премия «Глобальная энергия» – это независимая награда за выдающиеся научные исследования и научнотехнические разработки в области энергетики, которые содействуют повышению эффективности и экологической безопасности источников энергии на Земле в интересах всего человечества.

Именно LBNL в тесном контакте с европейскими специалистами разработала в 1970-х–1980-х гг. технологию промышленного производства магнетронного нанесения теплоотражающих покрытий на большеформатные листовые стёкла, что стало реальным прорывом в оконной отрасли. Позднее, в 1990-е гг., теплоотражающие покрытия станут основным и необходимым элементом энергосберегающих светопрозрачных конструкций. Также одним из определяющих способов снижения энергетических затрат в зданиях стала инициатива правительств скандинавских стран, которые за счёт государства заменили старые неэффективные окна на новые стеклопакеты. Второй этап (1991–2003 гг.) был отмечен значительно более интересными результатами с точки зрения внедрения новых прогрессивных энергосберегающих технологий.

Именно этот период можно охарактеризовать следующими достижениями:

- широкое использование тепловых насосов;
- ветровые генераторы оказались совершенно обыденным делом в Европе, Японии, Китае и США;
- появились современные конкурентоспособные солнечные панели и конвекторы;
- в развитых странах серьёзно взялись за строительство энергоэффективных зданий (так называемых «пассивных» домов и домов с нулевым потреблением энергии);
- впервые массово начали заниматься санацией зданий старой постройки для доведения их до современных требований по энергосбережению.

С возникновением очередного энергетического кризиса практически мгновенно в США появился первый в истории комплексный документ – «Energy Policy Act of 1992» [53], определивший основные проблемы в энергосбережении и направления их решения. Конечно, очевидно, что такой объёмный документ (несколько сотен страниц) не мог быть разработан в течение нескольких месяцев после того, как он действительно понадобился. По всей видимости, он разрабатывался ведущими специалистами Министерства энергетики США ещё с середины 1980-х гг., и по счастливой случайности в этом документе возникла срочная необходимость именно тогда, когда он был практически готов.

«Energy Policy Act of 1992» стал определяющим для развития новых технологий в области энергосбережения и использования альтернативных и нетрадиционных возобновляемых источников энергии более чем на 10 лет.

Отметим лишь некоторые его моменты:

- на обеспечение энергосбережения и значительное снижение энергопотребления Конгрессом США выделены колоссальные средства (миллиарды долларов), включая

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		150стр. из 174

средства на публичное продвижение программы энергосбережения и разъяснение её целей потребителям; впервые на законодательном уровне сделан упор на создание действенной системы субсидий и льгот для потребителей, выполняющих требования по энергосбережению;

- внедрена программа перспективных стандартов и других нормативов, направленных на экономию энергии во всех отраслях, включая строительство и производство строительных материалов, основанная на так называемых «стандартах производительности», т. е. ориентированных на конечный результат – экономию энергии;

- определены первоочередные задачи и цели, обеспечение которых было подготовлено в 1980-е гг., в частности: замена традиционных ламп накаливания энергосберегающими, замена традиционных окон светопрозрачными конструкциями со стеклопакетами с теплоотражающими стеклами;

- внедрены маркировки энергосберегающей продукции, указывающие потребителю её технические характеристики и ожидаемый уровень экономии энергии;

- создан ряд ассоциаций, которые должны были стать проводниками государственной политики энергосбережения и создавать новые методы оценки энергосберегающих материалов и конструкций, в том числе National Fenestration Rating Council (Национальный Совет по оценке светопрозрачных конструкций); -

- обозначены цели по проектированию и строительству (с дальнейшим полномасштабным мониторингом результатов) пилотных проектов энергоэффективных зданий различного назначения в разных климатических регионах страны; -

- выделены средства на создание компьютерных методов оценки характеристик и энергоэффективности различных конструкций. Любопытные метаморфозы происходили в Германии. Следует отметить, что крах Берлинской стены и объединение Германии в 1990 г. ввели жителей Восточной Германии в эйфорию. В Дрездене, к примеру, на вокзальной площади был публично сожжён Трабант – символ «отсталой автомобильной промышленности ГДР». После «валютного объединения» восточные немцы получили доступ к западным товарам, в том числе и к автомобилям, чем они и поспешили воспользоваться. Если раньше студенты Дрезденского технического университета ездили, преимущественно, на велосипедах, то теперь они пересели на Ауди, Опель и прочие авто.

При объединении Германии в 1990 г. в структуру жилищно-коммунального комплекса страны влилось множество зданий в восточной части страны (ГДР), которые были построены по советским проектам (мы их называем «хрущёвки»). Проведенный в начале 1990-х гг. комплексный мониторинг старых зданий показал, что средний расход энергии на отопление, горячее водоснабжение, освещение и другие бытовые нужды в старых зданиях составил около $280 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год, из них только на отопление расходовалось не менее $220 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год. В условиях достаточно мягкого климата в Германии и постоянного роста стоимости энергоносителей это было признано совершенно недопустимым. Тем более что к началу 1990-х гг. уже появился опыт строительства энергоэффективных зданий с использованием альтернативных возобновляемых источников энергии.

Жителям Восточной Германии Федеральное правительство пообещало в кратчайшее время обеспечить уровень жизни, присущий стандартам ФРГ. Для обеспечения комфортных условий жизни и снижения размера коммунальных платежей на отопление и электроэнергию существовало два возможных пути: либо снести все эти здания, либо привести их в «божеский вид». Однако был предпринят другой подход, который в дальнейшем переняли многие развитые страны.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		151стр. из 174

Федеральным законом 1995 г. было установлено, что новые здания должны строиться с удельным расходом энергии на отопление не выше $100 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в год, при этом остальные энергозатраты были ограничены на уровне $60 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в год [52]. Для существующих зданий был определен период в 7 лет, в течение которого они должны быть либо доведены до установленного уровня энергозатрат, либо снесены в случае невозможности или нецелесообразности их реконструкции. В том случае, если собственник по истечении 7 лет не выполнит установленные законом нормативы, для него наступали «черные дни» – увеличение коммунальных платежей в несколько раз, огромные штрафы, увеличение обязательной страховки имущества, снижение залоговой стоимости и многое другое, что превращало владение таким «проштрафившимся» зданием в дело, финансово очень обременительное и бесперспективное.

В федеральном законе был предусмотрен ряд поощрений («пряников»):

- финансовые (очень небольшие) вливания со стороны государства;
- налоговые (очень значительные) льготы собственникам;
- федеральные субсидии на использование современных энергосберегающих материалов и технологий;
- другие, не только материальные, но и моральные, или имиджевые, поощрения.

Это позволило многим специалистам, придерживающимся постулатам этого закона и пресловутому Deutsche Ordnung (немецкий порядок), спроектировать и построить действительно энергоэффективные дома за не очень большие деньги. 20 Несмотря на то, что цены на традиционное углеводородное топливо стали быстро падать (как и во время первого энергетического кризиса), усилия мирового сообщества по созданию энергетики, в меньшей степени, чем прежде, зависимой от углеводородов, не прекратились, а только активизировались и консолидировались. Этим, вероятно, и отличается современная Россия от Европы и США: немцы и американцы (и японцы, естественно) предпочитают «не наступать второй раз на те же грабли, если уже однажды набили шишку на лбу» [31]. Именно на втором этапе современной истории энергосбережения (1991–2003 гг.) было начато большинство проектов по строительству «пассивных» домов и целых посёлков, и окончательно сформировалось понимание необходимости комплексной оценки зданий и эффективности энергосберегающих технологий.

Например, во Франции при проектировании зданий в соответствии со стандартом RT 2000 «Индивидуальные дома без систем кондиционирования воздуха» необходимо набрать 20 условных баллов по следующим 5 разделам [17]:

- теплоизоляция перекрытий, стен и кровли (от 2 до 5 баллов);
- наличие тепловых мостиков в конструкции здания (от 0 до 4 баллов);
- тип оконных конструкций (от 1 до 3 баллов);
- системы вентиляции (от 1 до 4 баллов);
- системы отопления и горячего водоснабжения (от 1 до 6 баллов).

Дополнительно учитываются также местоположение и ориентация здания. В случае, если в сумме по применяемым инженерным и строительным решениям набираются искомые 20 баллов, проект признается удовлетворяющим требованиям по удельному расходу энергии на 1 м^2 в год. В противном случае он не будет утвержден. В указанном документе все требования представлены достаточно наглядно и обеспечивают выполнение основного требования – использование эффективных конструкций с гарантированным выполнением требований по экономии энергии. То есть, хочешь, например, применять дорогие и очень энергоэффективные окна, можешь сэкономить на теплоизоляции перекрытий. Или наоборот. Подобный подход к проектированию энергоэффективных зданий не только для Европы, но и

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		152стр. из 174

для РК представляется совершенно справедливым и грамотным. Самое главное, что это позволяет снизить «коррупционную составляющую» не на словах, а на деле, поскольку производитель не обязан «зацикливаться» на каких-то конкретных материалах и технологиях, которые ему навязываются чиновниками «сверху». Подобные документы разработаны и успешно применяются во многих развитых странах, что реально помогло в истинном становлении энергосберегающего (а в дальнейшем – и «зеленого») строительства.

В оконной отрасли на этом этапе можно отметить следующие положительные сдвиги:

- практически во всех развитых странах, за исключением государств с жарким климатом (Испании, Италии, Португалии), окна из ПВХ профиля (ПВХ – поливинилхлорид) со стеклопакетами стали преобладающей на рынке продукцией

- стало возможным и экономически оправданным оборудовать фасадные конструкции высотных зданий светопрозрачными панелями с энергосберегающим стеклом;

- стали активно развиваться проекты зданий с максимальным использованием естественного освещения и активной солнцезащиты, что позволило значительно снизить нагрузки на системы отопления и кондиционирования воздуха;

- фасадные конструкции зданий всё чаще стали совмещаться с солнечными элементами для выработки дополнительной энергии, используемой для внутреннего (а иногда и внешнего) электроснабжения;

- практически решены проблемы вентиляции помещений, которые возникали в зданиях при их оборудовании современными, как правило, герметичными окнами.

Ещё в конце XX в. во многих не только развитых, но и развивающихся странах использование нетрадиционных источников энергии (тепловых насосов, ветровых генераторов, солнечных коллекторов или батарей и пр.) стало совершенно обыденным делом в массовом строительстве энергосберегающих зданий.

На третьем этапе (2003–2008 гг.), который, помимо очередного роста цен на нефть, отмечен повышенным вниманием к процессам глобального потепления, появились значительные успехи в разработке и внедрении в массовое производство новых инновационных материалов и технологий, позволяющих более эффективно использовать возобновляемые источники энергии.

Когда и чем закончится четвёртый этап в развитии энергосберегающих технологий? На это вопрос пока трудно дать вразумительный и аргументированный ответ. Однако очевидно, что при сохранении и увеличении современного уровня потребления традиционных ископаемых энергоносителей (нефть, природный газ, уголь) планета Земля «протянет» ещё лет 30-50.

Энергосбережение в зданиях и сооружениях.

В наше время, когда ископаемого топлива на Земле остаётся всё меньше, остро встаёт проблема энергосбережения. Одной из статей расхода топлива являются ресурсы на обогрев жилых строений, которые можно сэкономить, снижая теплопотери сооружений.

Жителям домов, многоквартирных и, в особенности, частных, отдельностоящих, приходится каждый месяц выкладывать довольно круглые суммы: зимой на отопление, а летом на охлаждение и вентиляцию.

Если говорить о традиционных способах энергосбережения, под которыми понимается реализация технических и научных мер, направленных на рациональное использование и экономное расходование топливноэнергетических ресурсов, то первым

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		153стр. из 174

шагом является снижение тепловых потерь ограждающих конструкций различного рода зданий и сооружений.

Чтобы понять, какие ресурсосберегающие мероприятия в области архитектурно-строительных решений окажутся наиболее эффективными, необходимо провести качественный анализ потерь тепла через ограждающие конструкции зданий.

Многочисленными исследованиями и расчётами установлены составляющие теплопотерь через различные элементы зданий, представленные на рис. 2 [24].



Рисунок 14.1 -. Потеря тепла в доме, возведенном по традиционной технологии и из традиционных строительных

Развитие энергосберегающих построек восходит к исторической культуре северных народов, которые стремились построить свои дома таким образом, чтобы они эффективно сохраняли тепло и потребляли меньше ресурсов. Классическим примером техники повышения энергосбережения дома является русская печь, отличающаяся толстыми стенками, хорошо сохраняющими тепло, и оснащённая дымоходом со сложной конструкцией лабиринтов [24]. Решить вопрос с потерями тепла можно следующим образом:

– обеспечить высокую тепловую защиту здания или сооружения с помощью использования эффективных теплоизоляционных строительных материалов; – установить отопительные приборы с высоким коэффициентом теплопередачи.

Основной путь снижения энергозатрат лежит в повышении термического сопротивления ограждающих конструкций с помощью теплоизоляционных материалов. Особенностью теплоизоляционных материалов является их высокая пористость и низкая теплопроводность. Благодаря изоляции значительно повышаются надёжность, долговечность и эффективность эксплуатации зданий и сооружений.

Основные функции тепловой изоляции: – создание комфортных условий для проживания людей в жилых домах; – снижение тепловых потерь в окружающую среду.

Эффективным способом сокращения потребности в энергии является выбор той или иной системы микроклимата (вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха).

Ухудшение экологической обстановки является побуждающим стимулом к превращению жилых домов в экологически чистое жильё, отличающееся дополнительной теплоизоляцией стен, окон, дверей, крыши с использованием инновационных материалов и технологий, установкой солнечных батарей и других альтернативных источников энергии (рис. 14.2).

QONTUSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 154стр. из 174

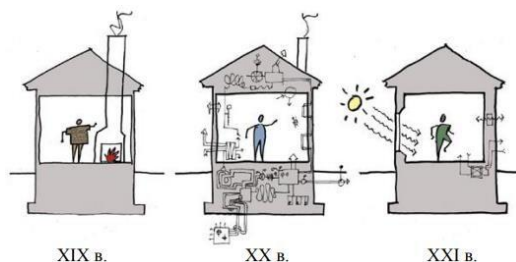


Рисунок 14.3 - Эволюция жилого дома в XIX–XXI вв.

Специалисты разных стран с начала 1970-х годов работали над проблемой энергосбережения зданий. Разработки велись в разных направлениях: разрабатывались варианты оптимальной формы дома, его 30 установки относительно рельефа и сторон света, теплосберегающих ограждающих конструкций и систем вентиляции.

Таким образом, началось строительство энергоэффективных домов разного уровня сбережения энергии и даже её положительного баланса. Критерием градации энергосберегающих домов стало количество получаемой и потребляемой ими энергии.

Энергосберегающие технологии

Теплоизоляция

Пассивный дом должен иметь эффективную тепловую изоляцию. Фотография в инфракрасных лучах показывает, насколько эффективна теплоизоляция пассивного дома (справа) по сравнению с обычным домом (слева).

Ограждающие конструкции (стены, окна, крыши, пол) стандартных домов имеют довольно большой коэффициент теплопередачи. Это приводит к значительным потерям: например, тепловые потери обыкновенного кирпичного здания составляют 250-350 кВт·ч в год с 1 м² отапливаемой площади.

Технологическая концепция пассивного дома предусматривает эффективную теплоизоляцию всех ограждающих поверхностей – не только стен, но и пола, потолка, чердака, подвала и фундамента. В пассивном доме формируется несколько слоёв теплоизоляции – внутренняя и внешняя.

Как правило, для утепления стен и пола пассивного дома на грунте используется слой теплоизоляции с коэффициентом теплопроводности не более 0,04 Вт/(м·К) толщиной 30 см, а крыши – 40 см. Это позволяет одновременно не выпускать тепло из дома и не впускать холод внутрь него. Кроме того, перегородки в пассивном доме должны обладать высокой способностью аккумулировать тепло. Также производится устранение «мостиков холода» в ограждающих конструкциях. В результате в пассивных домах теплотери через ограждающие поверхности, как правило, не превышают 15 кВт·ч/м² в год, что практически в 20 раз ниже, чем в обычных зданиях.

Регулирование микроклимата

В настоящее время технология строительства пассивных домов далеко не всегда позволяет отказаться от активного отопления или кондиционирования, особенно в регионах с постоянно высокими или низкими температурами, или резкими перепадами температур, например, в зонах с континентальным климатом.

Тем не менее, неотъемлемой частью пассивного дома является система регулирования микроклимата (обогрева, кондиционирования и вентиляции), расходуя ресурсы более

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		155стр. из 174

эффективно, чем в обычных домах. В обычных домах вентиляция осуществляется за счёт естественного движения воздуха, который проникает в помещение через специальные пазы в окнах (иногда через оконные проветриватели – клапаны приточной вентиляции) и удаляется пассивными вентиляционными системами, расположенными в кухнях и санузлах.

В энергоэффективных зданиях используется более сложная система: вместо окон с открытыми пазами используются звукоизолирующие герметичные стеклопакеты, а приточно-вытяжная вентиляция помещений осуществляется централизованно через установку рекуперации тепла. Для повышения энергоэффективности монтируется подземный воздуховод, снабжённый теплообменником. Зимой свежий холодный воздух входит в подземный воздуховод, нагревается за счёт тепла земли до температуры +3 °С и поступает в рекуператор. В рекуператоре старый (отработанный) воздух отдаёт тепло свежему (не смешиваясь с ним) и выбрасывается на улицу, а свежий воздух из рекуператора с температурой +17 °С поступает в дом [44]. Таким образом, осуществляется бесплатное отопление. Если температура поступающего воздуха слишком низкая, он дополнительно подогревается электрическим нагревателем мощностью 2,1 кВт. Температура подогрева воздуха задается на программной панели электронагревателя. В летний период система функционирует как бесплатный центральный кондиционер: горячий воздух (+30 °С) входит в подземный воздуховод, охлаждается за счёт температуры земли до 17 °С и поступает в дом.

Инновационные энергосберегающие технологии будущего

Потребление электроэнергии в настоящее время очень иррационально, и, если не найти способы улучшить эти показатели, то мы сами можем спровоцировать непоправимые последствия, которые приведут к глобальной экологической катастрофе. Технологии, которые появятся к 2050 г., должны быть рентабельными и удобными для пользователя, способными кардинально изменить наше будущее и спасти мир от техногенного краха.

По оценкам специалистов, процессы отопления, вентиляции, кондиционирования и освещения зданий приводят к ежегодному выбросу в атмосферу более 100 млн т парниковых газов (главным образом, углекислого газа CO₂) – это прямой путь к загрязнению и глобальному потеплению.

Климатолог, лауреат Нобелевской премии Дэн Кэммэн (Dan Kammen) провёл анализ инновационных технологий, которые способны изменить наши города и обеспечить нам более «светлое» будущее. Исследования проводились в двух направлениях:

- 1) энергосбережение зданий будущего;
- 2) альтернативные источники энергии будущего [55]. Наряду с энергетическими, социальными и экологическими показателями определяющим критерием стал фактор снижения выбросов парниковых газов.

Здания будущего

Примерно 65 % всей вырабатываемой электроэнергии потребляется зданиями (отопление и пр.). Современные здания чрезвычайно неэффективны, около 1/3 тепла утекает сквозь стены, окна и крышу. Для снижения тепловых потерь жилые и производственные здания должны быть коренным образом перепроектированы. Нас беспокоит глобальное потепление, а тем временем наши дома и офисы обогревают пространство снаружи почти так же, как внутри. Если бы люди могли увидеть мир через призму инфракрасного излучения, то щепетильность во многих вопросах сильно возросла бы. Тепловизионная съёмка иллюстрирует места наибольшей потери тепла. Такое впечатление, будто все эти здания охвачены пожаром. Одни только 83 здания теряют 10-15 % мировой вырабатываемой

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 156стр. из 174

энергии, что эквивалентно 4 млрд баррелей нефти в год. Целые электростанции просто подогревают воздух – невероятное расточительство. Технологические внедрения способны положить конец тепловым потерям в будущем. разрабатываются четыре кардинально различные инновационные технологии энергосбережения зданий: – аэрогель; – гибридное солнечное освещение; – живая зелёная крыша; – гелиотехнология (нано-фотогальванические элементы).

Аэрогель – это один из самых удивительных теплоизоляционных материалов, известных науке. Он сохраняет тепло там, где ему и положено быть, внутри [13].

Есть одно место, где хорошая изоляция жизненно необходима – ледяные просторы космоса. Благодаря теплоизоляционным свойствам аэрогеля космические корабли выдерживают крайне низкую температуру поверхности Марса.

Технический твёрдый аэрогель больше похож на игру света (рис. 31). Люди воспринимают его как «замороженный дым», и в некотором смысле кажется, что он существует лишь мгновения. Это твёрдое вещество, с самой маленькой плотностью сред всех твёрдых веществ, известных на Земле. Зафиксированный рекорд плотности – 1,9 кг/м³. Аэрогель на целых 99 % состоит из воздуха, он пропускает свет, но практически не пропускает тепло. Такое уникальное свойство вызвано особенностью его структуры.



Рисунок 14.4 -. Технический твёрдый аэрогель

Гибридное солнечное освещение

Днём и ночью здания поглощают энергию, по большей части, на искусственное освещение, затраты на которое эквивалентны такому количеству энергии, что производит в три раза больше углекислого газа, чем вся мировая авиация – освещение потребляет около 20 % мировой энергии.

Круглосуточно в офисах, фабриках, торговых пассажах включается электрическое освещение, в том числе и в дневное время, что является недопустимым расточительством. Основные причины неэффективности традиционных ламп накаливания в том, что они производят главным образом тепло. В действительности только 5 % мощности обычных лампочек преобразуется в свет, а остальные 95 % – потерянное тепло.

Современные коммерческие здания оснащены застеклёнными крышами, огромными окнами, но задёрнутыми шторами, закрывающими естественное освещение.

Возможно ли использовать солнечный свет для обеспечения естественного освещения в каждом тёмном уголке каждого здания всех мегаполисов? Солнечный свет, проникающий в окна – это вариант, но под неправильным углом он слепит, кроме того, он не может проникать во внутренние помещения зданий.

QAZAQSTAN QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		157стр. из 174

Сконцентрировать солнечный свет и перенаправить лучи туда, где необходимо освещение, можно с помощью системы сферических зеркал, повёрнутых оптимальным образом. Солнечный коллектор – большое первичное зеркало, предназначенное для концентрации и передачи солнечных лучей на меньшее по размеру вторичное зеркало. Однако большинство зеркал производятся из стекла, а сферические очень дороги.

Ключ к решению – пластик. Пластиковые зеркала – дешёвая альтернатива, но проблема в том, что они плавятся. Задача – спроектировать солнечный коллектор, способный выдержать температуру 65 °С, при этом он должен проработать не менее 20 лет, чтобы быть рентабельным.

В результате комбинации акриловых волокон с обычной пластмассой получается материал, который выдерживает высокие температуры – пластик, необходимый для изготовления солнечного коллектора.

Интеллектуальная часть этой технологии – следящая за солнцем система, которая потребляет энергии не больше, чем рождественская гирлянда, но точно определяет место нахождения Солнца. GPS-модуль системы точно устанавливает своё местонахождение на планете в любое 86 время суток. Используя эти данные, устройство вычисляет точный угол солнечных лучей и его высоту над горизонтом. Целый день небольшой двигатель удерживает тарелку, ориентируясь на Солнце, всегда указывая непосредственно на него и собирая максимальное количество солнечного света.

Эта новая технология называется гибридным солнечным освещением. Экономия энергии при использовании системы ГСО свыше 80 % (рис. 14.5). [16].



Рисунок 14.5 - Лабораторный прототип гибридной солнечной установки

5. Литература:

основная

1. Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.- Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.
2. Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).
3. Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.
4. Шарогазов Б. А., Фарафонов М. Ф., Клементьев В. В. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов: Учебник по курсу «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания». – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 403 с.
5. Ст. 1 Закон Об энергосбережении и повышении энергоэффективности РК от 13 января 2012 года № 541-IV. Действующий с изменениями и дополнениями. Проверено 15.01.2022

QONTUSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		158стр. из 174

6. Вспомогательное оборудование ТЭС. Конспект лекций для студентов специальности 5В071700 – Теплоэнергетика. Алматы 2017. с.104

7. Дополнительная литература

8. Ледуховский Г.В., Пospelов А.А. Расчет и нормирование показателей тепловой экономичности оборудования ТЭС: Учеб. пособие / ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2015. – 468 с.

9. Нагнетатели и тепловые двигатели / В. М. Черкасский, И. В. Калинин, Ю. В. Кузнецов, В. И. Субботин. М. : Энергоатомиздат, 1997

10. Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года № 724

11. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 274 с.

Электронные ресурсы:

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz/ru/> Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

6.Контроль вопросы

1. Мировой топливно-энергетический баланс. Энергетика России.
2. Энергосберегающие технологии – основные задачи.
3. Закон Республики Казахстан Об энергосбережении и повышении энергоэффективности
4. Опыт по энергосбережению в развитых странах: США, Германии, Франции. «Фактор четыре».
5. Этапы развития стратегии энергосбережения.
6. Энергосбережение в строительстве. Тепловые потери зданий и их минимизация.
7. Энергосбережение в строительстве на основе использования возобновляемых источников энергии. Использование энергии Солнца. Солнечные панели и коллекторы.
8. Энергосбережение в строительстве на основе использования возобновляемых источников энергии. Геотермальная энергия. Тепловые насосы.
9. Классификация энергоэффективных домов. Стандартизация энергоэффективности домов.
10. Пассивные дома. Энергосберегающие технологии. Система приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла.
11. Энергосберегающие технологии. Теплоизоляция – внутренняя и внешняя.
12. Остекление пассивного дома. Энергосберегающие стёкла.
13. Использование солнечной энергии в энергосберегающих технологиях пассивного дома.
14. Энергосберегающая кровля. «Зелёная крыша» – экстенсивная и интенсивная.
15. Тепловые потери при теплоснабжении производственных зданий. Системы газового лучистого отопления.
16. Окна и остекление зданий. Стеклопакеты. Теплосберегающая низкоэмиссионная плёнка.
17. Отопление. Водяной тёплый пол.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		159стр. из 174

18. Здания будущего. Аэрогель. Гибридное солнечное освещение.

19. Здания будущего. Живая зелёная крыша. Нано-фотогальванические элементы.

Лекция 15

1 Тема 15. Новые технологии производства теплоты и электрической энергии

2. Цель: знать глобальные технологические тренды, эффективные технологии для тепловой энергетики.

Иметь представление о цифровом инжиниринге и роботизации в фармацевтическом производстве.

3. Тезисы лекции:

Глобальные технологические тренды.

Автономные микротурбинные энергоустановки.

Цифровой инжиниринг и роботизация в фармацевтическом производстве

Глобальные технологические тренды.

Анализ устойчивых тенденций (трендов) развития мирового энергетического рынка позволяет выделить ряд новых явлений, возникших как в результате технологического развития, так и под влиянием разного рода политических, экономико-финансовых и экологических факторов. К числу этих трендов относят:

- регионализацию мировой энергетики;
- смещение спроса на энергоресурсы в развивающиеся страны;
- рост стремления стран, прежде всего импортеров топлива, к самообеспечению, сопровождающемуся адекватным ростом «ресурсного национализма»;
- рост затрат на производство конечных энергоресурсов и, соответственно, рост потребности в инвестициях;
- неравномерное, хотя и неизбежное развитие возобновляемой энергетики;
- усиление внимания к энергосбережению и энергоэффективности;
- усиление межтопливной конкуренции, ведущей к стабилизации и даже относительноному снижению спроса и, соответственно, цен на углеводороды.

На смену глобализации мировых энергетических рынков приходит регионализация мировой энергетики, и в перспективе это может привести к снижению объема традиционных торговых потоков нефти и газа.

Для каждого региона характерны свои особенности данного процесса. В США — уже упоминавшиеся успехи в добыче сланцевого газа, в Европе — значительные темпы роста сектора ВИЗ и стабильное снижение энергоёмкости экономик стран Евросоюза. В Китае и частично в Индии — опора прежде всего на собственные ресурсы, например уголь. Основными драйверами роста потребления энергии являются увеличение населения и повышение его доходов. В ближайшие 20—25 лет мы будем свидетелями непрерывного роста экономик и численности населения в странах, не входящих в ОЭСР.

Энергетика во всем мире трансформируется, и все мы являемся свидетелем глобальных изменений как в принципах потребления, так и в производстве энергоресурсов.

Тренд №1. Цифровизация.

По прогнозу международной исследовательской и консалтинговой компании International Data Corporation (IDC), к 2020 г. интернет вещей охватит 50 млрд устройств. Речь идет не только о бытовой технике, смартфонах и автомобилях.

Интернет вещей интегрируются также и в производственные мощности в самых разных отраслях экономики: сегодня слова «цифровая подстанция» или «цифровой двойник

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		160стр. из 174

завода» уже реальность. Любое современное промышленное предприятие ставит перед собой цель всеобщей цифровой интеграции.

Прекрасным примером выступают глобальные лидеры в производстве продуктов питания, которые находятся в бесконечном цикле оптимизации производственных затрат. Даже самые неочевидные обывателю процессы, например промывка линий розлива, уже управляются продвинутыми оптимизационными системами. Они многократно сокращают затраты на химические реагенты, воду и энергоресурсы.

Тренд №2. Уменьшение углеродного следа.

Темпы роста инвестиций в возобновляемую энергетику превышают этот показатель по ископаемым видам топлива. По оценке информационно-аналитического агентства Platts, объем ввода мощностей на ВИЭ в 2018 г. составил более 150 ГВт, в то время как объем ввода традиционных источников составил менее 100 ГВт.

Тренд №3. Электрификация.

Если еще несколько лет назад электромобили рассматривались как нишевое явление, неспособное поменять отношение мировых автогигантов к своей производственной программе, то сегодня электромобили — это новая и, возможно, единственно верная стратегия развития.

Теперь электротранспорт — это модно. Характер нагрузки на энергосистемы существенно изменится: добавился новый потребитель, для которого нужно создавать необходимую зарядную инфраструктуру и обеспечивать спрос в электроэнергии. Эта тенденция даст сильный импульс к развитию энергетики, догрузив существующие генерирующие мощности.

Тренд №4. Децентрализация.

Относительная доступность технологий по локальному производству и хранению электроэнергии создала совершенно новый рынок в странах Запада — микроэнергосистемы, или microgrids. По своей сути, эти системы являются уменьшенной копией традиционных централизованных энергосистем, сочетая в себе инфраструктуру по производству, передаче и распределению электроэнергии.

Централизованные энергосистемы многие годы обеспечивали и обеспечивают стабильное энергоснабжение потребителей, но тем не менее неверным будет считать, что тем же западным странам уже удалось построить эффективные энергосистемы, которые бесперебойно снабжают всех ключевых потребителей электроэнергии.

Частой является ситуация перерывов в энергоснабжении целых районов крупных мегаполисов, как, например, отключение электричества в Лондоне и Нью-Йорке летом 2019 г., когда без света остались тысячи горожан. Говорить о стабильном энергоснабжении промышленности также не приходится, вопрос лишь в том, как такие проблемы решаются стратегически.

Микроэнергосистемы лишены такого недостатка, так как проектируются под конкретного потребителя с понятной нагрузкой, резервирование же может обеспечиваться как из внешней сети, так и сочетанием накопителей электроэнергии и аварийных источников питания.

Тренд №5. CapEx-to-OpEx

Электроэнергия, хотя и является ключевым звеном в любой производственной цепочке, но, по своей сути, является ресурсом, который необходим для производства конкретной продукции. Поэтому любой производственный менеджмент рано или поздно сталкивается с проблемой приоритетов: вложить ограниченные средства в расширение

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		161стр. из 174

основного производства, особенно если спрос растет, или инвестировать во вторичный производственный процесс, например в энергоснабжение.

Чтобы решить эту дилемму, компании, реализующие сложные и затратные проекты в области энергоснабжения, обращаются к энергосервисным компаниям, которые продают им конечный продукт — электрическую, тепловую энергию или холод. Клиентам по большому счету не так важно, как вырабатывается электроэнергия: важна лишь цена и соблюдение принципа минимизации углеродного следа.

Такой подход и является наиболее современным, когда каждый занимается тем, что он умеет лучше всего: производить продукты или обеспечивать производство энергоресурсами.

Любому производству необходимо постоянно повышать собственную эффективность, будь то снижение потребления ресурсов или соответствие меняющимся потребительским ожиданиям. В любом случае, если компании ставят целью оставаться лидерами, то все пять трендов и есть тот ориентир, на который им следует опираться в долгосрочной перспективе.

Истощение месторождений полезных ископаемых на суше создает стимулы для поиска новых способов их добычи. В последние годы активно применяются микроорганизмы для извлечения металлов из бедных руд и техногенных отходов. Например, переработка 1 млн штук сотовых телефонов позволяет получить 16 тонн меди, 350 кг серебра, 34 кг золота и почти 15 кг палладия.

Технологические тренды

Анализ технологических трендов показывает, что мировая энергетика стоит на пороге энергетической революции [12], содержанием которой является переход от индустриальной энергетики к постиндустриальной. Индустриальная энергетика основана на сжигании ископаемого топлива, транспортируемого на большие расстояния, и на потреблении больших объемов энергии при сравнительно слабом управлении энергетическими потоками («силовая энергетика»). Постиндустриальная энергетика основана на энергии возобновляемых источников энергии (а также, возможно, атомной энергетике), децентрализации энергии, эффективном использовании сравнительно небольших потоков энергии («умная энергетика») [19, 21]. Основные направления энергетической революции - повсеместное распространение технологий энергосбережения, интеграция энергетики в техносферу, распространение ВИЭ, децентрализация энергетики, создание «умных сетей» и энергоинформационных систем, «энергоэффективный дом» и «энергоэффективный город».

Ресурсные и экологические ограничения

Экологический фактор в настоящее время является одним из ключевых в развитии энергетики. В рамках Киотского протокола и пост-Киотских соглашений, национального экологического законодательства создаются правовые и экономические механизмы, которые стимулируют процесс перехода к энергетике нового типа. В инерционном сценарии объемы потребления ресурсов и производства отходов будут быстро нарастать, что после 2030 г. приведет к 3 острому кризису. В стагнационном сценарии давление социума на окружающую среду будет снижаться за счет применения правовых механизмов снижения энерго- и ресурсоемкости развития. В инновационном сценарии потребление ресурсов и производство отходов может быть радикально снижено за счет комплекса новых технологий в энергетике.

Энергетические тренды

Тренды развития мировой энергетики определяются наложением двух процессов — быстрого роста индустриальной энергетики (и потребления ископаемого топлива) в развивающихся странах и постепенного перехода развитых стран к постиндустриальной

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		162стр. из 174

энергетике. Лидером роста индустриальной энергетики, безусловно, является Китай. За 2000-2009 гг. потребление энергии в стране возросло в 2,15 раза, в том числе угля – в 2,15 раза, нефти – в 1,8 раза, природного газа – в 3,3 раза, электроэнергии – в 2,75 раза. В развивающихся странах в целом за 2000-е гг. потребление энергии выросло на 66%, в то время как в развитых странах – только на 5%.

В нефтяной отрасли в 2000-е гг. главной тенденцией был быстрый рост спроса в развивающихся странах при спаде спроса в странах ОЭСР (с 2006 г.). В условиях истощения месторождений с благоприятными условиями добычи это стало предпосылкой быстрого роста цен на нефть. В газовой отрасли наблюдались, по существу, аналогичные процессы, а также быстрая интеграция мирового газового рынка. В угольной отрасли контраст между развитыми и развивающимися странами был еще более ярким. В 2000-2009 гг. 92,5% прироста мирового потребления угля пришлось на Китай.

Наиболее заметным признаком постиндустриального развития стал бум в сфере возобновляемой энергетики [16]. С 2000 по 2009 г. мировая мощность ветровых электростанций возросла с 18 до 160 ГВт, солнечных ФВ-станций - с 1,8 до 22,9 ГВт. К 2008-2009 гг. ВИЭ вышли на первое место в приросте мощностей в мире (40% в 2009 г.). Наряду с ВИЭ в электроэнергетике, настоящий бум пережили в 2000-е гг. мировые углеродные рынки. Их объем к 2009 г. достиг 120 млрд долл. в год, увеличившись за 10 лет в 10 раз [15]. Инвестиции в «умные сети» достигли к 2009 г. 21 млрд долл. в США и 69 млрд долл. в мире. Объем рынка энергосервисных услуг в США и ЕС достиг 4-5 млрд долл. В строительстве значимую долю стало составлять строительство по стандартам энергоэффективности (LEED в США, BREEAM в Европе) и экологической безопасности.

Стагнационный (возобновляемый) сценарий

Основной предпосылкой стагнационного сценария является трансферт существующих технологий в развивающиеся страны с целью снижения энергоемкости процесса индустриализации.

Потребление нефти продолжит свой рост, но оно будет существенно более медленным, чем в инерционном сценарии (на 10% к 2010 г. по сравнению с 30%). Структура мирового автопарка к 2050 г. претерпит существенные изменения. Главным трендом будет развитие всех существующих альтернатив нефтепродуктам и двигателю внутреннего сгорания. Пониженное потребление нефти приведет к меньшей концентрации добычи на Ближнем Востоке, повышенному уровню самодостаточности ряда регионов-импортеров, меньшей геополитической напряженности. Спад напряженности на нефтяном рынке станет долгосрочной предпосылкой снижения цен на нефть. В мировой газовой промышленности рост потребления также окажется существенно ниже, чем в инерционном сценарии. «Геополитика газа» будет играть гораздо меньшую роль, чем в инерционном сценарии.

Если в инерционном сценарии ожидался значительный рост угольной отрасли (к 2050 г. – более чем на 30%), то в стагнационном сценарии мировое потребление угля существенно упадет. В атомной энергетике в стагнационном сценарии ожидается устойчивый нисходящий тренд, отрасль сократится практически в 2 раза. Предпосылками для этого будут высокая стоимость и продолжительность строительства, стагнация технологического уровня, сохраняющиеся проблемы радиационной безопасности.

Возобновляемая энергетика будет расти существенно быстрее инерционного сценария. Доля ВИЭ к 2050 г. достигнет 21% мирового первичного потребления энергии. В возобновляемой энергетике в 2030 г. г. будет преобладать ветровая энергетика (72%), но к 2050 г. ее доля снизится до 60% за счет опережающего роста производства электроэнергии из биомассы и солнечной энергетике.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		163стр. из 174

В результате основные изменения в мировой энергетике будут регулятивными. Сложится сложная система регулирования мировой энергетике, включающая глобальные и локальные климатические соглашения, климатические налоговые и таможенные тарифы, технологические стандарты.

Среди наиболее значимых глобальных трендов рынка и основных векторов развития отрасли надо отметить:

Накопители. Электроэнергию как товар уже возможно хранить. Ежегодно системы хранения укрепляют позиции на рынке, их стоимость падает, а объемы продаж растут. Примерами могут служить компания Enel, запустившая в эксплуатацию промышленное хранилище энергии в Италии, или Tesla Powerpack в Австралии с общей мощностью накопителей 100 МВт. В России применение систем хранения электроэнергии только начинает развиваться.

Альтернативная энергетика. Производство выгодно уже не только для крупных генераций. За 10 лет стоимость ветряных модулей снизилась более, чем в 3 раза, а солнечных панелей – в 8 раз, и это при росте эффективности ВИЭ генерации. В ряде стран выработка из ВИЭ полностью конкурирует с традиционной генерацией.

Переход от consumers к prosumers. С развитием технологий классические потребители постепенно становятся производителями энергии, начиная занимать все более весомую долю в энергобалансе благодаря микрогенерации и механизму управления спросом, demand response.

Все это показывает альтернативный путь дорогостоящему строительству крупной генерации и позволяет серьезно снижать издержки потребителей.

Автономные микротурбинные энергоустановки.
Микротурбинные электростанции



Рисунок 15.1 - Микротурбинная электростанция

Микротурбинные электростанции разработаны для промышленного применения и полностью отвечают современным требованиям по энергоэффективности, прежде всего за счет своих технологических особенностей и уникальных потребительских свойств.

Микротурбинные электростанции на рынке представлены установками Capstone Turbine Corporation.

Микротурбинные электростанции мало отличаются друг от друга по режимам работы, вариантам размещения, типу используемого топлива.

QONTUSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 164стр. из 174

Все микротурбинные электростанции вырабатывают как электрическую, так и тепловую энергию. Автономно и параллельно с сетью работают все микротурбинные электростанции. Единичная мощность микротурбинных электростанций от 30 до 250 кВт. Микротурбинные электростанции имеют модификации для работы на жидком топливе.

Микротурбинные электростанции — энергосбережение за счет инновационных технологий

До сих пор энергоснабжение большинства промышленных предприятий было организовано по элементарной схеме: электроэнергия отбиралась от сети, а основные тепловые нужды покрывались за счет собственных котельных. Эти же котельные часто обеспечивают коммунальные потребности близлежащих населенных пунктов. При этом энергетический потенциал топлива, преимущественно природного газа, сжигаемого для производства тепла, используется лишь на 30%.

Подобное неэффективное использование энергоресурсов приводит к высокой энергоемкости промышленного производства и отрицательно отображается на себестоимости конечной продукции предприятий.

Общемировые тенденции роста цен на энергоносители вынуждают потребителей обращаться к современным энергоэффективным и экономичным технологиям автономной генерации на основе микротурбинных электростанций.

Качественно новый подход к организации энергоснабжения, в основе которого лежит комбинированное производство электроэнергии и тепла, в совокупности с применением инновационного оборудования микротурбинных электростанций, позволяет повысить эффективность использования топлива в 2,5—3 раза.

Ввод в эксплуатацию микротурбинных электростанций способствует снижению энергозатрат и повышению конкурентоспособности продукции промышленных предприятий на различных рынках.

Промышленность страны имеет немалые перспективы роста энергоэффективности за счет применения альтернативных видов топлива — биогаза, выработанного из отходов животного и растительного происхождения или сельскохозяйственных культур.

На этом фоне развитие собственных источников генерации, на основе микротурбинных электростанций, надежных, экономичных и экологических, становится все более актуальным для промышленности.

Традиционно применяемое оборудование — газотурбинные установки большой единичной мощности, газопоршневые и дизельные генераторы, к сожалению, не всегда отвечают требованиям по энергоэффективности для промышленных предприятий.

Значительные расходы на обслуживание, связанные с необходимостью постоянного присутствия персонала, частой заменой смазочных материалов, моторного масла и утилизацией отработанных смазочных материалов, дорогостоящий трудоемкий ремонт в совокупности с капитальными затратами, зачастую сводят на нет экономическую целесообразность их применения.

Микротурбинные электростанции — включи и работай!

Появление на рынке нового поколения генерирующего оборудования — микротурбинных электростанций сделали возможным выработку нового подхода к обеспечению качественной и недорогой электрической и тепловой энергией для нужд промышленных предприятий.

Внедрение микротурбинных электростанций выражается в главном принципе — включи и работай, в основе которого лежит надежное оборудование высокой степени

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 165стр. из 174

заводской готовности, отличающееся полностью автоматизированной системой управления, отличными техническими и эксплуатационными характеристиками.

Новейшие технические разработки и множество патентов позволяют выделить микротурбинные электростанции в отдельный класс энергетических установок.

Микротурбинные электростанции — надежность и экономичность

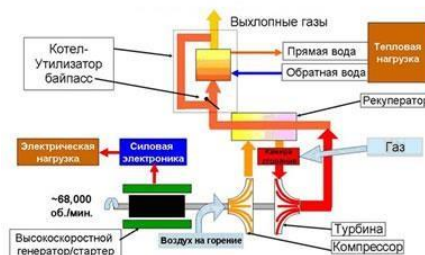


Рисунок 15.2 – Общая схема микротурбинной электростанции

Двигатель микротурбинной электростанции состоит, как правило, всего из одной движущейся детали — вращающегося вала, на котором размещены электрический генератор, компрессор и непосредственно микротурбина.

В силовых агрегатах микротурбинных электростанций обычно не используются редукторы или другие механические приводы, следствием чего является высокая надежность микротурбин.

Уникальной конструктивной особенностью двигателя микротурбинной электростанции являются воздушные подшипники, которые удерживают вал ротора генератора на воздушной подушке. Воздушные подшипники обеспечивают скорость вращения вала ~ 95 000 оборотов в минуту.

Эта инновация микротурбинной электростанции дает возможность отказаться от использования масла, высокий расход которого у других видов оборудования составляет значительную часть эксплуатационных затрат.

Генератор микротурбинной электростанции охлаждается набегающим потоком воздуха, что исключает необходимость системы жидкостного охлаждения и повышает надежность и экономичность оборудования.

В процессе работы двигателя микротурбинной электростанции не возникает значительных трений и вибраций, поэтому риск отказов и поломок минимален.

К примеру, механическое устройство любого поршневого двигателя значительно сложнее, чем у силового агрегата микротурбинной электростанции: в нём огромное количество движущихся частей. Соответственно, риск механической поломки существенно выше.

В микротурбинной электростанции, благодаря малому количеству регламентных запчастей, отсутствию моторного масла и охлаждающей жидкости, потребность в сервисном обслуживании возникает не чаще одного раза за 8000 часов, то есть 1 раз в год.

Ресурс микротурбинной электростанции до капитального ремонта составляет ~60 000 часов.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		166стр. из 174



Рисунок 15. 3 – Общий вид микротурбинные электростанции

Применение рекуператора в конструкции микротурбинной электростанции обеспечивает высокий электрический КПД ~ до 33%.

Микротурбинные электростанции используются для обеспечения качественной и надежной энергией всевозможных объектов, таких как бюджетные учреждения образования, торговые и развлекательные комплексы, школы и больницы, стадионы и аквапарки, предприятия транспорта и связи, частные жилые дома и промышленные предприятия из разных отраслей экономики.

Цифровые двойники и цифровые фабрики

На стадии управления жизненным циклом продукции (*Product Lifecycle Management, PLM*) создаются так называемые цифровые двойники (*Digital Twin*) и цифровые фабрики.

Можно дать несколько определений понятия «цифровые двойники»:

- цифровой двойник — это цифровое представление реального объекта или системы;
- цифровой двойник — виртуальная интерактивная копия реального физического объекта или процесса, которая помогает эффективно управлять им, оптимизируя технологические и бизнес-процессы. Цифровой двойник позволяет моделировать работу оборудования, технологические и производственные процессы, а также нештатные ситуации;
- цифровой двойник — программный аналог физического устройства, моделирующий внутренние процессы, технические характеристики и поведение реального объекта в условиях воздействия помех и окружающей среды.

Важной особенностью цифрового двойника является то, что для задания на него входных воздействий используется информация с датчиков реального устройства, работающего параллельно. Работа возможна как в онлайн-, так и в офлайн-режиме. Далее возможно проведение сравнения информации виртуальных датчиков цифрового двойника с датчиками реального устройства, выявление аномалий и причин их возникновения.

Установка датчиков на реальное устройство осуществляется в процессе внедрения на предприятии технологий промышленного интернета вещей (IIoT).

Без создания цифровых двойников выпускаемых изделий невозможно внедрение современной технологии PLM (*Product Lifecycle Management*, управление жизненным циклом изделия). ПоТ и PLM — неотъемлемые атрибуты «умной фабрики» (*Smart Factory*). Ее характерная особенность — формирование и использование цифровой модели материальных потоков, т. е. цифрового двойника уже не отдельного изделия, а производственной системы.

Цифровой двойник изделия и технологического оборудования включает:

- геометрическую и структурную модель объекта;
- набор расчетных данных деталей, узлов и технологического оборудования в целом;

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		167стр. из 174

- математические модели, описывающие все происходящие в технологическом оборудовании физико-химические процессы;

- информацию о технологических процессах изготовления и сборки отдельных элементов и технологического оборудования в целом.

Цифровой двойник применяется на всех стадиях жизненного цикла изделия, включая проектирование, производство, эксплуатацию и утилизацию.

На этапе эскизного проектирования создаются варианты компьютерной модели разрабатываемого изделия для оценки и выбора возможных технических решений.

На этапе технического проектирования выбранный на предыдущем этапе вариант дорабатывается и уточняется с использованием моделей элементов. Полученная в результате модель изделия позволяет учесть и оптимизировать взаимодействие всех элементов с учетом режимов работы и воздействий окружающей среды, ее уже можно называть цифровым двойником разрабатываемого изделия.

На этапе изготовления разработанная модель помогает определить требуемые допуски при изготовлении для достижения требуемых характеристик и обеспечения безотказной работы изделия в течение всего срока службы, а также позволяет быстро выявлять причины неисправностей в процессе тестирования.

На этапе эксплуатации модель цифрового двойника может быть доработана и использована для реализации обратной связи с целью внесения корректив в разработку и изготовление изделий, диагностику и прогнозирование неисправностей, повышение эффективности работы, для выявления новых запросов потребителей.

Классификация цифровых двойников изделия

Цифровые двойники-прототипы (*Digital Twin Prototype, DTP*). DTP-двойник содержит информацию, необходимую для описания и создания физических версий экземпляров изделия. Эта информация включает геометрическую и структурную модели, технические требования и условия; стоимостную модель, расчетную (проектную) и технологическую модели изделия. DTP-двойник можно считать условно-постоянной виртуальной моделью изделия.

Цифровые двойники-экземпляры (*Digital Twin Instance, DTI*). DTI- двойники изделия описывают конкретный физический экземпляр изделия, с которым двойник остается связанным на протяжении всего срока службы. Двойники этого типа создаются на базе DTP-двойника и дополнительно содержат производственную и эксплуатационную модели, которые включают историю изготовления изделия, применяемость материалов и комплектующих, а также статистику отказов, ремонтов, замены узлов и агрегатов и др. Таким образом, DTI-двойник изделия подвергается изменениям в соответствии с изменениями физического экземпляра при его эксплуатации.

Агрегированные двойники (*Digital Twin Aggregate, DTA*). DTA- двойники изделия определяются как информационная система управления физическими экземплярами семейства изделий, которая имеет доступ ко всем их цифровым двойникам.

Классификация двойников производственной системы:

- цифровой двойник изделия или технологического оборудования в производственном процессе;

- цифровой двойник всего технологического оборудования;

- цифровой двойник всего производства.

Цифровой двойник производственных процессов включает в себя:

- инжиниринговую модель производственных процессов, содержащую цифровое описание ресурсов предприятия, структуру производственных активов, средства

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		168стр. из 174

технологического оснащения, номенклатуру и технологии изготовления продукции, систему сбора информации о текущем состоянии оборудования;

- эксплуатационную модель производственных процессов, являющуюся цифровой платформой для описания логистической структуры предприятия, формирования планов-графиков изготовления изделий, межцеховой и внешней кооперации, включая регламенты технического обслуживания и ремонта оборудования. Математическому описанию также подлежит динамика внутрицеховых материальных потоков, на основе цифровизации которых формируются оптимальные производственные расписания выполняемых работ.

Наиболее сложной для практической реализации является эксплуатационная модель цифрового двойника производственного процесса, на которую, в частности, возлагаются следующие функции:

- проводить необходимые расчеты для принятия управленческих решений;
- отображать в режиме реального времени производственные процессы, протекающие в производственной системе;
- проводить различные эксперименты «что, если» путем математического моделирования производственных процессов.

Еще одной важной задачей эксплуатационной модели цифрового двойника производственной системы является минимизация возможных отказов технологического оборудования за счет своевременного проведения технического обслуживания и ремонта (ТОиР). Одним из передовых видов ТО является предиктивное обслуживание (PdM). Оно позволяет производить ремонт не по заранее составленному плану, а когда в нем возникает необходимость.

Подразумевается не устранение, а предупреждение отказов оборудования путем интерактивной оценки его технического состояния по совокупности данных, поступающих с датчиков, и определения оптимальных сроков проведения ремонтных работ. Цифровой двойник может служить одним из инструментов предиктивного обслуживания, который позволяет промоделировать различные варианты полных и частичных отказов, работу устройств с учетом режимов их эксплуатации, воздействий окружающей среды и различной степени износа деталей. Цифровые двойники позволяют ремонтным бригадам быть хорошо информированными и прибывать на место работы уже со всеми необходимыми запасными частями, инструментами и инструкциями, необходимыми для технического обслуживания.

На уровне эксплуатационной модели цифрового двойника производственного процесса функции ТОиР учитываются как дополнительные операции, оптимизируемые в оперативном плане производства так, чтобы они минимально влияли на скорость прохождения обрабатываемых изделий через производственные активы предприятия. Эту задачу принимают на себя MES-системы.

Важно, чтобы цифровой двойник производственного процесса поддерживался в актуальном состоянии через реализацию непосредственной связи с производственными активами, с учетом текущего состояния изготавливаемых изделий. Для решения этой задачи используются технологии ИИ. С их помощью обеспечивается связь сенсоров, датчиков и другой аппаратуры сбора данных с существующими системами управления производством и с эксплуатационной моделью цифрового двойника производственного процесса.

Таким образом, цифровой двойник — фундаментальное понятие «умной фабрики», которое следует связывать как с самим изделием (в этом случае применяется термин «цифровой двойник изделия»), так и с процессом изготовления изделий — в этом случае следует использовать термин «цифровой двойник производственной системы». Используемые совместно на каждом этапе жизненного цикла изделия, эти цифровые

QYNTYSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023 169стр. из 174

двойники должны быть функционально связаны между собой и обеспечивать эксплуатационные характеристики проектируемого и изготавливаемого изделия в соответствии с его назначением.

Цифровой инжиниринг и роботизация в фармацевтическом бизнесе

Пандемия коронавируса, разразившаяся по всему миру в конце 2019 г., поставила многие индустрии перед вызовами, связанными с необходимостью ответа на многие угрозы и риски, обеспечения выживаемости и устойчивости бизнеса.

Фармацевтические производства, как и вся экономика, в период вынужденного карантина столкнулись с целым комплексом проблем, требующих незамедлительного решения. Минимизация рисков, связанных с возможной болезнью персонала, необходимость быстрой трансформации производства на выпуск лекарственных препаратов, требуемых в связи с эпидемиологической обстановкой, резкое повышение спроса на ряд препаратов, и резкое снижение спроса на другие, в связи с пандемией. И ряд других.

Цифровизация и роботизация производства высоко результативный ресурс управления рисками и устойчивости. Современным трендом для передовых инновационных фармацевтических компаний является создание и внедрение цифровых двойников, таких как представлен на рисунке 15.4, которые и помогают и в стратегическом планировании развития, и в организационно-технологическом проектировании бизнес трансформаций, а также в программировании и в управлении роботизированным, автоматизированным и в пр. оборудованием.



Рисунок 15.4 –Внедрение цифровых двойников на фармацевтическом производстве.

Цифровой двойник фармацевтического производства - это компьютерная 3D имитационная динамическая модель протекающих в производстве процессов. Использование цифрового двойника позволяет создание (инжиниринг), модернизацию (реинжиниринг) и управление (менеджмент) фармацевтическим производством осуществлять в моделируемом (model driven) режиме, что обеспечивает возможность многокритериальной оптимизации на всём протяжении жизненного цикла производства. В цифровом двойнике может быть оптимизирована схема размещения производства, минимизированы потребные площади и логистические потоки. Пример проектирования роботизированной линии упаковки фармацевтической продукции представлен на рисунке 15.7.

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		170стр. из 174

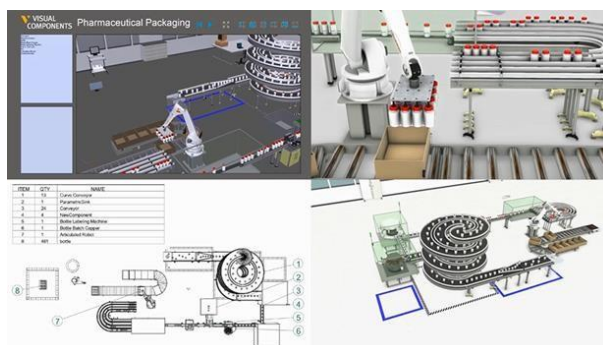


Рисунок 15.5 - Проектирование роботизированной линии фармацевтического производства

В двойнике могут быть спроектированы, смоделированы, оптимизированы и визуализированы все производственно-технологические процессы фармацевтического производства. Пример спроектированных процессов, их динамического имитационного моделирования и визуализации представлен на рисунке 15.9.



Рисунок 15.6 - Динамическая 3D цифровая имитационная модель производственно-технологической деятельности фармацевтической компании

Причем, такое организационно-технологическое проектирование может быть реализовано как для создания новой «умной фабрики», так и для реинжиниринга действующего производства. В случае реинжиниринга могут быть смоделированы и просчитаны варианты изменения производительности производства как за счет организационных изменений, так и наращивание мощностей за счет внедрения нового оборудования, например, роботизации.

Таким образом, при работающем действующем производстве появляется возможность проанализировать любые сценарии развития бизнеса и требуемых трансформаций фармацевтической фабрики – сокращение числа производственного персонала, изменение, в том числе радикальные, в балансе ассортимента производимой продукции, переналадка оборудования на выпуск новой продукции и пр. При этом, в цифровом двойнике могут быть не только спроектированы и отлажены все процессы, но и собрана вся аналитика по технико-экономическим параметрам производства. Т. о. может быть произведено технико-экономическое обоснование и выбор лучших показателей при реализации проектов модернизации производства. На рисунке 15.7 представлен пример аналитики в цифровом двойнике фармацевтической фабрики. Именно такие возможности цифровых двойников и обеспечивают возможности быстрого и эффективного управления трансформацией и устойчивости к изменениям и рискам.

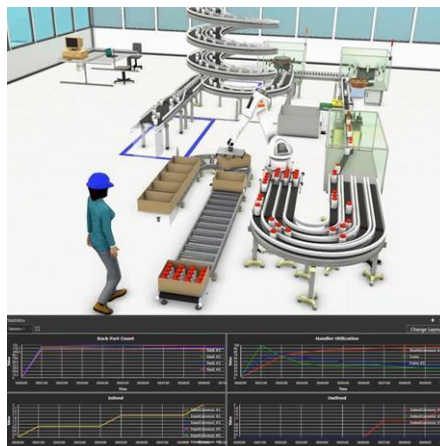


Рисунок 15.7 - Аналитика фармацевтической фабрики в цифровом двойнике

Важнейшим преимуществом цифровых двойников являются возможности офлайн программирования роботов, конвейеров, трансбордеров и др. автоматизированного оборудования, а также PLC контроллеров, сенсоров и др. датчиков и пр. (см. рис. 15.8) и затем отправления готовой и отлаженной программы непосредственно в систему управления соответствующего оборудования, посредством индустриального интернета вещей (Internet of Things – IoT). Это повышает качество программирования, ускоряет процесс, радикально сокращает время простоя оборудования в связи с переналадкой.

Роботы позволяют существенно повысить производительность труда, причем, роботизированное производство не подвержено риску остановки в период эпидемии. При этом, современным и высокоэффективным средством программирования роботов в настоящее время является тот же цифровой двойник. На рисунке 15.8 представлен скриншот работы программного обеспечения для офлайн программирования промышленного робота в цифровом двойнике фармацевтического производства.

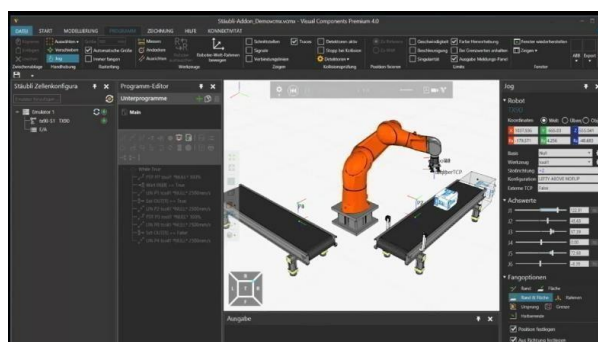


Рисунок 15.8 - Офлайн программирование в цифровом двойнике промышленного робота

AGV роботы являются современным транспортным средством, осуществляющим внутрипроизводственные логистические операции. Использование таких роботов – это, кстати говоря, также и средство соблюдения социальной дистанции работающих, в условиях

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		172стр. из 174

эпидемии, так они позволяют исключить перемещение людей от одного рабочего места к другому и, тем самым, минимизировать риск заражения сотрудников в процессе работы.

Фарм компании, которые реализовали проекты внедрения цифрового двойника и роботизации своего производства перед развитием пандемии, оказалась вооруженными к битве с эпидемией, что помогло и помогает им гибко управлять своей производственной программой, эффективно внедрять инновации, обеспечивая добавленную ценность своему бизнесу и решая сверх важную общественную задачу обеспечения клиентов наиболее востребованной фармацевтической продукцией. Некоторые компании начинают делать это прямо сейчас, чтобы ответить на вызовы времени современными инновационными технологиями.

Так на рисунке 15.9 представлен экспресс цифровой двойник участка для производства защитных масок, который разработан с целью быстрой и эффективной трансформации бизнеса и переход на производство наиболее востребованной в период пандемии медицинской продукции.

Т. о. применение цифровых двойников фармацевтических фабрик и роботизация критически важных процессов – мощный инструмент повышения производительности труда и экономической эффективности бизнеса, гибкой и быстрой трансформации производства, управления рисками и обеспечения устойчивого развития.



Рисунок 15.9 - Цифровой двойник трансформации фармацевтической компании с целью создания участка производства медицинских масок

5. Литература:

основная

- Бердалиева А.А., Даулетбаева Д.А. Энергоресурсы, источники и методы получения.-Учебное пособие.-Шымкент 2022. -244 с.
- Дәріс кешені- Энергоресурстар, алыну көзі және әдістері пәні бойынша: дәріс кешені / фармацевтік өндірістің технологиясы кафедрасы. - Шымкент : ОҚМФА, 2016. - 53 бет. с.
- Қамбаров, Марат. Қазақстан баламалы энергетикасы [Мәтін] : анықтамалық / М. Қамбаров; Қазақстан энергетик-инженерлер одағы. - Алматы : Нур-Принт, 2016. – 80 б.
- Риполь- Сарагоси Т.Л. Кууск А.Б., Возобновляемые и нетрадиционные источники энергии. Учебно-методическое пособие. Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2019. – 122 с.
- Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагереv, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2014. – 386 с.

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		173стр. из 174

6. Быстрицкий Г.Ф. Б95 Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков. — 2-е изд., стер. — М. : КНОРУС, 2016. — 408 с. — (Бакалавриат).

7. Бекман Г, Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии: Пер. с англ. – М.:Мир, 2017 г.

8. Вафин, Д. Б. В23 Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Д.Б. Вафин.- Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013. - 176 с.

9. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагереv, В.В. Посекалин и др.; Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2014. – 386 с.

10. J.P. Deane et al. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1293–1302;

11. Паровые и газовые турбины для электростанций [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний ; под ред. А.Г. Костюка. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — Загл. с тит. экрана

Дополнительная литература

1. Учебно-методический комплекс по «Энергоресурсам, их источникам и получению» для студентов химического факультета по специальности «ХТОВ». / Сост. М.Л. Ли - Караганда: Изд-во КарГУ, 2008 г

2. Северянин В. С., Черников И.А., Горбачева М.Г. Основы энергосбережения. Курс лекций. – г. Брест, издательство БГТУ, 2003. – 54 с., 12 рис., 1 табл., для студентов всех специальностей 45 библ. для студентов всех специальностей

3. Беспалов В.И. Системы и источники энергоснабжения: учебное пособие /В. И. Беспалов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 208 с.

4. Смородин С.Н., Белоусов В.Н., Лакомкин В.Ю. Методы энергосбережения в энергетических, технологических установках и строительстве: учебное пособие / СПбГТУРП.- СПб., 2014.- 99 с.

5. Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 9: новый вектор развития высшего образования и науки» посвященная дню Первого Президента Республики Казахстан. – 2013. – Т.2, ч.1. – С. 22-24 ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ - ЭНЕРГИЯ БУДУЩЕГО. Муханов С., Муханова Д.

6. ООН ЭСКАТО. Обзор перехода Казахстана к сценарию «зеленой» экономики путем увеличения доли возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе - Преобразование сельскохозяйственных отходов в биотепловую энергию. 4.12.2019

7. Шароглазов Б. А., Фарафонов М. Ф., Клементьев В. В. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов: Учебник по курсу «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания». – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 403 с.

8. Ст. 1 Закон Об энергосбережении и повышении энергоэффективности РК от 13 января 2012 года № 541-IV. Действующий с изменениями и дополнениями. Проверено 15.01.2022

9. Ледуховский Г.В., Поспелов А.А. Расчет и нормирование показателей тепловой экономичности оборудования ТЭС: Учеб. пособие / ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2015. – 468 с.

10. Нагнетатели и тепловые двигатели / В. М. Черкасский, И. В. Калинин, Ю. В. Кузнецов, В. И. Субботин. М. : Энергоатомиздат, 1997

ОҢТҮСТІК-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044/76-11
Энергоресурсы, источники и методы получения		2022-2023
		174стр. из 174

11. Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года № 724

12. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 274 с.

Электронные издания

Жылу энергетика жүйелері мен энергияны қолдану

Сатыбалдин А.Ж., Булкаирова Г.А., Айтпаева З.К., 2020<https://aknurpress.kz/login>

Жылу энергетика жүйелері мен энергияны қолдану : Оқулық. / Ф.Н. Булатбаев, О.Ю.

Кайданович, Е.Г. Нешина, Г.Г. Таткеева. - Қарағанды: ҚарMTУ, 2017.<http://rmebrk.kz/>

Электронные ресурсы:

<http://www.studmedlib.ru>,

ЛОГИН ibragim123, ПАРОЛЬ Libukma123

<http://lib.ukma.kz/ru/> Базы данных

Республиканская межвузовская электронная библиотека, Aknurpress www.aknurpress.kz.

6.Контроль вопросы

1. Описать глобальные технологические тренды современности.
2. Объяснить понятие цифровизация
3. Объяснить понятие децентрализация
4. Автономные микротурбинные энергоустановки.
5. Дать пояснения понятиям цифровые двойники и цифровые фабрики