

УДК 697.32; 66.074.1.022.63

**А. В. ШУШЛЯКОВ**, д-р техн. наук, проф., **Н. И. ПРОСКУРНЯ\***, канд. экон. наук, доц.,  
**Д. А. ШУШЛЯКОВ\*\***, канд. техн. наук, доц., **С. В. ОВЧАРЕНКО**

*Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры,  
\*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка,  
\*\*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

### **К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРОДУКТАМИ СГОРАНИЯ ТОПЛИВА**

Представлены результаты исследований и разработка новых конструкций генераторов тепловой энергии, комбинированных теплообменников для утилизации тепла и очистки дымовых газов перед выбросом их в атмосферу. Повышение экологической эффективности ГТЭ обеспечивается за счет сжигания топлива предложенным способом, который обеспечивает уменьшение оксидов азота и диоксида углерода, и сгорание других примесей при температуре газов более 1300°C.

*Ключевые слова:* оборудование, утилизация, очистка, дымовые газы

© Шушляков А. В., Проскурня Н. И., Шушляков Д. А., Овчаренко С. В., 2010

Надано результати досліджень та розробка нових конструкцій генератор в теплової енергії, комбінованих теплообмінників для утилізації тепла очистки димових газів перед викидом їх до атмосфери. Підвищення екологічної ефективності ГТЕ забезпечується за рахунок спалювання палива запропонованим способом, який забезпечує зменшення оксидів азоту і діоксиду вуглецю, і згоряє інших домішок при температурі газів більш 1300°C.

**Ключові слова:** обладнання, утилізація, очистка, димові гази.

This article describes the results of research and development of new designs of thermal power generators, combined heat exchangers for heat recovery and flue gas before releasing them into the atmosphere. The rise of the ecological efficiency GTE is provided due to incineration of fuel by the offered method which provides reduction of oxides of nitrogen and dioxide of carbon, and combustion of other admixtures at the temperature of gases more 1300°C.

**Key words:** Equipment, recycling, cleaning, flue gases.

Для получения тепловой энергии используются в качестве топлива природный газ, жидкие углеводороды, уголь, дрова, торф. В качестве топлива могут использоваться отходы сельскохозяйственных перерабатывающих предприятий, твердые бытовые отходы (ТБО), опавшие листья, ветви деревьев, опилки и стружки древесины.

Сжигание топлива осуществляется в котлах, печах, в технологическом оборудовании. Устройства, в которых сжигается топливо для получения тепловой энергии, считаются генераторами тепловой энергии (ГТЭ).

Известно, что КПД ГТЭ жилищно-коммунальных предприятий находятся в пределах 50% - 90%, отопительные и варочные печи используют теплотворную способность топлива с КПД до 60%, печи промышленных предприятий имеют КПД не более 25%. Таким образом, с помощью перечисленных ГТЭ полезно используется 25% - 90% тепла, а остальные 75% - 10% тепла выбрасываются в атмосферный воздух.

Потери тепловой энергии обусловлены неэффективным способом сжигания топлива, высокой температурой газообразных продуктов сгорания, которые выбрасывают в атмосферу, а также потерями теплоты через ограждающие конструкции ГТЭ.

В настоящее время сжигание топлива производится способом, при котором воздух, необходимый для сгорания топлива, подается снизу в зону горения, где температура может достигать более 1000°C. Выше зоны горения располагаются холодные слои топлива. Горячие дымовые газы, образующиеся в зоне горения, проникают через холодные слои топлива, нагревают эти слои до температуры пиролиза. В процессе пиролиза из топлива выделяются парообразные вещества, смолы и другие компоненты. Часть этих

компонентов сгорает, а часть уносится дымовыми газами в атмосферу, снижая КПД ГТЭ за счет неполноты сгорания.

Продукты сгорания, удаляемые от ГТЭ, имеют температуру 120°C - 200°C. Такая температура газов исключает охлаждение газов в дымоотводящем тракте до температуры ниже точки росы и образование конденсата паров воды, содержащихся в дымовых газах. Если в дымовых газах будут конденсироваться пары воды, то капли конденсата будут адсорбировать воднорастворимые газы и образовывать растворы кислот HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и другие. Растворы кислот за счет химических реакций быстро разрушат конструкции дымоотводящих трактов.

Неполнота сгорания топлива и высокая температура продуктов сгорания, выбрасываемых в атмосферу, являются основными факторами не только снижения теплового КПД, но и низкой экологической эффективности ГТЭ.

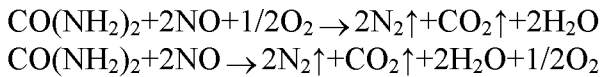
Степень влияния продуктов сгорания топлива на экологическую обстановку в приземном слое атмосферы зависит от вида сжигаемого топлива. Так, при сжигании природного газа в атмосферу выбрасываются оксиды азота, углерода, бенз(а)пирен, пары ртути. При сжигании солянки, кроме перечисленных компонентов, выделяются ванадий, сажа, фенолы и другие. Состав газов, удаляемых от ГТЭ, которые работают на угле или торфе, зависит от минералогического состава топлива и его месторождения. При сжигании твердых бытовых отходов (ТБО) вместе с дымовыми газами в атмосферу могут выбрасываться NO<sub>x</sub>, CO<sub>x</sub>, HCl, HF, CO<sub>2</sub>, бенз(а)пирен, полихлордибензодиоксины (ПХДД), полихлордибензофураны (ПХДФ), взвешенные примеси и др. При сжигании одной тонны ТБО выделя-

ется 6000 м<sup>3</sup> дымовых газов, 4 – 5 кг хлористого водорода, до 5 кг серы (в том числе до 2 кг газообразной), до 2 кг NO<sub>x</sub> [1].

Концентрация примесей в дымовых газах может достигать SO<sub>2</sub> – до 800 мг/м<sup>3</sup>, HCl – до 1500 мг/м<sup>3</sup>, HF – до 15 мг/м<sup>3</sup>, NO<sub>x</sub> – до 350 мг/м<sup>3</sup>, золы – до 10000 мг/м<sup>3</sup> [2].

В дымовых газах, удаляемых от ГТЭ мусоросжигательных заводов, могут содержаться пары и аэрозоли тяжелых металлов Pb, Cr, Cu, Mn, Ni, Mg, Cd, As, Hg и другие.

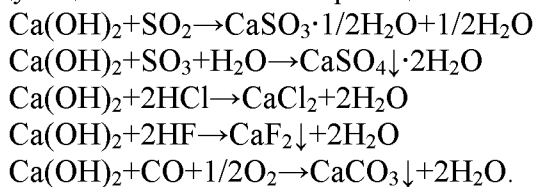
Зарубежный и отечественный опыт очистки дымовых газов от загрязняющих веществ показал, что эффективная очистка обеспечивается с помощью системы четырех ступенчатой очистки. В первой ступени производится очистка газа от оксидов азота с помощью 40%-го карбамида, который подается в зону горения, где температура газа превышает 1000°C. Реакция восстановления азота имеет вид



Эффективность восстановления азота находится в пределах 50% - 90% [6].

Очистка газов от кислых газообразных примесей осуществляется полусухим способом. С этой целью в поток очищаемых газов подают известковое молоко. Процесс абсорбции газообразных примесей протекает одновременно с испарением капель. Сухой остаток вместе с уловленными загрязняющими веществами выпадает в осадок, часть мелкодисперсных частиц уносится в третью ступень очистки.

Процесс абсорбции сопровождается следующими химическими реакциями:



Степень очистки газов от примесей достигает: SO<sub>2</sub> – 90%; HCl – 94%; HF – 90%; CO – 85%.

Улавливание паров и ионов тяжелых металлов, диоксинов и ртути реализуется в третьей ступени очистки с помощью адсорберов. В качестве адсорбента используется активированный уголь марки NWM-P.

В качестве четвертой ступени используются тканевые фильтры или электрофильтры.

Но такая схема очистки газа энергоемкая и сложная в эксплуатации. Эффективность очистки газа с помощью четырех ступенчатой очистки составляет 98% - 99%.

В зависимости от назначения ГТЭ и вида сжигаемого топлива вместе с Дымовыми газами в атмосферу выбрасываются загрязняющие вещества разного класса опасности. Так как газы выбрасываются с высокой температурой, то имеет место еще и тепловое загрязнение окружающей среды.

В атмосферном воздухе постоянно содержатся примеси минерального, микробиологического, растительного и животного происхождения. Высокая температура дымовых газов будет способствовать образованию композиционных загрязняющих веществ, в том числе и групп, обладающих эффектом суммации действия. При этом образующиеся загрязняющие вещества будут являться не только средой обитания и размножения микробиологических примесей (микробов и вирусов), но и средством переноса опасных источников заболевания людей и других биологических объектов.

Снижение загрязнения атмосферы может быть обеспечено за счет снижения количества сжигаемого топлива.

С целью уменьшения расхода топлива, повышения теплового КПД и экологической эффективности ГТЭ необходимо изменить способ сжигания топлива, снизить температуру удаляемых от ГТЭ дымовых газов и очистить газы от загрязняющих веществ перед выбросом их в атмосферу.

Для достижения поставленной цели был разработан комплект оборудования: генератор тепловой энергии [3], теплообменник [4] и аппарат для комплексной очистки газов от композиционных выбросов [5].

Генератор тепловой энергии предназначен для сжигания любых видов топлива способом, при котором топливо подвергается пиролизу, а продукты пиролиза сжигаются в зоне горения при ограниченном объеме кислорода. При таком способе сжигания расход топлива снижается на 25%, температура отходящих газов достигает 1300°C - 1500°C. Такая температура газов обеспечивает выгорание загрязняющих веществ, так что в дымовых газах содержатся оксиды азота, диоксид углерода и взвешенные вещества. Из-за

ограниченного количества кислорода в зоне горения топлива меньше образуется оксидов азота. Новые конструкции генераторов тепловой энергии имеют две модификации: для сжигания топлива в слое (слоевая топка) и вихревая топка для сжигания лужки подсолнечника, шелухи гречки и других измельченных видов топлив. Схемы ГТЭ новых конструкций показаны на рис. 1. Тепловой КПД таких ГТЭ составляет 96% - 97%. Разработанные ГТЭ позволяют сжигать как традиционные виды топлива, так и все виды ТБО, отходы промышленных и сельскохозяйственных предприятий.

Высокотемпературные газы, удаляемые от ГТЭ, могут подаваться в существующие котлы для получения горячей воды или пара. Такая схема реконструкции существующих котлов и перевод их из газовых котлов в котлы, работающие на отходах (на лужке, шелухе гречки, опилках и др.) сельскохозяйственной продукции или деревообрабатывающей промышленности показана на рис. 2.

Для утилизации тепла газов, удаляемых от ГТЭ, разработаны теплообменники, которые позволяют повысить тепловой КПД существующих котлов на 6% - 7% и сэкономить более 2000 м<sup>3</sup>/сутки природного газа на одном котле марки ДКВР-6,5/13.

Теплообменники новых конструкций отличаются по способу отбора тепла от охлаждаемого газа и передачи тепла нагреваемой среде. По конструкции разработанные теплообменники изготавливаются трубчатые и на тепловых трубах (рис. 3).

На основании изложенного очевидно, что снижение расхода топлива для получения тепловой энергии достигается за счет повышения теплового КПД ГТЭ. КПД ГТЭ можно обеспечить путем замены существующих котлов, которые имеют низкий КПД, на котлы или другие ГТЭ с большим КПД либо за счет установки после ГТЭ теплооб-

менника. При этом с помощью теплообменника газы должны охлаждаться в энтальпийном режиме.

Предложенное оборудование можно использовать в комплекте (ГТЭ, теплообменник, ВТП) или по отдельности в сочетании с существующими котлами или другими ГТЭ.

Повышение экологической эффективности ГТЭ обеспечивается за счет сжигания топлива предложенным способом, который обеспечивает уменьшение оксидов азота и диоксида углерода, и сгорание других примесей при температуре газов более 1300°С. Использование аппаратов для комплексной очистки, охлаждения и осушки газа решает локальную задачу – снижение загрязнения атмосферы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Новая теория образования диоксинов при сжигании твердых бытовых отходов. Перевод с английского. / Р.Ж. Химическая технология, № 7. – М.: 1987. – 22 с.
2. Чарльз Седман, Теодор Брна. Исследование процесса сжигания бытовых отходов: технология очистки дымовых газов. / Отчет АРА (США)/530-SW87-o21d/ - Июнь 1987.
3. Патент України. Генератор теплової енергії. МКИ F24 d 7/80 / Шушляков О. В., Овчаренко С. В., Паламарчук О. Ю., Перепелица М. Ю. Заявлено 02.10.2009.
4. Патент України №200901637 МКИ F28 F 1/00. Пристрій для зниження впливу фізичних чинників на забруднення атмосферного повітря / Шушляков О. В., Овчаренко С. В., Шушляков Д. О. Заявлено 25.02.09.
5. Шушляков О. В. Вплив тютюнового виробництва на навколишнє середовище і обладнання, що забезпечує його ефективне зниження / О.В. Шушляков, М. І. Проскурня // Захист довкілля від антропогенного навантаження. – Харків – Кременчук, 2002. – С. 5-11.
6. Цветная металлургия. № 7, 1990.

Надійшла до редколегії 29.09.2009

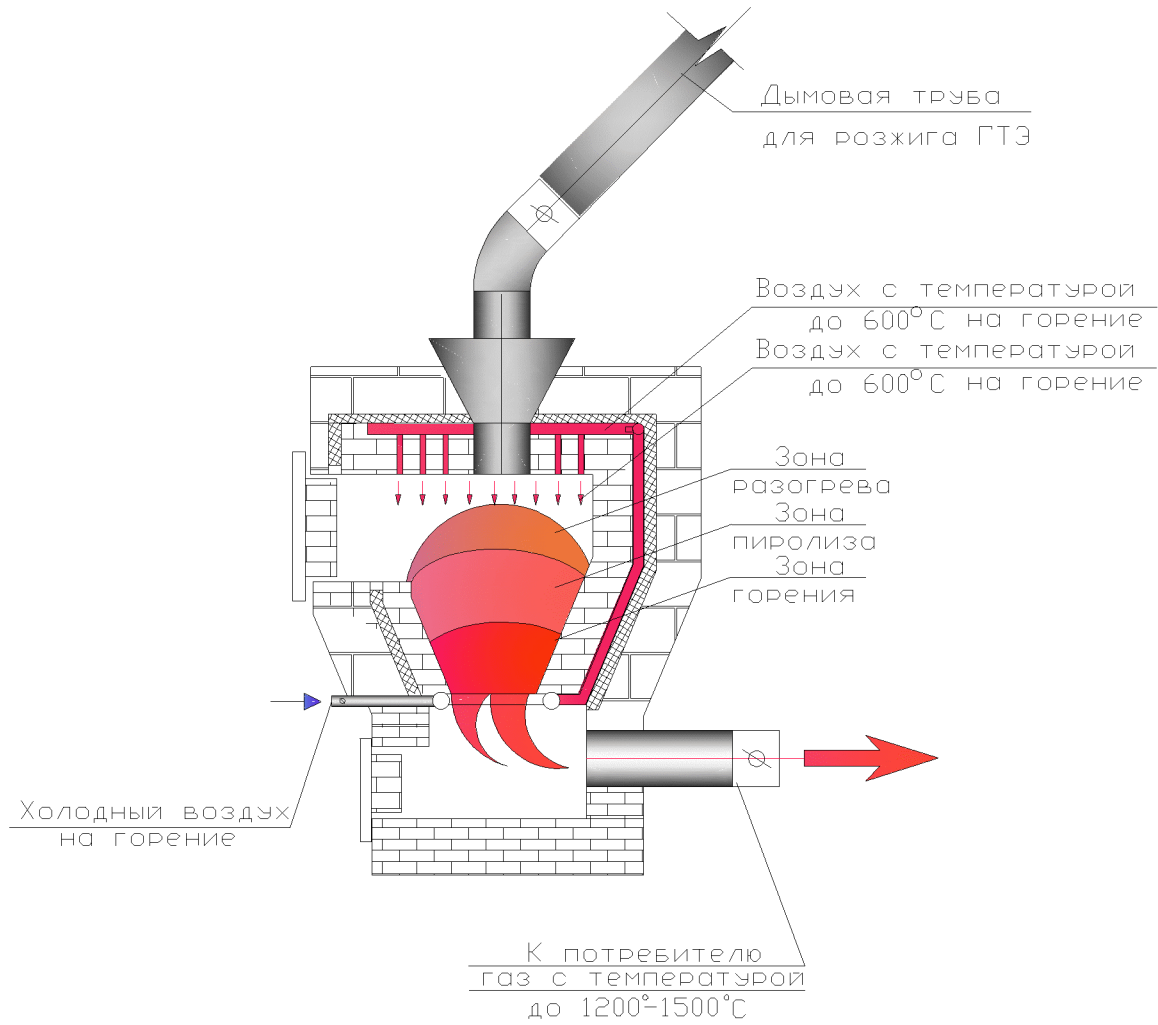


Рисунок 1 – Схема генератора тепловой энергии новой конструкции

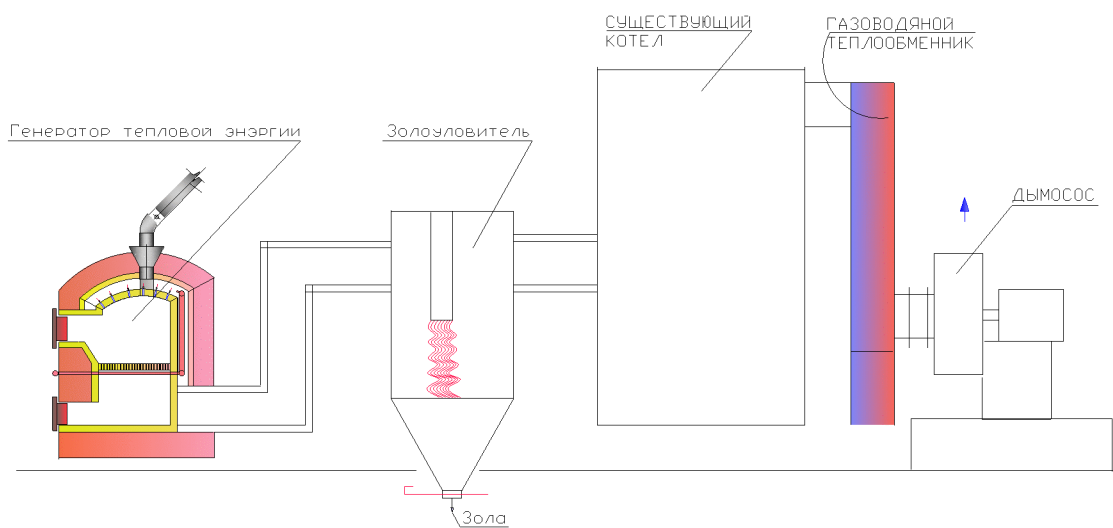


Рисунок 2 – Схема реконструкции существующих котлов и перевод их из газовых котлов в котлы, работающие на отходах сельскохозяйственной продукции или деревообрабатывающей промышленности

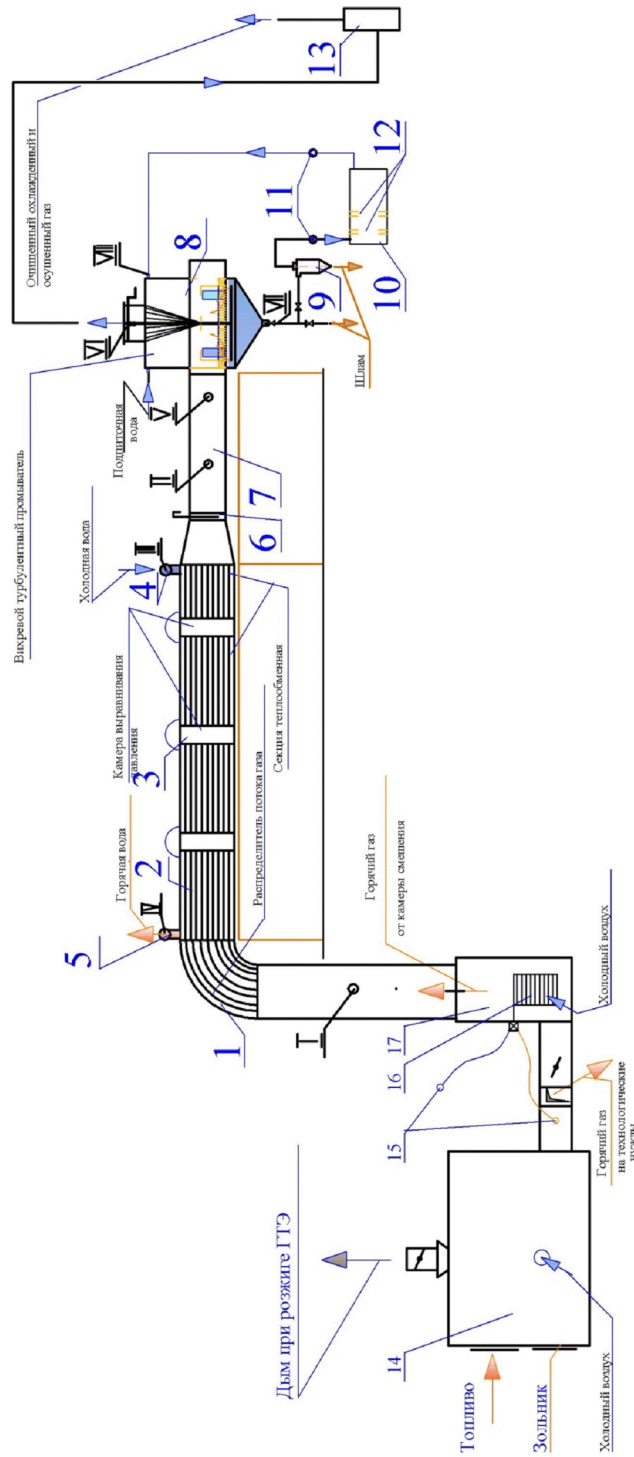


Рис. 3 .Схема установки для утилизации тепловой энергии с помощью трубчатого теплообменника с камерами выравнивания давления и вихревым турбулентным промывателем

- 1.Распределитель потока газа ; 2. Теплообменная секция ; 3. Камера выравнивания давления ; 4.Патрубок подвода холодной воды ; 5.Патрубок отвода горячей воды ; 6.Шибер ; 7.Воздуховод ; 8.Вихревой турбулентный промыватель ; 9.Гидроциклон ; 10.Бак-накопитель ; 11.Насос ; 12. Фильтр ; 13.Вентилятор ; 14.Генератор тепловой энергии новой конструкции ; 15.Датчики температур ; 16.Клапан с приводом ; 17.Смесительная камера .