

О ПЕРЕВОДЕ В ВОДОГРЕЙНЫЙ РЕЖИМ ПАРОВОГО КОТЛА Е-1/9-2Г

Наведено один з можливих напрямків підвищення економічної ефективності обладнання котельні ДІПТУ.

Представлено одно из возможных направлений повышения экономической эффективности котельной ДИИТа.

The article presents one of possible directions of raising economic efficiency of the boiler-house in Dnipropetrovsk State Technical University of Railway Transport.

Актуальность ресурсосберегающих технологий становится наиболее ощутимой, когда решается техническая задача горячего водо- и теплоснабжения в условиях среднего и крупного по масштабу жилого массива [1]. Все возрастающие цены на этот вид коммунальных услуг ощущает и каждый отдельный потребитель. Общая проблема ресурсосбережения объединяет всех частных потребителей источников энергии и должна решаться применительно к техническому состоянию оборудования и условиям его эксплуатации каждым потребителем с наибольшей эффективностью.

Ниже представлено одно из возможных направлений повышения экономической эффективности эксплуатации оборудования котельной ДИИТа. Основное оборудование котельной ДИИТа включает шесть котлов, из них три водогрейных – два котла типа КВГ-6,5, один котел типа КВГ-4,0 и три паровых котлоагрегата типа Е-1/9-2Г.

Согласно первоначальному проекту котлоагрегаты Е-1/9-2Г предназначались для обеспечения насыщенным паром прачечной, бани и для деаэрации питательной воды в деаэрационной колонке. За последние годы тепловая схема котельной ДИИТа изменена (деаэратор демонтирован), а другие паропотребляющие объекты не функционируют. Таким образом, отсутствует потребность в котлоагрегатах Е-1/9-2Г, находящихся в технически исправном состоянии.

Водогрейные котлы типа КВГ являются основным оборудованием, которое обеспечивает тепловую нагрузку в летний и в отопительный период. В зависимости от тепловой нагрузки в отопительный период в работе находятся один или два котла (один в резерве). В летний период, когда основная нагрузка в виде отопления отключена, котлы КВГ обеспечивают работу системы горячего водоснабжения через скоро-

стной нагреватель воды и аккумулирования ее в теплоизолированных емкостях. После заполнения теплоизолированных емкостей котел «глушится». Цикл «запуска» котла, подогрева воды и заполнения теплоизолированных емкостей возобновляют по мере расходования запаса воды.

Таким образом, в летний период котлы КВГ высокой производительности эксплуатируются в режиме ниже номинального, с пониженным давлением газа на горелках. Этот режим обуславливает большие тепловые потери котла, снижение КПД и перерасход топлива. Работа энергоемких электроприводов вспомогательного оборудования приводит к перерасходу электрической энергии. Следует отметить, что штатный (летний) режим эксплуатации основного оборудования увеличивает его износ и обуславливает большие затраты на ремонт.

В сложившейся ситуации использование в летний период котлов меньшей производительности Е-1/9-2Г (рис. 1) и перевод их в водогрейный режим является наиболее целесообразным решением. Условия эксплуатации котлов Е-1/9-2Г могут быть приближены к условиям номинального теплового режима, а следовательно, к уменьшению расхода топлива и снижению затрат на нагрев воды для системы горячего водоснабжения.

Исключение из эксплуатации в летний период котлов КВГ позволит сохранить ресурс этого основного оборудования, предотвратить его «физическое старение», сохранив для эксплуатации в отопительный период. Вертикально-водотрубный двухбарабанный котел типа Е-1/9-2Г [2] имеет водяной объем котла 1,05 м³, полную поверхность нагрева около 30 м² и обеспечивает выработку насыщенного пара давлением до 0,9 МПа. Расчетный КПД котла при работе на газе не превышает 86 %, а температура уходящих газов 250 °С при температуре питательной воды 50 °С.

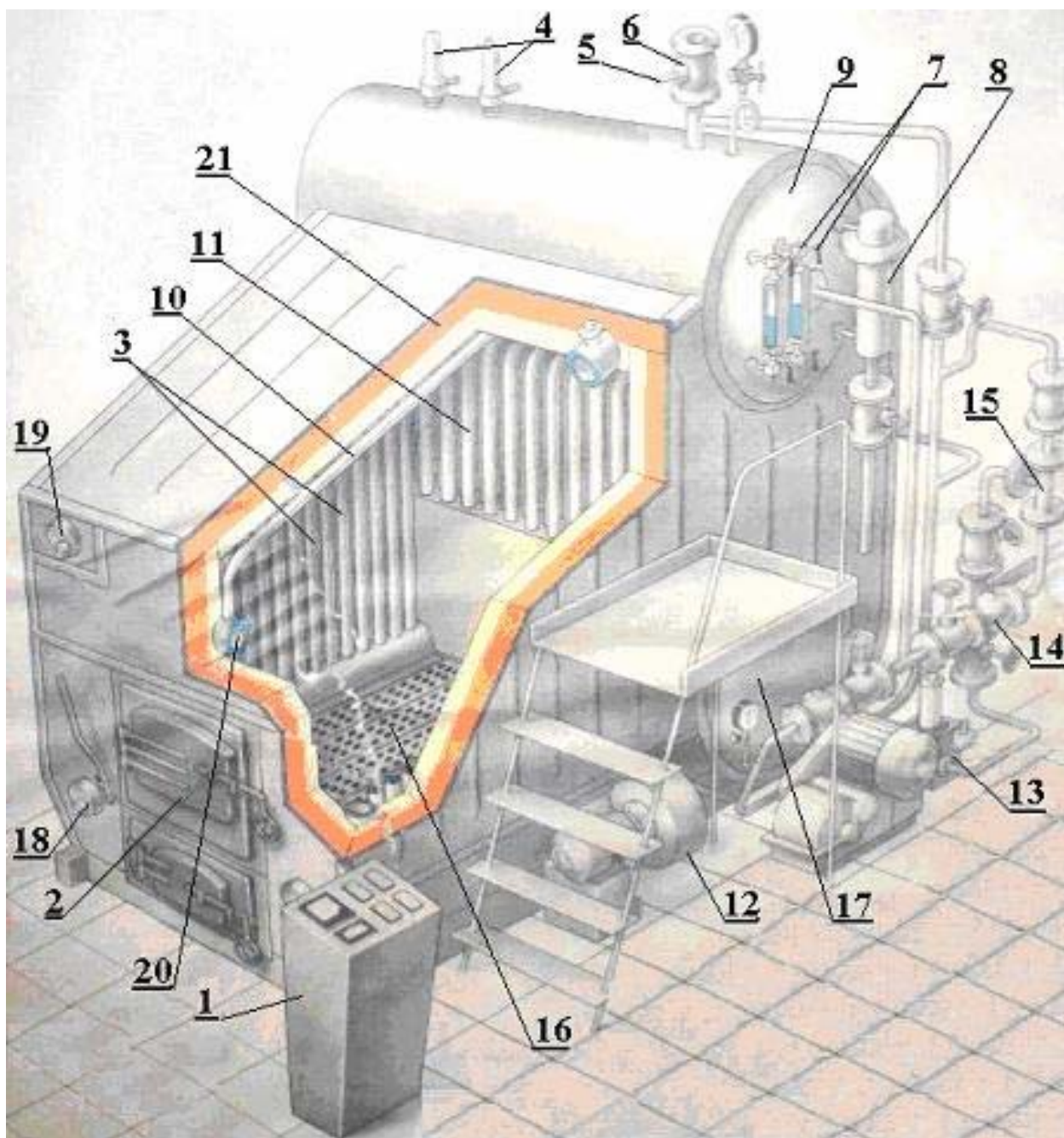


Рис. 1. Компонка котла Е-1/9-2Г:

- 1 – пульт управления; 2 – топочная дверка; 3 – боковой экран; 4 – предохранительный клапан;
 5 – к ручному приводу; 6 – вентиль отбора пара; 7 – водоуказательные приборы; 8 – уровне-мерная колонка;
 9 – верхний барабан; 10 – потолочно-фронтной экран; 11 – конвективный пучок; 12 – вентилятор;
 13 – питательный насос; 14 – обратный клапан; 15 – инжектор; 16 – колосниковая решетка;
 17 – нижний барабан; 18, 19 – нижний и верхний коллектор бокового экрана; 20 – коллектор потолочно-фронтного экрана; 21 – обмуровка

Верхний 9 и нижний 17 барабаны котла соединены между собой пучком труб $\text{Ø}51 \times 2,5$ мм, образующих конвективную поверхность нагрева 11. Боковые экраны 3 включены в циркуляционный контур через верхний 19 и нижний 18 коллектора, вваренные в барабаны. Коллектор 20 потолочно-фронтного экрана соединен с верхним барабаном.

Котел имеет обмуровку 21 из огнеупорного кирпича и вулканита. Под топки выложен диатомовым и огнеупорным кирпичом. Наружная декоративная обшивка котла выполнена из тонколистовой стали.

Котел снабжен индивидуальным вентилятором 12 типа Ц-13-50-2 и дымососом типа Д-3,5, который включают при розжиге. В отличие от

котла Е-1/9-2Г (см. рис. 1), работающего на твердом топливе, котел на газообразном топливе имеет фронтальную стенку топки с конической амбразурой из жаропрочного бетона, где устанавливается горелка.

Принципиальная схема подогрева питательной воды в паровом котле Е-1/9-2Г показана на рис. 2, а. Вода из бака питательной воды 15 насосом 12 по питательной линии 16 через экономайзер или при его отсутствии подается на распределительное устройство 13 верхнего барабана. Питательная вода при температуре ниже температуры кипения при давлении в верхнем барабане в связи с большей плотностью по опускным трубам конвективного пучка направляется в нижний барабан. Поскольку подъемные трубы конвективного пучка обогреваются горячими газами, то питательная вода, нагреваясь в них, поднимается в верхний барабан в виде пароводяной смеси.

В верхнем барабане происходит разделение пароводяной смеси на воду и пар. Далее пар поступает в пароперегреватель или при его отсутствии направляется к потребителю, а оставшаяся вода продолжает циркулировать в конвективном пучке. Отведенный из верхнего барабана пар замещается по питательной линии таким же количеством питательной воды.

Перевод котла Е-1-9/2Г в водогрейный режим осуществляется без изменений режима горения в топке котла. Тепловая мощность котла остается прежней, изменяется только режим нагрева и движения воды в экранных трубах и барабанах котла. Теплопроизводительность котла в водогрейном режиме регулируется изменением температуры питательной воды на выходе из котла. Питательной водой заполняется вся трубная система котла Е-1/9-2Г, включая нижний и верхний барабаны. Нагрев осуществляется дымовыми газами, теплоту которых воспринимает трубная система бокового, потолочно-фронтального экранов и конвективного пучка с содержащейся в ней питательной водой.

При переводе парового котла Е-1/9-2Г в водогрейный режим учитываются обычные условия нормальной работы водогрейного котла без кипения питательной воды на всех режимах в тепловых сетях в диапазоне ее расчетных температур 70 °С и не более 150 °С на входе и выходе из котла соответственно.

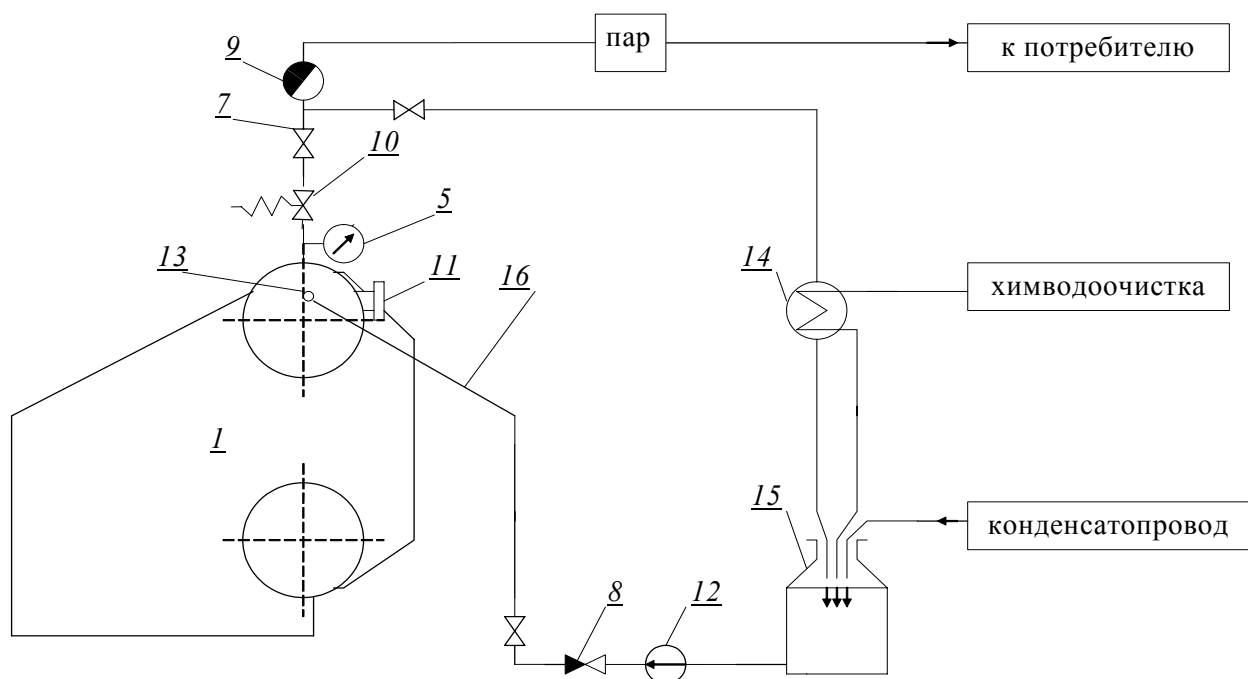
Особенностью работы котла в водогрейном режиме является обеспечение нагрева питательной воды без образования пара, даже в виде пузырьков на внутренней поверхности трубной системы, подверженной большим тепловым нагруз-

кам. Для предотвращения парообразования на выходе из котла поддерживается давление питательной воды не менее 0,6...0,7 МПа. Такая величина давления обеспечивает режим нагрева питательной воды без перегрева и пережога стенок труб трубной системы, отложения накипи и гидравлических ударов, сопровождающих образование пузырьков.

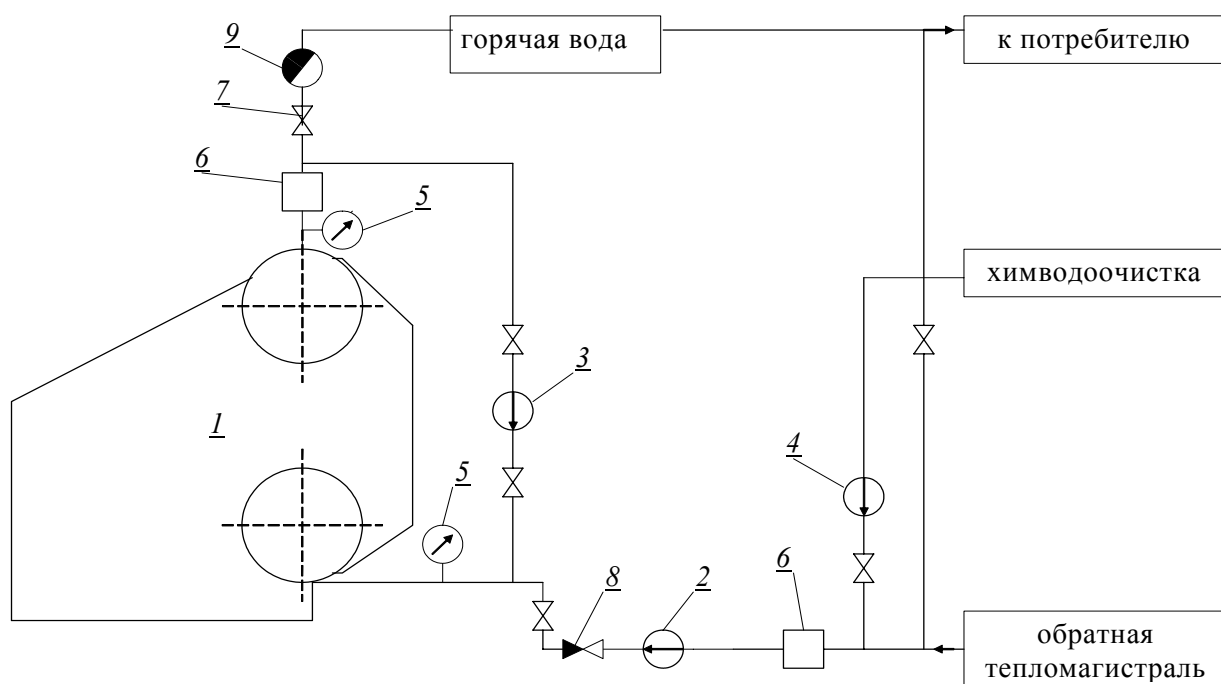
На рис. 2, б показана схема подключения котла Е-1/9-2Г, адаптированного на водогрейный режим, к системе теплоснабжения. Сетевой насос осуществляет забор питательной воды из обратной тепломагистрали, которая пополняется «свежей» водой, прошедшей химводоочистное устройство, по мере расхода питательной воды потребителем. В отличие от тепловой схемы парового котла Е-1/9-2Г (рис. 2, а) в водогрейном варианте котла (рис. 2, б) питательная вода поступает в нижний барабан через колено трубопровода 13 (рис. 3) и через раздаточный коллектор 14 в нижний коллектор бокового экрана 6. Подогретая в трубной системе питательная вода через патрубок отбора верхнего барабана направляется к потребителю.

На рис. 3 и 4 показаны основные узлы и детали необходимые для изменения конструкции парового котла при переводе его в водогрейный режим. На стенке нижнего барабана сваркой закреплено колено подводящего трубопровода питательной воды (ж), которое другим концом соединено с корпусом раздаточного коллектора (е). Корпус раздаточного коллектора выполнен из цилиндрической трубы с заглушенными торцами (рис. 4, е). Корпус имеет отверстия, через которые питательная вода поступает в нижний барабан, и два раздаточных трубопровода питательной воды, помещаемые в нижних коллекторах бокового экрана. Другими дополнительными элементами конструкции водогрейного котла являются дроссельные шайбы (д), установленные в стояках верхнего коллектора.

Из сравнения тепловых схем (см. рис. 2, а, б), следует, что демонтажу должны подлежать питательная линия 16 вместе с питательным насосом 12, линия подогревателя воды 14 и бак питательной воды 15. Из верхнего барабана убирается распределительное устройство питательной воды, демонтируется предохранительный клапан, водоуказательные приборы и уровнемерная колонка, а на их патрубки устанавливаются заглушки. Кроме того, патрубок отбора пара на верхнем барабане должен быть заменен новым патрубком с проходным сечением, соответствующим расходу горячей воды в водогрейном режиме котла.



a



б

Рис. 2. Тепловая схема котла Е-1/9-2Г в паровом (а) и в водогрейном режиме (б):
 1 – котел; 2 – насос сетевой, $Q = 14 \dots 45 \text{ м}^3/\text{ч}$; 3 – насос рециркуляционный, $Q = 8 \dots 10 \text{ м}^3/\text{ч}$; 4 – насос подпиточный;
 5 – манометр; 6 – датчик-реле температуры электронный Т 419-06; 7 – главный запорный вентиль;
 8 – обратный клапан; 9 – расходная шайба; 10 – предохранительный клапан; 11 – водомерное стекло; 12 – питательный насос; 13 – распределительное устройство; 14 – подогреватель; 15 – бак питательной воды; 16 – питательная линия

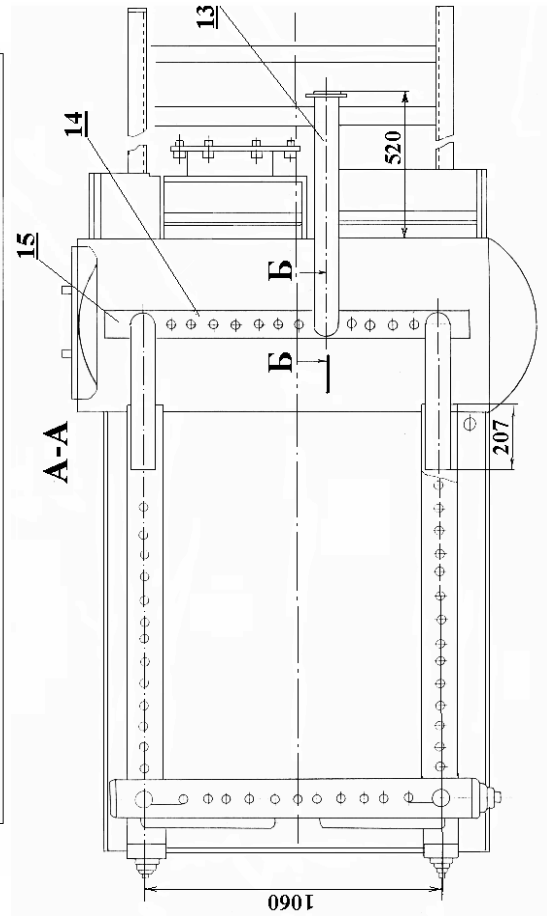
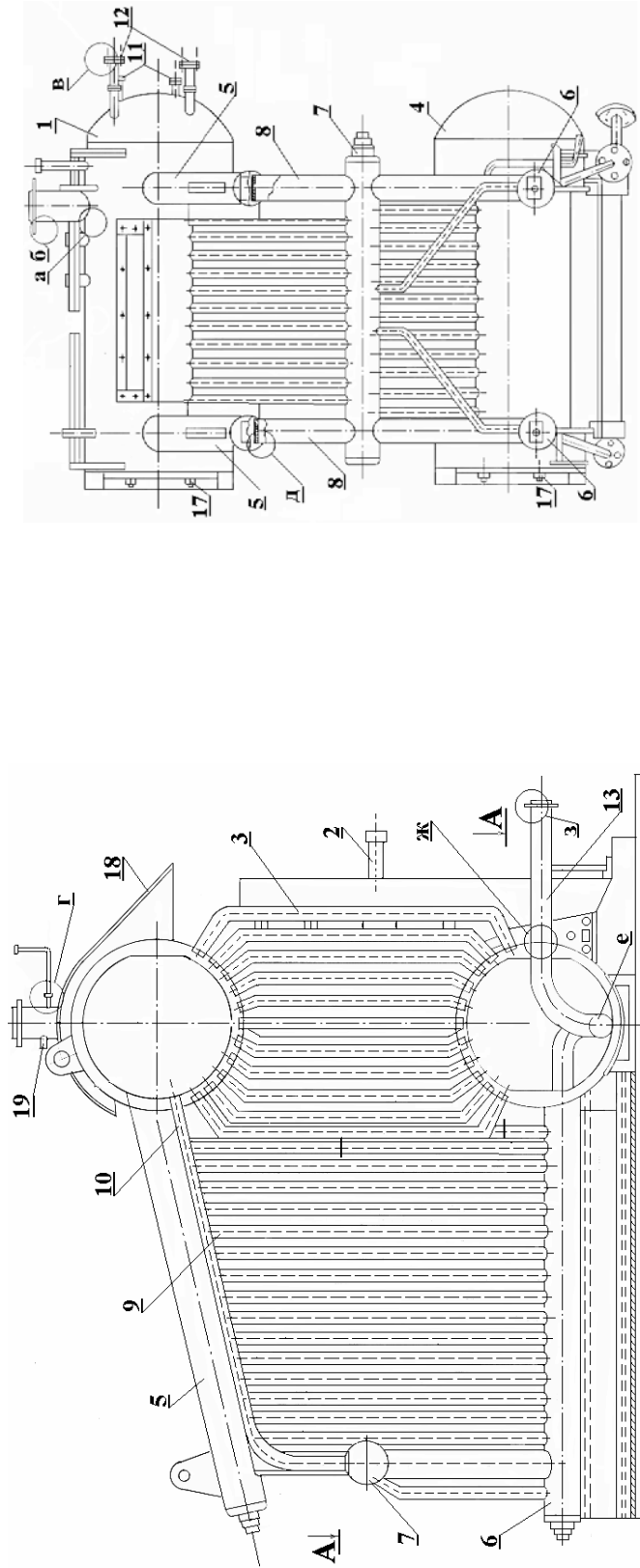


Рис. 3. Трубная система парового котла Е-1/9-2Г при работе в водогрейном режиме:

1 – верхний барабан; 2 – устройство обдувки поверхностей нагрева; 3 – конвективный пучок; 4 – нижний барабан; 5 – верхний коллектор бокового экрана; 6 – нижний коллектор бокового экрана; 7 – коллектор потолочно-фронтного экрана; 8 – стойка верхнего коллектора; 9 – боковой экран; 10 – потолочно-фронтной экран; 11 – патрубки равномерной колонки; 12 – патрубки водоуказательных приборов; 13 – коллено трубопровода питательной воды; 14 – раздаточный коллектор; 15 – люки верхнего и нижнего барабанов; 18 – обшивка верхнего барабана; 19 – защитная пилза термометра; а – крепление патрубков отбора на верхнем барабане; б – фланец патрубка отбора; в – заглушка патрубков водоуказательных приборов и равномерной колонки; г – штуцер манометра; д – шайба стойка верхнего коллектора; е – раздаточный коллектор нижнего барабана; ж – крепление колена трубопровода питательной воды к нижнему барабану; з – фланец колена трубопровода питательной воды

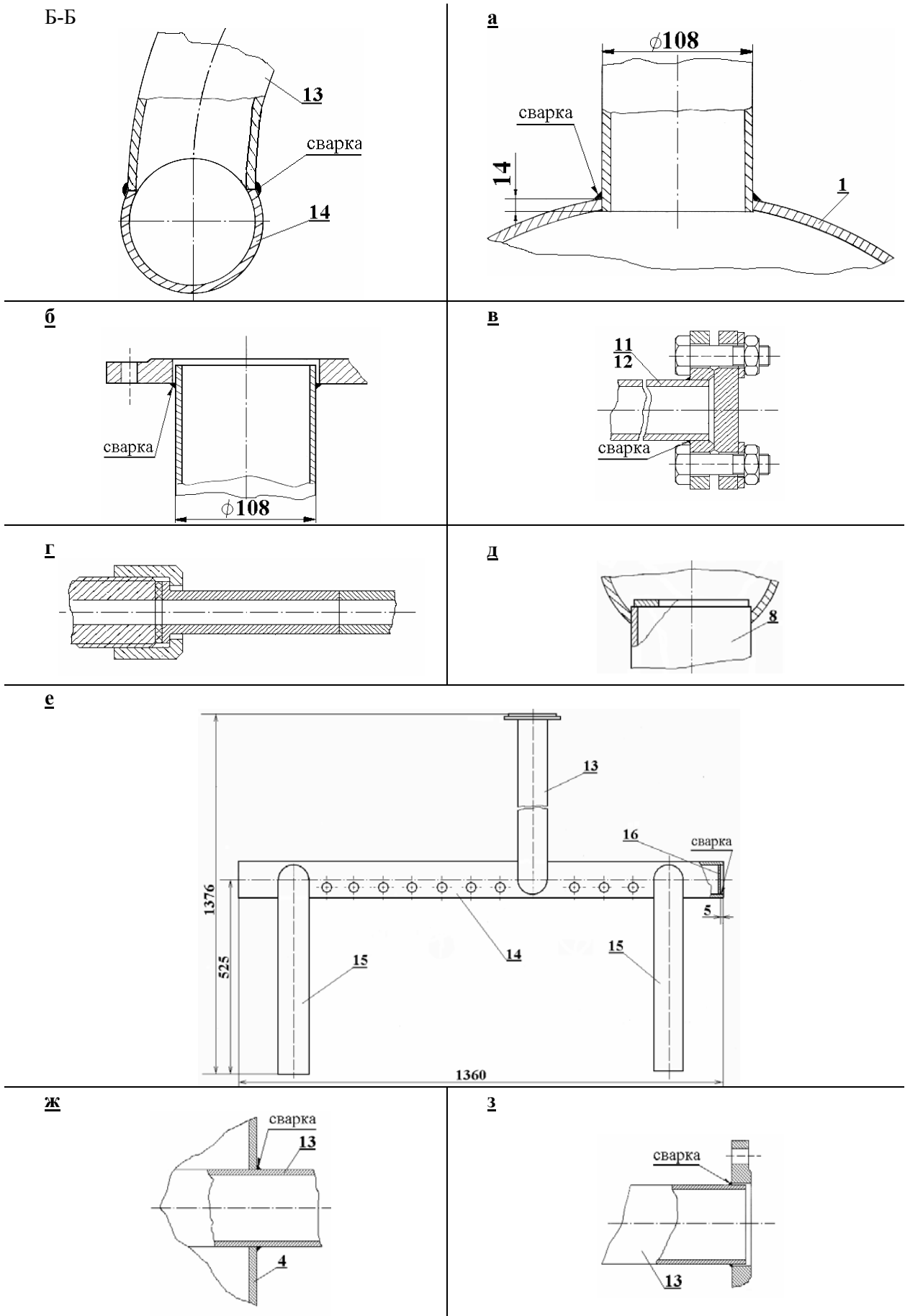


Рис. 4. Фрагменты дополнительных узлов при переводе котла Е-1/9-2Г в водогрейный режим

Для определения основных проектных параметров парового котла в водогрейном режиме и установления геометрических размеров введенных конструктивных изменений выполнен тепловой [3] и гидравлический расчеты [4].

Основные результаты теплового и гидравлического расчетов сведены в табл. 1, 2 соответственно.

Таким образом, согласно результатам табл. 1, 2 за основные проектные параметры работы котла Е-1-9/2Г в водогрейном режиме принимаются их значения, помещенные в табл. 3.

Таблица 1

Основные результаты теплового расчета котла

Основные тепловые величины	
Номинальная теплопроизводительность котла, ГДж/кг	2,68
Температура уходящих газов, °С	140
Суммарные тепловые потери, в том числе, (%):	9,2
потеря теплоты с уходящими газами	6,0
потеря теплоты в окружающую среду	3,2
Коэффициент сохранения теплоты	0,97
Расход топлива, м ³ /ч	84,3
Коэффициент избытка воздуха	1,15
Теоретическое количество воздуха (м ³) для сгорания 1 м ³ газа	9,49
Теоретический объем продуктов сгорания, м ³ /м ³	10,68
Коэффициент полезного действия, %	90,8

Таблица 2

Основные результаты гидравлического расчета котла

Элементы конструкции котла	Диаметр, мм	Скорость средняя, м/с	Коэффициент сопротивления	Расход воды, 10 ³ м ³ /с	Количество элементов	Суммарные потери давления на элементе конструкции котла, кгс/м ²
Питательная труба перед нижним барабаном (длиной 4000 мм)	94	0,580	0,340	4,02	1	58,50
Питательная труба в нижнем барабане до раздаточного коллектора (с радиусом колена 500 мм с поворотом 90°)	94	0,580	0,359	4,02	1	60,15
Тройник раздаточного коллектора	94	0,580	1,200	4,02	1	201,3
Раздаточный коллектор с отверстиями Ø18 мм, 10 штук	102	0,279	0,180	1,94	1	10,85
Питательная труба за раздаточным коллектором	94	0,193	1,800	1,34	2	67,00
Нижний коллектор (длиной 1720 мм)	135	0,093	3,500	1,34	2	81,04
Дроссельная шайба, (Ø100/Ø10 мм)	10	6,800	1,246	0,54	2	4654
Коллектор потолочно-фронтального экрана (длиной 1270 мм)	147	0,078	3,500	1,07	1	14,11
Нижний барабан	605	0,005	1,750	1,34	1	0,189
Верхний барабан	605	0,014	1,750	4,02	1	12,15
Боковой экран (17 труб, длиной 1327 мм)	43	0,050	3,797	1,34	2	18,80

Основные параметры работы водогрейного котла Е 1-9/2Г

Наименование параметров	Величина
Номинальная теплопроизводительность, ГДж/ч	2,68
Максимальное рабочее давление, не более; МПа	
на входе в котел	0,80
на выходе из котла	0,75
Минимальное рабочее давление на выходе из котла, МПа	
при подогреве воды 70...115 °С	0,30
при подогреве воды 70...90 °С	0,20
Номинальный расход воды, м ³ /час	
при подогреве воды 70...115 °С	14,50
при подогреве воды 70...90 °С	26,00
Температура воды на выходе из котла не более, °С	115,00
Температура воды на входе в котел, °С	70,00
Расход топлива, м ³ /час	84,30
Коэффициент полезного действия, %	90,80
Гидравлическое сопротивление котла, МПа	0,05

Для основных размеров введенных конструктивных изменений получено, что:

- дроссельные шайбы стояка верхних коллекторов должны быть диаметром 100/10 мм;
- новый патрубок на верхнем барабане выполняется диаметром 108 мм и с бобышкой для датчика-реле температуры;
- на корпусе раздаточного коллектора диаметром 102 мм десять отверстий раздачи должны иметь диаметр 18 мм.

Для обеспечения расчетного объема циркуляции воды через котел необходимо установить сетевой насос типа УМ 50-32-125, рециркуляционный насос типа КМ –8/18 и подпиточный насос типа ВК –2/26 [5; 6].

Установлено, что котел Е-1-9/2Г в водогрейном режиме может достигать КПД 90,8 %, тогда как котел КВГ-6,5 при эксплуатации в летний период в не нормальном режиме значительно ниже. Внедрение указанной работы по предварительным оценкам позволит обеспечить ежегодный экономический эффект в размере ~ 40 тыс. грн.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мезенцев А. П. Основы расчета мероприятий по экономии тепловой энергии и топлива. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 120 с.
2. Симон А. Э. Транспортная теплотехника / А. Э. Симон, И. Д. Михайлов, В. Д. Сахаревич, В. И. Переплет. – М.: Транспорт, 1988. – 319 с.
3. Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод) / Под ред. Н. В. Кузнецова. – М.: Энергия, 1973. – 276 с.
4. Аэродинамический расчет котельных установок (Нормативный метод) / Под ред. С. И. Мочана. – М.: Энергия, 1977. – 256 с.
5. Герасименко И. Е. Справочник инженера по пуску, наладке и эксплуатации котельных установок / И. Е. Герасименко, А. И. Герасименко, В. И. Герасименко. – К.: Техніка, 1986. – 335 с.
6. Кулаков Н. Г. Справочник по эксплуатации систем теплоснабжения / Н. Г. Кулаков, И. А. Беретков – К.: Будівельник, 1977. – 352 с.

Поступила в редколлегию 28.07.2005.