**Промышленные котлы - утилизаторы**



**Содержание**

[Эффективна утилизация отходов с помощью котла 3](#_Toc50455489)

[Особенности оборудования 4](#_Toc50455490)

[Классификация котла - утилизатора 5](#_Toc50455491)

[Принцип работы газотрубных утилизаторов 6](#_Toc50455492)

[Принцип работы водотрубных утилизаторов 7](#_Toc50455493)

[Утилизаторы в когенерационном и парогазовом оборудовании 8](#_Toc50455494)

[Разновидности утилизаторов, конструкция 9](#_Toc50455495)

[Котел - утилизатор 10](#_Toc50455496)

[Применение котлов - утилизаторов 11](#_Toc50455497)

[Устройство котла-утилизатора 12](#_Toc50455498)

[Принцип работы 14](#_Toc50455499)

[Сфера применения 15](#_Toc50455500)

[Характеристики котлов утилизаторов 16](#_Toc50455501)

[Технические характеристики, параметры подбора утилизаторов 17](#_Toc50455502)

[Преимущества утилизаторов производственное объединение Гефест 18](#_Toc50455503)

## Эффективна утилизация отходов с помощью котла

Котел - утилизатор — это устройство, работающее на тепловой энергии, получаемой из газов дизельного и газотурбинного оборудования, а также, сушильных барабанов, туннельных и вращающихся печей. Такие котлы используют энергию, которая в противном случае, была бы потрачена впустую, ведь на промышленных предприятиях значительная часть газов выбрасывается просто в атмосферу. Между тем, температура выходящих градусов может доходить до тысячи градусов, поэтому не использовать такую энергию было бы нерационально.

Утилизаторы позволяют задействовать тепло выходящих газов, повышая тем самым коэффициент использования топлива. Кроме того, утилизация дает возможность сократить выбросы в атмосферу вредных веществ.

## Особенности оборудования

Котел - утилизатор работает без собственной топочной камеры. Такой агрегат использует тепло, получаемое в ходе других технологических процессов.

Когда в составе выходящих газов имеется как физическая, так и химическая составляющая теплоты, то последнюю имеет смысл сжечь.

Одна из характерных черт функционирования промышленных утилизационных систем состоит в том, что в выходящих газах могут находиться множество небольших частиц. Они бывают в жидком, твердом или газообразном виде. Возникают частицы вследствие работы производственных установок и представляют собой осколки металла, шихты, шлака или окалины. Жидкие частицы — результат выплавки металлов. В целом, образование этих микроотходов связано с повышенными температурами, применяемыми при металлообработке.

На эффективность утилизации выходящих газов оказывает влияние тепловая мощность отопительного агрегата, режим подачи в него отходов и их температура. Объем и температура выходящих газов зависит от количества сжигаемого топлива и характера промышленного процесса. Значительный объем шихтовых газов выдается в цветной и черной металлургии — при продувании конвертеров кислородом.

На функционирование утилизатора большое влияние оказывает режим подачи в него газов. Промышленное оборудование (особенно это относится к конвертерам) часто работает циклично, что отрицательно сказывается на продуктивности котельного агрегата.

## Классификация котла - утилизатора

Котел - утилизатор можно классифицировать по следующим параметрам:

1. По температуре газа, подающегося в агрегат. По этому параметру оборудование подразделяется на: низкотемпературное (менее 900 градусов) и высокотемпературное (свыше 1000 градусов). В условиях низких температур передача тепловой энергии осуществляется благодаря конвекции, а при высоких показателях — в процессе излучения. При температурах, превышающих 1100 градусов, жидкие продукты сгорания меняют свое агрегатное состояние.
2. По паровым характеристикам котел утилизатор может относиться к 3 классам: оборудования с низким давлением (1,5 МПа и 300 градусов), с повышенным давлением (4,5 МПа и 450 градусов), и с высоким (от 10 до 14 МПа и 550 градусов).
3. По принципу передвижения жидкости, пара и продуктов сгорания утилизационные котлы разделяются на два типа: газотрубные и водотрубные.
4. По способу передвижения жидкости в испарительном контуре утилизирующее оборудование дифференцируется на котлы с естественной и принудительной циркуляцией.
5. По комплектации и нагревательным поверхностям оборудование подразделяется на такие типы: башенный, горизонтальный и туннельный. В низкотемпературных устройствах применяется змеевиковая конвективная нагревательная поверхность. В высокотемпературных модификациях — конвективно-радиационная поверхность.

## Принцип работы газотрубных утилизаторов

Газотрубные агрегаты бывают двух типов: расположенные по вертикали и по горизонтали. Такое оборудование чаще всего применяется возле мартеновских, обжиговых и других печей. Газотрубные устройства характеризуются относительно незначительными показателями мощности.

Котел - утилизатор газотрубной модификации работает так: разогретый газ (температура примерно 1200 градусов) покидает печь и поставляется в нижнюю область газохода агрегата. В этой части находятся W-образные настенные поверхности (в виде лент и экранов), а также, конвективный пакет пароперегревателя.

Газотрубный котел - утилизатор типа КУ-40, который состоит из пароперегревателя, трубной поверхности и дымососом, под воздействием тепла воду преобразует в пар. Далее смесь воды с паром начинает циркуляцию по настенным поверхностям. В ходе процесса котел производит пар под давлением до 4,5 МПа и температурой до 440 градусов. Это дает возможность получить высокие показатели мощностных характеристик — до 8 МВт. Для поддержания стабильного теплового потенциала, до утилизатора ставится предтопок с газовой горелкой.

## Принцип работы водотрубных утилизаторов

В основу работы таких утилизаторов заложена многоразовая принудительная циркуляция, благодаря чему, испарительный элемент можно изготавливать в любой необходимой конфигурации. Испарительный элемент разделяется на ряд параллельно подключенных секций, что дает возможность сильно уменьшить сопротивление испарительной области и задействовать циркуляционные насосы небольшой мощности.

Вода, поступающая в водогрейный котел, проходит через водный экономайзер, и далее перенаправляется в барабан отопительного агрегата. Оттуда жидкость выкачивается насосом и через шламоотделитель перетекает в испарительные пакеты. Последние подключаются параллельно.

В барабане осуществляется сепарирование смеси пара и воды, в результате чего вода в водогрейном агрегате выделяется из пара. Далее пар направляется через пароперегреватель в отопительную систему. Схема котла утилизатора бывает, как П-образной, так и горизонтальной или башенной. Этот параметр определяется местом установки оборудования.

## Утилизаторы в когенерационном и парогазовом оборудовании

В парогазовых агрегатах применяются котлы, в которых пар имеет среднее или высокое давление. После получения пара, он задействуется в паровой турбине. Помимо пара, в парогазовой установке в качестве энергетического источника используется энергия выходящих газов.

Конструкция парогазового оборудования предусматривает водотрубные котлы с конвективными нагревательными поверхностями и многоразовой циркуляцией принудительного типа. Конструктивные данные отопительного агрегата зависят от показателя мощности паровой турбины. Разные модели имеют от одного контура до 2 независимых контуров с разными показателями парового давления.

Барабанные котлы производят пар с показателями давления от 0,65 до 8 МПа. При этом, водогрейная часть выдает горячую воду, получаемую при утилизации тепловой энергии из выхлопов газовой турбины.

В когенерационных установках используется тепло выхлопов поршневых двигателей и газовых турбин. Получаемый пар применяется для нагрева воды в отопительной системе или же для технических целей. Котлы в когенерационном оборудовании производятся с одним контуром и с принудительной циркуляцией.

## Разновидности утилизаторов, конструкция

Как один из вариантов реализации теплообменной аппаратуры, наиболее распространенными являются утилизаторы двух типов:

* по «кожухотрубному типу», с водопроводной теплообменной трубой (как правило, оребренной) в виде змеевика, которая размещена в сбросном газовом канале (печной, выхлопной трубе);
* по «пластинчатому типу», в виде пластинчатой теплообменной структуры, по одной сети каналов которой проходят горячие выхлопные газы, по другой сети каналов – нагреваемая вода.

Теплообменник утилизатора (змеевикового или пластинчатого типа) помещается в корпус, который в свою очередь, монтируется внутрь или в отрезок сбросного канала отработанных газов. К корпусу прикрепляются соответствующие патрубки или фланцы, для присоединения к водопроводной системе.

В зависимости от количества теплообменных элементов, **экономайзеры** могут быть: однокорпусные и многокорпусные, одно- двух- и более степенные («этажные»), однотрубные (одно-змеевиковые) или с несколькими змеевиками. В сбросных системах с очень высокой температурой отработанных газов (400 – 600 град.С и больше) применяются теплообменные аппараты из жаропрочных материалов. Для систем с глубокой степенью утилизации, когда часть влаги из сильно охлажденных отработанных газов (вплоть до 50 град.С), с растворенными в ней газами СОx, NOx, выпадает в виде «кислотной» росы, применяются теплообменники из коррозионностойких нержавеющих сталей.

Но сам по себе теплообменник экономайзера – это важнейшая, но все-таки лишь часть целостной утилизационной системы. В общую конструкцию в обязательном порядке также должны входить комплект труб и трубопроводной арматуры, насосное оборудование, средства защиты от гидравлических и температурных перегрузок, контрольно-измерительные приборы, средства (аппаратура) управления, системы отбора тепловой энергии или горячей воды для потребительских или технологических целей. Комплексные технические системы утилизации тепловой энергии отработанных газов называются утилизационными котлами.

## Котел - утилизатор

Котел - утилизатор – это теплообменное устройство, использующее теплоту горячих выхлопных газов дизелей или газотурбинных установок, сушильных барабанов, вращающихся и туннельных печей для передачи энергии тепла этих газов или пара в теплую воду или пар, а также для получения перегретого пара высокого и низкого давлений и подогрева конденсата паровой турбины.

Для обслуживания котла – утилизатора, проведения ремонтных и наладочных работ используются площадки, лестницы, лазы.

Котел - утилизатор допускает работу при изменении расхода и температуры газов, поступающих из газотурбинной установки, обусловленных изменением температуры наружного воздуха от -36 до +34°С.

Работает котел - утилизатор на скользящих параметрах пара высокого и низкого давлений, определяемых расходом и температурой газов, поступающих в котел-утилизатор от газотурбинной установки, и режимами работы паровой турбины.

Рабочий диапазон изменения нагрузки котла - утилизатора соответствует диапазону нагрузки газотурбинной установки.

Котлы - утилизаторы, работающие на газах различных печей, использующие газы после сушки или обжига материалов — не самые надежные. Отходящие газы содержат много пыли и других химических веществ, что вызывает необходимость очистки газов до котла - утилизатора. Наиболее часто для очистки используют циклоны и электрофильтры. Этой очистки все равно не хватает для полного очищения газов. Пыль оседает на поверхности нагрева и малейшая протечка увлажняет пыль и значительно уменьшает теплоотдачу, что вызывает неравномерный нагрев и влечёт перекос змеевиков.

Присутствие в газах соединений кальция, натрия, серы приводят к образованию на змеевиках сцементировавшихся отложений, вызывающих химическую коррозию поверхностей нагрева и снижающих живое сечение для прохода газов. Для устранения отложений в конструкции котла - котла – утилизатора предусматривается камера дожигания.

## Применение котлов - утилизаторов

Применение котлов утилизаторов существенно повышает эффективность работы оборудования, результатом работы которого являются выхлопные газы или пар. Вот лишь небольшой список оборудования, на котором применяются котлы утилизаторы:

* газовые электростанции
* дизельные электростанции
* паровые электростанции
* микротурбины
* газовые котлы
* дизельных котлы
* Котлы-утилизаторы применяются в химической, нефтяной, пищевой, текстильной и иных отраслях промышленности.

Котлы утилизаторы позволяют получать:

* горячую воду — применяются на объектах, испытывающих потребность в горячей воде и позволяют оптимизировать затраты на тепло, используя на полезные нужды тепло уходящих выхлопных газов котельных или газопоршневых электростанций;
* пар — применяются на объектах, использующих большое количество пара в технологических нуждах.

Котлы утилизаторы устанавливаются на отвод выхлопных газов паровых котлов или газовых электростанций увеличивая таким образом выработку пара для нужд объекта.

## Устройство котла-утилизатора

Конструкция котла-утилизатора обеспечивает возможность проведения предпусковых и эксплуатационных водно-химических промывок пароводяного тракта, а также консервации внутренних поверхностей котла при остановках.

Элементы каркаса котла соединены между собой на монтаже с помощью высокопрочных болтовых соединений.

Пароводяной тракт котла укомплектован запорной, регулирующей и защитной арматурой, контрольно-измерительными приборами, дренажами, воздушниками, устройствами для отбора проб воды и пара. В газоходе котла-утилизатора предусмотрена установка штуцеров, бобышек и других отборных устройств для газового тракта.

Котел оснащен технологическими защитами, блокировками, авторегуляторами, средствами дистанционного управления. На станции котел-утилизатор установлен в закрытом помещении.

Отработавшие в котле-утилизаторе продукты сгорания газотурбинной установки удаляются в атмосферу через дымовую трубу. С дымовой трубой и с газовой турбиной котел соединен через компенсаторы.

Величина выбросов окислов азота в системе газотурбинная установка — котел-утилизатор определяется их концентрацией за газотрубинной установкой, в самом котле не предусмотрено мероприятий по снижению выбросов.

Крупные котлы-утилизаторы не имеют всех элементов котлоагрегата. Отходящие вторичные газы попадают сразу на поверхности нагрева (экономайзер, испаритель, пароперегреватель). Воздухоподогреватель и топка в котлах-утилизаторах отсутствуют, так как газы, используемые в котле, образуются в технологическом процессе основного производства. Температура газов, поступающих в энергетический котел-утилизатор, приблизительно составляет 350—700°C.

Газоход котла образован металлической обшивкой. Размещенные в газоходе поверхности нагрева подвешены к потолочному перекрытию каркаса. Барабаны опираются на металлоконструкции каркаса.

Металлическая обшивка крепится в районе поверхностей нагрева к колоннам каркаса.

Диффузор и газоход поверхностей нагрева изнутри покрыты изоляцией, поверх которой установлена металлическая обшивка.

Выходная часть газохода (конфузор, шумоглушитель) покрыта наружной изоляцией и декоративной обшивкой. Входная и выходная части газохода опираются на металлоконструкции.

Поверхности нагрева котла-утилизатора выполнены в виде вертикальных блоков из труб с наружным поперечным просечным и сплошным оребрением. По ходу газов последовательно расположены ПВД, ИВД, ЭВД, ПНД, ИНД, ГПК.

В верхней и нижней частях газохода в районе поверхностей нагрева выполнены «теплые» ящики, отделенные от потока газов съемными металлическими щитами.

В выходной части газохода расположен электрифицированный отсечной клапан для поддержания котла в горячем состоянии при остановке. За отсечным клапаном установлен двухступенчатый шумоглушитель и компенсатор за котлом.

Котлы-утилизаторы выполняются однокорпусным вертикального профиля с принудительной циркуляцией среды в испарительных контурах высокого и низкого давления с подвеской поверхностей нагрева к собственному каркасу через промежуточные металлоконструкции.

Котел-утилизатор выполнен газоплотным за счет металлической обшивки. Пароводяной тракт состоит из отдельных контуров высокого и низкого давлений. Контур высокого давления включает экономайзерную, испарительную и пароперегревательную поверхность. Контур низкого давления — испарительную и пароперегревательную.

Для снижения температуры уходящих газов на котле установлен работающий автономно газовый подогреватель конденсата (ГПК).

Поверхности нагрева котла-утилизатора изготавливаются из труб с наружным спиральным оребрением и поставляются модулями, габариты которых ограничены габаритами железнодорожного пути.

Рабочий диапазон регулирования нагрузки котла-утилизатора составляет 100%…50% от номинальной.

Регулирование давления и температуры пара в котлоагрегате не предусматривается, так как он должен работать при скользящих параметрах пара, определяемых расходом и температурой газов, поступающих в котел-утилизатор от ГТУ, и паровой турбиной.

Котел-утилизатор оснащается системами контроля технологических параметров, защит и блокировок и автоматического регулирования, необходимых для оперативного управления, безопасной эксплуатации, экономической работы и анализа его надежности и экономичности.

## Принцип работы

Принцип работы утилизатора (экономайзера) является классическим для теплообменной аппаратуры. Горячие отработанные газы, выступающие нагревающим теплоносителем, под воздействием давления, создаваемого теплогенератором или печной тягой, проходят через экономайзер по своим теплообменным каналам. Во встречном направлении (противотоком) через свои каналы (или по оребренному трубчатому змеевику) прокачивается холодная вода, которая в процессе нагревания стает горячей, или превращается в насыщенный водяной пар. В дальнейшем охлажденные отработанные газы продолжают движение в сбросную систему, горячая вода или водяной пар – поступают к потребителям.

## Сфера применения

**Сферу применения утилизаторов тепла** отработанных газов можно разделить на области: промышленную и хозяйственную.

В промышленной области источником утилизации тепловой энергии могут быть самые разнообразные технологические процессы, в которых происходит или генерация избыточного тепла, или его неполное расходование. Потребление утилизированного тепла (водяного пара или горячей воды) может происходить в интересах поддержания тех или иных технологических процессов, но чаще всего – для обогрева производственных помещений (цехов) или обеспечения горячего водоснабжения предприятия.

В хозяйственной области источником утилизации тепловой энергии в большинстве случаев являются теплогенераторы систем отопления и (или) горячего водоснабжения, такие как центральные котельные или отдельные котлы (печи). Потребление полученной горячей воды происходит преимущественно в интересах централизованного или локального водяного отопления и (или) горячего водоснабжения.

## Характеристики котлов утилизаторов

Целесообразность применения таких котлов объясняется потребностью сжигания газов, в которых имеется составляющая топливной структуры, особенно это применимо для дизелей и двигателей внутреннего сгорания.

Работа котлов утилизаторов основана на следующих особенностях: они производят и аккумулируют энергию в виде сильно нагретой воды, потоков пара или конвекции воздуха.

Эта энергия может свободно использоваться для получения других видов энергии или механической работы.

Котел - утилизатор устройство которого открывает широкие перспективы для использования энергии тепла от сгорания топлива – это значительно увеличивает коэффициент полезного действия самого топлива и установки, уменьшает температуру нагрева агрегата, позволяет улавливать вредные газы и выхлопы.

Температура газа и его объем напрямую зависят от вида производства. Статистика показывает, что самые большие отходы газов имеет нефтеперерабатывающая отрасль. Также, очень много газовых выбросов образует металлургическая промышленность.

В этом производстве образуется шихтовый газ – среда, в которой содержится металлическая окалина, которая создает хорошие условия для воспламенения и сжигания газа.

Мощность котла, как базисного элемента системы отопления, равняется теплопотере всей сети, обеспечивающей помещение с определенными габаритами и теплотехническими свойствами.

Режим, который объясняет поступление газа в котел, является не менее важным фактором. Большинство технических установок имеет циклический характер подачи, а это не очень хорошо влияет на “питание” котла утилизатора.

## Технические характеристики, параметры подбора утилизаторов

Как правило, сбросные системы для отработанных газов на промышленных предприятиях имеют массу индивидуальных отличий. Тогда как теплотехнические условия, создаваемые котлами хозяйственного или бытового назначения, гораздо более однообразны (типичны). Поэтому утилизационные системы для промышленных и больших коммунальных предприятий обычно требуют индивидуального проектирования, для малогабаритных типовых котельных или бытовых отопительных котлов (печей) – могут быть подобраны из серийных (типовых) моделей.

К основным техническим характеристикам утилизаторов (экономайзеров) относятся:

* теплообменная площадь, м2;
* тепловая мощность, Вт;
* производительность по воде или пару, м3/ч;
* рабочее давление в водяном контуре, Бар
* максимальная и рабочая температура газа на входе;
* температура газа на выходе;
* аэродинамическое сопротивление, Па;
* гидравлическое сопротивление водяного контура, Па;
* материал изготовления (жаропрочный, коррозионностойкий).

Для качественного подбора утилизатора тепла для своей системы отвода отработанных газов, следует знать (определить) такие ее параметры:

А) Свойства отработанных газов:

* физическая плотность;
* точка росы для компонентов газа;
* химический состав;
* загрязненность и склонность к отложениям.

Б) Условия в сбросной системе (дымоходе):

* температура газа на входе и выходе;
* количественный расход отработанных газов (объемный или массовый);
* тепловой поток;
* расчетное давление газа;
* допустимая потеря давления газа в теплообменнике.

В) Требуемые параметры для водяного контура:

* температура воды на входе;
* требуемая температура воды на выходе;
* требуемая производительность по горячей воде;
* рабочее давление;
* допускаемая потеря давления (гидравлическое сопротивление);
* расчетный срок службы.

## Преимущества утилизаторов производственное объединение Гефест

Компания имеет многолетний опыт проектирования и производства теплообменной аппаратуры для самых разных температурных условий и агрессивных сред, различного масштаба и назначения. Мы имеем непререкаемый авторитет на рынке как поставщик теплообменного оборудования неизменно высокого качества.

Утилизаторы и экономайзеры:

* выполняются только по отработанным теплотехническим схемам, которые доказали на практике свою эффективность;
* проектируются опытными инженерами-теплотехниками, которые в тонкостях знают и учитывают физико-химические процессы, происходящие в разных системах сброса отработанных газов;
* очень точно рассчитаны и спроектированы под условия конкретной системы сброса отработанных газов, согласно требований заказчика;
* изготовляются из качественных, жаропрочных и коррозионностойких материалов, с прочными и герметичными соединениями, которые гарантируют отсутствие прогара теплообменника на любых рабочих режимах, на протяжении всего нормативного срока службы.

При проектировании и производстве теплообменников-утилизаторов учитывается возможность их эксплуатации при высоких температурах отходящих дымовых газов, в некоторых случаях достигающих значений более 280 ° C, также охлаждение дымовых газов может быть настолько глубоким (до 50° C), что температура охлажденного газа на выходе будет ниже точки росы водяного пара, входящего в состав отработанных дымовых газов. Это может быть причиной повышенной кислотности конденсата в результате реакции водяного конденсата H2O с газами NOx и SOx. Для таких случаев конденсационные утилизаторы тепла или экономайзеры изготавливаются из коррозионностойких нержавеющих сталей.

Эффективность внедрения утилизаторов настолько высока, что срок окупаемости всего комплекса работ по расчету, изготовлению, монтажу и пуско-наладке находится в рамках 6-10 месяцев в зависимости от объема и температуры уходящих газов. Выработка дополнительного тепла и связанная с этим экономия топлива обеспечивает значительный рост экономичности и эффективности производства в целом.