

УДК 662.997:697.7

**В.В. Высочин**, канд. техн. наук., доц., Одес. нац. политехн. ун-т

## ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ СЕЗОННОГО АККУМУЛЯТОРА ТЕПЛА НА АВТОНОМНОСТЬ РАБОТЫ ГЕЛИОСИСТЕМЫ

*В.В. Высочин. Вплив розмірів сезонного акумулятора тепла на автономність роботи геліосистеми.* Проведено чисельні дослідження геліосистеми, що враховують взаємний вплив геліоприймача й сезонного акумулятора тепла в повністю автономному режимі роботи, розроблено метод розрахунку елементів такої системи.

*Ключові слова:* геліосистема, сезонний, тепловий акумулятор

*В.В. Высочин. Влияние размеров сезонного аккумулятора тепла на автономность работы гелиосистемы.* Проведены численные исследования гелиосистемы, учитывающие взаимное влияние гелиоприемника и сезонного аккумулятора тепла в полностью автономном режиме работы, разработан метод расчета элементов такой системы.

*Ключевые слова:* гелиосистема, сезонный, тепловой аккумулятор

*V.V. Vysochin. Influence of the seasonal heat accumulator dimensions on a solar-plant system's autonomous work.* The numerical investigations of a solar-plant system are persued, which consider mutual influence of a solar receiver and a seasonal heat accumulator in completely autonomous operation mode. A method of designing the elements of such a system is devised.

*Keywords:* solar-plant system, seasonal, heat accumulator.

Системы солнечного отопления отличаются существенным несоответствием между сезонным предложением и спросом энергии. Поэтому для таких систем необходимы устройства для аккумуляции энергии. Обосновано применение твердотельного сезонного аккумулятора тепла (САТ), представляющего монолитный бетонный блок с встроенным теплообменником и внешней тепловой изоляцией [1]. Такие САТ наиболее востребованы для небольших зданий коттеджей, для которых приемлемыми являются блоки объемом 30...80 м<sup>3</sup> [2]. Подобные аккумуляторы широко внедряются в практику, однако их работа не изучена в должной мере, что затрудняет проектирование полностью автономных гелиосистем, которые не требуют дублирующих источников тепла. Исходя из этого, существует необходимость в проведении исследования твердотельного САТ и в выработке рекомендаций для проектирования. Исследования проводились с использованием математической модели [1].

Целесообразность сезонного аккумулятора тепла определяется его способностью накапливать и сохранять длительное время необходимое количество энергии. Рассмотрение таких свойств аккумулятора можно проводить при фиксированных либо переменных размерах устройства. Выбор размеров обычно связан с удобством расположения САТ в пределах заданного земельного участка, поэтому для рассмотрения был выбран первый вариант постановки задачи. Объем аккумулирующего вещества принят равным 75 м<sup>3</sup>. При фиксированном объеме количество накопленной энергии определялось только температурой в аккумуляторе.

Для аккумулирующих систем показательными являются продолжительность периодов накопления тепла при работе гелиосистемы в летний сезон и удержания его без отбора для внешних целей в зимний сезон. Аккумулирующая способность устройства с заданным типом насадки зависит от тепловой изоляции ограждений. Именно наличие тепловой изоляции отличает рассматриваемый тип САТ от грунтовых аккумуляторов. Вариантный анализ показал, что для

современных теплоизоляционных материалов рациональной является пеностекольная или пропиленовая изоляция толщиной 0,5 м, которая при холостом режиме работы аккумулятора позволяет продолжительное время поддерживать необходимый температурный уровень, заданный в конце фазы разрядки. Зарядка при этом может осуществляться как в неотапительный период, так и зимой – при наличии достаточной инсоляции, способствующей обеспечению заданного температурного уровня нагрева теплоносителя. Показатели аккумулятора (достигаемый температурный уровень и его поддержание в определенном временном интервале), как показывают результаты проведенного исследования, растут с увеличением мощности гелиосистемы. Таким образом, для достижения необходимых условий эксплуатации гелиосистемы ее мощность должна коррелироваться с характеристиками аккумулятора.

Наличие нагрузки отопления изменяет годовой ход температуры САТ (рис. 1). Неконкретизируя конструкции солнечных коллекторов (СК), можно характеризовать их основными показателями, влияющими на производительность системы, — оптический показатель  $\tau\alpha$  и коэффициент потерь тепла  $U$ . На графике представлены данные для одного типа СК  $\left(\frac{U}{(\tau\alpha)} = 0,6\right)$  с разной активной площадью  $A$  и при переменной расчетной нагрузке отопления  $Q_o^p$ , найденной при расчетной температуре наружного воздуха для систем отопления. Параметры  $A$  и  $Q_o^p$  объединены в единый комплекс — удельную нагрузку отопления  $\frac{Q_o^p}{A}$ . Еще одним приведенным параметром является отношение объема аккумулятора к площади СК  $\frac{V}{A}$ .

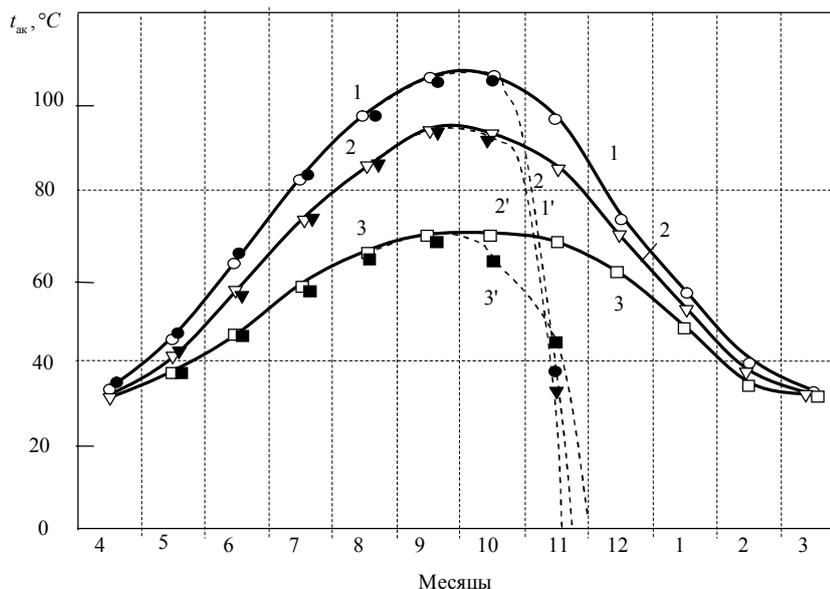


Рис. 1. Зависимость температуры теплового аккумулятора от месяца года, удельной нагрузки

отопления  $\frac{Q_o^p}{A}$  и отношения  $\frac{V}{A}$  при  $\frac{U}{(\tau\alpha)} = 0,6 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$

Приняты следующие: значения параметра  $V/A$ : 1(1') — 7 м; 2(2') — 8,65 м; 3(3') — 16,3 м. Значения удельной нагрузки отопления  $\frac{Q_o^p}{A}$ , МДж/(м<sup>2</sup>мес), для соответствующих кривых составляют: 1 — 170; 2 — 130; 3 — 50; 1', 2', 3' — 1200.

При большой удельной нагрузке отопления  $\left(\frac{Q_o^p}{A} = 463 \text{ Вт/м}^2\right)$  эффективность аккумулятора,

как устройства для обеспечения автономности, низка. Запаса тепла едва хватает на один месяц отопления (линии 1',2',3'). Снижение удельной нагрузки увеличивает продолжительность автономного рабочего хода аккумулятора, а температурный режим работы САТ приближается к показателям, при которых может быть полностью обеспечена необходимая нагрузка отопления. Соответственно можно говорить о росте эффективности аккумулятора в гелиосистеме.

Температурные кривые можно разделить на две ярко выраженные части. Первая из них, соответствующая зарядке аккумулятора в летний сезон, является одинаковой для любых нагрузок, но зависит от производительности системы (в данном случае от площади поверхности солнечных коллекторов). Вторая часть, соответствующая зимнему сезону, т.е. периоду разрядки аккумулятора, зависит и от производительности системы, и от нагрузки отопления.

Метод проведенного анализа позволяет определить соотношение объема сезонного аккумулятора и площади СК  $\left(\frac{V}{A}\right)$ , необходимое для полного удовлетворения тепловой нагрузки отопления в заданном температурном диапазоне. Для этой цели можно использовать полученные данные, представленные на рис. 2 в координатах  $\left(\frac{V}{A}\right)_{\text{опт}} - \frac{Q_o^p}{A}$ . При построении кривых был выбран температурный режим работы аккумулятора тепла, соответствующий параметрам теплоносителя для напольного отопления ("теплый пол"). Для таких условий минимальная температура аккумулятора принята равной 35° С. В этом случае соотношение размеров аккумулятора и СК, если они обеспечат заданную тепловую нагрузку в течение всего отопительного сезона без привлечения дублирующего источника тепла, можно назвать оптимальным  $\left(\frac{V}{A}\right)_{\text{опт}}$ .

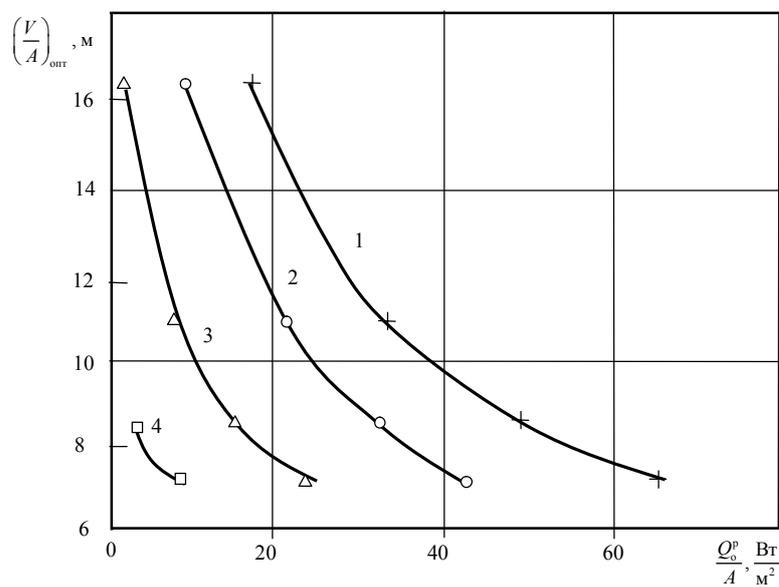


Рис. 2. Зависимость оптимального соотношения объема теплового аккумулятора и площади СК  $\left(\frac{V}{A}\right)$

от удельной нагрузки отопления  $\left(\frac{Q_o^p}{A}\right)$  и комплекса  $\frac{U}{(\tau\alpha)}$ . Значения  $\frac{U}{(\tau\alpha)}$ , Вт/(м²К): 1— 0,6; 2 — 3,0; 3 — 6,0; 4 — 9,6

С ростом расчетной тепловой нагрузки  $\left(\frac{Q_o^p}{A}\right)$  соотношение  $\left(\frac{V}{A}\right)_{\text{опт}}$  уменьшается. Зависимость нелинейная — рост  $\left(\frac{Q_o^p}{A}\right)$  приводит к снижению темпа изменения  $\left(\frac{V}{A}\right)_{\text{опт}}$ . На рассматриваемую зависимость существенное влияние также оказывает конструкция СК. С ростом комплекса параметров  $\frac{U}{(\tau\alpha)}$ , определяющих конструктивные характеристики СК,  $\left(\frac{V}{A}\right)_{\text{опт}}$  уменьшается. При этом влияние расчетной тепловой нагрузки на функцию также снижается.

Представленная на рисунке 2 зависимость аппроксимирована соотношением вида

$$\left(\frac{V}{A}\right)_{\text{опт}} = \frac{3100}{\left[4,5 + \frac{U}{(\tau\alpha)}\right] \left[\frac{Q_o^p}{A} + \frac{550}{38 - \frac{U}{(\tau\alpha)}}\right]}.$$

Это соотношение определено с погрешностью аппроксимации расчетных данных не более 5 % в области:  $\frac{Q_o^p}{A} = (0,4 \dots 0,65) \text{ Вт/м}^2$ ;  $\frac{U}{(\tau\alpha)} = (0,6 \dots 9,6) \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ .

Таким образом, изложенная методика расчета элементов гелиосистемы с сезонным аккумулятором тепла позволяет с учетом взаимного влияния СК и аккумулятора обеспечить автономный режим работы системы.

#### Литература

1. Высочин, В.В. Математическая модель гелиосистемы с сезонным аккумулятором тепла / В.В. Высочин // Тр. Одес. политехн. ун-та. — Одесса, 2011. — Вып. 2 (36). — С. 125 — 129.
2. Шило, В. Кто будет внедрять энергосберегающие технологии / Г.В. Шило // ЭСТА. — 2008. — № 5. — С. 70 — 71.

#### References

1. Vysochin V.V. Matematicheskaya model' geliosistemy s sezonnym akkumulyatorom tepla [A Mathematical Model of Solar System with Seasonal Heat Accumulator] / V.V. Vysochin // Proc. of Odessa Polytech. Univ. — Odessa, 2011. — Issue 2(36). — pp. 125 — 129.
2. Shylo V. Kto budet vnedryat' energosberegayushchie tekhnologii [Who Will Implement Energy-Saving Technologies] / G.V. Shylo // ESTA. — 2008. — # 5. — pp. 70 — 71.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. политехн. ун-та Денисова А.Е.

Поступила в редакцию 4 марта 2012 г.