

Анализ данных показал, что есть генераторы, работающие на свинцово-висмутовом теплоносителе, следовательно, существует возможность полезного использования теплоты жидкой стали. Эти реакторы были установлены на атомных подводных лодках. Рабочие характеристики приведены в табл. 2.

Таблица 2

Рабочие характеристики реакторов

Характеристика	БРЕСТ-ОД-300	СВБР-10	СВБР-75/100
Тепловая мощность, МВт	175	43,3	280
Паропроизводительность, кг/с	370	56	580
Давление пара, МПа	25	4,2	9,2
Температура пара, °С	525	410	400
Температура теплоносителя, °С			
на входе	540	320	345
на выходе	420	480	495

В настоящее время ведутся теоретические и экспериментальные исследования различных способов разлива.

#### *Библиографический список*

1. Строгонов К.В., Картавец С.В. Жидкая сталь: использование теплоты и скоростная разливка. Магнитогорск: МГТУ, 2006.
2. Строгонов К.В. Расчет охлаждения непрерывно-литой полосы // Энергетики и металлургии настоящему и будущему России: Тез. докл. 3-й Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Магнитогорск: МГТУ, 2002. С. 20.
3. Строгонов К.В. Обоснование выбора схемы энергосбережения непрерывной скоростной разливки // Энергетики и металлургии настоящему и будущему России: Тез. докл. 4-й Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Магнитогорск: МГТУ, 2003. С. 44.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА В ГАЗОВОЙ ТЕПЛОЙ ПУШКЕ**

*Михайлова В.А., Попов Д.Н., Варфоломеева О.И., Стерхов В.А., Хворенков Д. А.  
Ижевский государственный технический университет  
tguug@istu.ru*

Газовый нагреватель прямого действия – тепловая пушка предназначена для нагрева воздуха в замкнутом помещении и сушки различных строительных конструкций. Тепловые пушки, работающие на природном газе, получили широкое распространение в различных отраслях промышленности, включая строительство, благодаря автономности работы, простоте запуска и останова, высокой тепловой производительности и высокому кпд. Тепловые пушки представляют собой устройства, в состав которых входит газовая горелка и воздушный вентилятор, обеспечивающий транспортировку выделяемого тепла.

Тепло, полученное в процессе горения газа за счет конвективной и лучистой составляющей теплообмена, передается движущему воздуху. Часть тепла идет на нагрев корпуса пушки. В стационарном режиме теплопередачи темпе-

ратура корпуса может достигать значительных величин. Задачей расчета теплообменных процессов является оптимизация геометрических, газодинамических и расходных параметров тепловой пушки с целью снижения тепловых потерь.

Высокие требования по безопасности и полноты сгорания газа предъявляются к газовой горелке. В настоящее время накоплен достаточно большой опыт проектирования газовых горелок, применяемых в устройствах различного назначения. Горелка тепловой пушки должна устойчиво работать в спутном воздушном потоке с сохранением рабочей температуры.

Исходя из принятого на практике ряда мощности тепловых пушек, был выполнен расчет конструктивных параметров газовых горелок по схеме, представленной на рис. 1, по методике, предложенной в работе [1].

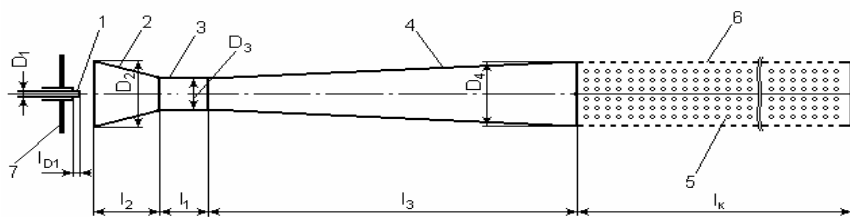


Рис. 1. Расчетная схема горелки

- 1 – сопло; 2 – конфузор;  
3 – горловина; 4 – диффузор;  
5 – распределительный коллектор; 6 – огневые отверстия; 7 – воздушно-регулирующая шайба.

Результаты расчетов конструктивных характеристик газовых горелок, работающих на летней пропан-бутановой смеси, представлены в таблице.

Конструктивные характеристики газовых горелок, работающих на летней пропан-бутановой смеси

Параметр	Мощность газогорелочных устройств, кВт (кДж/ч)				
	10 (36000)	15 (54000)	30 (108000)	50 (180000)	70 (252000)
Расход газа $Q_G^h$ , м <sup>3</sup> /ч (кг/ч)	0,334 (0,810)	0,501 (1,251)	1,003 (2,429)	1,671 (4,049)	2,339 (5,668)
Скорость газа в выходном сечении сопла $W_G$ , м/с	265,866	265,866	265,866	265,866	265,866
Диаметр сопла $D_1$ , мм	0,74	0,90	1,28	1,65	1,95
Диаметр горловины $D_3$ , мм	16,33	20,00	28,28	36,51	43,20
Диаметр конфузора $D_2$ , мм	30,21	37,00	52,32	67,55	79,92
Диаметр диффузора $D_4$ , мм	26,13	32,00	45,25	58,42	69,12
Длина конфузора $l_1$ , мм	26,13	32,00	45,25	58,42	69,12
Длина горловины $l_2$ , мм	57,15	69,99	98,99	127,79	151,20
Длина диффузора $l_3$ , мм	80,09	98,09	138,72	179,09	211,90
Число отверстий $N_{омв}$ , шт., при диаметре $d_{омв}$ : - 0,8 мм	1066	1600	3199	5332	7465
- 1,0 мм	683	1024	2048	3413	4778
- 1,5 мм	303	455	910	1517	2123
- 2,0 мм	171	256	512	853	1194

В результате анализа воздушных дозвуковых потоков, распространяющихся в осесимметричных каналах, были разработаны компоновочные схемы вза-

имного размещения газовой горелки, и вентилятора. Предложены схемы воздушного тракта с использованием тепловых экранов, образующих вместе с корпусом пушки кольцевой канал, обеспечивающий вторичный поток холодного атмосферного воздуха. Вторичный поток, поступающий в кольцевой канал, позволяет снизить рабочую температуру корпуса тепловой пушки.

Для численного моделирования газодинамических и теплообменных процессов в тепловой пушке была разработана математическая модель газозвушного тракта, позволяющая варьировать компоновочные схемы и геометрические параметры трактов, а также расходные характеристики газа и воздуха.

Течение в трубе и теплообмен описывались системой уравнений, включающей уравнения Навье-Стокса в трехмерной постановке. В процессе теплообмена в тепловой пушке лучистая составляющая является преобладающей. С учетом условий взаимодействия воздушного потока и газового пламени была выбрана диффузионная модель излучения, описанная в работе [2]. Так как на практике основное положение тепловой пушки является горизонтальным, то расчет проводился с учетом действия гравитационных сил.

Решалась сопряженная задача теплообмена с излучением газа в объеме. Геометрическая модель рассматриваемого объема состоит из двух расчетных областей (рис. 2) – газового пространства 1 и стальной пластины 2, сопряженных по общим границам.

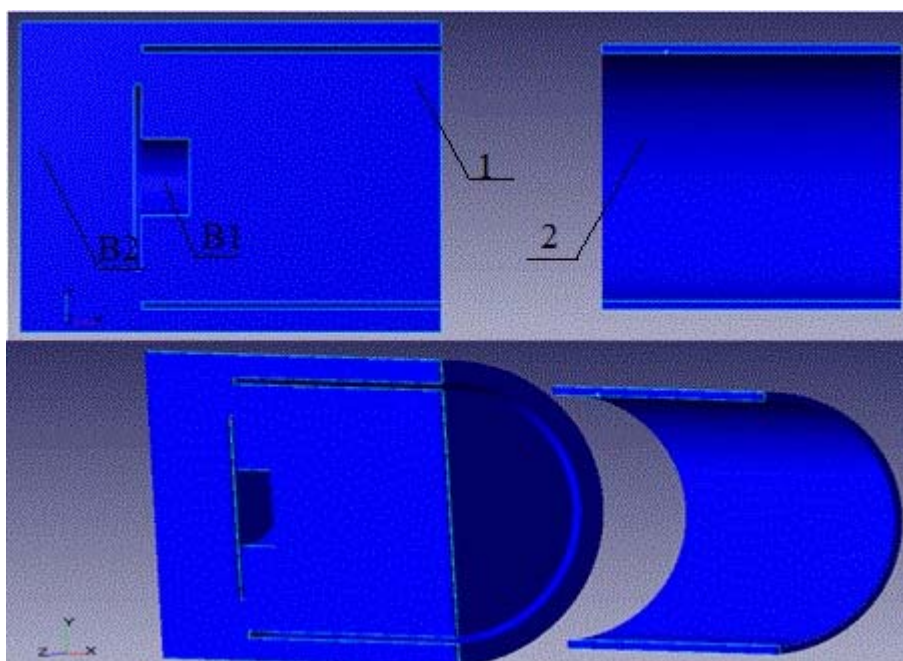


Рис. 2. Расчетные области тепловой пушки.

B1 – вход холодного воздуха, поступающего от вентилятора;  
B2 – вход горячих продуктов сгорания в расчетную область.

В результате расчета были определены поля скоростей и поля температур в расчетных областях газозвушного тракта тепловой пушки. Выполнен тем-

пературный расчет воздушной струи, распространяющейся за пределами пушки. Результаты расчетов позволяют выбирать геометрическую схему газоздушного тракта, расходы газа и воздуха, обеспечивающие заданные параметры по выделяемой тепловой мощности и заданное распределение тепла за пределами тепловой пушки исходя из ее назначения и условий эксплуатации.

#### Библиографический список

1. Стаскевич Н. Л., Северинец Г. Н., Вигдорчик Д. Я. Справочник по газоснабжению и использованию газа. Л.: Недра, 1990. 762 с.
2. Четвертушкин Б.Н. Математическое моделирование задач динамики излучающего газа. М.: Наука. Главная редакция физ.-мат. литературы, 1985. 304 с.

## ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ ДАЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТА СИНТЕЗ-ГАЗА ОТ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Мракин А.Н., Николаев Ю.Е.

Саратовский государственный технический университет,  
anton1987.87@mail.ru

Синтез-газ, вырабатываемый на энерготехнологических установках (ЭТУ) с парокислородной газификацией угольной пыли [1], может транспортироваться для замещения твердых топлив и природного газа в топливоиспользующих установках промышленных и коммунально-бытовых потребителей и для улучшения экологической обстановки урбанизированных территорий. Схема такого газоснабжения показана на рис. 1.

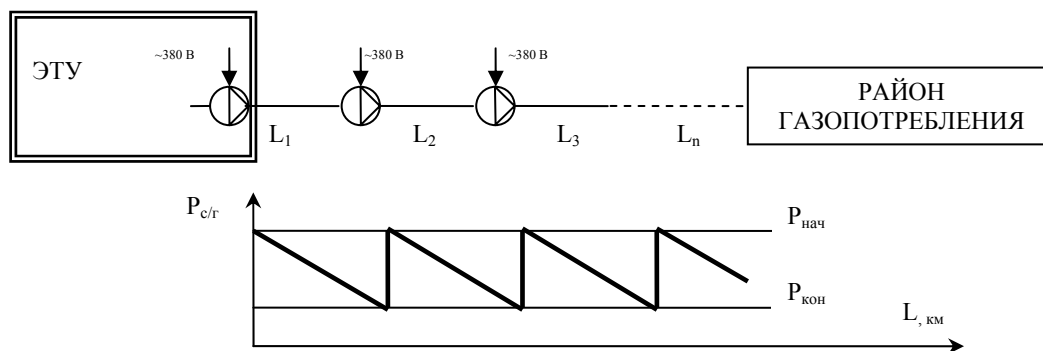


Рис. 1. Расчетная схема газоснабжения потребителей

При потреблении 2,338 млн. т угля в год ЭТУ вырабатывает  $G_{сг} = 5924,34$  млн м<sup>3</sup> синтез-газа. Для передачи газа потребителям может быть использован надземный однопоточный газопровод из трубы 1392x14 мм, обеспечивающий допустимую скорость 25 м/с. Давление синтез-газа в конце магистрального участка, подаваемого на ГРП потребителей, принято равным 0,3 МПа. На основании проведенных гидравлических расчетов линейной части магистрального газопровода синтез-газа с использованием [2, 3] удельное падение давления составило 20 Па/м, коэффициент гидравлического трения 0,018 (среднее давление