

УДК 623.435.004

Н.С. Кобелев д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

С.С. Федоров, ст. преподаватель, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: ssfedorov@list.ru)

В.Н.Кобелев, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kafedra-ipm@mail.ru)

В.А.Жмакин, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kafedra-ipm@mail.ru)

С.В. Павлов, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kafedra-ipm@mail.ru)

Д.В. Цуканова, магистр, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kafedra-ipm@mail.ru)

ПРИРОДНЫЙ ГАЗ КАК ТЕПЛОНОСИТЕЛЬ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА, ВКЛЮЧАЮЩЕГО ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНУЮ СТАНЦИЮ

В работе на основе обзора известных проектных решений предложена конструкция энергоэффективной системы отопления строительного комплекса производственных зданий, включающих газораспределительные станции, с применением природного газа в качестве теплоносителя для теплообменного аппарата в виде вихревой трубы, использующего энергию перепада давления как источник тепла.

Ключевые слова: обзор проектных решений, строительный комплекс, энергоэффективность, природный газ, вихревой теплообменный аппарат, система отопления, экологическая безопасность, производственное здание.

В настоящее время большое внимание при проектировании уделяется вопросам энергоэффективности во всех областях строительного производства и топливно-энергетического комплекса, связанного с выработкой, транспортировкой и потреблением энергоресурсов, в том числе и в вопросах снижения энергоёмкости систем отопления, особенно строительных комплексов из небольших производственных зданий и индивидуального жилого помещения [1].

Производство тепловой энергии для коммунальных нужд неизменно сопряжено с негативным воздействием на окружающую среду. Эта проблема особенно актуальна в условиях напряженной экологической ситуации в большинстве крупных городов России, сложившейся за последние годы. Внедрение автономного теплоснабжения позволяет улучшить сложившуюся экологическую ситуацию и соответственно повысить эффективность использования тепловой энергии до 85-97%, вместо существующего при центра-

лизованном теплоснабжении 55-60%. Суммарный выход продуктов сгорания при автономном теплоснабжении существенно меньше и безопаснее выбросов, которые наблюдаются на существующих ТЭЦ.

В результате анализа применения различных теплообменных аппаратов в системе отопления производственных помещений с использованием в качестве теплоносителя жидких и газообразных рабочих тел установлена целесообразность использования вихревого теплообменника при регулировании давления между подающим газопроводом и местными сетями потребления. Использование данной энергии движущегося потока газа возможно при применении вихревой трубы как устройства для частичного понижения избыточного давления. Применение математического моделирования в процессе проектирования систем отопления небольших производственных помещений с децентрализованным теплоснабжением позволит получать эффективные

инженерные решения с нетрадиционным использованием энергоресурсов.

Произведем теплофизический расчёт вихревого теплообменника

Определяем необходимую тепловую мощность здания газораспределительного пункта с температурой внутри помещения, равной допускаемой 5°C.

$$Q_{от} = Q_{тп} + Q_{в} + Q_{и(в)} - Q_{б}, \quad (1)$$

где $Q_{от}$ – тепловая мощность системы отопления, [Вт];

$Q_{тп}$ – тепловые потери через ограждения, [Вт];

$Q_{в}$ – теплота, затрачиваемая на нагрев воздуха, [Вт];

$Q_{и(в)}$ – одна из больших величин теплоты, затрачиваемой на подогрев инфильтрационного или вентилируемого воздуха, [Вт];

$Q_{б}$ – теплота бытовых выделений, [Вт].

Применительно к типовому зданию ГРП $Q_{от}$ составляет 2315,13 Вт.

Определяем необходимый расход газа в вихревой трубе для поддержания температуры «горячего» потока на входе в теплообменник $t_{вх}^r = 100^\circ\text{C}$ и на выходе $t_{вых}^r = 70^\circ\text{C}$.

$$Q_{от} = V^r \cdot C_p^r (t_{вх}^r - t_{вых}^r), \quad (2)$$

тогда

$$\begin{aligned} V^r &= \frac{Q_{от}}{C_p^r (t_{вх}^r - t_{вых}^r)} = \\ &= \frac{2315,13}{1,74 \cdot (100 - 70)} = 0,044 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}. \end{aligned}$$

Определяем необходимую площадь теплообменного аппарата из уравнения теплопередачи

$$Q_{от} = K \cdot \Delta t_{cp} \cdot F, \quad (3)$$

где K – коэффициент теплопередачи по длине цилиндрической трубы (теплообменника – вихревой трубы).

$$K = \frac{1 \cdot 0,8}{\frac{1}{d_n \cdot \alpha_1} + \frac{1}{2 \cdot \lambda} \ln \frac{d_n}{d_{вн}} + \frac{1}{d_n \cdot \alpha_2}}, \quad (4)$$

где α_1 – коэффициент теплоотдачи от «горячего» потока газа к внутренней стенке теплообменника $\alpha_1 = 58,37 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{C}}$;

α_2 – коэффициент теплоотдачи от наружной стенки теплообменника к воздуху помещения ГРП, $\alpha_2 = 8,28 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{C}}$;

λ – теплопроводности стальной трубы, $\lambda = 50 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{C}}$;

0,8 – потери теплоты в связи с выходом «холодного» потока.

Диаметр вихревой трубы: внутренней $d_{вн} = 70$ мм, наружной – $d_n = 76$ мм,

$$\omega_{вх}^r = 15,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad \omega_{вых}^r = 12,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad d_{ус} = 0,065 \text{ м}.$$

Тогда

$$\begin{aligned} K &= \frac{1 \cdot 0,8}{\frac{1}{0,07 \cdot 58,37} + \frac{1}{2 \cdot 50} \ln \frac{0,076}{0,07} + \frac{1}{0,076 \cdot 8,28}} = \\ &= 4,9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{C}}, \end{aligned}$$

Δt_{cp} – средний температурный напор теплообмена между «горячим» потоком вихревой трубы и воздухом помещения ГРП, определяется из формулы:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}},$$

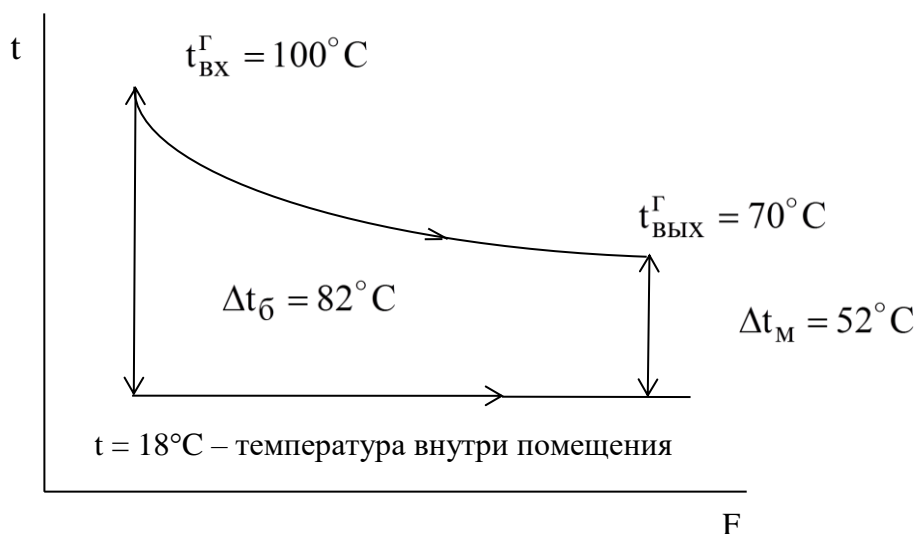
$$\text{тогда } \Delta t_{cp} = \frac{82 - 52}{2,3 \cdot \lg \frac{82}{52}} = 63,4^\circ\text{C}.$$

В этом случае поверхность теплообменника – вихревой трубы определяется как [2]:

$$F = \frac{Q_{от}}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{9786}{4,9 \cdot 63,4} = 3,1 \text{ м}^2, \quad (5)$$

а длина вихревой трубы

$$l = \frac{F}{2 \cdot \pi \cdot d_n} = \frac{3,1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,076} = 0,6 \text{ м}.$$



Определяются условия поддержания заданного перепада температур «горячего» на входе и выходе из теплообменного аппарата, т.е. $T_{\text{ВХ}}^r = 100^\circ\text{C}$ и $T_{\text{ГОР}}^r = 70^\circ\text{C}$ или $\Delta T = 30^\circ\text{C}$.

С учётом приближённости адиабатного процесса вихреобразования к реальному термодинамическому температуру «горячего» потока определяем по формуле [3]:

$$T_{\text{ГОР}} = T + r \cdot \left(\frac{\omega^2}{2 \cdot C_p} \right), \quad (6)$$

где r – коэффициент восстановления, определяющий долю превращения кинетической энергии в теплоту, $r = \sqrt[3]{P_r} = \sqrt[3]{0,69} = 0,88$.

Тогда на входе в вихревую трубу после термодинамического расслоения газового потока имеем:

$$T_{\text{ГОР}}^{\text{ВХ}} = 273 + 0,88 \cdot \frac{15,2^2}{2 \cdot 1,006} = 373 \text{ К.}$$

$$T_{\text{ГОР}}^{\text{ВЫХ}} = 273 + 0,88 \cdot \frac{12,8^2}{2 \cdot 1,006} = 343 \text{ К.}$$

Для поддержания заданного температурного перепада [4] по мере охлаждения «горячего» потока от 100°C до 70°C разработано оригинальное техническое решение по созданию теплообменного аппарата со ступенчатым подводом тер-

модинамически расслаиваемого газа на вводах, последовательно размещённых по длине теплообменного аппарата. На данную конструкцию получен патент РФ [5].

На основании проведённых экспериментальных исследований теоретически рассчитанная длина (1) вихревого теплообменного аппарата разделена на три самостоятельные части ввода и вывода термодинамически расслоенного газа с последующим суммированием потоков перед поступлением данной смеси в регулятор расхода природного газа.

Вывод

Разработанная математическая модель стала основой проектирования конструкции, которая позволяет не только экономить газ как топливо в системе водяного отопления строительного комплекса в виде производственного здания, устраняя необходимость установки АГВ, в которой он сгорает для подогрева воды системы отопления, ухудшая тем самым экологию окружающей среды, но и обеспечивает более комфортные условия работы регулятора расхода за счет уменьшения перепада регулируемого давления газа, поступающего к потребителю.

Список литературы

1. Клюева Н.В., Тамразин А.Г. Основополагающие свойства конструктив-

ных систем, понижающих риск отказа элементов здания // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 5(44). – С. 126-132.

2. Меркулов, А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. – М.: Машиностроение, 1979. – 386 с.

3. Сарманаев С.Р., Десятков Б.М., Моделирование микроклимата жилых и производственных зданий // Изв. вузов. Строительство. – 2002. №1–2. – С. 70–78.

4. Кобелев Н.С., Павлова Е.В., Кобелев В.Н. Теплотехнические основы автома-

тизированного контроля тепломассообмена на пористой перегородке очистного устройства // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 3(42). – С. 92-97.

5. Пат. № 2482907 РФ МПК⁷ В01J 2/20. Газораспределительная станция / Н. С. Кобелев [и др.]; заявитель и патентообладатель Юго-Зап. гос. техн. ун-т. №2011138162/05; заявл. 16.09.2011; опубл.27.05.2013, Бюл. № 15.

Получено 18.11.15

N. S. Kobelev, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

S. S. Fedorov, Senior Lecturer, Southwest State University (Kursk) (e-mail: ssfedorov@list.ru)

V. N. Kobelev, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kafedra-ipm@mail.ru)

V. A. Zhmakin, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kafedra-ipm@mail.ru)

S. V. Pavlov, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kafedra-ipm@mail.ru)

V. D. Tsukanov, Master, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kafedra-ipm@mail.ru)

NATURAL GAS AS A HEAT CARRIER THE HEATING SYSTEM OF INDUSTRIAL PREMISES OF THE BUILDING COMPLEX INCLUDING GAZORASPREDELITELNYE STATION

On the basis of a review of known design decisions, the design of energy-efficient heating system of a building complex of industrial buildings, including gas distribution stations using natural gas as a heat carrier for heat exchanger in the form of a vortex tube that uses the energy of the pressure drop as the heat source.

Key words :review of design solutions, construction industry, energy efficiency, natural gas, a vortex heat exchanger, heating system, ecological safety, industrial building.

УДК 711.1

Т.П. Тихонова, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail kaf_nedv@rambler.ru)

Г. С. Тюнина, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: tyunina-94@mail.ru)

М. Д. Карапетян, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: tyunina-94@mail.ru)

ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ КАК БАЗОВАЯ ЧАСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА

Представлена схема М.Я. Вильнера, рассмотрены этапы разработки документации территориального планирования. Определена роль территориального планирования в процессе развития застроенных территорий.

Ключевые слова: планирование территории, территориальный план, генеральный план, строительство.

Наиболее рациональная организация территории, размещение на ней производственных предприятий, коммуникаций, жилой застройки с учетом географических,

экономических, социальных, архитектурно-строительных, инженерных и производственных условий – эти задачи решает проект территориального планирования. В