

УДК 662.997+697.7

## РЕЖИМНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ГРУНТОВОГО АККУМУЛЯТОРА ГЕЛИОСИСТЕМЫ

**В. В. Высочин**<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц., **В. Р. Никульшин**<sup>2</sup>,  
док. тех. наук, проф., **А. Е. Денисова**<sup>3</sup>, док. тех.  
наук, проф.

Одесский национальный политехнический университет,  
65044, Одесса, пр. Шевченко, 1.

<sup>1</sup>tel: 0508292633, e-mail: vvwino.od@gmail.com;

<sup>2</sup>tel: 0502583207, e-mail: vnikul@paco.net;

<sup>3</sup>tel: 0968721512, e-mail: alladenysova@gmail.com

*Исследованы нестационарные процессы теплообмена в гелиосистеме с тепловым насосом и сезонным аккумулятором тепла с 9 грунтовыми вертикальными теплообменниками в процессе периодической зарядки аккумулятора в летний период и разрядки в зимний для различных регионов Украины. Метод исследования – численный. Показана возможность повышения эффективности аккумулятора путем выбора рационального шага куста в зависимости от температурного режима и свойств грунта. Предложены рекомендации по определению шага зондов в кусте и их глубины при условии полного обеспечения потребителя теплом в течение всего зимнего периода.*

**Ключевые слова:** сезонный аккумулятор, гелиосистема, тепловой насос.

## OPERATION CONDITION OF FORMATION OF THE SOIL ACCUMULATOR STRUCTURE OF A SOLAR SYSTEM

*V.V. Wysochin<sup>1</sup>, V.R. Nikulshin<sup>2</sup>, A.E. Denysova<sup>3</sup>*

*Heat exchange non-steady processes in a solar system with the thermal pump and a seasonal heat accumulator with 9 soil vertical heat exchangers in the course of periodic charging of the accumulator during the summer period and discharges in winter for various regions of Ukraine are investigated. Numerical research method is used. Possibility of accumulator efficiency raise by sampling of a rational step of a group depending on a temperature regime and properties of a cluster is shown. Recommendations by definition a step of probes in a cluster and their depth under condition of full maintenance of a user of heat during all winter period are offered.*

**Keywords:** *the seasonal accumulator, solar plant system, the thermal pump.*

**ORCID:** 10000-0003-2279-203X, 20000-0001-5946-8562, 30000-0002-3906-3960.

Для эффективной работы гелиосистем отопления необходимы как структурные составляющие сезонные аккумуляторы тепла и тепловые насосы. Удобной компоновкой и хорошими эксплуатационными показателями отличаются сезонные аккумуляторы тепла с вертикальными грунтовыми зондами. Основными параметрами структуры многозондных (кустовых) аккумуляторов являются их шаг размещения и глубина. Разнообразие условий работы систем теплоснабжения требует надежных обоснований, учитывающих многофакторность эксплуатации. Известные литературные данные не могут быть распространены на различные условия эксплуатации с оптимизацией режимных и структурных факторов.

Задача определения режимных факторов формирования структуры грунтового аккумулятора решалась в сопряженном виде с рассмотрением процессов поглощения лучистой энергии в солнечных коллекторах в суточной развертке на протяжении года, переноса тепла в теплообменнике и грунте, а также преобразования энергии в тепловом насосе (ТН). Теплообмен в грунтовом теплообменнике описан системой дифференциальных уравнений энергетического баланса всех элементов: теплоносителя внутренней трубы (подающей) и внешней (обратной), стенок труб. Теплообмен в грунте описан уравнением нестационарной теплопроводности в трехмерных прямоугольных координатах. При анализе моделировалась работа ТН с изменяемыми температурами теплоносителя, циркулирующего между зондами и испарителем ТН, а также при изменении тепловой нагрузки. Математическая модель ТН разработана на основе рассмотрения термодинамических и тепломассообменных процессов в его элементах.

Условия работы гелиосистемы конкретизировались координатами различных регионов Украины с широтой от 45 до 51 градуса, зимний, отопительный, период начинался 15 октября и заканчивался через 180 суток. Для исследования приняты современные плоские гелиоколлекторы. Закачка тепла осуществлялась в летний межотопительный период. Отопительная нагрузка определялась по условию удовлетворения ежедневного, в зависимости от температуры наружного воздуха, графика тепловой нагрузки потребителя в течение всего периода отопления в различных регионах.

Оптимальный шаг зондов выбирался исходя из условия достижения наибольшего значения расчетной отопительной нагрузки при вариантной величине производительности теплового насоса.

Для сезонного грунтового девятизондового аккумулятора основное влияние на шаг зондов по условиям наибольшей расчетной нагрузки отопления оказывает температуропроводность грунта, температура теплоносителя и глубина зонда. С ростом температуропроводности рациональный шаг зондов при условии полного автономного теплоснабжения потребителя по отопительной нагрузке увеличивается, и для грунтов, например, с теплофизическими свойствами известняка достигает 6 м; к увеличению шага приводит также рост температуры теплоносителя в период летней закачки и рост глубины зонда.

Глубина зондов должна определяться с учетом расчетной нагрузки отопления, температуропроводности грунта, температуры теплоносителя и широты местности. С ростом температуропроводности грунта влияние температуры становится значительным, при этом ее снижение уменьшает необходимую глубину зонда.