

Грес Л.П. – д-р техн. наук, проф., НМетАУ

Каракаш Е.А. – канд. техн. наук, доц., НМетАУ

Флейшман Ю.М. – канд. техн. наук, ст. научн. сотр., НМетАУ

Кривченко Ю.С. – директор, Укрспромез

Литвяк В.Г. – зам. директора, Укрспромез

Жариков А.Н. – нач. доменного отдела, Укрспромез

Гусаров А.С. – глав. спец. доменного отдела, Укрспромез

Выбиванец О.А. – глав. спец. доменного отдела, Укрспромез

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ДОМЕННЫХ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЕЙ

В статье представлены результаты разработки нового типа доменного воздухонагревателя с купольным отоплением, в горелке которого возможно использование стандартных огнеупоров.

Особенности эксплуатации воздухонагревателей доменных печей конструкции Я.П. Калугина

В последние годы в Украине были внедрены на ДП-2 ОАО «Запорожсталь» и ДП-5 ОАО «Енакиевский метзавод» воздухонагреватели Я.П. Калугина с купольным отоплением (ВНК). Это первый опыт использования подобных аппаратов в Украине. Особенности (преимущества) ВНК:

- блок вводится в составе трех аппаратов, что экономично;
- расположение струйно-вихревой горелки в куполе соосно с насадочной камерой, обеспечивающей высокое качество сжигания газа (до 10 мг СО/м³ дыма на выходе из ВНК при норме ТА Luft ФРГ, например, до 100 мг СО/м³ дыма);
- наличие диффузорообразного купола, обеспечивающего вместе с закручиванием дымовых газов в форкамере горелки, равномерное их распределение по сечению насадки.

Недостатки ВНК:

- наличие разделительной негазоплотной горизонтальной керамической перегородки между верхним (например, газовым) и нижним (воздушным) коллекторами, что позволяет случайным образом проникать компонентам горения друг к другу, организуя нерегламентирован-

ные встречи струй. Аналогично ввиду необжатости и негерметичности боковой кладки стен форкамеры также имеет место неорганизованная фильтрация газа и воздуха через кладку стенки в форкамеру;

- использование в куполе и горелке большого числа дорогих фасонных огнеупорных изделий;

- при остановке ВНК на замену клапана горячего дутья (ГД) для ликвидации вследствие гидравлического напора газов выбивания их после снятия клапана через штуцер ГД в атмосферу, газы из ВНК отсасывают посредством вентилятора, что усложняет процесс замены клапана;

- для замены клапана ГД и другой запорной арматуры, располагаемой на уровне купола ВНК, потребовалось установить на высоте купола кран, перемещающийся по дополнительно сооруженным металлоконструкциям (фермам и колоннам) здания, при этом вес эстакады вдвое превышает вес металлоконструкций трех ВНК;

- для продувки форкамеры горелки и участка подводящего газопровода от оставшихся горючих газов при переводе ВНК с нагрева на дутье и наоборот требуется на предприятии бесперебойная подача больших количеств азота;

- потери дутья, заполняющего тракт подвода газа и воздуха.

На рис. 1 [1] представлены вертикальный (а) и горизонтальный (б) разрезы ВНК, распределение дыма по сечению насадочной камеры при различных углах закрутки струй воздуха (в), а также распределение дутья по сечению насадки в зависимости от расположения над насадкой штуцера ГД (г).

Я.П. Калугиным была усовершенствована конструкция ВНК. В ней струи газа и воздуха выходят в вертикальной плоскости под углом $15 - 30^\circ$ по отношению друг к другу, а проекции осей всех каналов на горизонтальную плоскость образуют угол $15 - 45^\circ$ к проекциям на горизонтальную плоскость радиусов форкамеры, проходящих через центры выходных сечений каналов с целью улучшения качества смешения газа и воздуха.

Способы реконструкции существующих доменных воздухонагревателей

Укргипромезом и НМетАУ разработаны также различные способы и устройства ВН для купольного отопления. На рис. 2 представлена реализация нового способа нагрева доменного дутья в бесшахтном воздухонагревателе [2], у которого горелка выкладывается из стандартных огнеупоров. Газ и воздух горения в верхней половине горелки подаются из газового и воздушного коллекторов, вынесенных за

пределы горелки, в форкамеру взаимно встречными радиальными струями, что улучшает их перемешивание. Газ и воздух, поступающие из нижних коллекторов в форкамеру в виде закрученных струй, вызывают всасывание газов из верхнего яруса горелки, затем их совместный подъем к куполу форкамеры, интенсивное горение смеси.

Благодаря излучению насадки и заходу горячего дутья в период «дутья» в форкамеру, температура ее стенок поддерживается на уровне, превышающем температуру воспламенения доменного газа, и зажигание газа в форкамере обеспечивается. Струи газа и воздуха в нижней части форкамеры закручиваются под углом $12 - 85^\circ$ к радиусам, проведенным в горизонтальной плоскости из вертикальной оси форкамеры в центры выходных отверстий каналов подачи газа и воздуха.

Струи газа и воздуха в нижней части форкамеры закручиваются. В форкамере по высоте образуется две зоны горения: верхняя и нижняя. В верхнюю зону подают 30 – 70 % газа и воздуха от их общего количества.

Авторами для ликвидации недостатков ВН с внутренней камерой горения предложен ряд решений [3 – 6], которые позволяют при модернизации ВН и наличии свободных площадей сохранить стены, купол, кожух и поднасадочное устройство и подвести дымовые газы от керамической струйно-вихревой горелки, располагаемой в нижней части вынесенной камеры горения вертикально (рис. 3). При этом камера горения сопрягается с куполом ВН посредством горизонтального патрубка с компенсатором. Шибер ГД располагается на штуцере ГД, и усложнения конструкции, а также продувки азотом не требуется. При модернизации ВН поднасадочное устройство дополняется новыми плитами и колоннами, перекрывающими на одном уровне со старыми бывшую до демонтажа внутреннюю (встроенную) камеру горения и это пространство заполняется новой насадкой. Это позволяет получить дополнительную поверхность нагрева и обойтись тремя аппаратами вместо четырех. Для варианта четырех модернизируемых ВН при остановке одного из них на капремонт появляется возможность сохранить или повысить температуру ГД, по сравнению с вариантом до модернизации.

Существенным недостатком современной эксплуатации воздушно-нагревателей является отсутствие автоматического контроля и регулирования качества горения топлива, что не позволяет использовать возможности даже лучших горелок: при колебаниях теплоты сгорания доменного газа на 20 % в пределах $750 - 950 \text{ ккал/м}^3$ ($3140 - 3980 \text{ кДж/м}^3$), на подавляющем большинстве ВН не производится автоматическая коррекция горения.

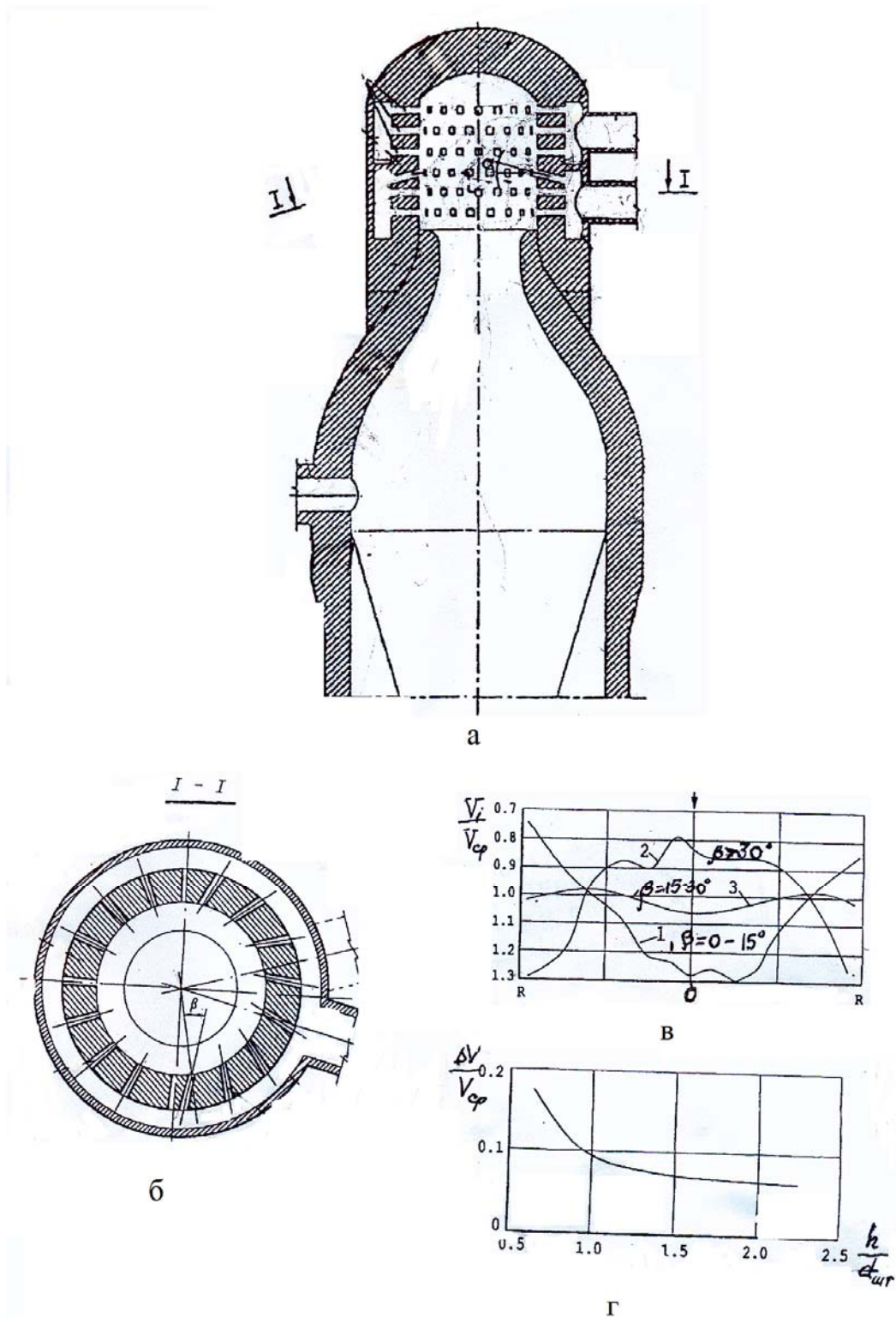
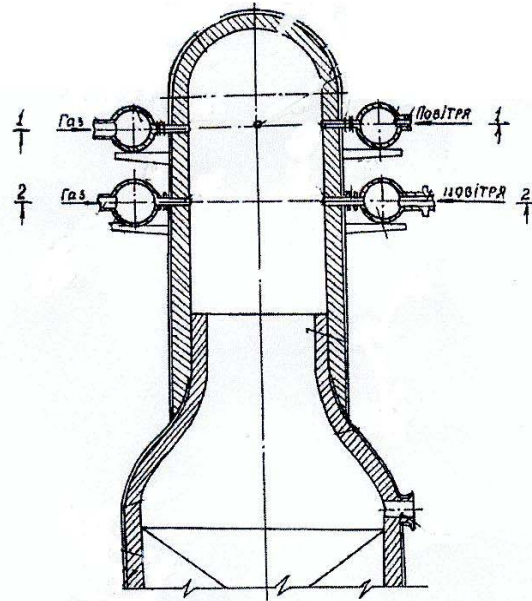
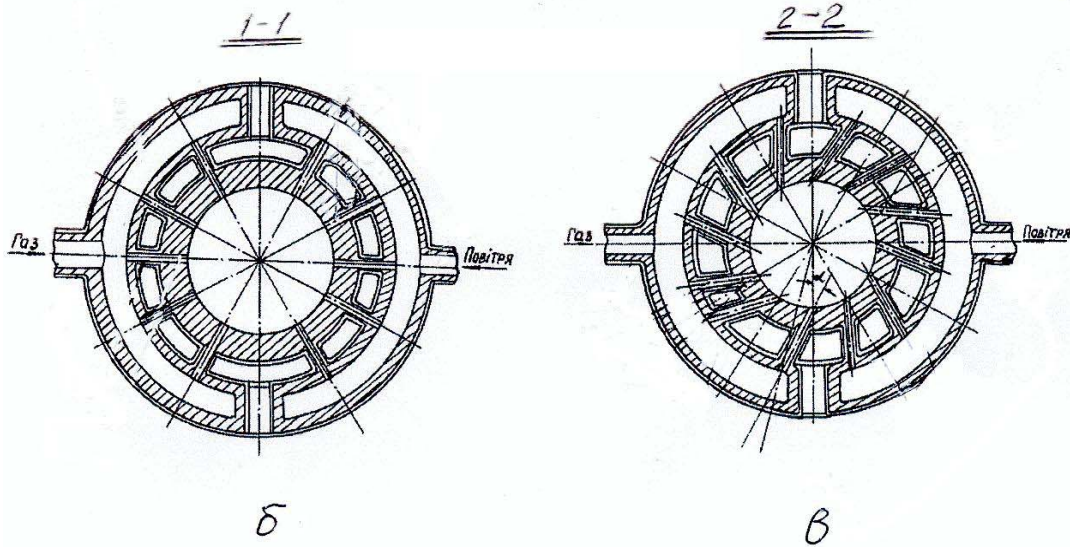


Рис. 1. Воздухонагреватель Калугина Я.П. ВНК и его газодинамические характеристики: а – вертикальный разрез; б – горизонтальный разрез; в – распределение дыма по сечению насадки (R – радиус насадочной камеры; V и V_{cp} – расходы текущий и средний по радиусу; г – неравномерность распределения дутья ΔV по насадке в функции безразмерного расстояния h штуцера горячего дутья от «зеркала» насадки)



а



б

в

Рис. 2. Реализация способа купольного отопления воздухонагревателя с использованием струйно-факельной горелки разработки Укрпипромеза и НМетАУ: а – вертикальный разрез верхней части воздухонагревателя; б, в – соответственно горизонтальные разрезы 1 – 1 и 2 – 2.

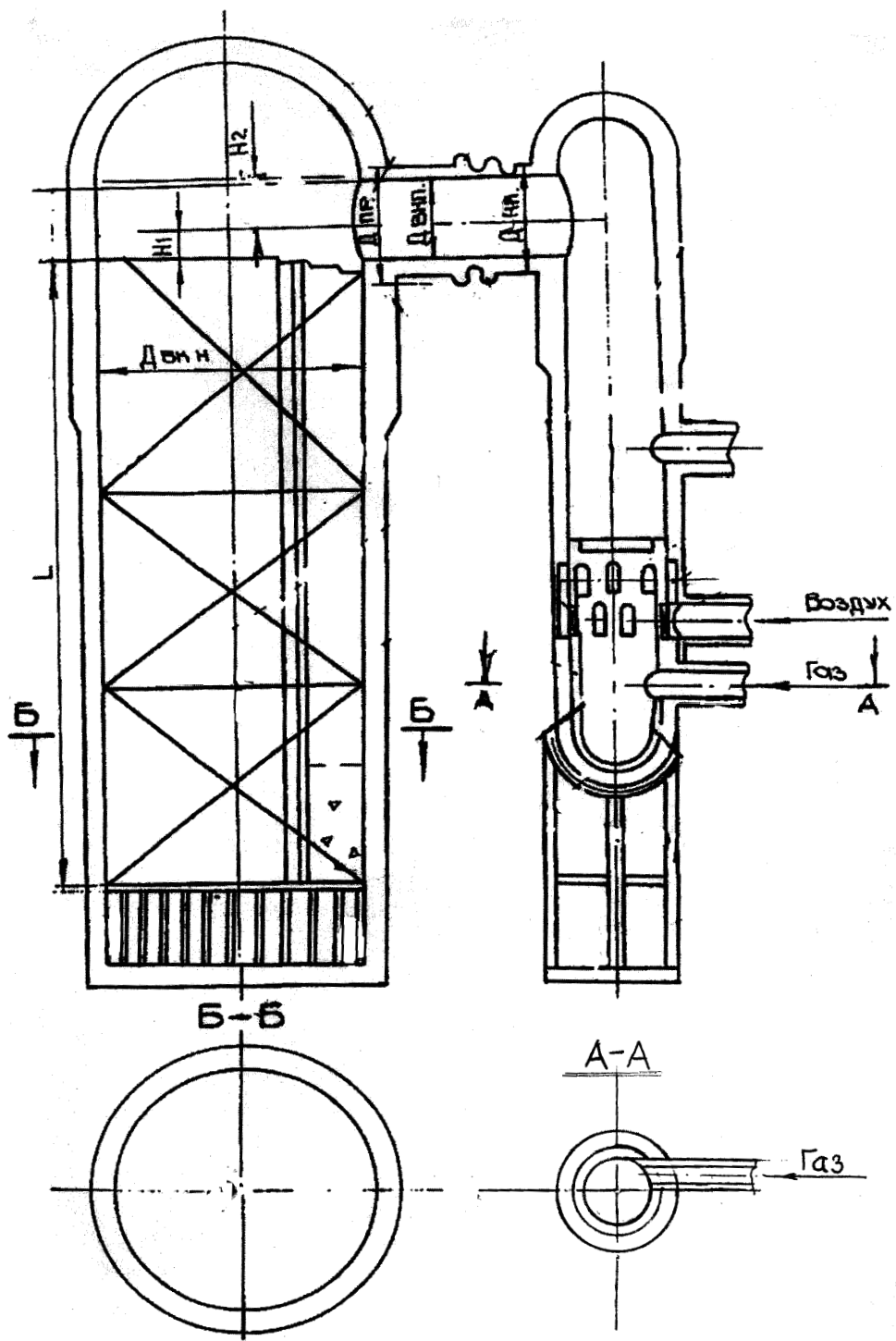


Рис. 3. Реконструкция воздухонагревателя с внутренней камерой горения на воздухонагреватель для отопления его керамической струйно-факельной горелкой, располагаемой вертикально в нижней части вынесенной камеры горения

Имеется, однако, например, на ВН ДП-2 ОАО «Азовсталь» опыт автоматической коррекции горения по O_2 и CO в отходящих продуктах горения с воздействием на дополнительный дроссель на подводе доменного газа к каждому ВН. При относительно плотной разделительной стене ВН с внутренней камерой горения наличие автоматической коррекции горения при переменной теплоте сгорания доменного газа приводит к уменьшению содержания CO в отходящем дыме ВН на порядок.

Выводы

Предлагается ряд конструкций воздухонагревателей (ВН) с купольным отоплением, отличающихся встречной подачей газа и воздуха на первой стадии сжигания и закруткой их струй на второй стадии. Соединение купольной и дополнительной горелок в одном из вариантов ВН и возможность регулирования распределения компонентов горения между первой и второй стадиями горения позволяют организовать качественное сжигание на объекте без стендовых испытаний на модели.

Список литературы

1. Патент № 2145637. Российская федерация Я.П. Калугин С 1 Кл. С21В 9/02. Бюл. № 5, 20.02.2000.
2. Патент на корисну модель № 35641. Спосіб нагріву доменного дуття у безшахтному повітрянагрівачі. Ю.С. Кривченко, С.В. Бичков, В.Г. Литвяк, А.М. Жаріков, О.С. Гусаров, О.О. Вибиванець, Л.П. Грес, Ю.М. Флейшман. Бюл. № 18, 25.09.2008.
3. Л.П. Грес. Высокоэффективный нагрев доменного дутья. – Дн-вск, Пороги, 2008. – 492 с.
4. Патент Украины № 54088, Воздухонагреватель доменной печи. Л.П. Грес, О.В. Дубина, А.В. Сокуренок и др., МКІ С21В 9/00. Бюл. № 2, 17.02.2003.
5. Патент Украины № 54089, Воздухонагреватель доменной печи. Л.П. Грес, О.В. Дубина, А.В. Сокуренок и др. МКІ С21В 9/00. Бюл. № 2, 17.02.2003.
6. Патент Украины № 54090, Способ реконструкции воздухонагревателей. Л.П. Грес, О.В. Дубина, А.В. Сокуренок и др. Кл. С21В 9/00. Бюл. № 2 от 17.02.2003.

Рукопись поступила 01.07.2009 г.