

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В КАМЕРАХ СГОРАНИЯ КОНТАКТНЫХ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЕЙ С «МОКРЫМИ» СТЕНКАМИ

Практика применения контактных водонагревателей (контактные теплогенераторы типа ТГа [1, 2]) в системах теплоснабжения и результаты испытаний показали необходимость более детального изучения их эксплуатационных характеристик. Среди ряда проблем необходимо отметить вопросы, связанные с применением камер сгорания с так называемыми "мокрыми" стенками топки. Применение таких камер связано со стремлением уменьшения габаритных характеристик контактных водонагревателей, осуществляемого переносом части контактного тепло-массопереноса в топку.

Схема контактного водонагревателя с "мокрой" камерой сгорания (теплогенератор типа ТГа [1, 2]) приведена на рис. 1. Такое устройство работает следующим образом. Обратная сетевая вода через первое водораспределительное устройство (6) подается в камеру контактного тепло-массопереноса (5), а затем, через водяную оболочку и боковые поверхности топки, поступает в накопитель горячей воды (4), который расположен в нижней зоне камеры сгорания. Отсюда горячая вода через выходной патрубок внешним насосом подается в трубопровод прямой сетевой воды. Высокотемпературные продукты сгорания, частично отдают свое тепло воде, которая омывает поверхности камеры сгорания, а также воде при непосредственном контакте со стекающими водяными завесами, образующимися в выходном патрубке продуктов сгорания. После выхода из камеры продукты сгорания поступают в камеру контактного тепло-массопереноса, где при контакте с водой, поступающей через водораспределительное устройство, они окончательно охлаждаются и через патрубок выхода продуктов сгорания поступают в дымовую трубу. Для увеличения площади поверхности контакта продуктов сгорания с водой в схеме такого контактного водонагревателя предусмотрена рециркуляция воды, которая забирается из накопителя (4) и подается на дополнительное разбрызгивание в зоне выхода продуктов сгорания из топки.

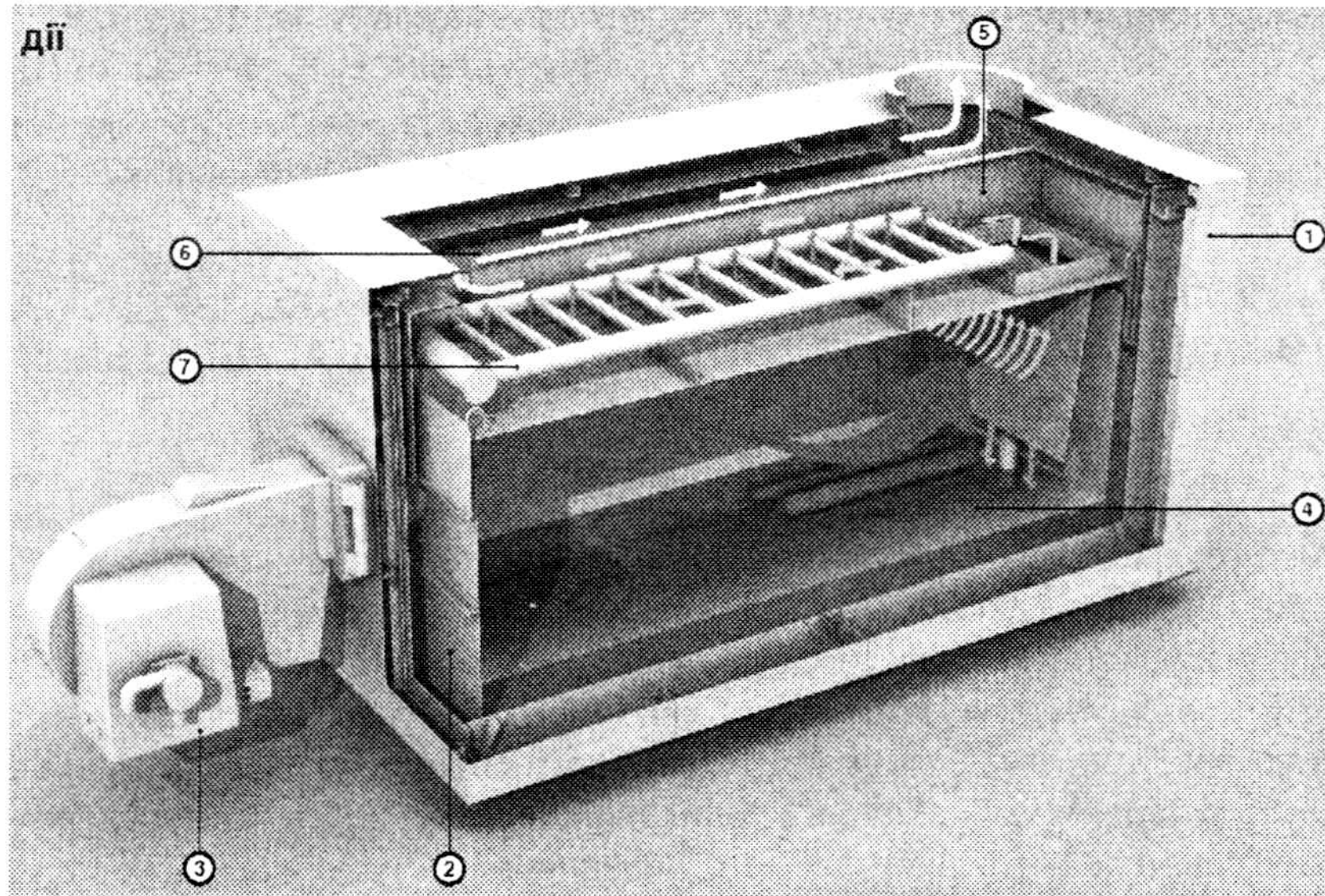


Рис. 1. Контактный водонагреватель (теплогенератор) типа ТГа:
 1 – корпус водонагревателя; 2 – камера сгорания; 3 - горелочное устройство;
 4 – накопитель горячей воды; 5 – камера контактного теплообмена; 6 – первое водораспределительное устройство; 7 – второе водораспределительное устройство.

В работе представлены результаты балансовых (калориметрических) испытаниях контактного водонагревателя (теплогенератора типа ТГа). Определялась доля топки в общем тепловом балансе водонагревателя. Измерялись также температура и параметры продуктов сгорания на выходе из топки. По результатам измерения проведена оценка дополнительного испарения воды в топке при различных режимах обмывания стенок топки водой и различных тепловых нагрузках камеры сгорания.

Испытания проводились на контактном теплогенераторе типа ТГа-0,3 с горелкой MG 10.1-ZM-LN фирмы “Giersch” (Германия). Испытания проведены на природном газе, характеристики которого, рассчитанные по составу газа и данным источников [3, 4], приведены в таблице.

Для испытаний была проведена такая доработка теплогенератора:
 – снята и переделана труба водораспределителя воды на линии рециркуляции. При доработке изымались патрубки разбрызгивания воды на выходе из топочной камеры, диаметр разбрызгивающих отверстий увеличен до 5 мм, струи воды были направлены вниз для исключения зоны контактного нагрева воды;

- использовалась стандартная труба разбрызгивателя обратной воды, однако, для исключения зоны контактного нагрева воды, отверстия разбрызгивателя были направлены вниз;
- снята крышка поворота продуктов сгорания и обеспечен прямой выход продуктов сгорания в дымовой патрубок теплогенератора;
- проведена следующая доработка камеры сгорания:

а) за счет увеличения высоты перегородок верхней крышки камеры сгорания практически исключена зона контакта воды с продуктами сгорания на выходе из камеры сгорания;

б) на задней стенке камеры установлена планка, изменением положения которой можно было менять характер распределения потоков воды по стенкам камеры сгорания;

в) для имитации “полусухой” камеры задняя стенка была экранирована дополнительной перегородкой, что исключало возможность контакта продуктов сгорания с потоком воды по задней стенке.

Параметры газа [3]

Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Значения
Высшая теплота сгорания	Q_v^p	МДж/нм ³	40,950
Низшая теплота сгорания	Q_n^p	МДж/нм ³	36,967
Число Воббэ (низшее)	W	МДж/нм ³	48,013
Плотность газа при нормальных условиях	ρ	кг/нм ³	0,737
Теплота сгорания, отнесенная к сухим продуктам сгорания	L	МДж/нм ³	4,221

Измерение параметров продуктов сгорания проводились непосредственно на выходе из камеры сгорания. Проведены две серии испытаний:

- первая серия, когда планка задней стенки была опущена максимально вниз. При этом вода в накопитель горячей воды сгорания поступала в основном через заднюю стенку камеры (по боковым стенкам камеры стекала только поверхностная пленка воды);
- вторая серия, когда планка задней стенки была поднята максимально вверх (стандартный режим работы теплогенератора) и потоки воды растекались по всем стенкам камеры сгорания.

Каждая серия испытания проводились при таких тепловых и гидравлических режимах работы теплогенератора:

- максимальная тепловая мощность с двумя режимами расхода воды рециркуляции:
 - а) расход воды на рециркуляцию ($K_{\text{рец}}$) составлял (0,8–0,9) расхода воды в основном циркуляционном контуре;
 - б) расход воды на рециркуляцию ($K_{\text{рец}}$) составлял (1,3–1,4) расхода воды в основном циркуляционном контуре;
- минимальная тепловая мощность с двумя режимами потоков воды рециркуляции:
 - а) расход воды на рециркуляцию ($K_{\text{рец}}$) составлял (0,8–0,9) расхода воды в основном циркуляционном контуре;
 - б) расход воды на рециркуляцию ($K_{\text{рец}}$) составлял (1,3–1,4) расхода воды в основном циркуляционном контуре.

В результате проведения исследований получены следующие результаты.

1 Эффективность работы топки первой серии опытов при номинальной тепловой нагрузке и $K_{\text{рец}} = (0,8–0,9)$ составляет (57–59)%. Температура продуктов сгорания при этом лежит в интервале от 720 до 750 °С. Понижение тепловой мощности до (50–55)% номинального значения увеличивает эффективность работы топки до (69–73)%, температура продуктов сгорания при этом была (605–630) °С.

2 Увеличение $K_{\text{рец}}$ до значения 1,35 (первая серия опытов) практически не меняет эффективность работы топки и незначительно понижает температуру продуктов сгорания на выходе из топки.

3 Характер этих зависимостей представлен сплошными линиями на графиках рисунков 2 и 3. Там же, пунктирными линиями, представлены результаты второй (при поднятой планке водораспределителя задней стенки) серии испытаний. Эффективность работы топки в номинальном режиме была несколько ниже первой серии опытов и составляла 55% (для $K_{\text{рец}} = 0,86$) и 58% (для $K_{\text{рец}} = 1,3$). Температура продуктов сгорания при этом составляла 744 °С для $K_{\text{рец}} = 0,88$ и 726 °С для $K_{\text{рец}} = 1,3$. Понижение тепловой мощности до (55–60)% номинального значения увеличивало КПД топки до 69% (для $K_{\text{рец}} = 0,88$) и до 70,8% (для $K_{\text{рец}} = 1,31$). Температура продуктов сгорания на выходе из топки составляла при этом 603,6 °С (для $K_{\text{рец}} = 0,88$) и 615,1 °С (для $K_{\text{рец}} = 1,31$). Необходимо отметить, что минимальная мощность для $K_{\text{рец}} = 1,31$ превышала минимальную мощность для $K_{\text{рец}} = 0,88$ на 5,3%.

4 При сведении теплового баланса на номинальном тепловом режиме, который проводился на основании рекомендаций [5–7], было выявлено расхождение от 6,5 до 19,5%. Это говорит о том, что при работе в

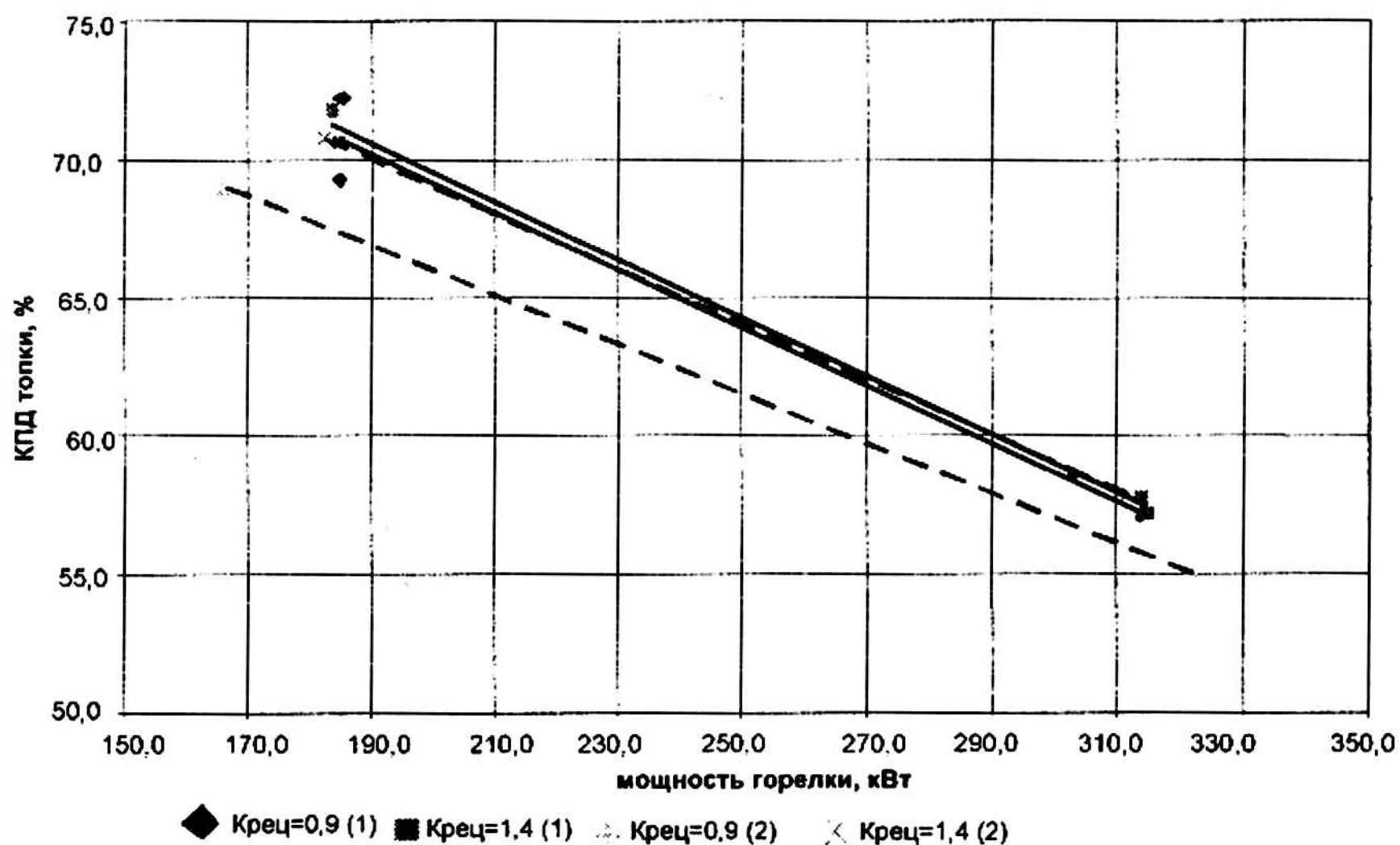


Рис. 2. Зависимость эффективности топки от тепловой мощности и коэффициента рециркуляции

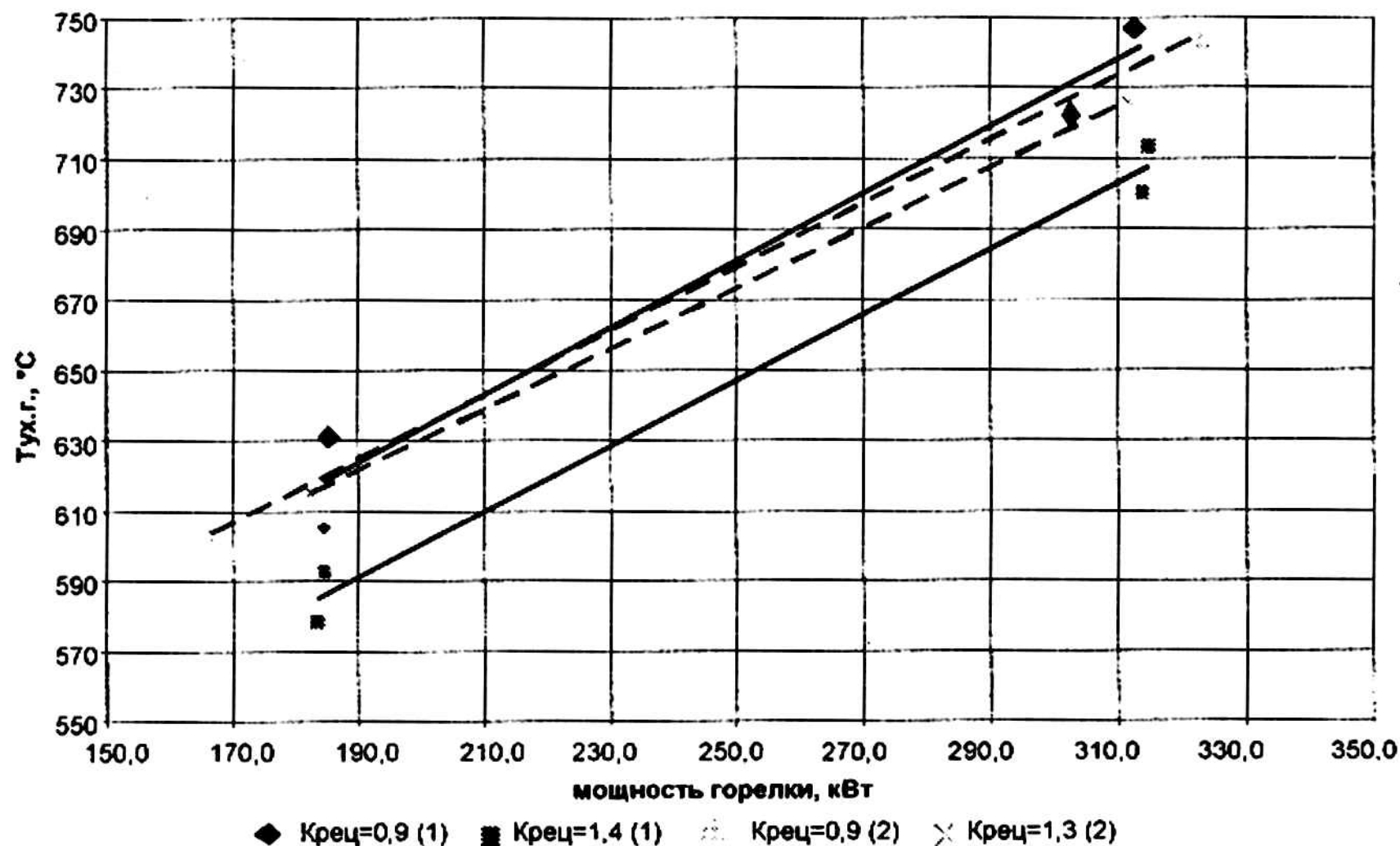


Рис. 3. Зависимость температуры продуктов сгорания на выходе из топки от тепловой мощности и коэффициента рециркуляции

номинальном режиме часть тепла продуктов сгорания идет на испарение воды со стенок топки и на повышении влагосодержания продуктов сгорания. Оценка величины этого дополнительного испарения воды составляет от 17 до 28 кг/ч, что не превышает 0,25% общего расхода циркуляционной воды. Величина добавочной влажности не превышает 57% исходной влажности продуктов сгорания.

Основные результаты исследования.

В результате проведенных исследований установлено:

1) Эффективность топки в общем тепловом балансе контактного теплогенератора с “мокрой” топкой составляет (57–59)% при номинальной теплопроизводительности и (69–73)%, при понижении теплопроизводительности до (55–60)% номинального значения.

2) Температура продуктов сгорания на выходе из топки составляет (720–750) °С при номинальной теплопроизводительности и (605–630) °С при понижении теплопроизводительности до (55–60)% номинального значения.

3) При работе в режиме номинальной теплопроизводительности происходит дополнительное испарение воды в топке теплогенератора. Оценки показывают, что доля испарившейся воды от общего количества циркуляционной воды не превышает 0,29%. Добавочное количество влаги достигает 57% количество водяных паров, образовавшихся в процессе горения газа.

Литература

1. Теплогенератори “Євроформат”. Інформаційно-технічний каталог.
2. Контактно-поверхневий водонагрівач для локальної системи теплопостачання. Деклараційний патент на корисну модель. Україна, № 13302, 133056, 13306.
3. ГОСТ 10062-75. Газы природные горючие. Метод определения удельной теплоты сгорания.
4. Metallургическое топливо. Справочник. Под ред. Сушкина И.Н., Кнорре Г.Ф., Зикеева Т.А. – М.: Metallургия, 1965. – 472 с., ил.
5. Ривкин С.Л., Александров А.А. Теплофизические свойства воды и водяного пара М.: Энергия, 1980. – 424 с., ил.
6. Литвин Л.М. Техническая термодинамика (Учебник для высших учебных заведений). М.-Л., Госэнергоиздат. 1963. – с. 312 с черт.