



Юго-Западный государственный университет
Кафедра «Теплогазоводоснабжение»

Тема выпускной квалификационной работы по
программе магистратуры (дипломная работа)

**Повышение эффективности источников
производства теплоты
в системах автономного теплоснабжения**

Автор работы: Семеринов Владимир Геннадьевич,
группа ТЕ-51м

Повышение эффективности источников производства теплоты в системах автономного теплоснабжения



Актуальность работы. Согласно Федеральному Закону №261 «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» от 23 ноября 2009 года, направленного на создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности активное развитие получили программы повышения энергоэффективности зданий и сооружений. В настоящее время большое внимание уделяется вопросам энергосбережения во всех областях топливно-энергетического комплекса, связанного с выработкой, передачей и потреблением тепловой энергии, в том числе и в вопросах снижения энергоемкости процессов производства тепловой энергии. Таким образом, является актуальным решение вопросов очистки дымовых газов автономных крышных котельных и одновременного использования их теплоты в системах утилизации.

Поскольку утилизация тепловой энергии дымовых газов во многих случаях затруднена в связи с тем, что они содержат коррозионно-активные примеси, при непосредственном контакте с которыми теплообменные поверхности подвергаются низкотемпературной коррозии, то актуальной проблемой является необходимость повышения эффективности утилизации сбросной теплоты.

Цель работы – формирование предложений по повышению экологической и энергетической эффективности крышных котельных.

Задачи исследования: Разработка рекомендаций по внедрению инновационных технологий в процесс получения тепловой энергии на крышных автономных котельных;

Повышение эффективности источников производства теплоты в системах автономного теплоснабжения

Анализ экологичности и эффективности автономных систем на примере крышных котельных

Около 50 % объектов коммунального теплоснабжения и инженерных сетей требуют замены, не менее 15 % находятся в аварийном состоянии.

На каждые 100 км тепловых сетей ежегодно регистрируется в среднем 70 повреждений. Потери в тепловых сетях достигают 30 %, а с утечками теплоносителя ежегодно теряется более 0,25 км³ воды, 82 % общей протяженности тепловых сетей требуют капитального ремонта или полной замены.

Причин такого состояния теплоснабжения много. Это дефицит финансов, износ оборудования и тепловых сетей, слабое управление и нерешённые вопросы разграничения зон полномочий и ответственности в коммунальной энергетике, отсутствие перспективных схем развития систем теплоснабжения и т.п.

Автономные котельные - это современнейшие высокотехнологичные установки, обслуживание которых производится без привлечения персонала. Система автоматизации котельных обеспечивает автоматизированный розжиг и регулирование теплопроизводительности котлов, аварийное отключение газа и горелок.

Котельные по размещению подразделяются на:

- отдельно стоящие;
- пристроенные к зданиям другого назначения;
- встроенные в здания другого назначения независимо от этажа размещения;
- крышные.

Крышная котельная - котельная, располагаемая (размещаемая) на покрытии здания непосредственно или на специально устроенном основании над покрытием.

Внедрение автономных систем теплоснабжения в России началось в 80-х годах, а с 2000 года - наряду с реконструкцией централизованного теплоснабжения - активизировалось строительство автономных систем тепло и электроснабжения, востребованность которых объясняется рядом бесспорных преимуществ:

- полная автоматизация, исключая необходимость постоянного и присутствия обслуживающего персонала;
- высокая экономичность современных котлов, коэффициент полезного действия которых достигает 92-94%;
- минимальные выбросы вредных веществ в атмосферу;
- повышенная комфортность, заключающаяся в постоянстве температур в отапливаемых помещениях вне зависимости от погодных условий;
- независимость от центральных источников теплообеспечения, 50% тепловых сетей которых выработали свой ресурс,

Повышение эффективности источников производства теплоты в системах автономного теплоснабжения

Анализ экологичности и эффективности автономных систем на примере крышных котельных



Кроме того, благодаря исследованиям отечественных специалистов в сфере охраны окружающего воздуха, известно, что при сжигании газообразного топлива выбросы загрязняющих веществ, а, в частности, оксидов азота, с уходящими газами котлов малой мощности существенно меньше, чем с уходящими газами котлов большой мощности, используемых в крупных котельных и на ТЭС.

То есть постепенный переход от централизованных систем теплоснабжения с тепловым источником в отопительной котельной средней или большой мощности к автономным системам обеспечит снижение тепловых потерь не менее, чем на $\Delta Q_{тс} + \Delta Q_{р} = 35\%$ при повышении экологической безопасности таких систем.

Дополнительным резервом повышения эффективности систем теплоснабжения является снижение тепловых потерь непосредственно в теплогенерирующей установке.

Коэффициент полезного действия современных водогрейных котлов, устанавливаемых в автономных котельных, чаще всего незначительно отличается от указанного выше КПД котлов средней и большой мощности. Основной статьей тепловых потерь в теплогенерирующей установке являются потери с уходящими газами. Они обусловлены высокими температурами (110–150 °С и выше) продуктов горения на выходе из котла. Такие величины температур уходящих газов поддерживаются из-за низкой интенсивности теплообмена в хвостовых поверхностях нагрева котла, обусловленной малым значением движущей силы теплообменных процессов разности температур греющего и нагреваемого теплоносителей.

То есть для обеспечения глубокого охлаждения продуктов горения необходимы очень развитые поверхности

Повышение эффективности источников производства теплоты в системах автономного теплоснабжения

**Анализ экологичности и эффективности автономных систем
на примере крышных котельных**



Проблема снижения выбросов оксидов азота с дымовыми газами теплоэнергетических установок определяет большое количество способов и подходов к ее решению. Широкое распространение получили режимно-технологические (первичные природоохранные) мероприятия по снижению концентрации оксидов азота в дымовых газах. Но в больших городах и промышленных центрах с высокими фоновыми загрязнениями, первичные мероприятия несмотря на результативность получения низких концентраций NO_x в дымовых газах ($80\text{--}120 \text{ мг/м}^3$) с учетом ограничений высоты дымовых труб по архитектурным и другим требованиям, в ряде случаев не исключают превышения ПДК оксидов азота в воздушной атмосфере на уровне дыхания человека. Поэтому для обеспечения чистоты воздушного бассейна, требуются дополнительные (вторичные) природоохранные мероприятия с более глубоким снижением концентраций оксидов азота в дымовых газах.

Повышение эффективности источников производства теплоты в системах автономного теплоснабжения

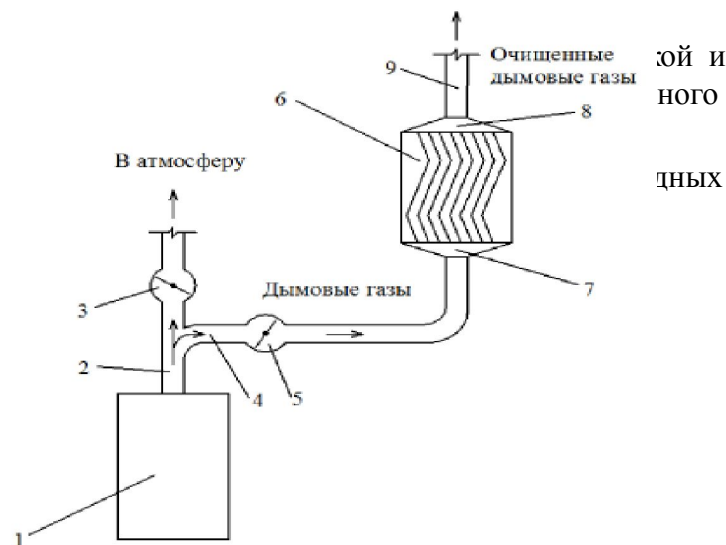
Инновационный подход к очистке дымовых газов крышных котельных

На кафедре теплогазоснабжения Юго-Западного государственного университета ведется научная работа по разработке устройства адсорберов периодического действия для очистки дымовых газов в котельных установках от NO_x , CO и CO_2 , в которых в качестве адсорбента используется доменный гранулированный шлак, относящийся к категории дешевых материалов. Так, например, экспериментальные исследования, проведенные на лабораторной установке (рисунок 1) показали, что уровень очистки дымовых газов от оксида углерода прямо пропорционален температуре дымовых газов и при повышении температуры от 110 до 200 °С повышается уровень очистки с 6,3 до 30 %

Использование предлагаемого устройства для очистки дымовых газов позволит снизить содержание в них вредных компонентов и поспособствует повышению экологичности и эффективности

В развитие данного способа очистки дымовых газов от вредных экологической эффективности крышных газовых котельных, Юго-Западного государственного университета была разработана инновационная конструкция

Использование предлагаемого устройства для очистки дымовых газов от вредных компонентов и поспособствует повышению экологичности и эффективности



В развитие данного способа очистки дымовых газов от вредных примесей и с целью повышения энергетической и

Повышение эффективности источников производства теплоты в системах автономного теплоснабжения

Инновационный подход к очистке дымовых газов крышных котельных

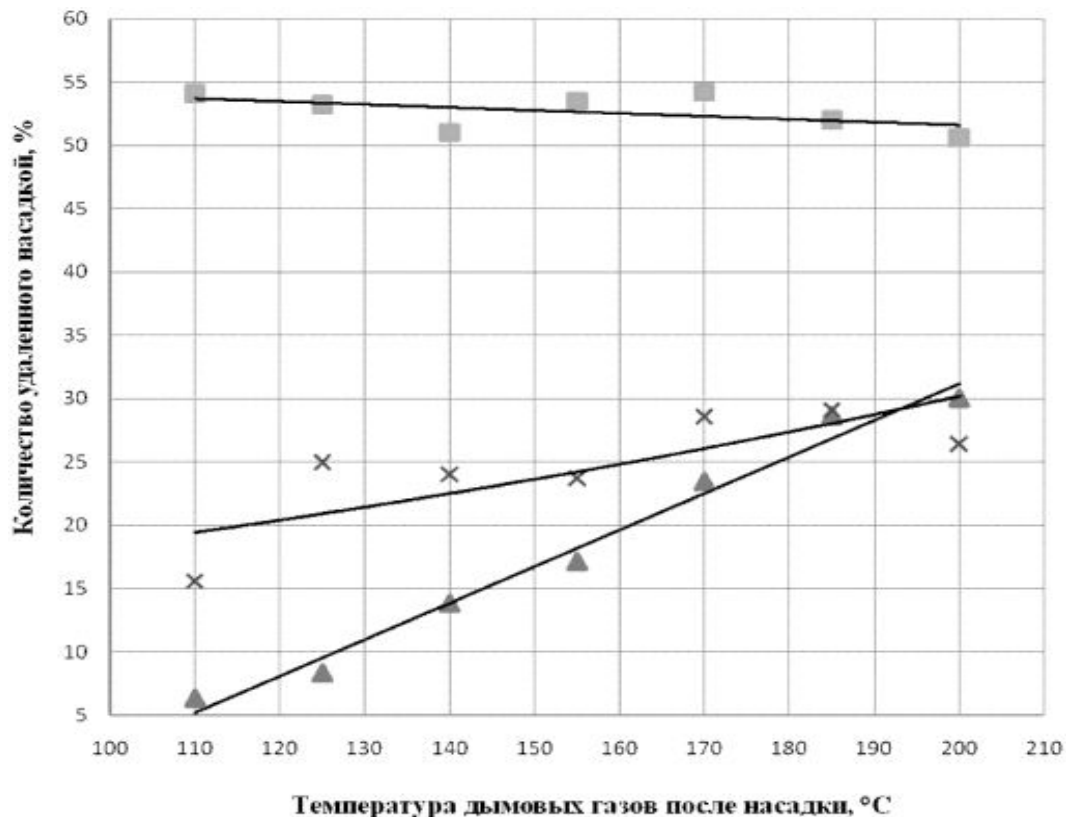


Рисунок 2 – График зависимости очистки дымовых газов от CO, CO₂, NO_x при разных температурах дымовых газов на входе и выходе: ▲ – очистка дымовых газов от CO; X – очистка дымовых газов от CO₂; ■ – очистка дымовых газов от NO_x

Повышение эффективности источников производства теплоты в системах автономного теплоснабжения

Инновационный подход к очистке дымовых газов крышных котельных

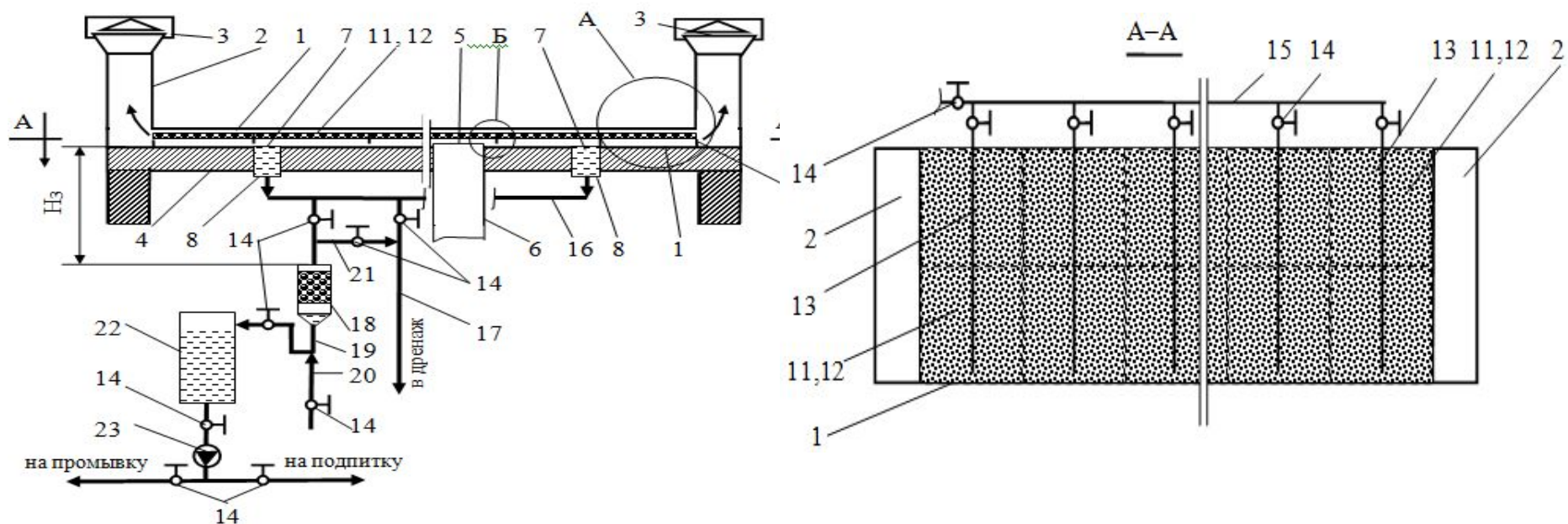


Рисунок 3 - Принципиальная схема устройства для очистки и утилизации дымовых газов крышной котельной: 1- короб; 2- дымовые трубы; 3- дефлекторы; 4- верхнее перекрытие; 5- отверстие; 6- дымовая труба теплогенератора; 7- отверстия; 8- стаканы; 9- опорные планки; 10- вертикальная перфорированная перегородка; 11- перфорированные корзины; 12-гранулированный доменный шлак; 13- патрубки; 14- запорная арматура; 15- коллектор промывочной воды (очищенного конденсата); 16- коллектор кислого конденсата; 17- дренажный коллектор; 18- адсорбер; 19- гидрозатвор; 20- трубопровод промывочной воды; 21- дренажный трубопровод; 22- накопительный бак; 23- конденсатный насос.

Повышение эффективности источников производства теплоты

В системах автономного теплоснабжения Инновационный подход к очистке дымовых газов крышных котельных.

Принцип действия устройства для очистки и утилизации дымовых газов крышной котельной

Предлагаемое устройство работает следующим образом. Дымовые газы теплогенератора котельной по дымовой трубе 6 поступают в короб 1, который снизу через свое днище соприкасается с верхним перекрытием 4 помещения котельной, а сверху через крышу короба 1 омывается наружным воздухом. В коробе 1 дымовые газы равномерно распределяются в его полости, скорость их резко уменьшается и они поднимаются к перфорированным корзинам 11, двигаясь, в основном, вертикально. Далее дымовые газы проникают через отверстия в днищах перфорированных корзин 11, заполненных гранулами 12 шлаковой пемзы диаметром от 5 до 10 мм, изготовленной из основных металлургических шлаков (диаметр гранул 12 назначен из условий максимального заполнения корзин 11 и стандартной номенклатуры размеров гранул шлаковой пемзы). При этом в процессе работы количество дымовых газов, проходящих через отверстия в перфорированных перегородках 10 незначительно, так как перфорация перегородок 10 выполняется такой, чтобы их сопротивление было значительно большим, чем у слоя гранул пемзы 12 в корзинах 11. Шлаковая пемза, изготовленная из основных металлургических шлаков, представляет собой материал с высокопористой механически прочной структурой, состоящий из оксида кальция, оксида кремния, оксида алюминия и частично из оксида магния (CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , MnO) с модулем основности $M > 1$. Высокое значение модуля основности придает гранулам 12 основные свойства, позволяя сорбировать на их поверхности вещества, обладающие кислыми свойствами, к которым относятся и вредные примеси, присутствующие в дымовых газах (NO_x , SO_x , CO , CO_2), а высокая пористость их структуры создает высокую удельную поверхность, что, в конечном итоге, позволяет использовать гранулы 12 шлаковой пемзы в качестве эффективного адсорбента для вредных примесей дымовых газов при различных температурах. Кроме того, исходя из своего состава, гранулы 12 шлаковой пемзы устойчивы к коррозионному воздействию кислых компонентов дымовых газов, широко доступны и относительно дешевы. Поток дымовых газов, проходя через слой гранул пемзы 12, попадая на их поверхность и вовнутрь их, очищается от вредных примесей (NO_x , SO_x , CO , CO_2), которые сорбируются на поверхности и внутри гранул 12. Адсорбированные из дымовых газов оксиды азота и серы в порах гранул 12 обладают повышенной реакционной способностью, обусловленной их взаимодействием с поверхностью адсорбента–гранул 12 шлаковой пемзы, поэтому окисляются кислородом (кислород присутствует в дымовых газах в результате избытка воздуха, подаваемого на сжигание топлива) со скоростью большей, чем в газовой фазе с образованием легко растворимых в воде NO_2 и SO_3 . Полученные оксиды азота и серы, в свою очередь, взаимодействуют с частицами воды образующейся в порах гранул 12 в результате капиллярной конденсации паров воды и конденсата, стекающего с крыши короба 1 (этот конденсат образуется в результате конденсации паров воды, находящихся в дымовых газах на внутренней поверхности крыши короба 1 с образованием соответствующих кислот HNO_3 и H_2SO_4).

Повышение эффективности источников производства теплоты в системах автономного теплоснабжения

Инновационный подход к очистке дымовых газов крышных котельных.

Принцип действия устройства для очистки и утилизации дымовых газов крышной котельной

Кроме того, на поверхности и в порах гранул 12 оседают, находящиеся в дымовых газах мелкодисперсные частицы (сажа и пр.), после чего очищенные дымовые газы из верхней зоны короба 1 поступают в дымовые трубы 2, снабженные дефлекторами 3, откуда выбрасываются в атмосферу. Дополнительное сопротивление, обусловленное наличием слоя гранул шлаковой пемзы и короба 1 дымовой трубой 6 и дымовыми трубами 2, компенсируется за счет конденсации значительной части водяных паров в коробе 1 на внутренней поверхности его крыши и в порах гранул 12, что значительно уменьшает объем дымовых газов, их незначительной скорости движения в коробе 1, а также дополнительной тяги, которую создает дефлектор, что, в конечном счете, увеличивает суммарную тягу во всех газоходах (дымовой трубе 6, коробе 1 и дымовых трубах 2). В результате теплообмена, одновременно с охлаждением и очисткой дымовых газов в коробе 1 и конденсацией водяных паров в них, за счет отводимого от них тепла, происходит подогрев верхнего перекрытия 2 котельной, а образовавшийся кислый конденсат, стекает вниз через слой гранул 12 и далее по наклонному днищу с уклоном I в стаканы 6, (величина угла уклона I должна быть больше или равна углу естественного откоса воды). При этом, двигаясь по днищу короба 1, кислый конденсат не затекает в канал дымовой трубы 6, так ее кромка выше поверхности днища короба 1 на величину δ , значение которой выбирается из условия гарантированного предотвращения попадания конденсата в дымовую трубу 6. Кислый конденсат, полученный в результате конденсации водяных паров, обогащенный вредными компонентами дымовых газов, из стаканов 8 под напором H_3 через коллектор кислого конденсата 16 направляется в адсорбер 18, заполненный гранулированным металлургическим шлаком 12, где за счет его основных свойств очищается от кислых компонентов и поступает через гидрозатвор 19 в накопительный бак 22. Из бака 22 очищенный конденсат насосом 23 может подаваться или на подпитку в теплогенератор или на промывку гранул шлака 12.

Повышение эффективности источников производства теплоты в системах автономного теплоснабжения

Инновационный подход к очистке дымовых газов крышных котельных

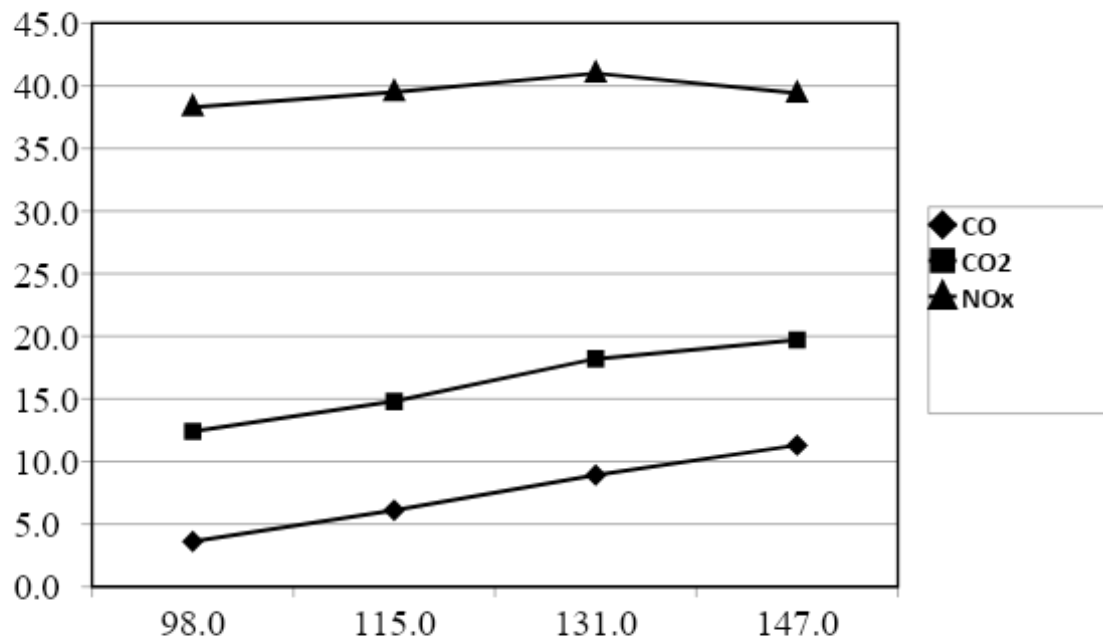


Рисунок 4 – Очистка дымовых газов от CO, CO₂, NO_x при разных температурах дымовых газов на входе и выходе: ▲ – очистка дымовых газов от NO_x; ◆ - очистка дымовых газов от CO; ■ – очистка дымовых газов от CO₂

Повышение эффективности источников производства теплоты в системах автономного теплоснабжения

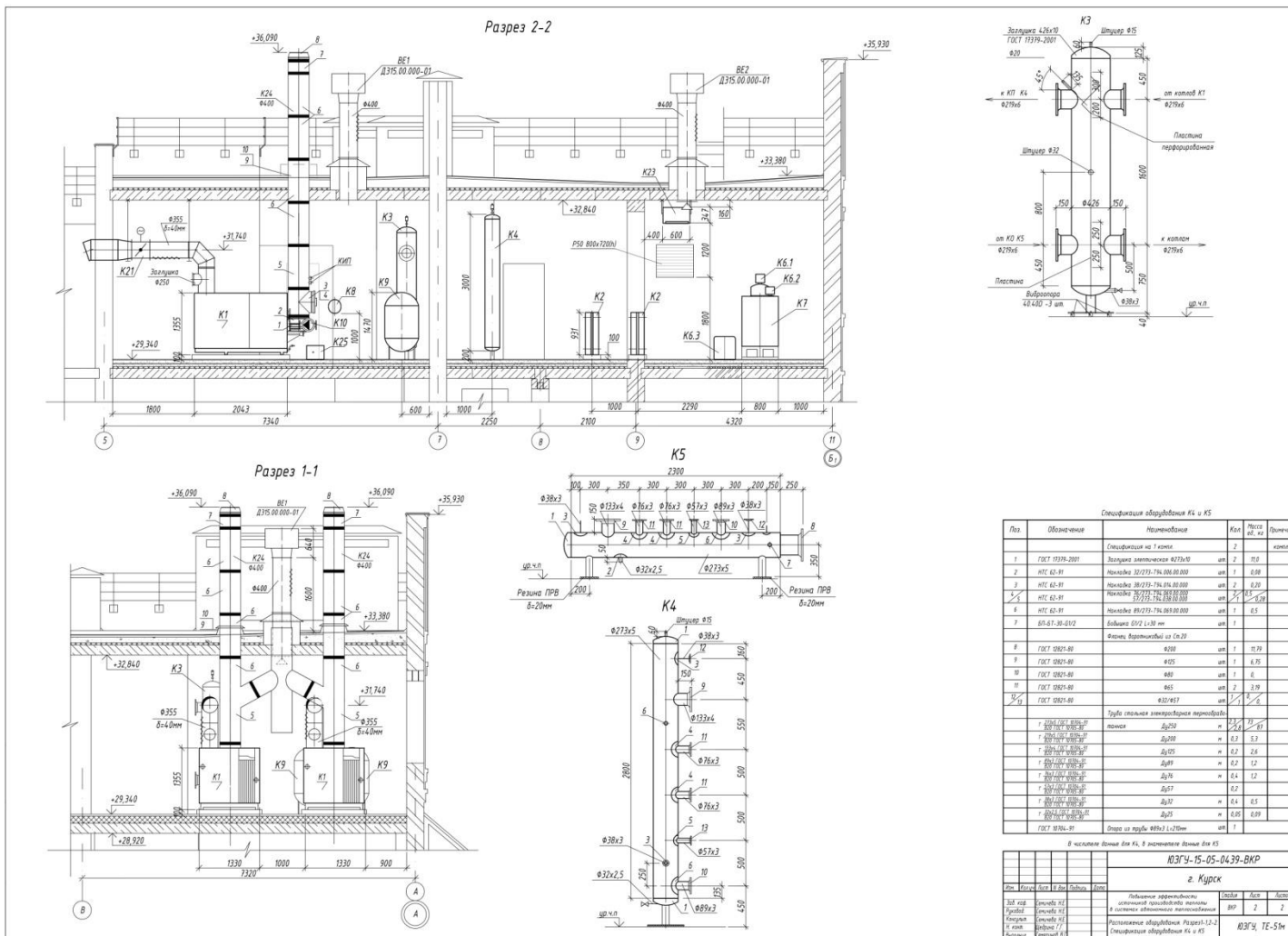
Инновационный подход к очистке дымовых газов крышных котельных

Таблица 1 – Очистки дымовых газов от NO_x , CO , CO_2 при различной температуре дымовых газов

№ п/п	Измеряемая величина	Единица измерения	Нагрузка 1	Нагрузка 2	Нагрузка 3	Нагрузка 4
1	Температура до короба, T_1	$^{\circ}\text{C}$	98	115	131	147
2	Температура после короба, T_2	$^{\circ}\text{C}$	77	87	98	118
3	Поглощенное гранулами доменного шлага CO	%	3,6	6,1	8,9	11,3
4	Поглощенное гранулами доменного шлага CO_2	%	12,4	14,8	18,2	19,7
5	Поглощенное гранулами доменного шлага NO_x	%	38,3	39,5	41,0	39,4

Повышение эффективности источников производства теплоты в системах автономного теплоснабжения

Инновационный подход к очистке дымовых газов крышных котельных



Повышение эффективности источников производства теплоты в системах автономного теплоснабжения

Инновационный подход к очистке дымовых газов крышных котельных

Выводы: Полученные данные показывают, что применение предложенного технического решения на крышных котельных позволит снизить содержание вредных примесей в дымовых газах в зависимости от расхода природного газа, в среднем на: NO_x - 39%, CO - 3-11%, CO_2 - 12-19%, тем самым повышая эффективность и экологичность источника производства теплоты.