

Олег ЛЫСАК, Эдуард МАЛКИН

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

## ВЫБОР ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ ПРИ ВНЕДРЕНИИ В УКРАИНЕ

В статье выполнен обзор местных теплоаккумулирующих электропечей (ТАЭП), также известных как теплонакопители, по их конструктивным характеристикам, степени регулирования теплоотдачи и степени автоматизации работы приборов. Рассмотрен вопрос о внедрении высокотехнологичной автоматики в управление ТАЭП, выделяющей такие приборы в отдельный тип ТАЭП. Представлены некоторые методики по подбору ТАЭП. Сделаны выводы о необходимости внедрения в законодательство методик, стимулирующих внедрение ТАЭП нового поколения.

**Ключевые слова:** аккумуляционная система отопления, электрическая аккумуляционная система отопления, теплоаккумулирующая электропечь, теплонакопитель

### ВВЕДЕНИЕ

Актуальной задачей в Украине является использование как энергосберегающих систем, так и систем, которые рационально используют уже имеющиеся ресурсы. К последним относятся системы электрического аккумуляционного отопления. Стимулом для их применения служат правила многотарифной оплаты за электроэнергию: для населения согласно постановлению Национальной комиссии, которая осуществляет государственное регулирование в сфере энергетики (НКРЭ) Украины от 23.04.2012 № 498, а для других категорий потребителей - согласно постановлению НКРЭ от 04.11.2009 № 1262.

В Украине основное внимание уделено напольным электрическим кабельным системам отопления с теплоаккумуляцией (ЭКС ОТА). В данный момент действует ДБН В.2.5-24:2012 «Электрическая кабельная система отопления», который определяет требования к ЭКС ОТА и предоставляет данные по их расчету [1].

В то же время существуют и другие системы электрического аккумуляционного отопления. Например, теплоаккумулирующие электропечи (ТАЭП), также известные как теплонакопители [2]. В этой работе будут рассмотрены только их местные (комнатные) разновидности [3], а главной задачей станет определение на основе теплотехнических характеристик наиболее оптимальных типов ТАЭП для внедрения в Украине. Упоминание напольных ЭКС ОТА

вызвано тем, что подходы, применяемые для их подбора, могут быть использованы и для подбора ТАЭП.

## 1. ТИПЫ ПРИБОРОВ И СТЕПЕНЬ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОТДАЧИ ОТ НИХ

Методика классификации местных ТАЭП в зависимости от конструкции и характера теплоотдачи была представлена в [2]. По возможности регулирования теплоотдачи ТАЭП можно разделить на два типа: нерегулируемые и регулируемые. К первым относятся ТАЭП «закрытого» типа (I типа), ко вторым - «статические» (II тип) и «динамические» (III тип) приборы.

### 1.1. Нерегулируемые ТАЭП

Принцип работы «закрытых» ТАЭП схож с напольными ЭКС ОТА. Нагрев аккумуляционного материала происходит в период спада потребления электрической энергии. Нагретый аккумуляционный материал отдаёт теплоту в помещение, в котором он находится. Теплоотдача возможна как на протяжении всех суток, так и в определённое время.

Отличия у систем такие: напольная ЭКС ОТА является частью строительной конструкции и может обладать значительным объёмом аккумуляционного материала. «Закрытый» ТАЭП - это прибор, в котором для достижения значительной плотности накопленной тепловой энергии аккумуляционный материал разогревается до температуры  $600\div 800^{\circ}\text{C}$  [4]. Данный материал дополнительно изолируют и согласно [5] рабочая температура на поверхности отопительного прибора составляет  $70\div 90^{\circ}\text{C}$ , а на момент окончания разрядки прибора -  $100\div 110^{\circ}\text{C}$ .

Основной недостаток таких систем - это неравномерная теплоотдача (рис. 1).

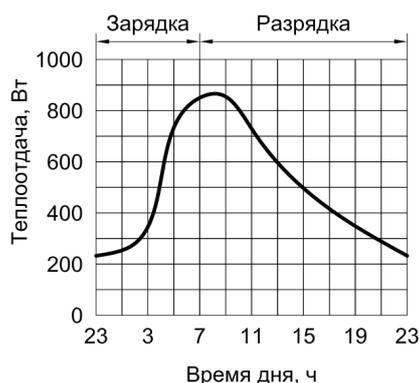


Рис. 1. Пример характера теплоотдачи от «закрытого» ТАЭП в зависимости от времени суток, концепция рисунка взята из [7]

Для более равномерной теплоотдачи в напольных ЭКС ОТА характерным решением является увеличение толщины аккумуляционного слоя [5], а в «закрытых» ТАЭП [6] возможно как увеличение объёма аккумуляционного материала, так и толщины его теплоизоляционного слоя.

Применение нерегулируемых «закрытых» ТАЭП сегодня зачастую экономически неоправданно. Хотя стоимость этих приборов невысокая, их использование приводит к избыточным эксплуатационным расходам.

Если использовать исключительно «закрытые» ТАЭП, то в результате неравномерной теплоотдачи от приборов возможны как перегрев, так и недогрев помещения - иными словами, эти приборы не соответствуют задаче поддержания теплового режима в помещении. Для улучшения качества работы «закрытых» ТАЭП предлагают либо устанавливать вспомогательные системы прямого электрического обогрева, либо дополнительно заряжать ТАЭП во время отличное от времени спада потребления электроэнергии. Оба варианта могут оказаться экономически неоправданными, поскольку в Украине низкий тариф на электроэнергию согласно вышеуказанным постановлениям действует только в ночное время и за потребность в дополнительном дневном подогреве пользователю придётся платить больше.

Перерасход энергии плох не только экономически, но и тем, что не всегда возможно подведение больших, по сравнению с регулируемыми ТАЭП, электрических мощностей. Может оказаться, что при зарядке только в ночное время и при одинаковой использованной электрической мощности более выгодной будет установка не энергозатратных, хоть и дешёвых «закрытых» ТАЭП, а большего количества дорогих, но менее энергозатратных регулируемых ТАЭП.

## 1.2. Регулируемые ТАЭП

Статические и динамические ТАЭП оборудованы конвективными каналами через которые протекает и нагревается воздух. В статических ТАЭП используется природная конвекция, а для регулирования теплоотдачи применяют клапан, который меняет количество проходящего через конвективный канал воздуха. В динамических ТАЭП используется принудительная конвекция (вентилятор) [2].

Хотя динамические ТАЭП являются самыми дорогими из трёх приведённых типов ТАЭП, они обладают большей гибкостью регулирования теплоотдачи чем статические модели. Что касается характера теплоотдачи от них, то он в первую очередь определяется используемым вентилятором (его продуктивностью и создаваемым давлением) и конструкцией каналов. Вентилятор и конструкция каналов могут быть спроектированы таким образом, чтобы при постоянной максимальной разрядке прибора вся накопленная в нём тепловая энергия была израсходована прежде, чем начнётся цикл новой зарядки [8]. Характерно, что чем ниже принимаемая расчетная температура наружного воздуха для подбора систем отопления, тем чаще предлагают

использовать именно динамические ТАЭП. По сравнению с динамическими ТАЭП статические ТАЭП значительно медленнее реагируют на изменение температуры [9].

Существуют также комбинированные модели ТАЭП, которые могут работать при нехватке аккумулированной теплоты как приборы прямого электрического обогрева [2], однако такой режим работы должен использоваться в крайних случаях и преимущественным режимом работы должен быть аккумуляционный.

## 2. СТЕПЕНЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИБОРОВ

Рассмотренные выше три типа ТАЭП различались в первую очередь конструктивно. В [2, 5] деление по степени автоматизации производилось на ручные и автоматизированные. Но современные системы автоматизации ТАЭП неоднородны - например, сегодня существуют разные подходы к степени автоматизации систем зарядки приборов. Фактор автоматизации нельзя недооценивать. Именно некачественная автоматизация работы ТАЭП стала одной из причин провала их внедрения в конце существования СССР и начала независимости Украины [10].

На основе статических и динамических теплонакопителей, а также комбинированных моделей, было разработано новое поколение приборов. Отметим, что производители называют их не модифицированной версией статических, динамических или комбинированных ТАЭП, а новым классом приборов [11, 12]. Новое поколение приборов обладает развитой системой автоматики. Рассмотрим это на примере из [11], где сравнивается концепция работы трёх ТАЭП: статического, динамического и «нового поколения»:

- статические модели заряжаются до максимума и постоянно отдают теплоту;
- динамические модели точно так же накапливают тепловую энергию, но способны более качественно регулировать свою теплоотдачу (в отличие от статических ТАЭП, они способны практически полностью прекратить теплоотдачу в помещение), что способствует сохранению ранее накопленного тепла и более экономному его расходованию;
- «новое поколение» приборов обладает системой прогнозирования температуры в помещении или подключается к погодной автоматизированной системе; это позволяет прибору накапливать столько энергии, сколько ему необходимо израсходовать для обеспечения потребности в теплоснабжении; также эти приборы способны намного лучше поддерживать заданное значение температуры в помещении по сравнению с предыдущими моделями.

За счёт улучшения систем автоматизации и контроля не только потребитель начинает экономно расходовать электроэнергию, но и компании, которые занимаются генерацией и распределением электроэнергии, получают дополнительные механизмы для наблюдения за рынком сбыта. Это в свою очередь

может снизить себестоимость производства электроэнергии, поскольку производители энергии будут располагать данными по перспективному потреблению электроэнергии и таким образом им не придётся производить значительных «дополнительных» излишков электроэнергии.

Важно отметить и то, что старые модели ТАЭП, а иногда даже варианты приборов с ручным управлением всё ещё находят место на рынке [2].

### 3. МЕТОДИКА ПОДБОРА ПРИБОРОВ

Хотя у различных типов ТАЭП может совпадать номинальная характеристика теплового потока, при их подборе важно руководствоваться ещё и таким фактором, как способность поддерживать заданный тепловой режим в помещении. К примеру, в [12] шла речь о том, что одно и то же помещение может обогреваться как с помощью ТАЭП «нового поколения» мощностью 2,8 кВт, так и статическим теплонакопителем с ручным управлением мощностью 3,4 кВт со вспомогательным источником тепловой энергии. В данном примере модель ТАЭП «нового поколения» продемонстрировала существенную экономию электроэнергии по сравнению со статическим ТАЭП с ручным управлением и вспомогательным источником тепловой энергии. На рисунке 2 показана упрощённая схема сравнения работы систем.

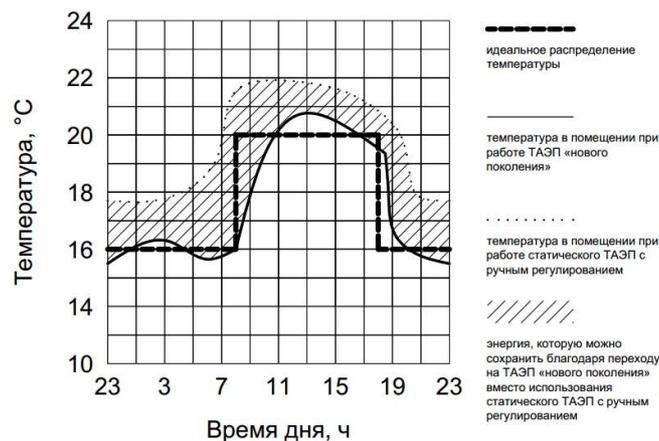


Рис. 2. Наглядная схема необходимого изменения температуры в помещении и качества её поддержания различными приборами, выполнена на основе [12], отклонения показаны несколько большими для акцента на отличии в работе приборов, а пример выполнен для помещения, в котором необходимое значение температуры меняется только дважды в сутки

Как правило, при выборе ТАЭП, необходимо консультироваться с его производителем, поскольку у каждого производителя наработаны свои подходы к оценке и подбору оптимального теплоаккумулирующего прибора. В целом, можно сделать следующее обобщение: для помещений со значительным

числом людей (которые являются источником тепла) или необходимостью изменения температурного режима в течение дня (в зависимости от времени суток необходимо поддерживать различные значения температуры помещения) рекомендовано использование динамических ТАЭП или же ТАЭП «нового поколения». Примечательно, что по схожим причинам могли бы быть рекомендованы и «закрытые» ТАЭП: в ранние часы их работы теплоотдача от приборов значительна и если помещение необходимо обслуживать только в эти ранние часы, то можно было бы использовать для отопления «закрытые» ТАЭП. Недосток подобного решения: в позднее время вместо перехода на более экономный режим расходования тепловой энергии «закрытый» ТАЭП будет перерасходовать теплоту.

В [6, 13] была предложена методика подбора ТАЭП, однако, важно отметить, что конструктивно описание прибора и его работы в этих источниках походило на описание работы «закрытого» ТАЭП. Так, теплоотдача от наружных поверхностей рассматривалась следующим образом: от электрических нагревателей к аккумулирующей прослойке (аккумулирующему материалу), а затем к изоляционному слою. Изоляционный слой рассматривался как «гармонический тепловой фильтр», а его расчёт характеризовался как схожий с расчетом теплоустойчивости ограждений жилых сооружений. На основе этого определялся параметр затуханий колебаний температуры прибора  $v_3$ . Отметим, что в [6, 13] не был указан метод расчета  $v_3$ .

Схема факторов, которые влияют на выбор прибора, показана на рисунке 3. К ним относятся температура воздуха в помещении  $t_b$ , радиационная температура в помещении (осреднённая температура всех обращенных в помещение поверхностей)  $\tau_{oc}$ , принятая на их основании ( $t_b$  и  $\tau_{oc}$ ) температура помещения  $t_n$ , коэффициент теплоусвоения помещения  $Y_n$ , показатель интенсивности теплообмена поверхностей ограждений и мебели  $\Lambda$ , характер конвективного и радиационного теплообмена в помещении  $Q_k$  и  $Q_p$ , мощности нагревательных элементов прибора  $Q$ , тепловой поток от поверхности прибора  $Q_3$ , температура поверхности прибора  $\tau_3$ . Помимо этих факторов также на выбор прибора влияет продолжительность периода зарядки прибора  $m$  и характера его зарядки (зарядка только ночью или с дополнительной дневной подзарядкой).

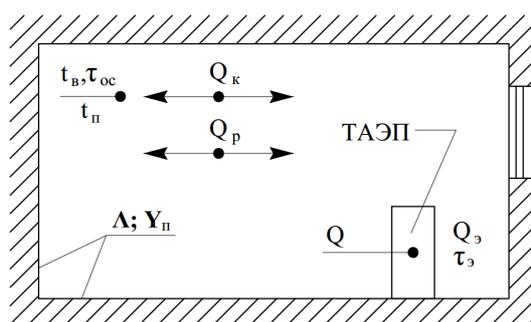


Рис. 3. Схема расчета теплоустойчивости помещения, отапливаемого ТАЭП, пример выполнен на основе [6]

Согласно предложенной в [6, 13] методике, выбор ТАЭП производится на основе номограмм. На номограмме были нанесены кривые, которые характеризовали ТАЭП: время и характер его зарядки и  $v_s$  при условии, что отклонение от заданной температуры в помещении составляет  $2^\circ\text{C}$ . В зависимости от соотношения  $Y_n/\Lambda$  и  $Q/\Lambda$  на график наносится точка и если она находится справа от кривой, то это значит, что для прибора, который характеризуется данной кривой, отклонение температуры в помещении будет превышать  $2^\circ\text{C}$ .

Недостаток данной методики в том, что производители ТАЭП не указывают характеристики затухания тепловой волны приборов. Другим существенным недостатком является то, что определение параметра теплостойкости помещения может происходить с учётом различных факторов. К примеру, в расчёте может учитываться влияние теплоаккумулирующей способности мебели в помещении [13, 14], хотя в примере подбора напольной ЭКС ОТА в приложении Г из [1] наличие мебели в помещении не учитывалось. Отметим также, что исторически подход к расчету теплоустойчивости неоднократно менялся [15].

В [16] была приведена система подбора статических и динамических теплонакопителей в зависимости от теплопотерь помещения, длительности зарядки приборов, конструкции ограждений в помещении и параметров работы ТАЭП. В данной методике использовался обобщающий коэффициент  $Z$ . Согласно методике, чем больше теплопоступлений в помещении и чем более массивны ограждающие конструкции, тем меньше коэффициент  $Z$ , а соответственно меньше необходимая установочная мощность ТАЭП.

## ВЫВОДЫ

Значительное число ТАЭП в Украине представлены устаревшими моделями: преимущественно статическими и динамическими, методика подбора которых определялась, как правило, рекомендациями производителей приборов.

По результатам, представленным в данной работе, для более широкого внедрения ТАЭП и перехода на использование их новых поколений, необходимо внедрение современных стандартов энергоснабжения с четким определением задач для инженерных служб. Эти задачи должны быть составлены таким образом, чтобы достигалась экономическая эффективность, а также максимальное взаимодействие между потребителями и производителями электрической энергии.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Електрична кабельна система опалення: ДБН В.2.5-24:2012. [Дата введення в действие 2012-10-01], Мінрегіонбуд України, Укрархбудінформ, К.: 2012, 84 с. (Государственный стандарт Украины).

- [2] Малкин Е.С., Теплоаккумулюючі електропечі. Термінологія і класифікація, Е.С. Малкін, О.В. Лысак, Промислова електроенергетика та електротехніка (Промелектро), 2014, № 3, с. 69-74.
- [3] Приборы отопительные комнатные электрические аккумуляционного типа. Методы измерений функциональных характеристик: межгосударственный стандарт ГОСТ 28669-90 (МЭК 531-76). [Дата введения в действие 1992-01-01], Стандартинформ, М.: 2005, 10 с. (Межгосударственный стандарт).
- [4] Малкин Е.С., Теплоаккумулюючі матеріали в теплоаккумулюючих електропечах: аналіз та практика використання, Е.С. Малкін, О.В. Лысак, Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: наук.- техн. зб., Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт.; редкол.: Е.С. Малкін (голов. ред.) [та ін.], КНУБА, К.: 2014, Вип. 17, с. 133-144.
- [5] Черных Л.Ф., Тепловые режимы помещений при энергосберегающем теплоаккумуляционном напольном электроотоплении: дис. ... доктора техн. наук : 05.23.03, Людмила Фёдоровна Черных; Украинский зональный научно-исследовательский и проектный институт по гражданскому строительству (КИЕВЗНИИЭП), К.: 2009, 446 с.
- [6] Богословский В.Н., Электротеплоаккумуляционная система отопления сельского дома, В.Н. Богословский, Е.Г. Малявина, А.Ю. Гилюс, Водоснабжение и санитарная техника, 1985, № 3, с. 19-20.
- [7] Кривошеин И.А., Бытовые электронагревательные приборы и установки: монография, И. А. Кривошеин, Изд-во МКХ РСФСР, М.: 1963, 184 с.
- [8] Динамические тепловые накопители Elnur [Электронный ресурс]. Url: <http://us-energy.com.ua/polezna-ya-informatsiya/2-uncategorised/12-dinamicheskie-teplovye-nakopiteli-elnur.html>. Дата обращения: 14.11.2014.
- [9] Статические тепловые накопители [Электронный ресурс]. Url: <http://us-energy.com.ua/component/content/article/2-uncategorised/11-statische-teplovye-nakopiteli.html>. Дата обращения: 14.11.2014.
- [10] Симонов А.А., Бытовое электрическое отопление с аккумулярованием тепла - важнейший фактор эффективного использования электроэнергии, Энергетика и электрификация, 1992, № 1, с. 26-30.
- [11] Ecombi Brochure - Elnur [Электронный ресурс]. Url: <http://www.elnur.co.uk/download/ecombi-brochure.pdf>. Дата обращения: 14.11.2014.
- [12] Quantum Brochure - Dimplex [Электронный ресурс]. Url: [http://www.dimplex.co.uk/assets/kb/brochure/0/Quantum\\_Brochure.pdf](http://www.dimplex.co.uk/assets/kb/brochure/0/Quantum_Brochure.pdf). Дата обращения: 14.11.2014.
- [13] Богословский В.Н., Отопление: учебник для вузов, В.Н. Богословский, А.Н. Сканави, Стройиздат, М.: 1991, 736 с.
- [14] Богословский В.Н., Строительная теплофизика: Теплофиз. основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. [Учебник для вузов по спец. "Теплогасоснабжение и вентиляция"], В.Н. Богословский. 2-е изд., пере-раб. и доп., Высш. школа, Москва 1982, 416 с.
- [15] Тимошенко А.Т., Теплоустойчивость многослойных ограждающих конструкций зданий / А.Т. Тимошенко; АН СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т физ.-техн. пробл. Севера, Якут. кн. изд-во., Якутск 1981, 172 с.
- [16] Moss Keith J., Heating and water services design in buildings, 2nd edition, Spon Press, New York 2003, 320 p.

## SELECTION OF STORAGE HEATERS FOR IMPLEMENTATION IN UKRAINE

**In this article the comparison of different types of storage heaters is made on the basis of their design characteristics, their heat output control and their level of**

---

**automation. The question of the introduction of high-tech automation in the control of storage heaters is described. This question highlights storage heaters with such control as the separate type of storage heaters. Some methodologies for selection of storage heaters are shown. The conclusion about the necessity of implementation of legislation establishing incentives for the introduction of a new generation of storage heaters is made.**

**Keywords: storage heaters**