

УДК 631.234

В.А. КУБИС
С.В. БАКАНОВА
А.И. ЕРЕМКИН
Н.А. ОРЛОВА

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ВОЗДУШНОГО ОТОПЛЕНИЯ В ТЕПЛИЦЕ

EVALUATION OF AIR HEATING SYSTEMS EFFECTIVENESS IN GREENHOUSES

Приведены результаты экспериментальных исследований газовоздушного теплообменника твердотопливной печи. Произведена оценка режимов работы системы воздушного отопления в теплице. Проанализированы режимы работы печи и теплообменника. Установлены зависимости температуры воздуха на выходе из теплообменника от режима напора печи.

Ключевые слова: теплица, отопление, система теплоутилизации, газовоздушный теплообменник.

В целях получения хорошего дохода от продажи рассады, владельцу личного подсобного хозяйства необходима теплица, соответствующая следующим требованиям:

- обладать высокими теплозащитными свойствами;
- иметь эффективную систему отопления на случай сильных заморозков;
- максимально использовать солнечную энергию;
- иметь удобную и эффективную систему вентиляции;
- иметь увеличенную полезную площадь за счет использования стеллажей.

Таким требованиям удовлетворяет теплица, где реализован принцип утилизации теплоты, основанный на прокачке нагретого воздуха через систему подпочвенных труб [1]. Показано, что теплота, запасенная в почве течение дня, отдаваемая в ночной период, позволяет поддерживать положительную температуру в теплице при наружных температурах воздуха до минус 10 °С [4].

По данным метеонаблюдений за последние годы, эксплуатация теплиц, оснащенных системой теплоутилизации, может начинаться с первых чисел апреля, практически без риска возникновения в ней отрицательных температур [2].

The results of experimental studies of gas-air heat exchanger of solid fuel stove are viewed. Work modes of air heating system in the greenhouse are measured. Work modes of stove and gas-air heat exchanger are analyzed. Dependence between air temperature from heat exchanger and heating mode is established.

Keywords: greenhouse, heating, waste disposal, gas-air heat exchanger.

При совмещении системы теплоутилизации с дополнительным источником теплоты, можно начинать эксплуатацию теплиц с начала марта [3]. Теплица, оснащенная данными системами, имеет размеры 12,6x5,7 м, стены и крыша теплицы покрыты сотовым поликарбонатом толщиной 4 мм. В качестве источника теплоты в теплицах личных подсобных хозяйств чаще всего используют твердотопливные печи или котлы. Для повышения эффективности данных устройств их дополнительно оснащают теплообменниками.

В проведенном исследовании анализировалась работа газовоздушного теплообменника и системы воздушного отопления в теплице (рис. 1).

Анализ работы теплообменника позволяет определить температурный режим в теплице, а также сроки начала и окончания ее эксплуатации в течение года.

Анализ работы теплообменника проводился на реально смонтированной системе отопления, включающей в себя:

- систему утилизации теплоты;
- источник теплоты (твердотопливную печь).

Источником теплоты для системы отопления служит твердотопливная кирпичная печь 1. Воздух, нагнетаемый вентилятором 2, поступает во входной



Рис 1. Печь с газовоздушным теплообменником

коллектор 3, из которого по пучку стальных труб 4, нагреваясь, попадает в выходной коллектор 5. Далее нагретый воздух поступает в систему подпочвенных каналов 6. Проходя по каналам, он отдает часть теплоты окружающей их почве и выходит в помещение теплицы через патрубки 7. Дымовые газы перемещаются по каналам печи 11, омывают 70 % площади поверхности теплообменника, расположенного в теле печи, и выводятся в атмосферу через дымоход 12.

Когда не требуется дополнительный нагрев воздуха, система отопления работает как система теплоутилизации, прокачивая нагретый воздух, забираемый из верхней части теплицы, вентилятором 8. Регулировка работы данных систем осуществляется шиберами 9; регулировка тяги дымовых газов - шибером 14.

Температура воздуха измерялась жидкостными термометрами 13 в характерных точках:

- перед входным коллектором теплообменника;
- после теплообменника;
- на выходе из патрубка 7;
- на стеллажах теплицы.

Фиксировалась температура уходящих газов в алюминиевом дымоходе на расстоянии 1 м от шиберов печи.

Печь выполнена из глиняного кирпича. В качестве топлива использованы березовые сухие дрова. Теплообменник состоит из восьми элементов и смонтирован из прямоугольного стального профиля 50х25 мм, толщина стенки 2 мм. Общая площадь поверхности теплообмена в печи составляет 0,7 м². Еще около 0,3 м² площади поверхности теплообменника

заделано в стенки печи. В этой части также будет происходить незначительный теплообмен.

Подземные каналы выполнены из бетона, залитого по опалубке. Узлы присоединения подземных каналов к источнику теплоты, а также выходные патрубки выполнены из полиэтиленовых канализационных труб. Общая протяженность подземных каналов составляет 50 м. Для побуждения движения воздуха в системе установлен вентилятор Dospel 150 мм (производство Польша) с объемной подачей 285 м³/ч, мощностью 25Вт.

Поверхность почвы теплицы во время эксперимента была покрыта плотным слоем снега толщиной 5-10 см. Были воссозданы условия начала весенней эксплуатации теплицы, когда она отогревается после зимнего сезона. Производилось визуальное наблюдение снеготаяния, прежде всего в местах нахождения подземных каналов.

Постоянно измерялись: температура воздуха на входе в теплообменник; на выходе из него; на выходе из подземных каналов; температура на уровне 80 см от земли в месте расположения стеллажей для растений; температура наружного воздуха. Экспериментальные данные снимались каждые 20 мин во время работы печи, а в некоторых случаях - каждые 5 мин.

Анализировались четыре режима работы печи и теплообменника.

Режим максимального натопы. Необходим для быстрого нагрева воздуха в теплице после холодных ночей (утренний режим). При этом добиваются максимально интенсивного горения пламени в топке печи при максимально открытом шибере дымохода

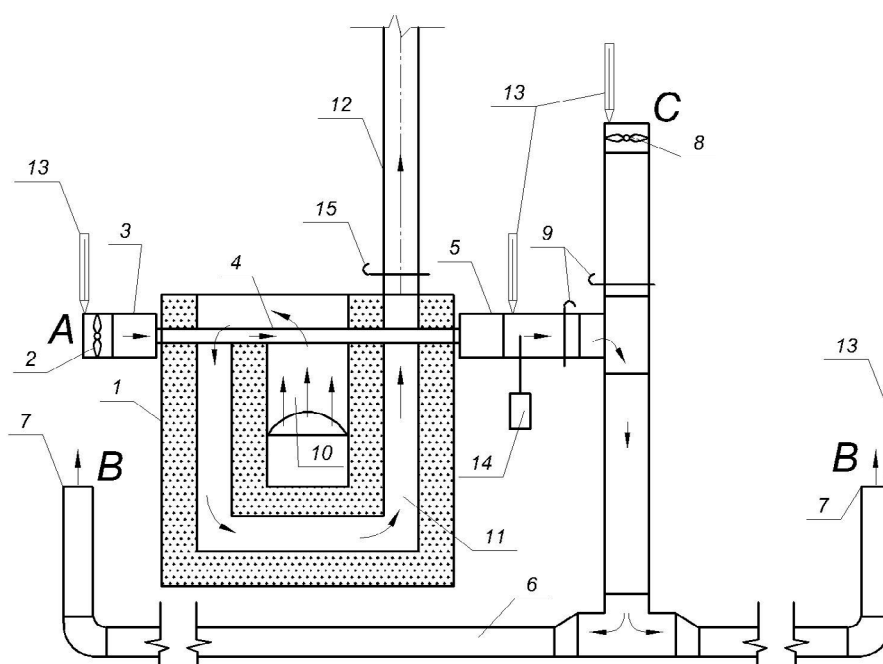


Рис. 2. Схема экспериментальной установки:
 АВ - система отопления с источником теплоты; СВ – система утилизации теплоты

и поддувала зольника. В данном режиме используют мелкие и средние поленья дров.

Режим среднего натопа. Предназначен для максимального прогрева почвы через систему подпочвенных каналов (дневной и вечерний режим). В этом случае топка печи заполнена поленьями средних и крупных размеров.

Режим малого натопа. Цель данного режима добиться максимально долгого горения топлива в тлеющем состоянии (ночной режим). Используются самые крупные поленья, которыми заполняется весь объем топки. При этом шибер на дымоходе прикрыт максимально возможно с сохранением тяги и устойчивого горения топлива.

Режим остывшей печи. Режим, когда топливо в топке полностью прогорело, а система прокачки воздуха продолжает работать (раннеутренний режим). В данном режиме теплообмен в печи практически отсутствует и система работает главным образом на перемешивание воздуха в помещении теплицы, исключая локальные зоны заморозков. Однако, при достаточно хорошем прогреве почвы в местах нахождения подземных каналов, в ночное время происходит обратный процесс, когда воздух, проходя по каналам, забирает тепло от почвы и отдает его в объем теплицы.

Повышение температуры воздуха в теплице осуществляется за счет солнечной энергии и рабо-

ты системы отопления. Оценка количества теплоты, поступающего в теплицу от солнца, производилась путем сравнения экспериментальной теплицы с аналогичной, стоящей рядом. Обе теплицы выполнены из одних и тех же материалов и имеют схожие площадь и объем.

На рис. 3 представлены средние данные по температурам наружного воздуха и воздуха в двух теплицах. Они были получены в период с 25.01.2013 по 27.01.2013. Это был один из самых холодных периодов зимы 2012-2013 гг. Данные свидетельствуют о том, что даже неотапливаемая теплица получает значительное количество теплоты от солнца. Средняя разница температур с наружным воздухом в светлое время суток составляет 18 °С. Экспериментальная теплица при таких условиях имеет среднюю разницу температур с наружным воздухом 23,5 °С, или дополнительные 5,5 °С, полученные благодаря источнику теплоты. Продолжительность периода с положительной температурой составляет: для обычной теплицы – 2 ч, экспериментальной теплицы – 5 ч.

В результате эксперимента выявлены диапазоны температур, соответствующие различным режимам работы печи, представленные в табл. 1.

Режим максимального натопа продолжается примерно 10-30 мин. За это время происходит достаточный прогрев топочного пространства и газоходов для создания устойчивой тяги. Температура уходя-

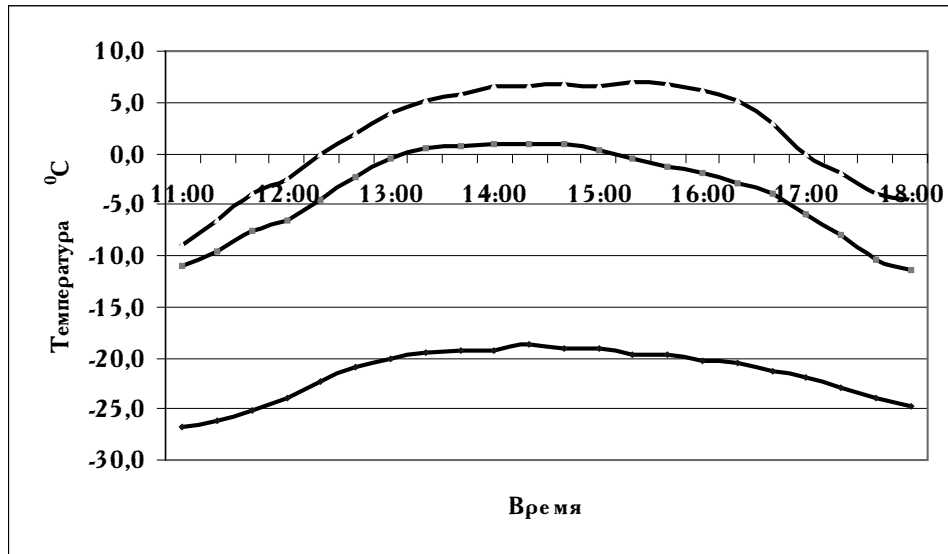


Рис. 3. Зависимости температур воздуха от времени суток: 1 – температура наружного воздуха; 2 – температура воздуха в неотапливаемой теплице; 3 – температура воздуха в исследуемой теплице

Таблица 1

Характеристики режимов работы печи с теплообменником

Режим работы	Температура воздуха после теплообменника, °C	Температура уходящих газов, °C
Максимальный натоп	0-100	100-180
Средний натоп	80-130	80-130
Малый натоп	50-90	50-100
Остывшая печь	50-0	20-60

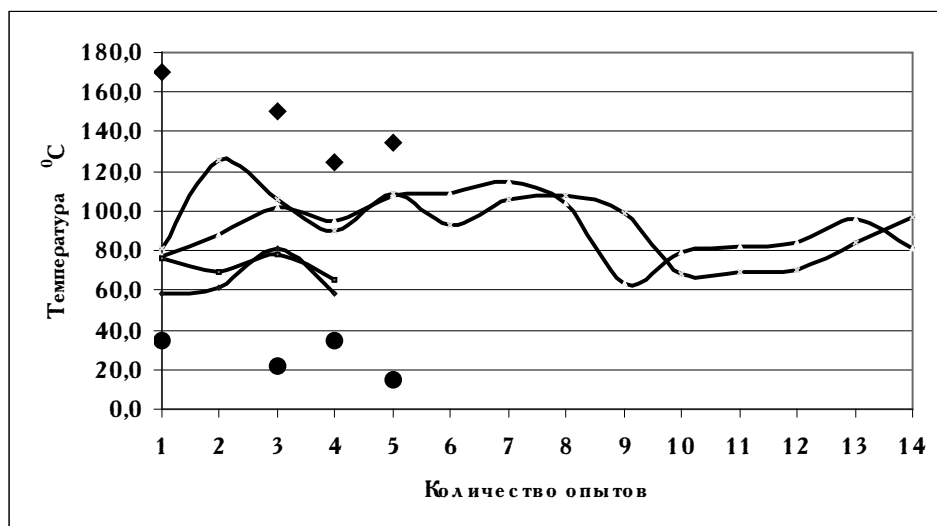


Рис. 4. Результаты эксперимента:
1, 3, 5 – температура воздуха за теплообменником («средний», «малый» и «максимальный» натоп соответственно);
2, 4, 6 – температура уходящих газов («средний», «малый» и «максимальный» натоп соответственно)

щих газов имеет максимальные значения, а температура воздуха после теплообменника плавно возрастает. При критических условиях, когда температура воздуха в теплице ранним утром достигает нулевой отметки или ниже, возможно отсоединение теплообменника от системы подпочвенных труб и направление воздуха из него в пространство теплицы для быстрого повышения температуры воздуха в ней.

Максимальная температура воздуха после теплообменника достигается при среднем натопе (рис. 4). В данном режиме происходит наибольшая аккумуляция теплоты в почве.

Температура воздуха после теплообменника была выше температуры уходящих газов (во всех режимах, кроме «максимального натопа»). Это свидетельствует о том, что количество теплоты, отдаваемое стенкам печи и дымохода, остается существенным. Относительно низкая температура уходящих газов свидетельствует о достаточно высоком КПД для данного типа каменных печей.

Выводы. 1. Использование газозвдушного теплообменника значительно повышает КПД твердотопливной печи.

2. Произведена оценка работы печи в различных режимах.

Об авторах:

КУБИС Вячеслав Александрович

старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
440028, Россия, г. Пенза, ул. Титова, 28, тел. (8412) 48-27-37
E-mail: slavik-kubis26@mail.ru

БАКАНОВА Светлана Викторовна

кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
440028, Россия, г. Пенза, ул. Титова, 2, тел. (8412) 48-27-37

ЕРЕМКИН Александр Иванович

доктор технических наук, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
440028, Россия, г. Пенза, ул. Титова, 28, тел. (8412) 48-27-37

ОРЛОВА Наталья Александровна

кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
440028, Россия, г. Пенза, ул. Титова, 28, тел. (8412) 48-27-37

3. Установлены зависимости температуры воздуха на выходе из теплообменника от режима натопа печи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Свинухов Б.И., Кубис В.А. Анализ работы системы утилизации теплоты в теплице // Проблемы энергосбережения и экологии в промышленном и жилищно-коммунальном комплексах: сборник статей XI Международной научно-практической конференции. Пенза: Пензенский Дом знаний, 2010. С. 5-8.

2. Архив погоды в Пензе (<http://rp5.ru>).

3. Кубис В.А., Свинухов Б.И., Трунков С.П. Эффективное отопление теплиц // Прикладные фундаментальные науки: сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых и исследователей // Наука молодых - интеллектуальный потенциал XXI века: сб. докл. Междунар. научн. форума. Пенза: ПГУАС, 2011. С. 72-78.

4. Иванько А., Калиниченко А., Шмат Н. Солнечный вегератив. Киев, 1996. 205 с.

© Кубис В.А., Баканова С.В., Еремкин А.И., Орлова Н.А., 2014

KUBIS Vjacheslav

Senior Lecturer of the Heat, Gas Supply and Ventilation Chair
Penza State University of Architecture and Building
440028, Russia, Penza, Titova str., 28, tel. (8412) 48-27-37
E-mail: slavik-kubis26@mail.ru

BAKANOVA Svetlana

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Heat, Gas Supply and Ventilation Chair
Penza State University of Architecture and Building
440028, Russia, Penza, Titova str., 28, tel. (8412) 48-27-37

EREMKIN Alexandr

Doctor of Engineering Science, Professor of the Heat, Gas Supply and Ventilation Chair
Penza State University of Architecture and Building
440028, Russia, Penza, Titova str., 28, tel. (8412) 48-27-37

ORLOVA Natalia

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Heat, Gas Supply and Ventilation Chair
Penza State University of Architecture and Building
Russia, 440028, Penza, Titova str. 28, tel. (8412) 48-27-37

Для цитирования: Кубис В.А., Баканова С.В., Еремкин А.И., Орлова Н.А. Оценка эффективности системы воздушного отопления в теплице // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. Вып. №2 (15). С. 94-98.