УДК 697.84

К. Ф. Фазлиахметов, Д. А. Хворенков
Ижевский государственный технический университет, г. Ижевск
vip.fazliahmetov@yandex.ru

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СПОСОБОВ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ НА ОБЪЕКТАХ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

В работе представлены результаты исследования температурно-влажностного режима цилиндрической железобетонной сборной дымовой трубы котельной при различных схемах утилизации теплоты уходящих газов. Рассматривались виды утилизации теплоты продуктов сгорания путем использования рекуперативных, смесительных, комбинированных аппаратов, работающих при различных приемах использования теплоты, содержащейся в уходящих газах, для выявления наиболее эффективного метода глубокой утилизации тепла. В разработанной математической модели была проведена серия поэтапных расчетов аналитическим методом, которая позволила сравнить влияние разных установок глубокой утилизации теплоты дымовых газов на повышение энергоэффективности теплогенерирующих установок при сохранении сухого температурно-влажностного режима в толще стенки железобетонной дымовой трубы.

Ключевые слова: *утилизация теплоты; дымовая труба; конденсатообразование; паároперенос; диффузия; осушение*.

K. F. Fazliahmetov, D. A. Khvorenkov,
Kalashnikov ISTU, Izhevsk

COMPARATIVE EVALUATION OF METHODS OF WASTE GAS HEAT UTILIZATION AT OBJECTS HEAT POWER ENGINEERING

There are results of research of temperature-humidity conditions of cylindrical reinforced-concrete smoke-stack of boiler house with a glance to different existing

---

systems of deep utilization of heat of stack gases. It was looked into types of utilization of heat of combustion gases using of recuperative, mixing, combined devices, working in the setting of different ways of heat usage, which contains in stack gases, for finding more effective method of deep heat utilization. Set of adaptive computations was carried out by analytical approach in developed mathematical model, which allowed to compare influence of different installations of deep heat utilization of flue gases on escalation of energy efficiency of heat producing devices at the time of maintenance of dry temperature-humidity conditions inside smoke-stack walls.

Keywords: *heat utilization; smoke-stack; condensation forming; steam transfer; diffusion; drainage.*

Утилизация тепла уходящих газов является одним из основных способов повышения эффективности энергетических котлов ТЭС. Снижение потерь с уходящими газами и, соответственно, повышение коэффициента использования топлива может быть достигнуто за счет глубокой утилизации теплоты продуктов сгорания. Глубокая утилизация тепла подразумевает снижение температуры дымовых газов ниже точки росы водяных паров с их последующей конденсацией. При этом утилизируется значительная часть скрытой теплоты конденсации, а конденсат после дополнительной обработки может быть использован для восполнения потерь воды в энергетическом цикле или теплосети.

Задачей работы является определение минимальных температур продуктов сгорания на входе в дымовую трубу, при которых реализуется сухой температурно-влажностный режим, в зависимости от выбранного способа глубокой утилизации тепла продуктов сгорания. Нахождение оптимальной системы глубокой утилизации теплоты в котельной, которая приведет к сохранению надежности систем дымоудаления, увеличению коэффициента использования заданного топлива и относительной мощности котельной.

Исследование проводилось для цилиндрической железобетонной дымовой трубы высотой $h = 30$ м и внутренним диаметром $D_{\text{ВН}} = 1,2$ м по типовому проекту [2]. Параметры наружного воздуха приняты по [3] для г. Ижевска. В расчете температура наружного воздуха принята равной средней температуре наиболее холодного месяца $t_{\text{Н}} = -13,4\,^{0}C$. Скорость продуктов сгорания w на входе в дымовую трубу приняла значение 7 м/с. Используемым топливом являлся природный газ. Рассматриваемыми системами глубокой утилизации теплоты дымовых газов являлись установка Беспалова [4], система Эфимова-Гончаренко [5], а также установка компании «RIGAS SILTUMS» [6], в которых используется эффективный метод поочередного охлаждения и осушения уходящих газов перед подачей в дымовую трубу [7, 8].

На основе полученных в разработанной математической модели результатов видно (таблица), что экономически обоснованное повышение энергоэффективности режимов работы котельной будет реализовано с использованием систем глубокой утилизации теплоты

Расчетные параметры дымовых газов

Параметры уходящих газов	Установка Беспалова (K_0 = 0,9)	Установка Эфимова-Гончаренко (K_0 = 0,85)	Установка «RIGAS SILTUMS» (K_0 = 0,8)
Начальное влагосод-жание дымовых газов, кг/кг с. г.	0,192	0,192	0,192
Конечное влагосод-жание дымовых газов, кг/кг с. г.	0,019	0,027	0,037
Температура на входе в установку, °С	167	167	167
Температура на выходе из установки и на входе в дымовую трубу, °С	40	52	65
Ориентировочное увеличение мощности котельной (в долях)	0,13	0,09	0,07
Экономия в год: - тепла, Гкал - газа, млн м^3 - средств, млн руб.	 12240,4 1,397 7,404	 8470,9 0,888 4,702	 6591,1 0,691 3,657

продуктов сгорания при полученных значениях минимальных температур на входе в дымовую трубу, при которых реализуется сухой температурно-влажностный режим в стенке, на которые непосредственно влияет рассматриваемый метод глубокой утилизации теплоты продуктов сгорания.

Проведенный расчет показал, что глубокая утилизация теплоты уходящих газов необходима для повышения коэффициента полезного использования топлива и энергоэффективности теплогенерирующих установок, т. к. при утилизации значительная часть скрытой теплоты конденсации дымовых газов идёт на подогрев воздуха или воды, в зависимости от выбранной системы, для собственных и отопительных нужд, а конденсат после дополнительной обработки может быть использован для восполнения потерь воды в энергетическом цикле или теплосети.

Список использованных источников

1. Хворенков Д. А., Варфоломеева О. И. Методика расчета температурно-влажностных режимов работы дымовых труб теплоэнергетических установок // Промышленная энергетика. 2013. № 7. С. 30–33.
2. Типовой проект 907-2-229. Труба дымовая железобетонная h = 30 м; $D_{ВН}$ = 1,2 м с надземным примыканием газоходов для котельных установок. URL: http://gostrf.com/normadata/1/4293806/4293806293.htm (дата обращения: 10.11.2018)
3. СП 131.13330.2012 Строительная климатология: Актуализированная редакция СНиП 23-01-99. М. : Минрегион России, 2012. 110 с.
4. Беспалов В. В. Повышение эффективности глубокой утилизации тепла дымовых газов ТЭС на природном газе: диссертация ... канд. техн. наук: 05.14.14 / Беспалов Виктор Владимирович; [место защиты: Национальный исследовательский Томский политехнический университет], 2017. 119 с.
5. Ефимов А. В., Гончаренко А. Л., Гончаренко Л. В. Система глубокой утилизации теплоты газов, уходящих из котельных агрегатов // Вестник НТУ «ХПИ». 2013. № 13. С. 73-80. URL: http://www.kharkiv.edu/View/21232/ (дата обращения: 10.11.2018)
6. Жигурс А., Церс А., Голуновс Ю., Турлайс Д., Плискачев С. Утилизация тепла дымовых газов на теплоисточниках города Риги // Новости теплоснабжения. 2010. № 05 (117). URL: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2765 (дата обращения: 10.11.2018)
7. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. М. : Энергия, 1977. 344 с.
8. Ижорин М. Н. Дымовые трубы : справочное издание / под ред. М. Н. Ижорина. М. : Теплотехник, 2004. 496 с.