

## **Основы конструирования котлов (для семинара).**

В России, проявляется тенденция к уменьшению объема громоздкого централизованного теплоснабжения различных объектов и к увеличению количества автономных тепловых источников различной мощности, работающих на дешевом местном воспользуемом топливе. Программы по увеличению использования биоэнергии имеют многие страны мира. Требуются новые системы отопительных, экологически чистых установок, использующих воспользуемые виды топлива. Эти системы должны быть достаточно гибкими и легко модифицируемыми как для использования их в качестве источника тепловой энергии индивидуального объекта, так и источника теплоснабжения нескольких объектов.

Наша система конструирования отопительных устройств полностью соответствует этим условиям и несёт многочисленные дополнительные возможности и удобства людям.

Для отопления индивидуальных домов требуются котлы периодического действия, которые могут накопить тепло при одно-двухразовой топке в течение 1-2,5 часов и обеспечивать требуемый тепловой режим в течение суток. При необходимости уехать на длительный срок, должна быть возможность поддержания требуемого теплового режима в доме, используя электричество или теплонакопительный бак (ТБ)

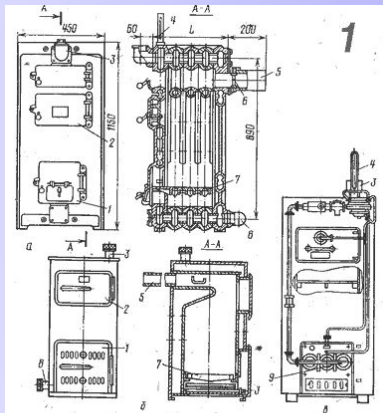
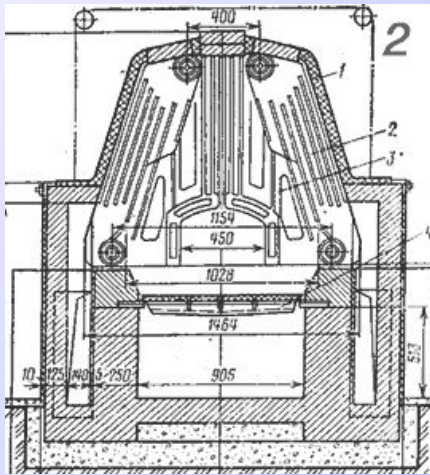


Рис. 36. Малометражные котлы:  
 а — чугунный секционный КЧМ-1М; б — стальной КС-2; в — то же, КС-3;  
 1 — двери зольника с поддувалом; 2 — загрузочная дверца; 3 — патрубок  
 для отвода горячей воды; 4 — термометр; 5 — патрубок для отвода дымовых  
 газов; 6 — поворотный дросель-клапан; 7 — колосниковая решетка; 8 —

Имеется потребность в котлах постоянного действия, для использования в системах коммунальной энергетики, а так же отопления зданий промышленного и общественного назначения как в России, так и в развитых странах Запада. Однако там система котлов с принудительным движением газов (ПДГ) не может быть разрешена Агентством по охране окружающей среды из-за низкой эффективности сгорания топлива при размещении регистров в топке, то есть по чистоте сгорания.

Попытки создания эффективных дровяных котлов в системе ПДГ привели к ряду аварий и поэтому такие котлы не могут покрываться страхованием. Возможно эта ситуация изменится в будущем, поскольку большее количество людей хотят иметь дровяные котлы. Котлы нашей системы СДГ дают им надежду и такую возможность.



В связи с этим под эгидой Ассоциации печников Северной Америки МНА проводился семинар (в Ontario, 12 - 14 августа, 2008).

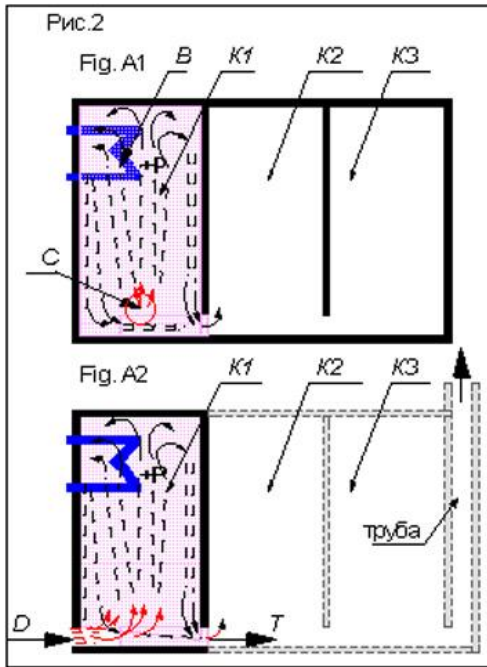
Там был построен и эксплуатируется котел 17 кВт нашей системы

<http://heatkit.com/html/lopezs.htm> .

Такой же котел построен в феврале 2009 и эксплуатируется в Западном Огайо в США <file:///localhost/I:/Чернов%20Котел%20Джона/TomStacy.htm> .

Система водяного отопления выполнена с теплонакопительным баком. Котел отапливает помещение площадью 420+117 кв. м.

Котлы имеют высокий КПД и чистое горение. Ко мне обращаются люди из многих развитых стран с просьбой дать информацию или построить у них котел нашей системы.



Немного теории. Заполним колпак *K1* показанный на Fig.A1, Рис.2 порцией горячего воздуха.

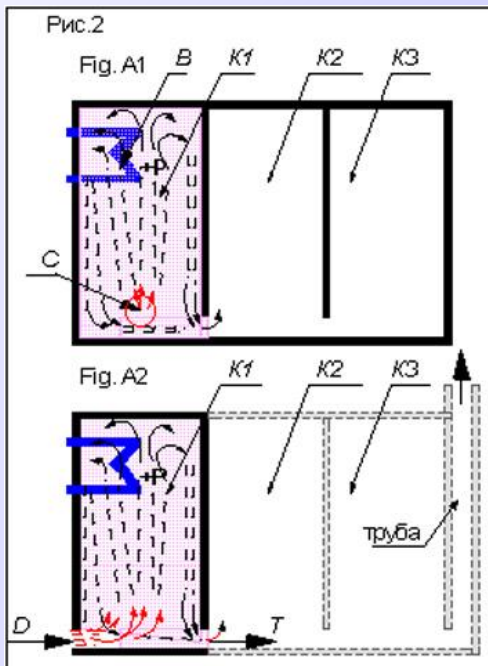
Обозначения на Рис.2 следующие: *K1*, *K2*, *K3* соответственно номера колпаков 1, 2, 3 по ходу движения горячих газов; *B*- теплообменник; *C*- электрический обогреватель; *D*- дутье; *T*- тяга;

Горячий воздух, более лёгкий, поднимется вверх и вытеснит из колпака холодный тяжелый воздух.

Он будет находиться там, пока не отдаст своё тепло стенкам колпака.

Если горячий воздух, генерируемый электрическим нагревателем *C*, постоянно подаётся в колпак, то часть теплоты потока воспринимается стенками колпака и размещённым там теплообменником *B*. Если тепла генерируется больше, чем могут воспринять колпак с теплообменником, то избыток тепла (охлаждённый воздух из нижней зоны колпака) переливается во второй колпак *K2* и оттуда в третий *K3*, если *K2* не сможет воспринять всё тепло. Движение горячего воздуха в колпаках происходит без тяги трубы за счёт естественных сил природы и не требует внешней энергии. В системе ПДГ перенос тепла возможен только за счёт тяги трубы.





Если пропускать через нижнюю зону колпака  $K1$ , показанного на Fig.A2, рис.2, поток горячего воздуха, то при дутье  $D$  равном тяге  $T$ , тёплый поток под действием архимедовой силы поднимается вверх, в зону, где происходят теплообменные процессы.

Тепло горячего воздуха будет передаваться стенкам колпака и теплообменнику внутри колпака, а избыток тепла (охлаждённый воздух) выходит наружу в колпаки  $K2$ ,  $K3$  и т.д., если они есть.

В качестве теплообменника могут быть использованы регистры водяного котла, калорифер воздушного отопления, реторта для газификации топлива, технологические материалы и т.п.

Теоретически можно подобрать такой теплообменник, который будет забирать всё тепло. В этом случае можно будет сказать, что КПД использования выделившегося тепла близок к 100 %.

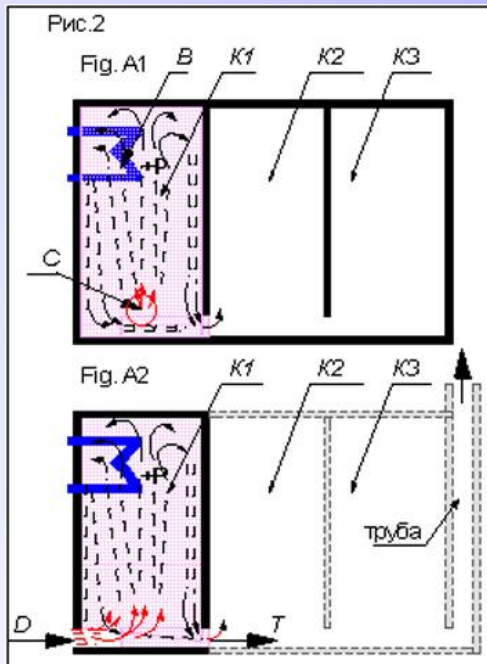
**Теплопередача от газа к теплообменнику зависит от следующих факторов:**

**площади теплообмена;**

**разницы температур;**

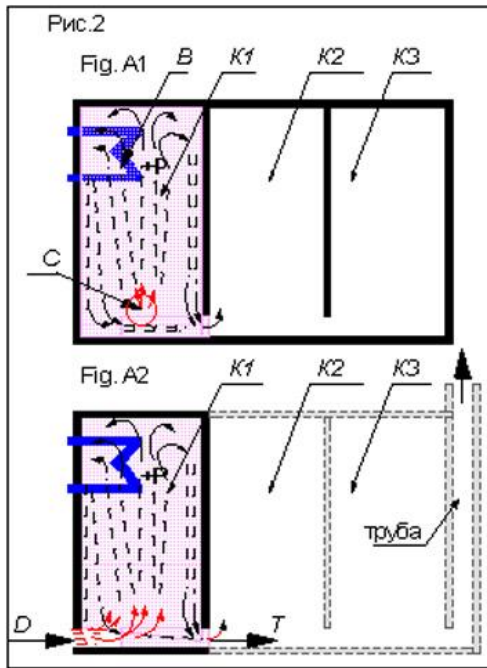
**продолжительности контакта.**

Чем они больше, тем больше теплопередача. Колпак может иметь любую форму и объём, в который можно вставить теплообменник, т. е. увеличить теплообмен. При таком построении теплогенератора увеличиваются площадь теплообмена и продолжительность контакта горячих газов с теплообменником, тем самым улучшается теплообмен.



То же самое будет происходить, если пропускать через нижнюю зону колпака при дутье  $D$ , равном тяге  $T$ , поток газа, полученный в результате сжигания любого вида топлива в сторонней топке при всех типах топочных процессов при использовании воздуха в качестве окислителя (смотри  $K1$  на Fig.A2, рис.2).

Поток содержит продукты сгорания, которые представляют собой смесь различных газов, в том числе балластных. Молекулы их совершенно самостоятельны, не сцеплены между собой.



Продукты сгорания – это углекислота, полученная в результате сгорания углерода ( $\text{CO}_2$ ); водяные пары – от сгорания водорода, а так же балластные газы – водяные пары топлива; азот; излишний воздух.

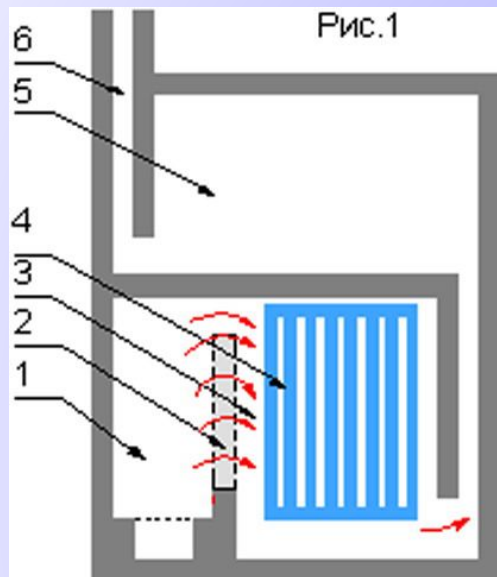
Этот газовый поток, проходя через нижнюю часть колпака, разделяется по составу. Каждая частица газового потока имеет своё состояние (массу, температуру, энергию) и занимает в колпаке во время свободного движения через него место, определённое этим состоянием.

Горячая составляющая потока под действием архимедовой силы поднимается вверх, воздействует на теплообменник, и находится там, пока газы не охладятся.

Холодная, тяжёлая и вредная составляющие потока, наиболее холодные струи, проходят низом колпака и мало воздействуют на теплообмен.

Из сказанного следует важный вывод – **при пропускании газового потока через колпак повышается КПД использования выделившегося тепла, так как уменьшается влияние балластных газов на теплообмен.**

В котлах традиционной конструкции такой движущей силой может быть тяга трубы или механическая дутьё-тяга. На этом явлении построена конвективная система всех наших котлов.



Котел состоит из топки и конвективной системы в виде одного или двух колпаков, поставленных друг на друга или рядом. На Рис.1 показана схема теплогенератора. Обозначения следующие: 1-топка; 2-«сухой шов»; 3-нижний колпак; 4-теплообменник; 5-верхний колпак; 6-труба.

В нижний (первый) колпак устанавливается топка, которая объединяется с колпаком в единое пространство через вертикальную щель 2-3 см (сухой шов).

Котлы, построенные по такой схеме, обладают рядом уникальных свойств, которыми не обладают котлы других систем.

Колпак – это перевернутый вверх дном сосуд. В нём холодные частицы выталкиваются вниз, горячие всплывают вверх. В этой конструкции предусматривается обязательное наличие «сухого шва». Топки могут быть различными как по конструктивному исполнению, так и по принципу сжигания топлива.



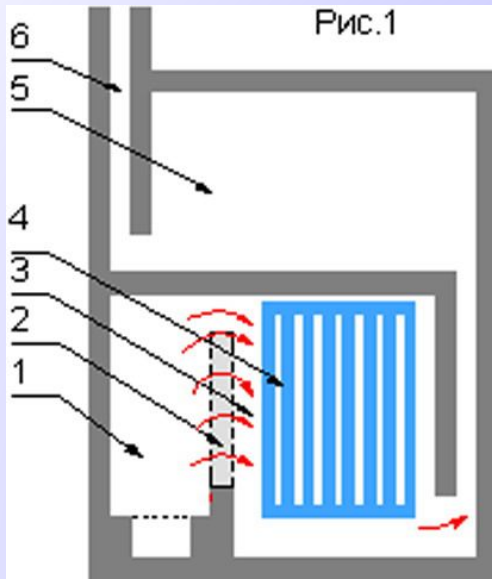


Рис.1

Рассмотрим, какая разница в условиях горения топлива в традиционных котлах с принудительным движением газов (ПДГ) и котлах построенных по нашей системе (СДГ).

**Продукты реакции** сгорания при использовании окислителя, - кислорода:

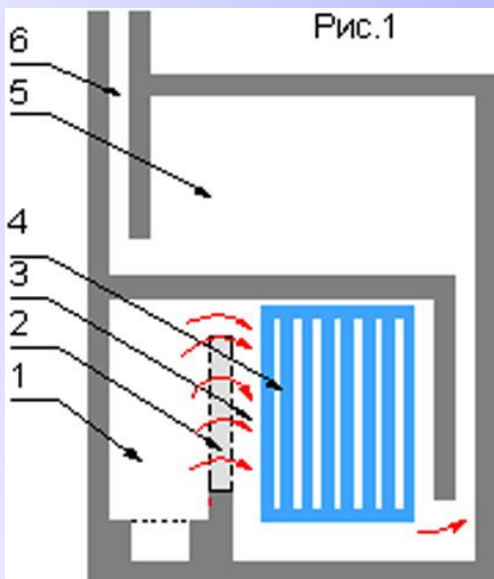
углекислота от сгорания углерода ( $\text{CO}_2$ ); водяные пары от сгорания водорода; при этом происходит выделение тепла.

Однако в качестве окислителя используется не кислород, а воздух.

По этой причине в **продуктах реакции** сгорания имеется так же **балластные газы**: азот воздуха, а это 4/5 части его объема; водяные пары топлива от выпаривания воды; излишний воздух, который из-за несовершенства смесеобразовательных процессов надо подавать в 1.6-2.4 раза больше теоретического.

**В системе ПДГ** продукты реакции сгорания проходят, за счет тяги трубы, единым потоком через топку и конвективную систему. Балластные газы являются вредными составляющими потока, так как участия в горении не принимают, а только нагреваются за счет теплоты сгорания углерода и водорода, то есть забирают полезное тепло.

Они уменьшают температуру в потоке, то есть ухудшают условия сжигания топлива. Разбавленный холодными газами поток воздействует на теплообменник. При увеличении скорости газового потока время контакта уменьшается, то есть уменьшается теплообмен. Если нисходящий поток пропускать через объем (канал) с большим сечением, то энергия потока рассеивается. И в том и другом случае теплопередача от газа к теплообменнику уменьшается, то есть уменьшается КПД. В этом случае объем хуже аккумулирует и сохраняет тепло.



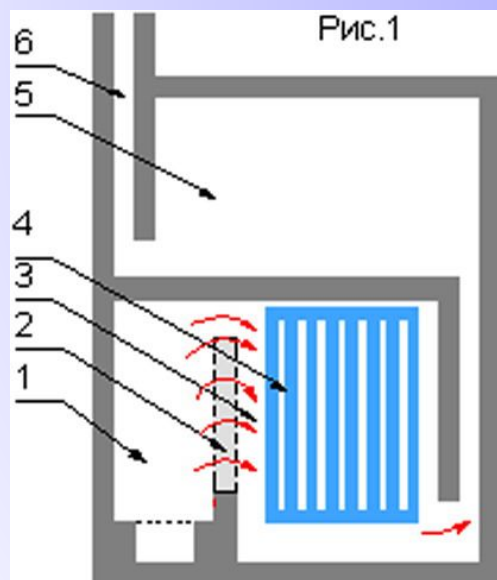
**В теплогенераторе системы СДГ**, построенным выше указанным способом, и в колпаке, и в топке возникают «условия колпака», где холодные частицы не могут подняться в верхнюю зону, заполненную горячим газом.

Продукты горения, представляют собой простую смесь нескольких газов, в том числе балластных, молекулы их совершенно самостоятельны, не сцеплены между собой.

**Этот газовый поток, проходя через колпак, разделяется по составу.**

Каждая частица газового потока имеет свое состояние: вес, нагрев, энергию и занимает в колпаке место, определенное этим состоянием за все время свободного движения через колпак.

Любое вмешательство в это движение, вызванное конструктивным изменением теплогенератора, приводит к изменению системы СДГ. Вертикальные рассечки в колпаках, прогары (шпурь, вылеты, байпас) в топке, не обеспечивают свободное перемещение каждой частице газового потока, соответствующее её состоянию. Горячая составляющая потока под действием архимедовой силы поднимается вверх и находится там все время, пока газы не охладятся, то есть тепло потока **концентрируется** в колпаке. Из колпака выходят **отдавшие тепло** газы. Балластные газы (холодная, тяжелая и вредная составляющая потока) проходят низом колпака, мало воздействуя на теплообмен.

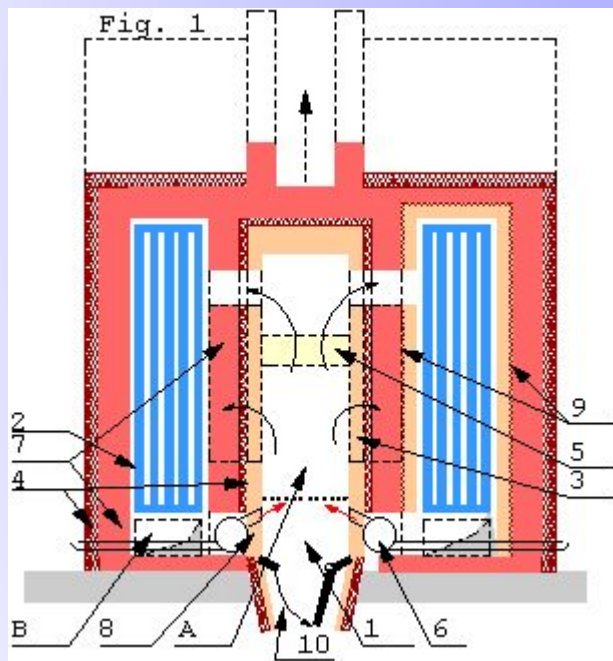


Наиболее холодные струи имеют наибольшую скорость, проходят низом колпака и мало воздействуют на теплообменник.

По аналогии, можно говорить о движении воды над глубоким омутом, в котором температура воды на дне практически не меняется.

В этом случае мы можем говорить не только о разделении потоков горячих и холодных газов, но и о **разделении газового потока (смеси нескольких газов) на отдельные составляющие.**

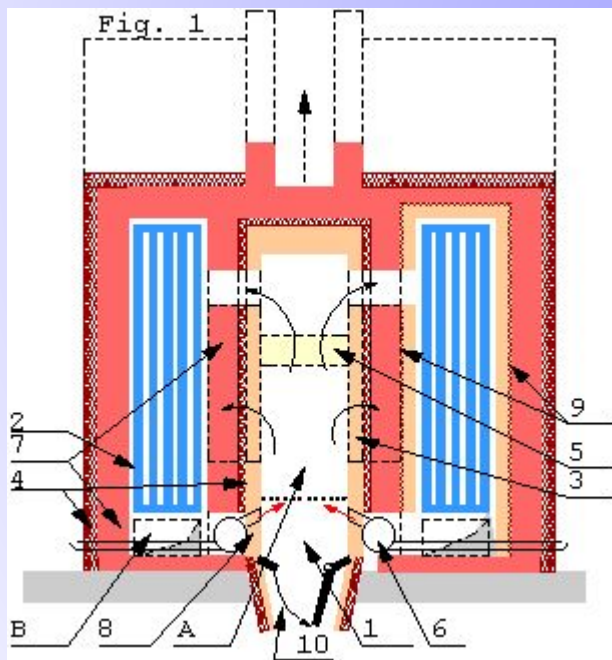
Теплопередача от газа к теплообменнику зависит от площади контакта теплообмена, от разницы температур и от времени контакта, чем они больше, тем больше теплопередача. Колпак может иметь любую форму и объем, в который можно вставить теплообменник, то есть иметь большую площадь теплообмена. При таком построении теплогенератора увеличивается площадь и время контакта горячих газов с теплообменником, то есть улучшается теплообмен.



Назначение конвективной системы **котла периодического действия** Fig.1, эффективно и оптимально аккумулировать и передавать тепловую энергию, полученную в результате реакции горения топлива, стенкам 7, калориферу системы регенерации 6 и водяному теплообменнику 2, находящемуся в ней. Тепловая энергия горячих газов распределяется между стенками и водяным теплообменником. Чем больше разница температур между газовой средой и телом, воспринимающим его, тем больше энергии воспримет тело.



Поэтому стенки колпака должны быть массивными, медленно набирающие тепло и иметь тепловую изоляцию 4 снаружи для сохранения тепла. **Это теплонакопительный котел.** Стенки можно выполнять однослойными из красного кирпича (левая половина Fig.1) или двухслойными из красного кирпича с внутренней футеровкой огнеупорным кирпичом (правая половина Fig.1). Между слоями прокладывать тонкий слой керамического материала или бумажного картона 9, необходимый для компенсации температурного удлинения огнеупорной кладки.



Двухслойными выполнять лучше.

Коэффициент теплопроводности шамотного кирпича при температуре 800 градусов равен  $\lambda=1.12$ , а красного  $\lambda=0.752$  ккал/м\*час\*град. Удельная теплоемкость одинакова и равняется  $C=0.254$  ккал/кг\*град.

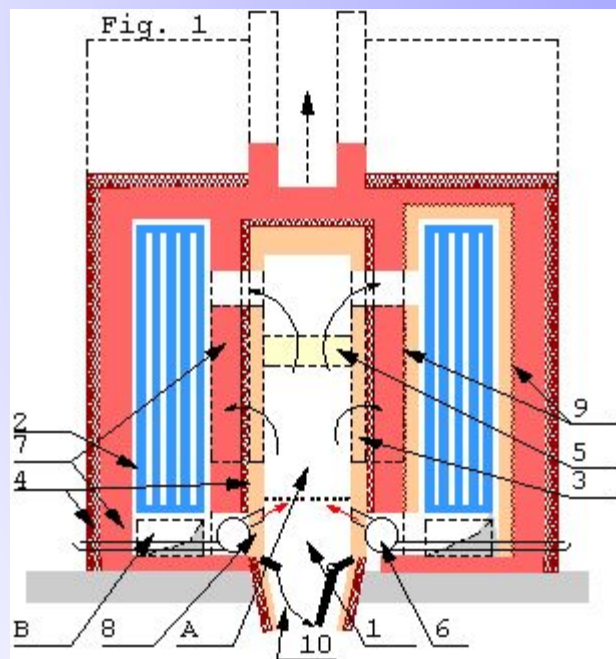
В этом случае происходит быстрый и на более высокую температуру нагрев шамотной облицовки стенки колпака, то есть повышается температура в колпаке. Это обеспечит быстрый нагрев теплоносителя в регистре на большую температуру.

Теплоемкость двухслойной стенки колпака одинакова, то есть однослойная шамотная и двухслойные стенки накопят одинаковое количество энергии.

То же можно сказать и о стенках топки.

Назначение топки сводится к максимальному изъятию энергии из топлива и передаче её в максимальном объёме в конвективную систему.

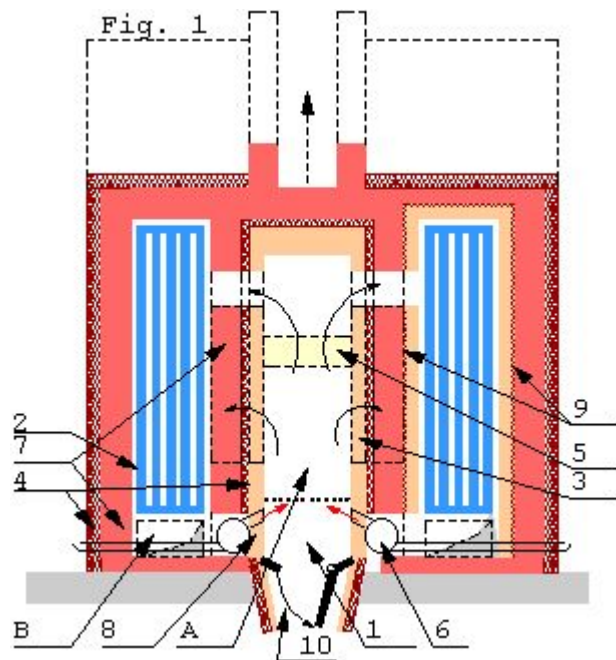
Этого можно добиться за счёт повышения температуры реакции горения во всех её стадиях. Температура реакции горения повышается, при выполнении следующих мероприятий:



1. Конструктивное исполнение котла позволяет получить естественную зону с повышенной температурой сжигания газообразной составляющей топлива - достигается за счёт применения "принципа свободного движения газов", с учётом выше изложенной формулы.
2. Размещение водяного теплообменника (холодного ядра) вне топки. (Позволяет увеличить температуру в топке, полноту сгорания топлива и нагрев водяного теплообменника).

3. Оптимизации количества подаваемого воздуха на всех стадиях горения. На Западе этот вопрос решен за счёт применения дверок с калиброванными отверстиями на минимальную и максимальную подачу воздуха, а так же других мероприятий.

4. Применения материала стен топки 3 с **высоким коэффициентом теплопроводности**, что позволит быстро уравнивать температуру газовой среды и стенок и передать больше тепла в колпак. Для этих же целей, между огнеупорной футеровкой и стенками топки прокладывается минеральный утеплитель 4. *Рассмотреть с низким  $K$ -теплопроводности и теплоемкостью.*



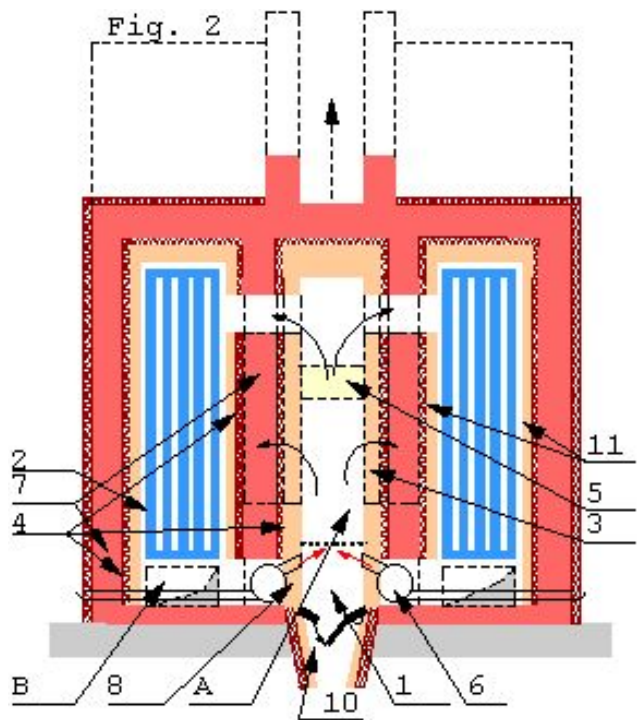
5. Применение катализатора горения 5 из материалов с высоким коэффициентом теплопроводности.

Лучевое тепло катализатора, воздействует на все элементы топки и газовую среду.

Обычно это решетка из шамотного кирпича, которая дает так же хорошее перемешивание воздуха с топливом.

Регенеративной технологии (нагрев воздуха, поступающего в котел, отработанными продуктами горения). Достигается за счёт устройства регенератора 1 (вместо поддувала), обеспечивающего естественный нагрев воздуха, поступающего в топку, отработанными газами из нижней зоны колпака.

Аналогично **конструируются котлы постоянного действия** Fig.2. Различие в том, что топку выполняют меньшей мощности, и в колпаке не надо делать большой теплоаккумулирующий массив.

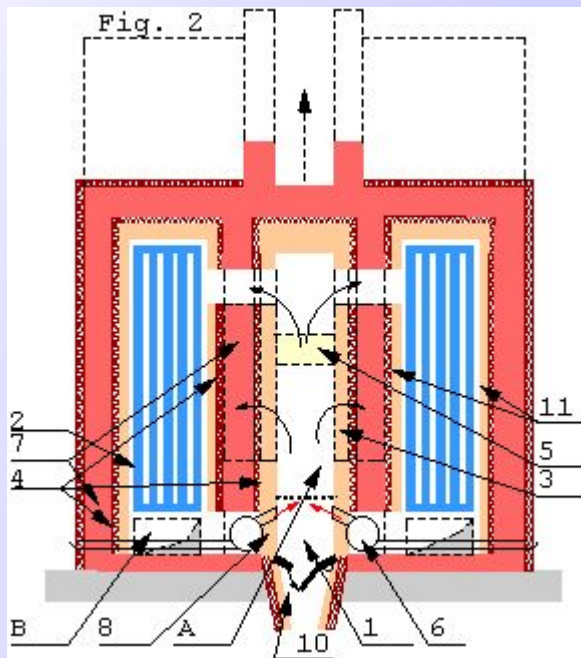


Требуется выполнить перераспределение тепла поступающего в колпак.

Необходимо, чтобы стенки колпака воспринимали меньше энергии, а водяной теплообменник больше.

Это достигается за счёт устройства двухслойной стенки, между слоями которой прокладывается минеральный утеплитель 4.





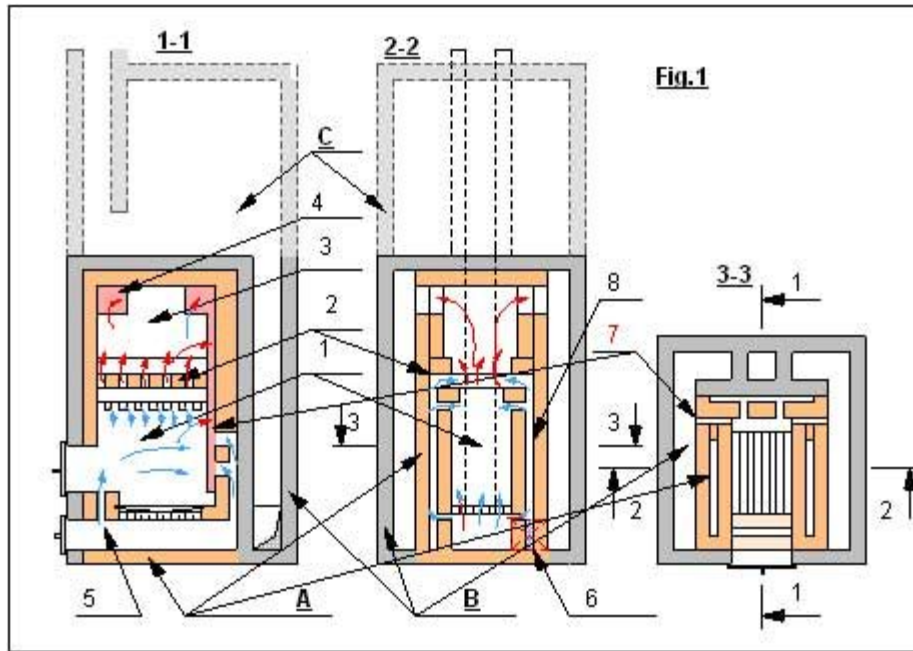
Внутренняя стенка 11 (футеровка), выполняется из материала с высоким коэффициентом теплопроводности, например огнеупорного кирпича. Конструктивно легче перекрывать отдельно как внутреннюю, так и внешнюю оболочку.

Футеровка топки и колпаков будут иметь различный нагрев и линейное расширение. Поэтому лучше перекрыть топку и колпаки отдельно.

Снаружи котёл может быть полностью изолирован, если не требуется отапливать помещение, где котёл установлен.

У большинства современных твердотопливных котлов, регулирование теплопроизводительности производится за счёт регулирования подачи воздуха, необходимого для горения, то есть за счёт изменения мощности горения.

Наибольший КПД котлов на любом виде топлива, может быть получен при работе их с наибольшей мощностью.



В настоящее время мы у всех котлов подачу воздуха для горения делаем по схеме Fig.3.

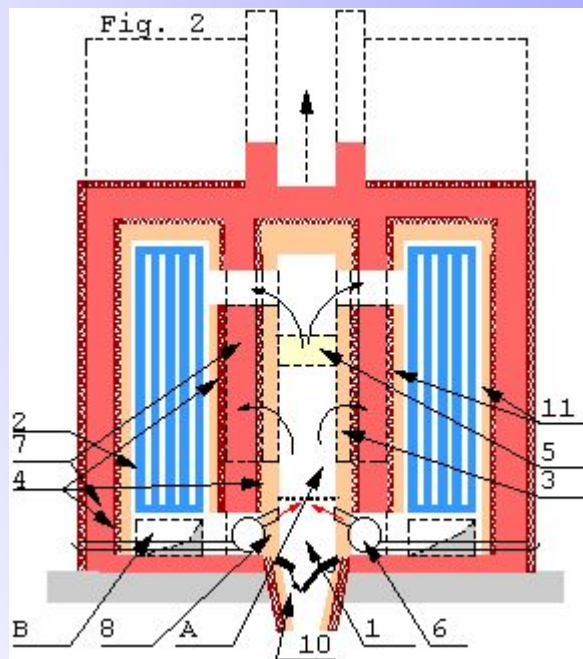
Это улучшает условия сгорания топлива и как следствие повышает КПД и чистоту сгорания.

На снимке видно, что в высокотемпературном поле происходит равномерный нагрев дров и их термическая деструкция (пиролиз).



В этом случае видно как происходит газификация дров и сжигание пиролизных газов. Котел работает без дутья. Подача вторичного воздуха через отверстия в верхнюю зону топки.

Коэффициент полезного действия (КПД) таких систем отопления существенно зависит от того, при какой мощности работает система. Чем ниже степень использования системы, тем ниже КПД и тем больше расход топлива. В котлах, работающих на газе и соляре, этот вопрос решен. Применение автоматики позволяет эксплуатировать котлы отопления одинаково с максимальной отдачей во всех режимах работы, за счет периодического их включения и выключения. В твердотопливных котлах постоянного действия этот вопрос можно решить следующим образом. Поступающее в колпак тепло распределяется между стенками колпака и водяным теплообменником.



При увеличении времени топки, температура стенок колпака и газовой среды выравниваются, и теплообмен происходит практически только за счёт водяного теплообменника.

**Регулирование подачи тепла в систему водяного отопления может происходить за счёт изменения:**

Мощности горения.

Скорости циркуляции теплоносителя.

Перераспределения пути движения газового потока.

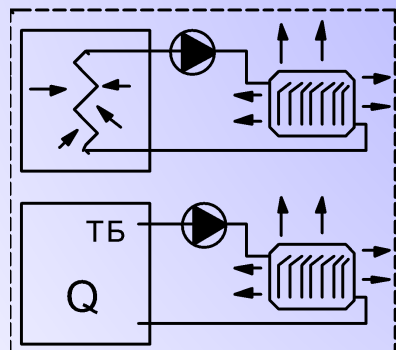


В первом случае, при уменьшении подачи воздуха в топку, происходит снижение мощности горения и снижении КПД котла, что не желательно. **Избытка тепла в этом случае в котле не получается.**

По-другому происходит процесс при регулировании скорости циркуляции теплоносителя. При **увеличении скорости циркуляции теплоносителя, уменьшается подача тепла в систему водяного отопления, а так же отдача тепла из нее.**

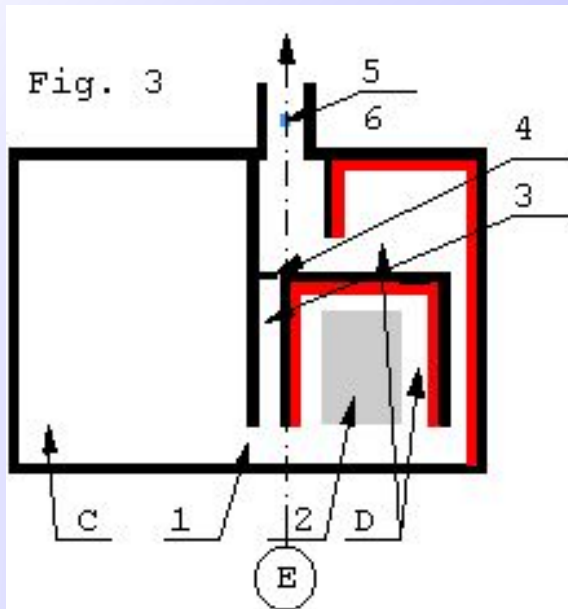
При этом не происходит снижения КПД котла работающего на полную мощность, но **в котле появляется избыток тепла**, который требуется использовать, или возможен перегрев и разрушение котла.

Первым признаком повышенной скорости циркуляции теплоносителя является небольшая разность температур в подающей и обратной трубе и перегрев стенок котла.



Следует отметить, что это касается только контуров циркуляции, в которых в источнике тепла и потребителе происходит теплообмен и не касается, если в источнике тепла не происходит теплообмена, например в ТБ (так как ТБ не производит тепла).



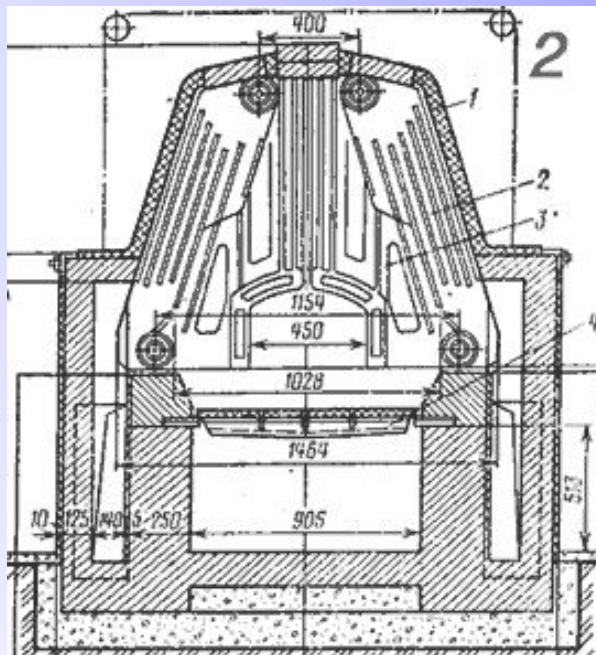


Избыток тепла предлагается аккумулировать по схеме приведенной на Fig.3. С левой стороны оси E, показан котел постоянного действия Fig.2, обозначенный буквой C. С правой стороны показана конвективная система по схеме "одно-двухъярусный колпак" D, использующая избыток тепла. Обозначения на схеме следующие: 1- выход отработанных газов, 2 - тело воспринимающее избыток тепла, 3- канал прямого хода, 4- задвижка прямого хода, 5- датчик температуры, 6- датчик состава выходящих через трубу газов.

Принцип работы этой схемы следующий: Датчик 6 (Fig.3), в зависимости от состава выходящих газов, воздействует на исполнительный механизм калорифера системы регенерации 6 (Fig.2) и оптимизирует подачу воздуха, необходимого для горения. Датчик 5, в зависимости от температуры выходящих из трубы газов, воздействует на исполнительный механизм задвижки 4, открывая или закрывая её. При равенстве потребляемого и вырабатываемого тепла, горячие газы из котла через отверстие 1, по каналу и через открытую задвижку 4 выходят в трубу. При избытке тепла, задвижка 4 закрыта, и горячие газы поступают в теплоаккумулятор D.

Использование аккумулированного тепла в данной схеме не рассматривается. Следует только отметить, что назначение конвективной системы D аналогичное схеме показанной на Fig.1 и Fig.2. По такой схеме можно использовать тепло выходящих газов от технологических процессов, например нагревательных печей и пр.

В настоящее время, Госстроем России, рекомендуются к строительству печи со встроенным котлом водяного отопления и горячего водоснабжения, а так же котлы, у которых **тепловоспринимающая часть расположена в зоне горения**. То же можно сказать и о котлах, используемых в котельных коммунальной энергетики.



Подобные печи и котлы обладают существенными недостатками, которые трудно компенсировать ввиду несовершенства применяемой уже несколько столетий конвективной системы газооборотов. В них используется принцип принудительного движения горячих газов. Их конвективная система состоит из последовательных, параллельных или комбинированно расположенных каналов.

Система обладает большим сопротивлением газовому потоку, ограничена по форме и объёму, не равномерно и не оптимально сохраняет и отдаёт тепло. В каналы нельзя вставить полезное тело, например котёл отопления. Для этих целей можно использовать только топочное пространство. В этом случае изменяется функциональное назначение топки, в котором появляется холодное ядро, понижающее температуру в топке и значительно снижающее КПД изъятия энергии топлива и чистоту сгорания.



Наша система конструирования теплогенератора обладает невероятной гибкостью и позволяет проектировать и строить многофункциональные котлы и печи любого размера и формы, с новыми свойствами и функциями





Например, котел может быть совмещен с хлебной печью (что не совсем хорошо, т.к. не регулируется  $T$  в духовке), как это сделано во Франции, и который при этом имеет КПД 90% при чистом горении.

Или котел совмещен с камином с обогреваемыми стенками.

По такой схеме конструируются энергоустановки любого назначения. В колпак легко могут быть установлены электрические нагреватели, калорифер воздушного отопления, парогенератор, плита или духовой шкаф для приготовления пищи, духовка для нагревания камней, технологические материалы для тепловой обработки, котел отопления и т.п.

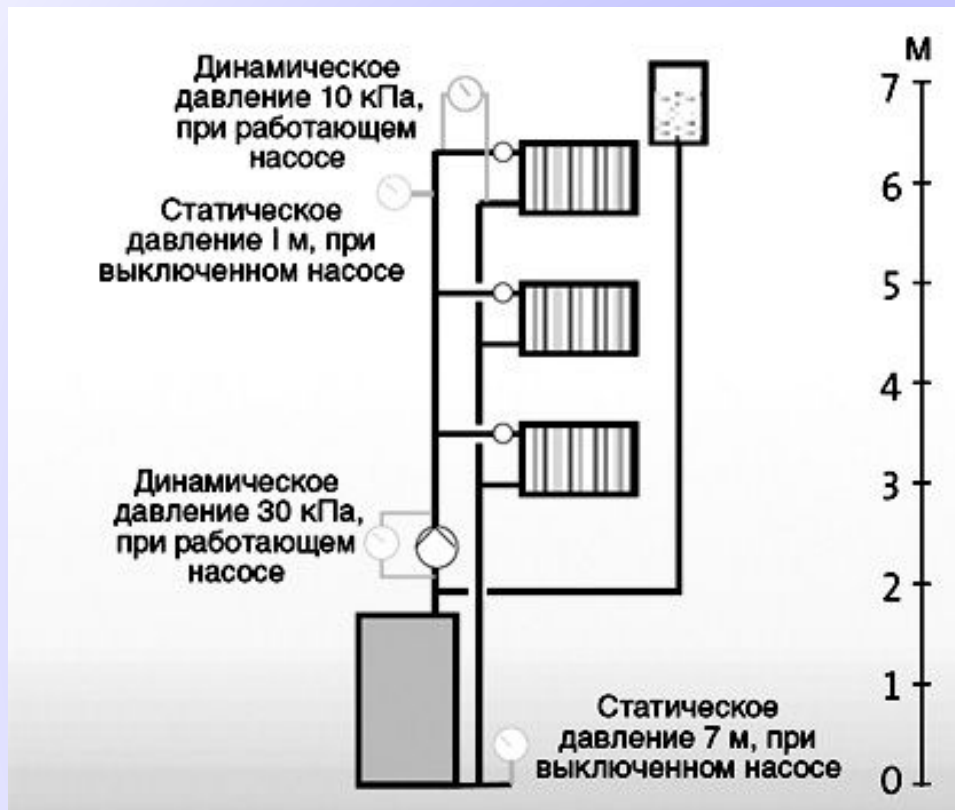
По такой схеме может быть сконструирован паровой котел 22.





Порода древесины и особенно влажность имеют решающее влияние на такие параметры котла, как мощность, к.п.д. и интервал закладки топлива. Применять надо древесину с максимальной влажностью 25%. Правильно подготовленные и упорядоченно разложенные в загрузочном пространстве поленья (следует избегать хаотичного расположения) определяют равномерную эксплуатацию котла, без пробелов в слое углей.

Если слой жара образован неравномерно, древесный газ неконтролируемо протекает через пробелы, причем его температура может снижаться к месту воспламенения. Это ведет к постепенному падению мощности, вплоть до остановки работы котла.



## Водяное отопление.

Движение теплоносителя в системе водяного отопления осуществляется за счет создания в трубах циркуляционного давления. Это может быть естественная циркуляция, или принудительная циркуляция с помощью насоса. В системах с естественной циркуляцией предпочтение отдается верхней разводке подающих магистралей и, по возможности, установке котла ниже нагревательных приборов.

Наиболее простой, предпочтительной является двухтрубная система отопления с прокладкой труб горячей воды под потолком и холодной у пола под нагревательными приборами, позволяющая регулировать температуру в каждом помещении при помощи терморегуляторов.

При естественной циркуляции движение теплоносителя происходит за счет разности гидростатических давлений в прямой и обратной трубе.

Или по-другому, циркуляционное давление, зависит от разности весов столба прямой (горячей) и столба обратной (охлажденной) воды.

**Следовательно, она зависит от разности плотностей (температур) горячей и обратной воды и высоты столбов.**

Циркуляционное давление увеличивается, если нагревательный прибор расположен выше котла. Чем выше прибор, тем больше для него циркуляционное давление. Этому же способствует изоляция прямого стояка и обратных магистральных трубопроводов. Подающие магистрали и стояки (с нисходящим потоком) не изолируются.

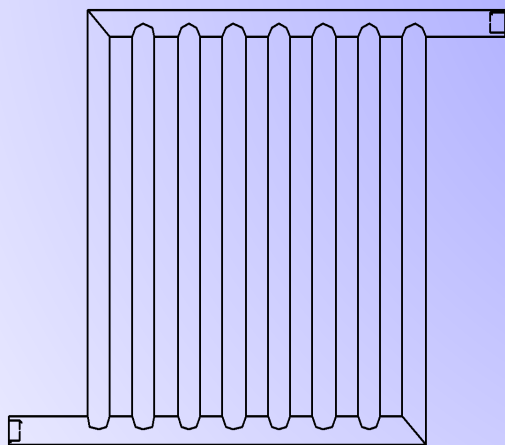
Здесь надо рассматривать 2 случая: (Этот вопрос касается проектирования системы водяного отопления и должен решаться проектной организацией).

1. Центр нагрева котла и центр охлаждения прибора охлаждения находятся на одном уровне;
2. Центр нагрева котла находится ниже центра охлаждения.

Полное циркуляционное давление  $P_p$ , при естественной циркуляции складывается из суммы давления возникающего при установке котла ниже нагревательных приборов  $P$ , и от остывания воды в подающих стояках  $\Delta p$ .  
 $P_p = P + \Delta p$ .  $P = gh(\rho_o - \rho_g)$ .

Где  $h$ -высота столба воды (м) между центром охлаждения нагревательного прибора и центром нагрева котла.  $\rho_o$  и  $\rho_g$  - соответственно плотности охлажденной после нагревательного прибора в обратном стояке и горячей воды в прямой трубе (кг/м<sup>3</sup>).  $g$ -ускорение, равное 9,81 (м/сек<sup>2</sup>). Значения плотностей теплоносителя при разных температурах принимается по таблицам.

Значение  $\Delta p$  принимают по таблицам в зависимости от этажности здания, протяженности линий, расстояний между стояками.



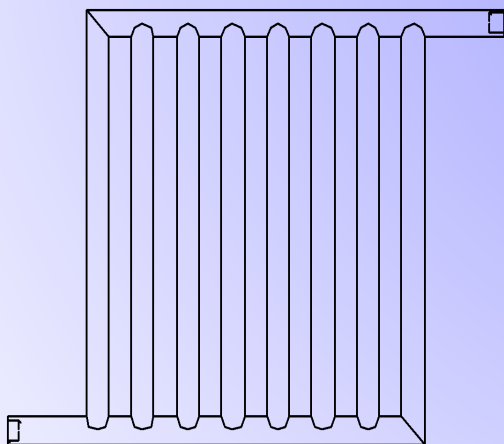
**Естественную** циркуляцию теплоносителя обеспечивает так же дополнительно гидростатическое давление, возникающее в регистрах, предлагаемой мной конструкции.

**О регистрах твердотопливных котлов.**

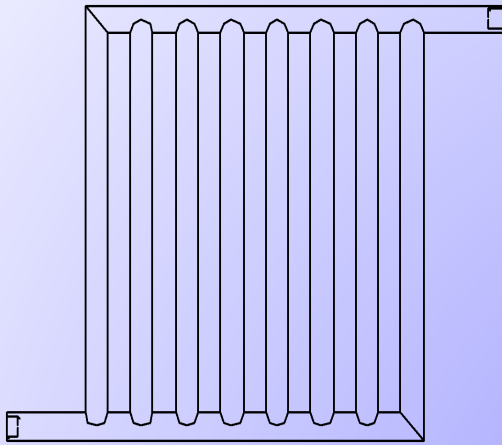


Естественная циркуляция теплоносителя самая безопасная и надежная, так как не надо надеяться на насос и электричество. При этом она самая эффективная по передаче тепла от котла к потребителю. В системе СДГ решение этого вопроса обеспечивается формой регистров котла с несколькими вертикальными трубами, обеспечивающими равновеликий путь движения теплоносителя, замедление его движения и гидростатический напор в системе (природный насос).

Здесь двигателем является архимедова сила. То есть гидростатический напор, создаваемый в каждой вертикальной трубе регистра. Суммарный напор складывается из напора в каждой вертикальной трубе « $\Delta p = H (\rho_{\text{обр}} - \rho_{\text{пр}}) g$  где  $H$ -высота регистра (м),  $\rho_{\text{пр}}$  и  $\rho_{\text{обр}}$  – плотность выходящей и входящей воды в регистре (кг/м<sup>3</sup>),  $g$ -ускорение (м/сек<sup>2</sup>)».



Следует отметить ВАЖНЫЙ факт. Естественная циркуляция теплоносителя будет при неразрывности труб водяного отопления. Если имеется разрывность, например в ТБ при подключении прямой трубы в верхнюю зону ТБ, а обратной в нижнюю, то циркуляции между котлом и ТБ, не будет. Энергия потока поглощается теплоносителем,



В верхней зоне ТБ вода закипает и циркуляция прекращается.  
Что бы обеспечить естественную циркуляцию теплоносителя в ТБ, надо **подключать прямую трубу в нижнюю часть ТБ, а обратную в верхнюю часть**. Движение теплоносителя внутри ТБ от прямой к обратной трубе будет за счет конвекции.

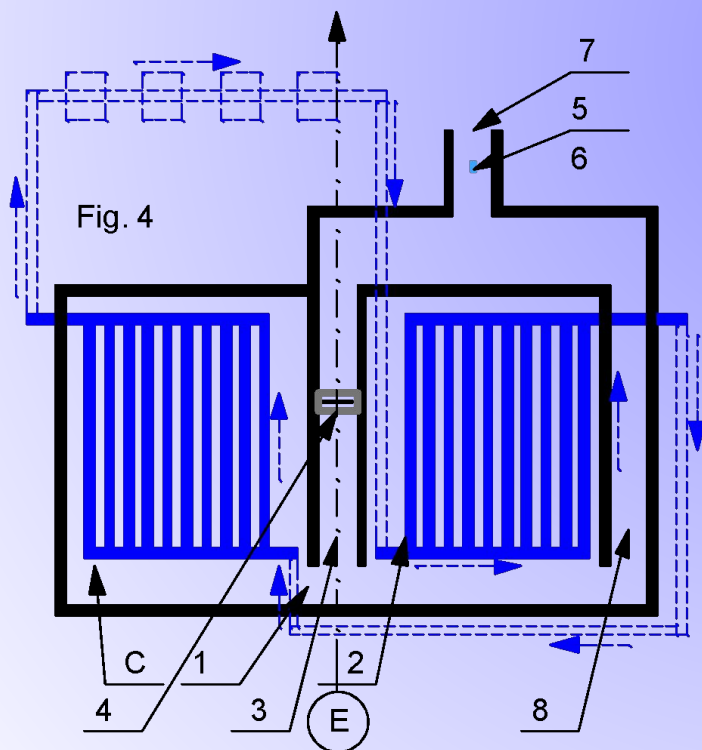
Следует отметить, что на схемах водяного отопления подключение котла к ТБ показывают условное, а фактическое подключение надо выполнять в соответствии с его внутренним устройством (конструкцией).

Такая конструкция обеспечивает минимальное силовое воздействие на строительные конструкции котла от температурного удлинения труб регистров, а также малое сопротивление движению воды, хороший напор и легкую их замену. При заполнении системы водой, в регистрах не возникают воздушные пробки, если они установлены с уклоном для стока вода в обратную трубу.

- При заполнении системы водой, в регистрах не возникают воздушные пробки, если они установлены с уклоном для стока вода в обратную трубу.

На fig.4 показана схема обвязки котла показанного на fig.3. Обозначения те же. Пунктирными линиями и стрелками показана условная схема обвязки котла и экономайзера (с естественной циркуляцией) и направление движения воды.

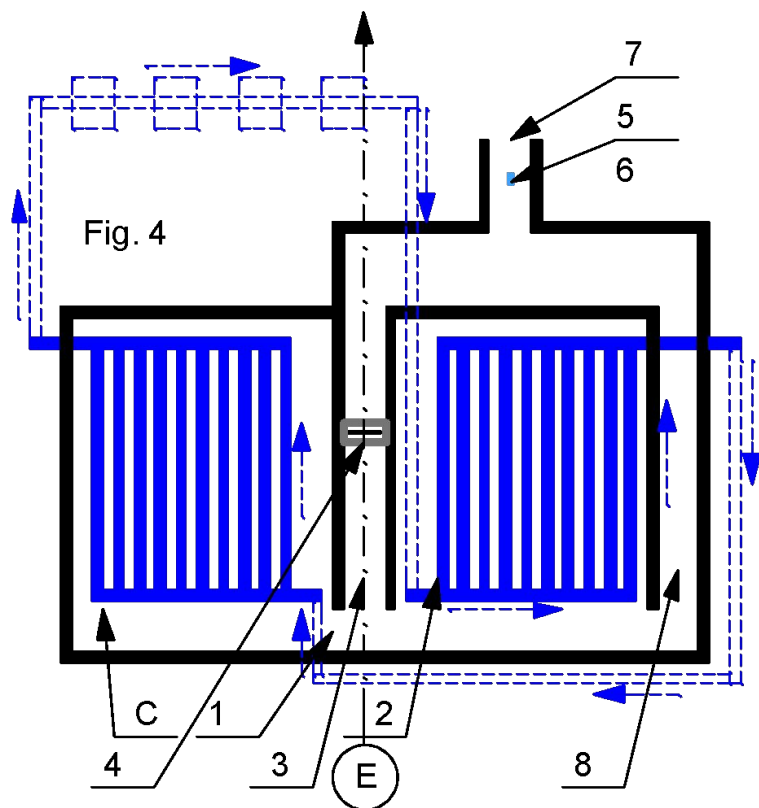
**Устройство и подключение водяных регистров котла, ГВС и экономайзера должно быть выполнено так, что бы движения воды и тепловых потоков было противоточным.**



То есть наиболее холодная вода контактирует с наиболее холодными газами. Далее, при движении по регистру вода нагревается и контактирует с все более нагретыми газами. Этому условию удовлетворяет наиболее полно конструктивное исполнение котла в виде колпака, в котором в каждом вышележащем сечении повышается температура.

При таком встречном движении воды и газов (тепловых потоков), между ними сохраняется разность температур, необходимая для передачи теплоты, а так же снижается вероятность выпадения водяных паров, из-за которых происходит ржавление труб.

Это особенно важно, если топливом являются дрова, содержащие много водяных паров. Такое движение воды и газов называют **противотоком**.



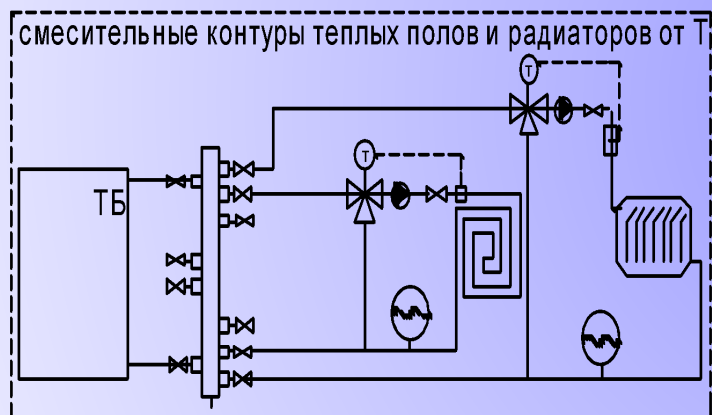
Обвязка регистра должна обеспечивать возможность периодического слива воды из него в **систему водяного отопления**.

Это необходимо для периодического выжигания сухих труб регистров от сажи через специальную герметичную дверку в колпаке, где они установлены.



## Схемы обвязки котельной и принципы управления контурами.

Многообразие объемно-планировочных решений зданий, отличающихся по архитектурному и конструктивному исполнению, площади, потребной мощности на отопление одного квадратного метра, задач предъявляемых к системе отопления и горячего водоснабжения объекта, оборудованном твердотопливным котлом, требует организации различных систем обвязки котла, **индивидуального подхода к проектированию систем водяного отопления здания и ГВС. Эта работа должна выполняться квалифицированными проектировщиками.**



Это осложняется так же тем, что регулирование мощности горения в твердотопливных котлах производится за счет изменения количества подачи воздуха. Хорошая отопительная система должна работать эффективно в весьма обширной области тепловой мощности, то есть при широком диапазоне наружных температур.

Однако, коэффициент полезного действия (КПД) современных систем отопления, работающих на твердом топливе, существенно зависит от того, при какой мощности работает система.



Чем ниже **степень использования системы** (отопительная мощность системы 12 кВт, а используем 3 кВт.), тем ниже КПД и тем больше расход топлива. Из результатов исследования финских специалистов (Кари Мякеля) следует, что если для отопления жилого дома выбрана отопительная система мощностью например 12 кВт и КПД 75%, а эксплуатируется на четверть мощности (3 кВт), то её КПД составит всего 19%.

Поэтому расход топлива увеличивается более чем в 5 раз по сравнению с теоретическими расчетами. По этой причине печи принимают меньшей мощности, но топят в наиболее холодный период 2 раза.

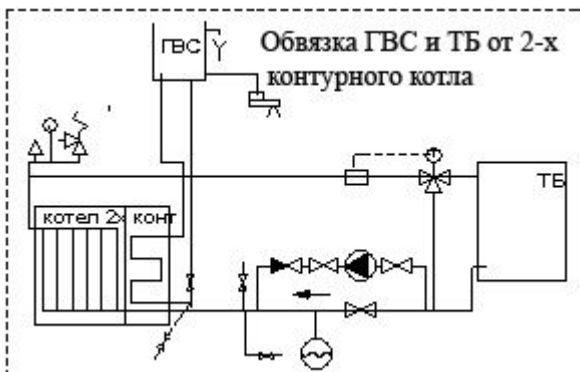
### Котлы периодического действия.

Проще всего решается вопрос обвязки небольших котлов периодического действия с **одним типом высокотемпературного теплообменника** (радиатора). **Регулирование производится за счет 1 - 2-х разовой топки, а так же времени топки.** В этом случае после окончания топки котла резко снижается температура теплоносителя и далее происходит уже плавное снижение его температуры до следующей топки, за счет тепла накопленного массивом котла. Поэтому котел надо теплоизолировать, и кроме этого обязать со всех сторон уголками и полосой.

При испытаниях котла в Полушкина 12.02.10 г делали замеры, которые показали что **теплообмен через стенки котла примерно равен теплообмену через теплообменник.**

Это теплонакопительный котел, который за время топки должен накопить совместно с теплоносителем системы водяного отопления такое количество тепла, которое будет компенсировать часовые теплотери здания. Надо делать балансовый расчет. Часовую теплопроизводительность котла надо увязывать с часовыми теплотерями здания.

Обычно температура выходящих газов из котла велика и позволяет сделать второй колпак, в котором можно поместить теплообменник ГВС или регистр экономайзера. Эти теплообменники греются теплом отходящих газов из первого колпака. В этом случае регулирование нагрева теплоносителя можно осуществлять за счет перераспределения путей движения газов. Такой котел мы называем двухконтурным. При отключении котла отопления, регистр ГВС обогревается от своей топки. Циркуляцию теплоносителя регистров отопления и ГВС лучше проектировать по своему контуру естественной, без насоса.



И в том и другом случае теплоноситель котла и воду ГВС можно нагреть дровами, а потом поддерживать температуру электрическими воздушными Тэнами из нержавеющей стали, которые вставляются в нижнюю часть колпаков. Это удобно когда требуется уехать из дома на некоторое время.

В котле надо предусматривать устройство, - Управления котлом и защиты от конденсата, о котором будет сказано ниже.

### **Котлы постоянного действия.**

Для отопления зданий промышленного и общественного назначения часто используют котлы постоянного действия. Для их работы требуется обслуживающий персонал.

Систему отопления котлов постоянного действия лучше так же проектировать с ТБ, так как он улучшает работу котла, повышает его КПД. Котлом постоянного действия можно нагреть ТБ большого объема.

Регулирование температуры теплоносителя в отопительном (прямом) контуре персоналом, за счет изменения мощности горения, приводит к снижению КПД котла. Лучше регулировать степень нагрева ТБ, топя котел на полную мощность, периодически останавливая его.



Перед остановкой котла его можно нагреть сильнее, если увеличить скорость циркуляции теплоносителя между котлом и ТБ

В случае применения системы водяного отопления без ТБ, регулирование температуры теплоносителя можно производить за счет изменения скорости движения теплоносителя. Теплопередача зависит от времени контакта поверхностей теплообмена. При увеличении скорости циркуляции теплоносителя, уменьшается подача тепла в систему водяного отопления, а так же отдача тепла из нее. При этом не происходит снижения КПД котла работающего на полную мощность, но в котле появляется избыток тепла, который требуется использовать, иначе возможен перегрев и разрушение котла.

На мой взгляд, контролировать степень нагрева котла лучше по температуре выходящих газов из первого колпака. Допустимую температуру нагрева можно определить в результате лабораторных (экспериментальных) испытаний.

Первым признаком повышенной скорости циркуляции теплоносителя является небольшая разность температур в подающей и обратной трубе и перегрев стенок котла. Уменьшив скорость циркуляции теплоносителя, можно использовать накопившееся в котле избыточное тепло.

Избыточное тепло можно так же использовать за счет устройства второго контура (колпака), где можно поместить регистр ГВС или другие потребители тепла.

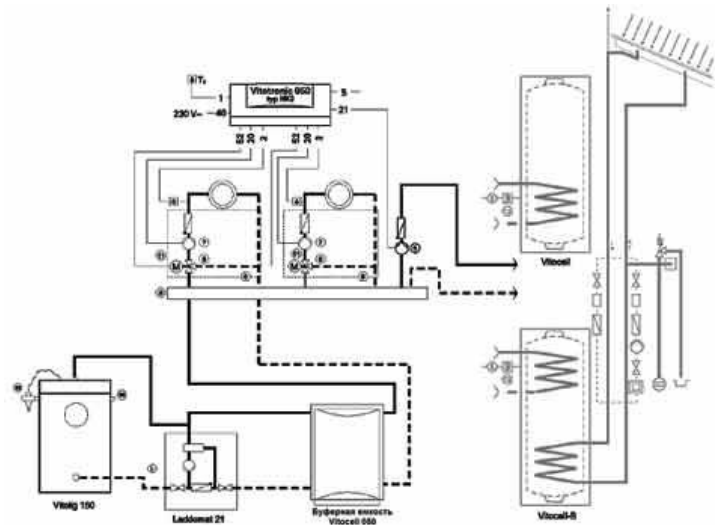
### **Система водяного отопления для твердотопливного котла периодического действия.**

Проектируя систему водяного отопления с дровяным (твердотопливным) котлом надо всегда рассматривать вопрос обеспечения **наивысшего КПД изъятия энергии** из топлива и **наивысшего КПД использования выделившейся энергии.**

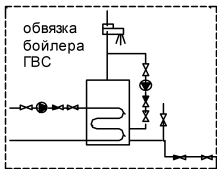
Существенно снизить затраты на отопление и заодно сформировать благоприятный температурный режим в доме под силу только современной системе терморегулирования. Получение наивысшего КПД изъятия энергии было рассмотрено ранее и может быть обеспечено только при условии работы котла на полную мощность.

Наивысший **КПД использования** выделившейся энергии можно получить только при устройстве в системе водяного отопления **теплонакопительного бака (ТБ) и применения средств автоматики.**

Возможность плавной регулировки температуры в контурах обеспечивается устройством ТБ большого объема и *смесительных контуров* для отбора в них теплоносителя с необходимой температурой.

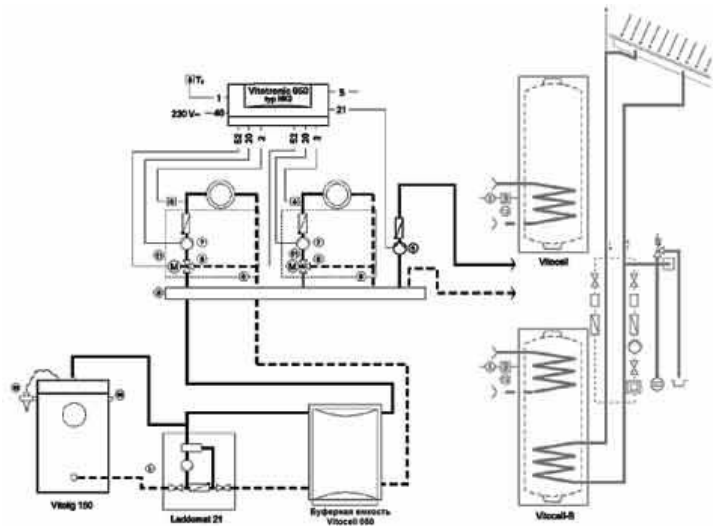


Это наиболее рациональный вариант. Эксплуатационные расходы на отопление значительно снижаются и быстро окупают стоимость установки ТБ. Система обвязки котла может содержать несколько контуров. Как правило, это **прямой контур** от котла до ТБ и **высокотемпературный контур ГВС**.



Он подключается к прямому контуру котла. В бойлере ГВС вода нагревается до  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Температура воды в прямом контуре достигается за счет работы котла и зависит от продолжительности его работы.

Имеется два или несколько **смесительных контуров**, понижающих температуру теплоносителя за счет применения автоматики, от ТБ. В смесительном контуре температура теплоносителя определяется температурой в ТБ и положением заслонки исполнительного устройства, двух или трехходового распределительного вентиля с терморегулятором (или с сервоприводом). Почти всегда есть один или несколько контуров радиаторного отопления.

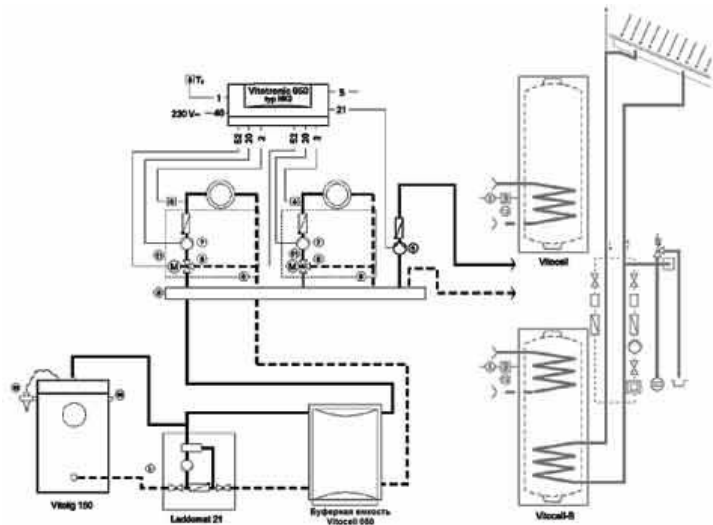


В них целесообразнее применять низкотемпературный режим отопления с температурой подающей линии в пределах 45-50 °С. Иными словами применять обычные приборы, рассчитывая их на применение низкотемпературного теплоносителя. Что позволит увеличить время пользования ТБ без топки котла.

Это так же ведет к более комфортному восприятию теплового излучения человеком. Может возникнуть необходимость понизить температуру в одном из них. Например, в случае, когда в какой-то части дома в текущий момент никто не живет.

Или теплые полы, для которых требуется свой смесительный контур. Многие потребители заказывают дополнительную установку одного или нескольких контуров водяных теплых полов. Это - низкотемпературные системы с изменяемой температурой подающей линии (30-55°C). Во всех этих случаях **для снижения температуры теплоносителя требуются проектировать смесительные контуры.**





Каждый контур должен иметь расширительный бак на обратной трубе до циркуляционного насоса, напрямую связанный с теплопроизводителем и систему циркуляции теплоносителя. Мембранный расширительный бак находится со стороны всасывания циркуляционного насоса, вследствие чего минимизируется опасность возникновения вакуума.

**Система водяного отопления должна быть увязана с видом топлива котла.** В системах с дровяным котлом особенно трудно решаются вопросы регулирования. Проектирование и выполнение работ по системе водяного отопления должно выполняться специалистами. Однако в настоящее время ВУЗы в России не готовят специалистов умеющих конструировать твердотопливные котлы системы СДГ, а также системы водяного отопления таких котлов.

### **Жидкостные теплонакопительные баки (ТБ).**

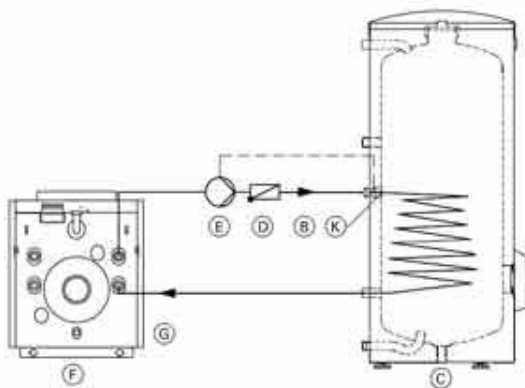
При сжигании древесины в короткое время топки котла выделяется огромное количество энергии. Ее надо сохранить, а потом оптимально использовать.

Для этого используют теплоаккумулятор (ТБ). Теплоаккумулятор - это емкость, изолированная со всех сторон полиуретаном толщиной 80-100 мм, в которую может быть встроено несколько теплообменников ГВС. Теплоаккумулятор может иметь теплообменник для геотермального теплового насоса или солнечного коллектора. Из него можно будет расходовать столько тепла, сколько это будет необходимо в данный момент времени.

**Количество накопленного тепла  $Q$  (кВт\*час) должно быть больше теплотерь помещения.**  $Q=c*V*oC$ , где  $c$  -теплоемкость воды - 1.17 Вт\*час/кг\*град,  $V$  –объем воды (кг),  $oC=50$  град, расчетная разность температуры нагрева воды. Можно подобрать объем ТБ и мощность дровяного котла так, что бы можно было за 1-2 топки накопить необходимое количество тепла в ТБ. Если ТБ например 2.5 куба (2500 кг) и нагревается на разность температуры 50 градусов, то он накопит теплоты:  $1.17 \text{ Вт*час/кг*град} * 2500 \text{ кг} * 50 \text{ град.} = 146 \text{ кВт*час}$ . **Если разделить количество накопленного тепла на часовые теплотери дома** то получим сколько часов он может обогреваться от ТБ. Если учитывать фактические теплотери в данный период времени, то это время будет значительно больше. **Если разделить накопленное тепло на мощность котла** то получим, сколько часов нужно прогреть ТБ.

Лучше иметь завышенные габариты теплоаккумулятора, чем заниженные. Теплоаккумулятор с высокими температурами имеет более широкий температурный диапазон работы, если отопительная система спроектирована на низкотемпературный теплоноситель.

Vitocell-V 100 и Vitocell-V 300 (тип EVI)



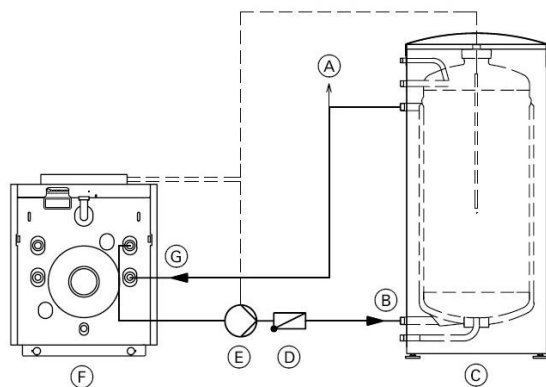
**Наиболее сложной** и мало изученной является задача подключение к ТБ, так как конструктивное исполнение их и назначение имеют большое разнообразие. В качестве ТБ можно использовать емкостные водонагреватели для приготовления горячей воды, в которых **в нижней части имеется теплообменник.**

При подключении ТБ или бойлера со стороны греющего контура надо выдерживать два правила:

1. Если подключение происходит через теплообменник, то прямая труба подключается к его верхнему патрубку, а обратная к нижнему **Движение воды в трубе теплообменника и горячей воды в ТБ должно быть противоточным навстречу друг к другу.** То есть наиболее горячая вода в теплообменнике контактирует с наиболее горячей водой в ТБ.

По мере остывания наиболее холодная вода в теплообменнике контактирует с наиболее холодной водой в ТБ, разница температур между ними должна быть постоянной..

Vitocell-V 300 (тип EVA)



Регулирование включением и выключением циркуляционного насоса

2. Если в ТБ нет теплообменника, то прямая труба должна подключаться к нижней зоне ТБ, а обратная к верхней зоне.

То есть, естественная циркуляция воды в ТБ и принудительная циркуляция в контуре котла должны идти в попутном направлении.

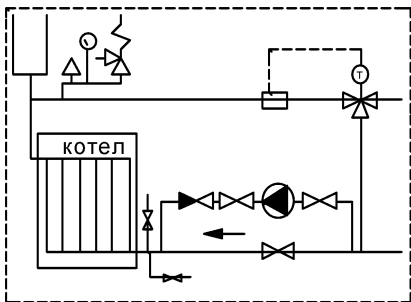
Подключение потребителей тепла в обоих случаях должно выполняться в верхней зоне ТБ, причем забор теплоносителя должен быть в верхней зоне ТБ и выше возвращаемой воды.

Здесь должно выполняться правило, когда движение потоков должно идти в одном направлении.

## Управления котлом и защита от конденсата.

Схема показывает организацию *естественной* или принудительной *циркуляции* теплоносителя с насосом (на байпасной линии). Котел имеет расширительный бак, устройство безопасности котла и устройство для заполнения системы.

*Циркуляцию теплоносителя лучше проектировать естественной, без насоса.*



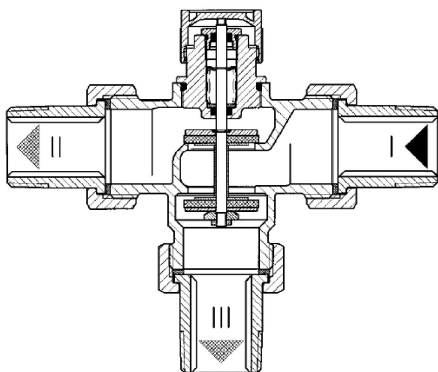
В котлах необходимо предусматривать защиту от конденсата. Устанавливать **автоматику регулирования температуры нагрева воды на выходе.**

Смысл её состоит в организации движения воды по малому кругу (прямая – обратная труба) до достижения температуры нагрева воды на выходе до значения 45-55 градусов оС, после чего вода направляется по большому кругу.

В противном случае происходит **выпадение на регистрах конденсата** и ухудшения работы котла (вода конденсата сливается в котел в большом количестве, «ведрами»).



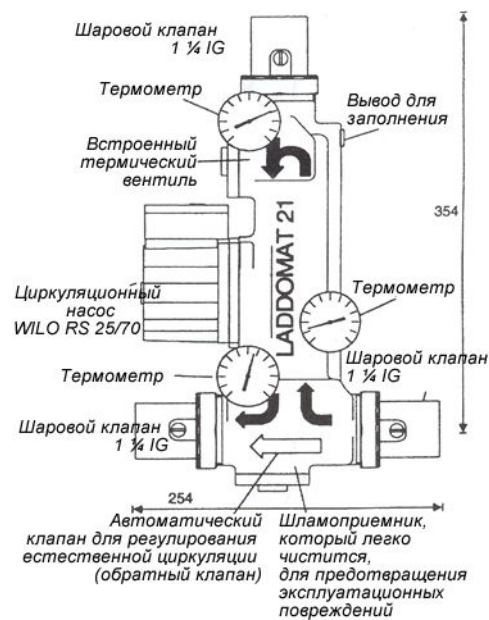
Для регулирования можно применить трехходовой распределительный вентиль фирмы Oventrop, который обеспечивает непрерывный или двухпозиционный режим с **терморегуляторами** или **сервоприводами**. Имеет два входа и один выход. Протекаемая среда распределяется в соответствии с положением тарелки вентиля.



Для непрерывного регулирования применяются терморегуляторы с **накладным** (или с **погружным**) **датчиком**. Эти пропорциональные регуляторы работают без дополнительной энергии и могут принимать промежуточные положения. При повышении температуры на чувствительном элементе открывается прямой проход и закрывается боковой.

Для стандартного двухпозиционного регулирования применяется **термоэлектрический сервопривод**. Рабочим элементом сервопривода является эластичный материал, нагреваемый электричеством.

Трехходовой распределительный вентиль необходимо перенастраивать на другое открывание, в случае применения в некоторых других решениях.

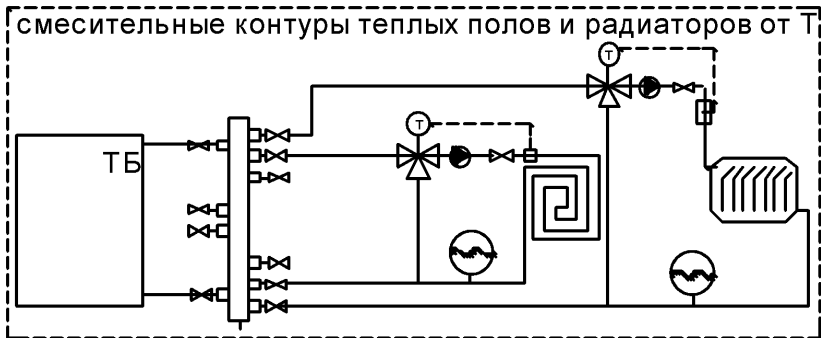


Имеются и другие решения «управления котлом и защиты от конденсата», например Laddomat 21. Он устанавливается на обратной трубе перед котлом и обеспечивает циркуляцию теплоносителя в нужном направлении. Он имеет свой циркуляционный насос, встроенный термический вентиль с терморегулятором, автоматический клапан для регулирования естественной циркуляции, шаровые клапаны.

### **Смесительные контуры для снижения температуры теплоносителя.**

Понижение температуры теплоносителя для низкотемпературного теплообменника, в том числе радиаторов рассчитанных на низкотемпературный теплоноситель, можно осуществить посредством устройства смесительного контура с управляемым трехходовым **распределительным вентилем описанном выше.**

Смесительная система состоит из независимого контура со своим насосом, трехходового распределительного вентиля с терморегулятором или сервоприводом, обратного клапана, датчика температуры расширительного бака.



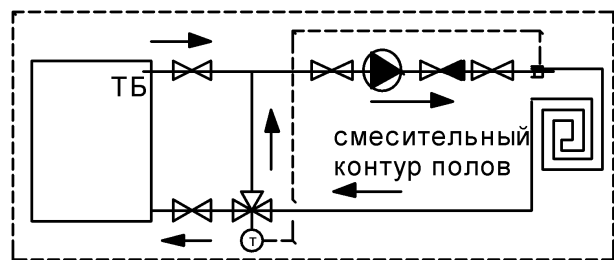
Смесительная система состоит из независимого контура со своим насосом, трехходового распределительного вентиля с терморегулятором или сервоприводом, обратного клапана, датчика температуры расширительного бака.

**Подключаться смесительные контуры должны к ТБ, а не к твердотопливному котлу.**

Принцип работы **смесительной системы** следующий. При повышении температуры теплоносителя сверх установленного значения на чувствительном элементе, у распределительного вентиля открывается боковой проход и закрывается прямой. Теплоноситель циркулирует (например, по контуру теплых полов) без подпитки горячим теплоносителем из ТБ. Если температура понижается ниже установленного значения, то боковой проход прикрывается, а прямой приоткрывается и теплоноситель циркулирует через ТБ. Имеются и другие решения «смесительной системы».

На радиаторах и распределительном коллекторе системы теплого пола могут быть установлены отдельные термостатические клапаны с термоголовками, функция которых заключается в изменении расхода теплоносителя через них, то есть регулирования температуры.

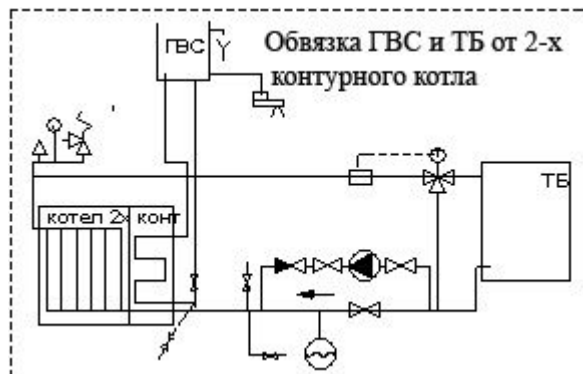
Температура поверхности теплого пола в жилых помещениях не должна превышать 28 оС. При этом по всей поверхности пола она должна быть равномерной. Эти ограничения, а также ограничения по температурным расширениям бетонной стяжки теплых полов и замоноличенных в них труб и предопределило максимальную температуру подачи теплоносителя в контур теплого пола. Считается, что температура в подающей трубе теплого пола не должна превышать 50 оС. Но, как правило, она не превышает 45 оС.



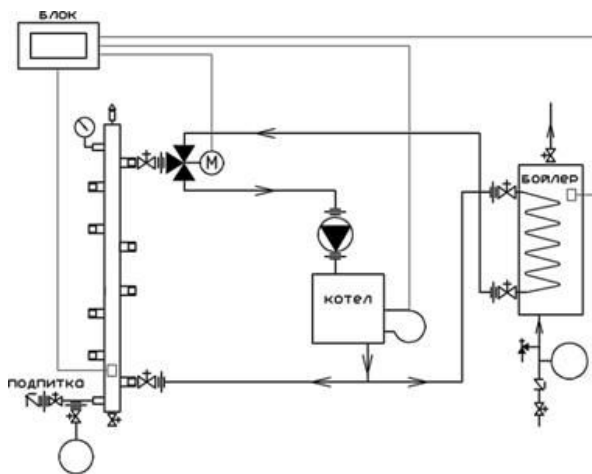
Если **система отопления состоит только из теплых полов**, то требуется снизить температуру подаваемого в теплые полы теплоносителя, при этом температура теплоносителя на выходе из котла должна

быть максимальной, то есть топиться он должен на полную мощность. Это возможно только в варианте устройства в системе отопления **ТБ**. В случае применения для обогрева **только низко температурных теплообменников, система должна содержать теплонакопительный бак (ТБ)**.

**С ТБ также нужно проектировать систему отопления, которая имеет теплообменники с различными температурными параметрами. Котел всегда работает на полную мощность и нагревает теплоноситель в баке. Из бака теплоноситель подается на отопление и теплые полы по своему независимому контуру со своим насосом, со своими параметрами.**



Систему ГВС можно проектировать от двухконтурного котла или предусматривать устройство смесительного контура бойлера горячего водоснабжения от котла параллельно контуру ТБ. Температура теплоносителя в нем должна быть не более 65 оС.



И.В. Кузнецов  
г.Екатеринбург  
тел. (343) 3077303  
e-mail: igor@stove.ru  
<http://stove.ru>

15/03/2010 © Igor Kuznetsov "Kuznetsov's stoves"