

DOI: 10.17516/1999-494X-0425

УДК 662. 997

Study of the Thermal Control System in the Energy Efficient Greenhouse with Transformable Body

Bakhramzhan S. Rasakhodzhaev^{*a,b}, A. A. Kuchkarov^b,
M. O. Boboeva^b and I. R. Mashrapova^b

*^aNational Scientific and Technical Institute of Renewable Energy Sources
under the Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan,*

Tashkent, Republic of Uzbekistan.

*^bFerghana Polytechnic Institute,
Fergana, Republic of Uzbekistan*

Received 16.07.2022, received in revised form 12.08.2022, accepted 19.09.2022

Abstract. The paper considers the features of control (regulation) of thermal conditions in an energy-efficient greenhouse with a transformable housing for individual use. Based on the analysis of existing systems for heat and humidity treatment of air in a solar greenhouse and the creation of a humidity regime, we have developed an algorithm for controlling the thermal modes of operation of an energy-efficient greenhouse with a transformable housing with a multicomponent structure of a solar greenhouse for individual use. A thermal management system has been developed in an energy-efficient greenhouse with a transformable body in the form of a one-component control structure, which can be used in combination with a boiler powered by electricity or coal. The conducted studies show that for the rational and economical use of artificial heating resources in a solar greenhouse with a transformable (adjustable) body, it is recommended to use an intelligent system with automated control.

Keywords: control algorithm, thermal regimes, energy-efficient greenhouse, convertible housing, control system, individual user.

Acknowledgements. The authors express special gratitude to the researchers of the National Research Institute of Renewable Energy Sources under the Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan.

Citation: Rasakhodzhaev, B.S., Kuchkarov, A.A., Boboeva, M.O., Mashrapova, I.R. Study of the Thermal Control System in the Energy Efficient Greenhouse with Transformable Body. J. Sib. Fed. Univ. Eng. & Technol., 2022, 15(6), 684–690. DOI: 10.17516/1999-494X-0425

Исследование системы управления тепловыми режимами в энергоэффективной теплице с трансформируемым корпусом

Б. С. Расаходжаев^{а,б}, А. А. Кучкаров^б,
М. О. Бобоева^б, И. Р. Машрапова^б

^аНациональный научно-технический институт
возобновляемых источников энергии при
Министерстве энергетики Республики Узбекистан,
Республика Узбекистан, Ташкент
^бФерганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, Фергана

Аннотация. Рассмотрены особенности управления (регулирования) тепловыми режимами в энергоэффективной теплице с трансформируемым корпусом для индивидуального пользования. На основе анализа существующих систем тепло-влажностной обработки воздуха гелиотеплицы и создания оптимальной влажности нами разработан алгоритм управления тепловыми режимами работы энергоэффективной теплицы с трансформируемым корпусом с многокомпонентной структурой гелиотеплицы для индивидуального пользования. Показана система управления тепловыми режимами в энергоэффективной теплице с трансформируемым корпусом в виде однокомпонентной структуры, которая может быть использована при комбинации с электрическим или твердотопливным котлом. Проведенные исследования показывают, что для рационального и экономного пользования ресурсами искусственного обогрева в гелиотеплице с трансформируемым (регулируемым) корпусом рекомендуется применение интеллектуальной системы с автоматизированным управлением.

Ключевые слова: алгоритм управления, тепловые режимы, энергоэффективная теплица, трансформируемый корпус, система управления, индивидуальный пользователь.

Благодарности. Авторы выражают особую благодарность научным сотрудникам Национального научно-исследовательского института возобновляемых источников энергии при Министерстве энергетики Республики Узбекистан.

Цитирование: Расаходжаев, Б.С. Исследование системы управления тепловыми режимами в энергоэффективной теплице с трансформируемым корпусом / Б.С. Расаходжаев, А.А. Кучкаров, М.О. Бобоева, И.Р. Машрапова // Журн. Сиб. федер. ун-та. Техника и технологии, 2022, 15(6). С. 684–690. DOI: 10.17516/1999-494X-0425

Введение

Создание влажностного режима в плодоовощехранилищах на основе водяного аккумулятора солнечной энергии рассмотрено Г.Н. Узаковым, М.И. Рахматовым, Л.А. Алияровой [1]. Использование солнечной энергии в системах тепло-влажностной обработки воздуха гелиотеплицы представлено Г.Н. Узаковым с соавторами [2]. Выбор системы отопления исходя из климатических условий Узбекистана и расчетов технико-экономических показателей альтернативных систем на примере солнечной теплицы с трансформируемым корпусом показано Б.С. Расаходжаевым с соавторами [3]. Моделирование тепловых режимов и оценка энергоэффективности солнечных теплиц с трансформируемым (регулируемым) корпусом рассмотрено в работах [4, 6]. Определение теплоемкости и выбор материалов для краткосрочного аккумуля-

лирования дневного излишка тепла солнечного излучения в инсоляционных пассивных системах отопления проанализированы Р. Р. Аvezовым с соавторами [5]. Основные резервы повышения эффективности использования солнечной энергии в системах теплоснабжения приведены Ю. К. Рашидовым с соавторами [6].

Материалы и методы

На основе анализа существующих систем моделирования тепловых режимов нами разработан алгоритм управления работой энергоэффективной теплицы с трансформируемым корпусом для индивидуального пользования.

В предлагаемый алгоритм положены два основных принципа: максимально полезное использование тепловой энергии, поступающей от солнечной энергии, и минимизация числа часов работы искусственного обогревателя. В качестве последнего альтернативными системами, наиболее приемлемыми при обогреве гелиотеплиц, являются природный газ, уголь и электроэнергия.

Для рационального и экономного пользования ресурсами искусственного обогрева в теплице может быть использована интеллектуальная система управления (СУ), которая обеспечивает постоянное распределение потоков энергии в замкнутой энергетической системе в зависимости от ее текущего состояния.

Режим работы теплицы определяется разницей температуры внутри теплицы.

При отоплении теплиц традиционно используемыми видами топлива служат уголь, природный газ и электрическая энергия, при этом необходимо обратить внимание на теплотворную способность (удельную теплоту сгорания) топлива. Теплотворная способность характеризует количество теплоты, выделяемое при полном сгорании топлива массой 1 кг или объёмом 1 м³ (1 л). Удельная теплота сгорания каждого вида топлива зависит от его горючих составляющих (углерода, водорода, летучей горючей серы и др.), а также от влажности и зольности [7].

В табл. 1 приведены теплотворности видов топлива, часто используемых при отоплении теплиц, единицы их измерения и удельная теплота сгорания [9].

Очевидно, что чем выше удельная теплота сгорания топлива, тем меньше его расход. Поэтому при проектировании котельной на твёрдом топливе необходимо учитывать тепло-

Таблица 1. Виды топлива и их удельная теплота сгорания

Table 1. Types of fuel and their specific combustion

№	Вид топлива	Ед. изм.	Удельная теплота сгорания		
			кКал	кВт	МДж
1.	Природный газ	1 м ³	8000	9,3	33,50
2.	Уголь каменный (W=10 %)	1 кг	6450	7,5	27,00
	Уголь бурый (W=30...40 %)	1 кг	3100	3,6	12,98
3.	Электроэнергия	1 кВт/ч	864	1,0	3,62

творную способность. С учетом теплотворности топлива мы можем регулировать объем теплицы.

Для эффективной реализации алгоритма управления тепловыми режимами в энергоэффективной теплице с трансформируемым корпусом на практике необходим постоянный контроль за запасом тепловой энергии в аккумуляторе тепла, в качестве которого использована пластиковая емкость с теплоизоляционной поверхностью. Также аккумулятор тепла (для накопления и хранения тепловой энергии) имеет многослойное покрытие.

При обогреве теплицы возможны два варианта: система солнечного обогрева (ССО) и система искусственного обогрева (СИО).

1. Система солнечного обогрева обеспечивает поступление солнечной энергии больше потребляемой активной мощности нагрузки. В этом случае тепловой режим теплицы полностью обеспечивается солнечной энергией. Согласно тепловой схеме [7] поступающая энергия поглощается растениями, аккумулятором тепла и частично поверхностью грунта.

2. Система искусственного обогрева используется при пасмурной погоде, когда поступающая солнечная энергия меньше активной мощности. В этом случае (в зависимости от вида природного ресурса) включается альтернативная система искусственного обогрева. В таком режиме интеллектуальная система управления определяет недостаток мощности, необходимой для обогрева теплицы, и производит оценку возможности ее получения из альтернативной системы искусственного обогрева.

Результаты

Особенностью разработанного алгоритма управления тепловыми режимами в энергоэффективной гелиотеплице с трансформируемым корпусом при комбинации с системой искусственного обогрева является рациональное и экономное пользование природными ресурсами.

На рис. 1 представлен алгоритм управления тепловыми режимами в энергоэффективной теплице с трансформируемым корпусом.

На рис. 1 представлена многокомпонентная структура гелиотеплицы с трансформируемым корпусом, которая требует разработки специализированных алгоритмов управления, обеспечивающих бесперебойное снабжение потребителя тепловой энергией в условиях изменяющихся внешних факторов, оказывающих существенное влияние на работу гелиотеплицы.

Для эффективной работы гелиотеплиц с трансформируемым корпусом необходимо создание методик рационального выбора типа и мощности альтернативных систем искусственного обогрева в составе автономных энергетических комплексов. На основе разработанного алгоритма управления тепловыми режимами в энергоэффективной гелиотеплице с трансформируемым корпусом и многокомпонентной структурой нами создана методика рационального выбора типа и мощности альтернативных систем искусственного обогрева с однокомпонентной структурой управления тепловым режимом гелиотеплицы с трансформируемым корпусом для индивидуального пользования.

На рис. 2 представлен схема управления тепловыми режимами в энергоэффективной теплице с трансформируемым корпусом с однокомпонентной структурой управления при комбинации с газовым котлом для индивидуального пользования.

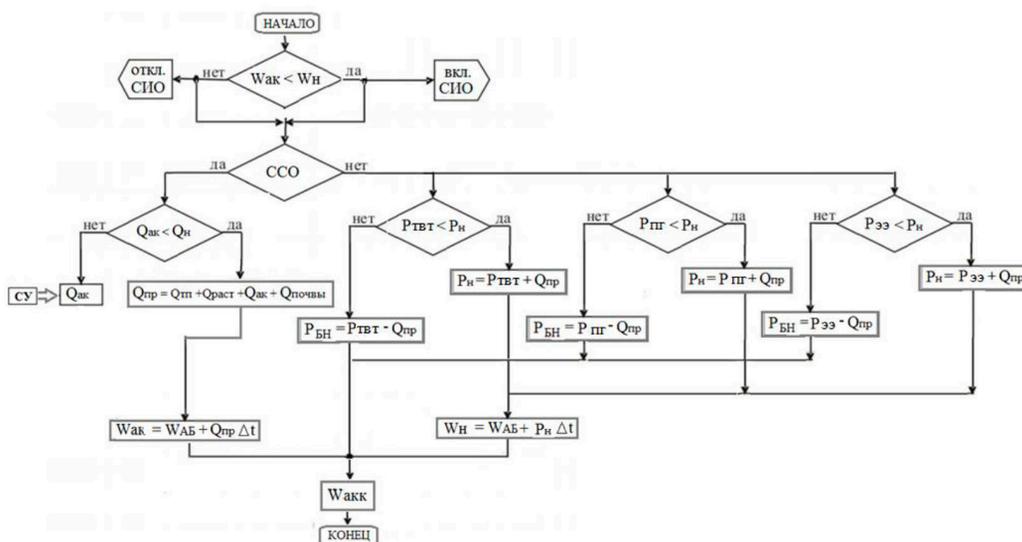


Рис. 1. Алгоритм управления тепловыми режимами в энергоэффективной гелиотеплице с трансформируемым корпусом для индивидуального пользования: $W_{ак}$ – аккумулируемая энергия в теплице; $W_{н}$ – нагрузочная энергия; $Q_{ак}$ – аккумулируемая энергия в аккумуляторе; $Q_{н}$ – нагрузочная энергия; $P_{н}$ – нагрузочная мощность; $P_{БН}$ – без нагрузки; $P_{пг}$ – мощность котла от природного газа; $Q_{пр}$ – суммарная солнечная радиация, прошедшая в гелиотеплицу; $P_{пг}$ – мощность котла от электроэнергии; $W_{АБ}$ – энергия аккумуляторных батарей; Δt – разница времени; $W_{АКК}$ – энергия аккумуляторных батарей в теплице

Fig. 1. Algorithm for controlling thermal regimes in an energy-efficient solar greenhouse with a transformable housing for individual use

На рис. 1. представлен алгоритм управления тепловыми режимами в энергоэффективной теплице с трансформируемым корпусом.

Данная однокомпонентная структура управления может быть также использована для управления тепловыми режимами в энергоэффективной теплице с трансформируемым корпусом при комбинации с электрическим или твердотопливным котлом. Особенностью представленной комбинации является экономное и рациональное использование полезных ископаемых.

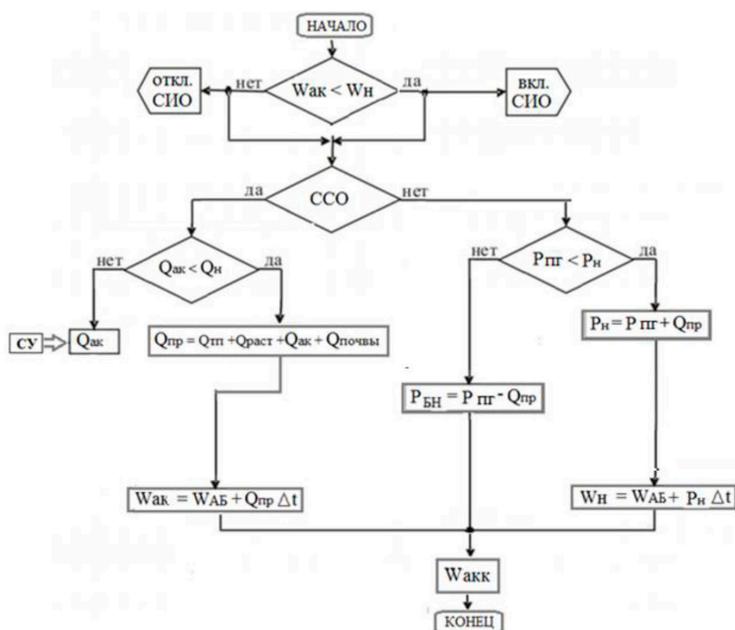


Рис. 2. Алгоритм управления тепловыми режимами в энергоэффективной теплице с трансформируемым корпусом при комбинации с газовым котлом: $W_{ак}$ – аккумулируемая энергия в теплице; $W_{н}$ – нагрузочная энергия; $Q_{ак}$ – аккумулируемая энергия в аккумуляторе; $Q_{н}$ – нагрузочная энергия; $P_{н}$ – нагрузочная мощность; $P_{пг}$ – мощность котла от природного газа; $Q_{пр}$ – суммарная солнечная радиация, прошедшая в гелиотеплицу; $W_{АБ}$ – энергия аккумуляторных батарей; Δt – разница времени; $W_{АКК}$ – энергия аккумуляторных батарей в теплице

Fig. 2. Algorithm for controlling thermal conditions in an energy-efficient greenhouse with a transformable body when combined with a gas boiler

На рис. 2 представлена схема управления тепловыми режимами в энергоэффективной теплице с трансформируемым корпусом с однокомпонентной структурой управления при комбинации с газовым котлом для индивидуального пользования.

Выводы

По итогам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- на основе анализа существующих систем тепло-влажностной обработки воздуха гелиотеплицы и создания влажностного режима нами разработан алгоритм управления тепловыми режимами работы энергоэффективной теплицы с трансформируемым корпусом с многокомпонентной структурой гелиотеплицы для индивидуального пользования;
- с учетом данного алгоритма управления тепловыми режимами в энергоэффективной гелиотеплице с трансформируемым корпусом с многокомпонентной структурой гелиотеплицы нами подготовлена методика рационального выбора типа и мощности альтернативных систем искусственного обогрева с однокомпонентной структурой управления тепловым режимом гелиотеплицы с трансформируемым корпусом для индивидуального пользования;
- для рационального и экономного пользования ресурсами искусственного обогрева в гелиотеплице рекомендуется использование интеллектуальной системы автоматизированного управления.

Список литературы / References

- [1] Узиков Г.Н., Рахматов М.И., Алиярова Л.А. Создание влажностного режима в плод-овощехранилищах на основе водяного аккумулятора солнечной энергии, *Техника. Технологии. Инженерия*, 2017, 2(4), 58–61. Режим доступа: <http://moluch.ru/archive/94/pdf/#8>, <http://elibrary.ru/item.asp?id=29009786>
- [2] Uzakov G. N., Aliyarova L. A., Davlonov Kh. A., Toshmamatov B. M., Khusenov A. A. The use of Solar Energy in Systems of Heat-Moisture Treatment of Air of Heliogreenhouse. International Journal of Mechanical and Production, *Engineering Research and Development (IJMPERD)*, 2020, 10(3), 3813–3820. ISSN (P): 2249–6890; ISSN(E): 2249–8001.
- [3] Расаходжаев Б.С., Махмудов С.М., Ахмаджонов У.З. Моделирование тепловых процессов в энергоэффективных гелиотеплицах с трансформируемым корпусом. *Inter Conf.* (2021). Режим доступа: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/9903>.
- [4] Rasakhodzhaev B., Makhmudov S., Muminov F. Selection of a heating system based on climatic conditions of Uzbekistan and on calculations of the technical and economic indicators of alternative systems: A case study of the solar greenhouse with a transformable building. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* this link is disabled, 2021, 939(1), 012003.
- [5] Авезов Р.Р., Абдухамидова Д. У., Имомов Ш. Б. и др. Определение теплоемкости и выбор материалов для краткосрочного аккумулирования дневного излишка тепла солнечного излучения в инсоляционных пассивных системах отопления. *Гелиотехника № 4, Ташкент*, 2016, 58–62.
- [6] Рашидов Ю.К., Рашидов К.Ю., Мухин И.И., и др. Основные резервы повышения эффективности использования солнечной энергии в системах теплоснабжения. *Гелиотехника № 1, Ташкент*, 2019, 18–36.
- [7] info@a-invest.com.ua.
- [8] Клычев Ш. И., Расаходжаев Б. С., Ахадов Ж. З., Ахмаджонов У. З, Адылов Ч. А. Исследование теплового режима гелиотеплиц для индивидуального назначения при их конструктивных особенностях, *Гелиотехника № 1, Ташкент*, 2022. 52–59.
- [9] Rasakhodzhaev B.S., Adylov Ch.A., Tokonova T.S., Rayymbaev Zh. Ch. Evaluation of the energy efficiency of solar greenhouses with a transformable (adjustable) body. *The science. Education. Technics*, 2020, 3(69), 36–45.
- [10] Ratsert W. Kh. *Evaporation into the atmosphere, Theory, history, applications*. L., Gidrometeoizdat, 1985. 351 p.
- [11] Авезов Р.Р., Орлов А.Ю. *Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения*. Ташкент, Фан, 1988. 288 с.
- [12] Ismanzhanov A. I. *Renewable and non-traditional energy: Explanatory dictionary of terms*. Osh., Kyrgyz-Uzb. university, 2009, 158 p.
- [13] Исманжанов А.И., Клычев Ш.И., Расаходжаев Б.С. *Солнечные установки для индивидуального пользования в сельской местности и в горных регионах*. Российская Федерация. Изд. НОО «Профессиональная наука». 2020. 131 с.