

## Выводы

1. Предложенный способ получения топлив на основе растительных масел и спиртов позволяет заменить токсичный метиловый спирт на этиловый при производстве биодизельного топлива.

2. Данный способ позволяет значительно упростить оборудование и технологию для получения биотоплива из растительных масел и спиртов.

3. Предложенный способ будет рекомендован к широкому внедрению после тщательного исследования свойств получаемого топлива и проведения испытаний на моторных стендах и автомобильном транспорте.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Долінський А.А., Грабов Л.М., Мерцій В.І., Грабова Т.Л. Високотехнологічне виробництво альтернативного біопалива з рослинної сировини. // Міжнародний науково-технічний журнал

«Автогазозаправочний комплекс + альтернативне топливо». – Москва, 2005. – №3. – С. 62-64.

2. Чаплигін С.М., Грабов Л.М. Дослідження теплових процесів при виробництві біодизельного палива з ріпакової олії. // Міжфакультетський журнал «Енергетика, економіка, технології, екологія» НТУУ «КПІ», Київ. – 2005, №1. – С. 52-57.

3. Грабов Л.Н., Шматок А.И. Производство альтернативного биодизельного топлива и перспективы его развития // Пром. теплотехника. – 2008. – т. 30, №1. – С. 60-65.

4. Долинский А.А., Грабов Л.Н., Мерцій В.І., Шматок А.И. Продукування енергоносіїв з відновлювальної рослинної сировини // Енергетика та електрифікація. – 2008. – №9. – 2008 р. – С.44-50.

5. Девянин С.Н., Марков В.А., Семенов В.Г. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. – Ч.: Новое слово, 2007. – 452 с.

УДК 662.997

Гусалов М.Р.

Институт технической теплофизики НАН Украины

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАССИВНОГО СОЛНЕЧНОГО АБСОРБЕРА

*Головна мета роботи – розробка методики розрахунку пасивного сонячного абсорбера та оптимізація можливості його використання на території України.*

*Главная цель работы – разработка методики расчета пассивного солнечного абсорбера и оптимизация возможности применения его на территории Украины.*

*The main objective – development of the methodology of calculation of passive solar absorber and optimization of the possibility of applying it to the territory of Ukraine.*

$d_e$  – эквивалентный диаметр прохода;  
 $F$  – площадь тепловосприятя;  
 $G_B$  – массовый расход воздуха;  
 $S$  – площадь поперечного сечения воздуховода;  
 $t_{cp}$  – средняя температура воздуха;  
 $t_{вых}$  – теоретическая температура на выходе;

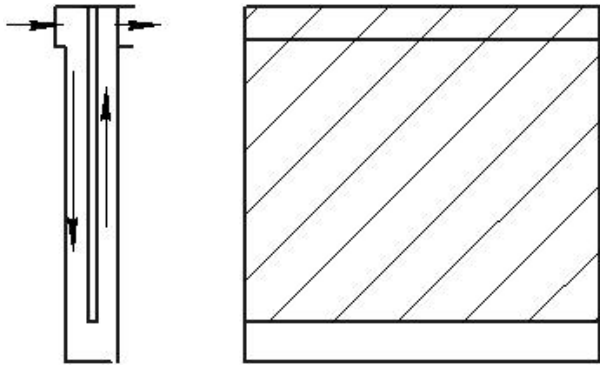
$t_{pвых}$  – реальная температура на выходе;  
 $\Delta t$  – температурный напор;  
 $W$  – скорость воздуха;  
 $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи;  
 $\theta$  – относительная ошибка;  
ПСА – пассивный солнечный абсорбер.

В условиях подорожания органических видов топлив всё более актуально использование альтернативных источников теплоснабжения. Одним из них является пассивный солнечный абсорбер (рис.1). Использование технологий подогрева воздуха с утилизацией теплоты солнечной энергии и последующей подачей воздуха на рекуператор давно известны, например такие

экспериментальные установки эксплуатируются сегодня в Дании и других странах Европы. [1, 2].

Основной задачей работы было изучение особенностей использования пассивного солнечного абсорбера (ПСА), для сокращения времени отопительного сезона малоэтажных зданий в условиях климата Украины.

Рассмотрено два варианта использования



**Рис. 1. Функциональная схема работы пассивного солнечного абсорбера.**

ПСА, первый – только для подогрева наружного воздуха перед его поступлением в рекуператор приточно-вытяжной вентиляционной установки, и второй – с дополнительной возможностью использования ПСА для подогрева воды системы горячего водоснабжения здания в летний период времени.

В первом варианте, при работе только на подогрев воздуха перед его поступлением в рекуператор, работа ПСА выглядит следующим образом.

Вход воздуха находится в верхней наружной части ПСА, воздух опускается вниз, в щелевом зазоре образованном прозрачным стеклом и теплопринимающей поверхностью, представляющей собой металлический лист и, обтекая его, поднимается, вверх по второму щелевому зазору, откуда попадает в здание, получая теплоту солнечного излучения путём радиационного и конвективного теплообменов.

Теплопринимающая поверхность представляет собой высокоэффективную селективную поверхность со степенью черноты не менее 0,9. Рекомендуется установка на теплопринимающей поверхности турбулизаторов

аэродинамического потока, либо использование рифлёной поверхности (с углублениями и выступами), либо крепление к ней небольших штырей, которые служат для изменения скорости потока и улучшают теплообмен между воздухом и поверхностью. [2].

Подогретый воздух, дойдя до низа ПСА, делает поворот на 180 градусов и поднимается вверх по пути вверх воздух подогревается дополнительно за счет конвекции с селективной поверхностью и стеной здания. После этого воздух через заборное отверстие и вентиляционный короб поступает в рекуператор приточно-вытяжной установки. Исходя из аэродинамического сопротивления ПСА на входе в рекуператор, или на выходе из солнечного абсорбера предполагается установка дополнительного вентилятора. В данном режиме работы в летнее время года ПСА необходимо закрывать от попадания солнечного излучения защитным экраном.

Второй вариант работы предусматривает режим, когда кроме работы на подогрев воздуха в холодное время года, ПСА работает летом на подогрев ГВС, вносятся некоторое изменение в его конструкцию, а именно, нами предлагается: на теплопринимающей поверхности установить змеевик, заполненный циркулирующей по нему водой и соединенный с емкостным баком накопителем, вода в этом случае нагревается за счет теплоты, полученной от солнечного излучения и воспринятой теплопринимающей поверхностью.

В остальном цикл работы ПСА остается прежним. В летнем режиме работы дополнительно перекрывается заслонка подачи воздуха на рекуператор.

В расчетах принималось, что солнечный абсорбер будет установлен на вертикальную поверхность ограждающей конструкции здания жилой площадью 90 ... 150 м<sup>2</sup>. Площадь коллектора принята 24 м<sup>2</sup>, КПД солнечного коллектора принята 0,4. [3]. Значения среднемесячных температур для широты г. Киева приведены в табл.1.

Табл.1. Значения температур по месяцам года для широты города Киева.

| Температура | I    | II   | III | IV  | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X   | XI  | XII   | Год  |
|-------------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-------|------|
| Средняя     | -5,6 | -4,2 | 0,7 | 8,7 | 15,1 | 18,2 | 19,3 | 18,6 | 13,9 | 8,1 | 2,1 | - 2,3 | +7,7 |

Расчет велся для четырех значений температуры свежего воздуха: -10, -5, 0 и +5 градусов Цельсия. Расчет производился по следующим формулам: Эквивалентный диаметр прохода –

$$d_e = \frac{4(B \cdot \delta)}{2(B + \delta)}, \quad (1)$$

Массовый расход воздуха –

$$G_B = Q_{\text{над}} \cdot \rho_B, \quad (2)$$

Теоретическая температура на выходе –  

$$T_{\text{вых}} = \frac{Q_{\text{пад}}}{G_B} + T_{\text{вх}} \quad (3)$$

Площадь поперечного сечения воздуховод –  

$$S = 0,785 \cdot d_e^2 \quad (4)$$

Средняя температура воздуха –  

$$t_{\text{ср}} = \frac{T_{\text{вх}} + T_{\text{вых}}}{2} \quad (5)$$

Скорость воздуха –  

$$W = \frac{V_{\text{ср}}}{S} \quad (6)$$

Площадь тепловоспринимающая –  

$$F = B \cdot H \quad (7)$$

Коэффициент теплоотдачи от стенки к воздуху –  

$$\alpha = 0,023 \frac{\lambda}{d_e} \cdot \left( \frac{W \cdot d_e}{\nu} \right) \cdot \text{Pr}^{0,4} \cdot C \quad (8)$$

Температурный напор –  

$$\Delta t = \frac{Q_{\text{пад}} \cdot 1000}{K_{\text{III}} \cdot F} \quad (9)$$

Реальная температура на выходе –  

$$t_{\text{р.вых}} = 2 \cdot t_{\text{ср}} - t_{\text{вх}} \quad (10)$$

Относительная ошибка –  

$$\theta = 100 \cdot \left| \frac{t_{\text{вых}} - t_{\text{р.вых}}}{t_{\text{вых}}} \right| \quad (11)$$

Расчетные значения представлены в табл. 2

Табл. 2. Результаты расчетов ПСА

| Значение                                                                                                                                          | Температура |        |        |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------|--------|--------|
|                                                                                                                                                   | -10         | -5     | 0      | +10    |
| Среднее значение падающей энергии                                                                                                                 | 1,7         |        |        |        |
| Габариты витрины, м                                                                                                                               | 4x6         |        |        |        |
| Объемный расход воздуха, м <sup>3</sup> /с                                                                                                        | 0,1         |        |        |        |
| Зазор витрины, м                                                                                                                                  | 0,1         |        |        |        |
| Эквивалентный диаметр прохода, м                                                                                                                  | 0,1         |        |        |        |
| Температура на входе, °С                                                                                                                          | -10         | -5     | 0      | +5     |
| Массовый расход воздуха, кг/с                                                                                                                     | 0,12        |        |        |        |
| Плотность воздуха, кг/м <sup>3</sup>                                                                                                              | 1,2         |        |        |        |
| Теоретическая температура на выходе, °С                                                                                                           | 4,167       | 9,167  | 14,167 | 19,167 |
| Площадь поперечного сечения воздуховода, м <sup>2</sup>                                                                                           | 0,01        |        |        |        |
| Теоретическая средняя температура воздуха, °С                                                                                                     | 2,917       | 2,083  | 7,082  | 12,08  |
| Скорость воздуха, м/с                                                                                                                             | 3,346       |        |        |        |
| Площадь тепловоспринимающая, м <sup>2</sup>                                                                                                       | 24          |        |        |        |
| Теплофизические параметры воздуха: $\lambda = 0,038 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ , $\nu = 32 \cdot 10^{-6}$ , $\text{Pr} = 0,681$ |             |        |        |        |
| Температура стенки, °С                                                                                                                            | 67          | 67     | 90     | 105    |
| Коэффициент теплоотдачи от стенки к воздуху,                                                                                                      | 61,225      | 65,93  | 50,95  | 46,061 |
| Температурный напор, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$                                                                                | 69,416      | 64,463 | 83,415 | 92,27  |
| Реальная температура на выходе, °С                                                                                                                | 4,167       | 10,07  | 13,169 | 20,461 |
| Относительная ошибка, %                                                                                                                           | 24,04       | 9,9    | 7,03   | 6,752  |

### Выводы

Проведенные расчёты показали, что с помощью пассивного солнечного абсорбера, на широте города Киева, возможно, получить от 6 до 12 кВт тепловой энергии за световой день, что позволяет снизить годовые эксплуатационные расходы минимум на 270 грн./месяц и сокра-

тить время отопительного сезона малоэтажного, отдельно стоящего здания на 30 суток. Использование пассивного солнечного абсорбера позволит продлить сезон эксплуатации приточно-вытяжной вентиляции при низких температурах наружного воздуха, а также получить устойчивое горячее водоснабжение в летний период. Сроки

окупаемости создания пассивного солнечного абсорбера составляют не более 12 месяцев.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мхитарян Н.М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строитель-

стве. – Киев. Наукова думка, 2000. – 400 с.

2. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 386 с.

3. Даффи Дж.А., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. – Издательство МИР, 1977. – 409 с.

**Алексеев В.В.**

*Институт технической теплофизики НАН Украины*

## ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ ТОПОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ ГАЗОВОГО КОТЛА МОЩНОСТЬЮ 300 КВТ

*Головною метою роботи було обрати оптимальну математичну модель для розрахунку аеродинамічних характеристик газового котла BERL. З розглянутих моделей з експериментом краще узгоджується ймовірнісна модель PDF.*

*Основной целью работы было выбрать оптимальную математическую модель для расчета аэродинамических характеристик газового котла BERL. Из рассмотренных моделей с экспериментом лучше согласуется вероятностная модель PDF.*

*Main object of current science research was to choose an optimal mathematical model for calculation aerodynamic characteristics of gas-fired boiler BERL. From mathematical models which were used, probabilistic PDF-model have better correlation with experimental data.*

$C^g$  – модельная константа;  
 $f^g$  – доля смешивания;  
 $f_i$  – доля смешивания  $i$ -го компонента,  $\bar{f}$  ;  
 $f'^2$  – среднее значение и дисперсия случайной величины  $f$ ;  
 $p(f)$  – плотность вероятности случайной величины  $f$ ;  
 $t$  – время;  
 $x$  – осевая координата;  
 $Z_i$  – элементарная массовая доля  $i$ -го компонента;

$Z_{i,ox}$ ,  $Z_{i,fuel}$  – массовые доли  $i$ -го компонента в окислителе и топливе на входе соответственно;  
 $\alpha$ ,  $\beta$  – параметры распределения случайной величины  $f$ ;  
 $\mu_t$  – турбулентная составляющая молекулярной вязкости;  
 $\rho$  – плотность;  
 $y_t$  – модельная константа;  
 $\bar{\phi}_i$  – среднее значение любой величины  $\phi_i$ , зависимость которой от  $f$  известна.

На современном этапе развития численных методов благодаря высокой производительности компьютеров перспективным методом анализа аэродинамики и массопереноса при горении топлива в газовых котлах является численное моделирование этих процессов, благодаря которому возможно предвидеть значения аэродинамических и термодинамических характеристик в областях, где экспериментальные измерения провести невозможно.

В нашей работе, для численного моделирования процессов горения и расчетов важных

характеристик факела был выбран котел BERL мощностью 300 кВт с горелкой со стабилизацией пламени закрученным потоком.

### **Математическая модель**

При решении задачи использованы основные законы сохранения (массы, энергии, импульса), принцип неразрывности, для учета химии реакции были использованы две различные модели, турбулентность учитывается в рамках стандартной  $k$ - $\epsilon$  модели, в основе которой лежит численный метод решения уравнения Навье-