

УДК 697.27:621.365

Долинский А.А., Халатов А.А., Тимченко Н.П., Новохацкая И.В.

Институт технической теплофизики НАН Украины

ЭЛЕКТРОКОТЛЫ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ: АНАЛИЗ РЫНКА УКРАИНЫ

Розглянуто актуальне для України питання забезпечення систем акумуляції електроопалення відповідним теплогенеруючим устаткуванням. Серед усіх типів електрообігрівачів найбільша увага приділена електрокотлам. Узагальнені результати аналізу ринку України електрокотлів вітчизняного і іноземного виробництва потужністю від 2...3 кВт до декількох сотень кіловат. Також при аналізі були використані показники надійності, ремонтноздатності, безпеки, необхідності здобуття дозволу на установку в наглядових органах.

Рассмотрен актуальный для Украины вопрос обеспечения систем аккумуляционного электроотопления соответствующим теплогенерирующим оборудованием. Среди всех типов электронагревателей наибольшее внимание уделено електрокотлам. Обобщены результаты анализа рынка Украины электрокотлов отечественного и иностранного производства мощностью от 2...3 кВт до нескольких сотен киловатт. При анализе также были использованы показатели надежности, ремонтпригодности, безопасности, необходимость получения разрешения на установку в надзорных органах.

The important for Ukraine problem associated with supplying accumulation electric heating systems by the proper heat generating equipment is considered. The greatest attention among all types of electric heaters is paid to electric boilers. Results of analysis of market of Ukraine of electric boilers of domestic and foreign production having power from 2...3 kW to a few hundred kilowatts were generalized. Indices of reliability, maintainability, safety, necessity of obtaining permission for a plant in supervisory organs were also used for the analysis.

Введение

В настоящее время энергетика Украины находится в сложном положении. В частности, в *тепловой энергетике* немало вопросов вызывают рациональные объемы и структура производства электроэнергии в Объединенной энергосистеме (ОЭС) Украины. Один из главных вопросов связан с процессом регулирования суточного графика нагрузок (СГН), который характеризуется большой неравномерностью.

На рис. 1 представлены типичные для Украины и некоторых ее областей графики суточного энергопотребления [1]. Несмотря на то что Днепропетровская область относится к потребителям электроэнергии в ОЭС Украины со значительными объемами, она характеризуется еще больше, чем для угольной генерации, цена вопроса повышается в случае выработки электроэнергии на АЭС. Дефицит маневренных мощностей превращается в один из ограничивающих факторов развития ядерной энергетики. Опыт внедрения двух последних энергоблоков на Хмельницкой АЭС-2 и Ровенской АЭС-4 свидетельствует о серьезных проблемах развития атомной энергетики в Украине в будущем если не будут создаваться соответствующие механизмы компенсации «избыточной» ночной электроэнергии [5 - 7].

В условиях спада промышленного производства в первую очередь останавливаются энергоблоки АЭС, а графики суточной нагрузки ОЭС Украины приобретают еще большую неравномерность. В ноябре в 2008 г. из 15 энергоблоков в Украине работали только 11, а в сложившейся ситуации ГП НАЭК "Энергоатом" "... использует экономическое падение для повышения безопасности блоков и продления их ресурса..." [8]. Таким образом, использование ТЭС и АЭС как базовых источников электроэнергии ставит вопрос об эффективном использовании генерируемой ими энергии в ночное время.

Способы выравнивания суточного графика нагрузки

Для выравнивания суточного графика нагрузок используются следующие основные способы: перевод энергоемких предприятий на работу в ночное время, создание гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС), суточное регулирование загрузки энергоблоков, применение резервных мощностей в «пиковое» и «полупиковое» время (например, газотурбинных установок), использование избыточного электричества для целей электроотопления в промышленности и коммунальной теплоэнергетике [1].

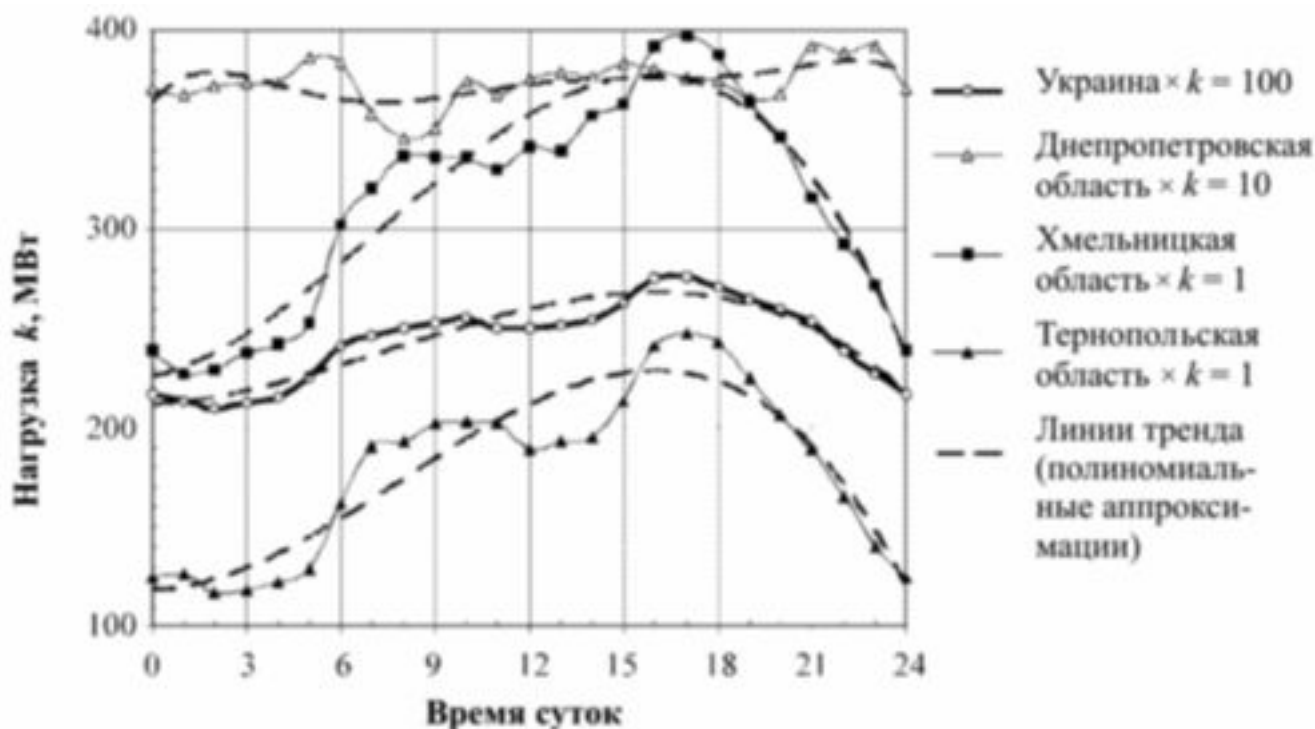


Рис. 1. Суточная нагрузка в зимний режимный день 2005 г., МВт
(знаком \times обозначены множители k для численных значений нагрузок по оси ординат).

Возможности перевода наиболее энергоемких промышленных предприятий Украины на работу в ночное время практически исчерпаны; кроме того, этот путь не представляется перспективным вследствие непредсказуемого характера загрузки предприятий Украины на долгосрочную перспективу.

Для полной компенсации «ночного провала» в Украине необходимо построить не менее шести ГАЭС мощностью 150 МВт каждая. Средняя стоимость киловатта установленной мощности для современной ГАЭС составляет около 700 долл. США, таким образом, строительство шести ГАЭС, которое продлится от 5 до 15 лет, потребует не менее 1,0 млрд. долл. США. Наиболее проблемными вопросами в этом случае являются выведение из использования сотен гектаров плодородной земли, а также значительные потери энергии в системе «насос-гидротурбина» (КПД ГАЭС составляет 65...70%).

Сегодня для регулирования энергоблоков в Украине (сброс и возврат к номинальной нагрузке) ежегодно расходуется до 2 млрд. м³ природного газа. Как показывает мировая практика, применение в наиболее загруженное время суток «пиковых» га-

зовых турбин позволит обеспечить работу тепловой и атомной энергетики в условиях близких к постоянной нагрузке.

Газовые турбины хорошо приспособлены для работы в маневренном режиме, они имеют высокий коэффициент полезного действия (серийные зарубежные энергетические газовые турбины простого цикла мощностью 300 МВт имеют коэффициент полезного действия около 40%), надежны в эксплуатации, имеют производителей во всем мире и развитую систему сервисного обслуживания.

Предстоящее десятилетие будет характеризоваться быстрым развитием мирового производства энергетических газовых турбин большой мощности (180 МВт и более) [9]. Одновременно получит развитие производство газовых турбин мощностью 60...120 МВт, примерно 60% которых используются для работы в «пиковом» режиме.

Украина имеет хорошо развитую инфраструктуру энергомашиностроения и имеет все возможности для быстрой организации производства газовых турбин мощностью 60...120 МВт. Однако для покрытия имеющегося дефицита 1100 МВт необходимы инвестиции в объеме 660...880 млн. долл.

США для закупки и установки необходимого количества газовых турбин. Другими недостатками являются использование природного газа в качестве топлива, а также достаточно большие выбросы углекислого газа в атмосферу, которые составляют 1,8 кг двуокиси углерода при сгорании 1 кг природного газа.

Наиболее перспективным и экономически выгодным для Украины направлением потребления ночного избытка электроэнергии представляется использование систем электроотопления – прежде всего в сфере коммунальной теплоэнергетики. Выработка и аккумуляция тепловой энергии в ночное время позволяет не только уменьшить ночной «провал» потребления электрической энергии, но и обеспечить стабильность частоты электрического тока в энергосистеме и, тем самым, снизить потери электроэнергии. Последнее достигается за счет использования потребителей-регуляторов, к которым относятся устройства электрообогрева [1]. Выбор конкретной технологии и оборудования электроотопления, как потребителя-регулятора, зависит, в первую очередь, от региональных особенностей суточного, месячного и годового графиков нагрузки энергетической системы Украины.

Расчеты показывают, что за счет использования ночного резерва электрической энергии для целей электроотопления (1100 МВт) снижение потребления природного газа на объектах социальной и жилищно-коммунальной сферы Украины составит более 300 млн. м³ в год, а уменьшение эмиссии парниковых газов в окружающую среду – до 2,7 млн. т в эквиваленте CO₂.

Оборудование для электроотопления

Все типы оборудования для электроотопления основаны на преобразовании электрической энергии в тепловую тем или иным способом, которое происходит с КПД 95...100%. Выпускаемое оборудование может быть простого и комбинированного с теплоаккумуляционными емкостями типов.

К оборудованию простого типа относятся электрические конвекторы, радиаторы, теплонасосные установки, проточные электроды, установки гидродинамического нагрева, тепловые батареи, электрические греющие панели и кабельные системы отопления, инфракрасные приборы и некоторые

другие. В этом случае получаемая теплота используется сразу после ее выработки. Комбинация простых установок с теплоаккумулирующими устройствами особенно выгодна при использовании льготного ночного тарифа. В современной практике хорошо известны электроды с аккумуляцией горячего теплоносителя, системы электрообогрева на базе теплоаккумуляционных электродов, низкотемпературные нагревательные элементы, встроенные в конструкцию здания, установки гидродинамического нагрева с аккумуляторами теплоты и некоторые другие. Единственным типом потребителя-регулятора, способным компенсировать реактивную составляющую, являются установки гидродинамического нагрева, базирующиеся на использовании вихревых аппаратов с приводом от электродвигателя [10].

Многообразие приборов и систем электроотопления, а также существенно различная стоимость оборудования порождают проблему выбора, если не оптимального, то рационального варианта применительно к конкретным условиям и запросам потребителя тепловой энергии.

Опыт показывает, что в городах и районных центрах целесообразно использовать действующие системы централизованного теплоснабжения для создания систем теплоснабжения аккумуляционного типа (электроды). Учитывая значительную мощность таких систем (до десятков мегаватт), в качестве теплогенераторов с приемлемым сроком окупаемости можно рекомендовать мощные высоковольтные электроды (см. ниже). Это, однако, не исключает использование систем теплонасосных станций при наличии легкодоступных источников низкопотенциальной теплоты (земля, вода, выбросы горячего воздуха и дымовых газов).

Использование автономных систем электроотопления особенно целесообразно при значительном удалении потребителя от сетей централизованного теплоснабжения (малоэтажные здания, школы, детские сады). Выбор типа электроотопления в данном случае индивидуальный и зависит от местных условий и стоимости оборудования. Для таких объектов мощность электротеплогенераторов, как правило, не превышает 1 МВт, поэтому в данном случае могут использоваться электроды, системы гидродинамического нагрева, тепловые насосы и устройства прямого нагрева.

К индивидуальным системам электроотопления, которые интенсивно развиваются в последние годы, следует также отнести системы аккумуляционного кабельного нагрева и квартирные электротеплогенераторы прямого действия. Использование таких систем наиболее эффективно на стадии строительства новых и реконструкции аварийных объектов, при строительстве индивидуальных коттеджей и социальных объектов в сельской местности. В последнем случае следует учитывать значительные капитальные затраты на подключение к локальным электросетям.

В связи с широким использованием электроотопления чрезвычайно важной представляется работа по анализу и систематизации выпускаемого оборудования. Применительно к установкам гидродинамического нагрева результаты обобщения рынка Украины представлены в работе [10]. В настоящей работе анализируется рынок Украины по электродкотлам, которые получили широкое распространение в последние годы вследствие относительной дешевизны и простоты монтажа и эксплуатации.

Электрические котлы

Основными преимуществами электродкотлов является экологическая чистота и возможность автоматизации процесса электрообогрева. Электродкотлы позволяют реализовать децентрализацию отопления с потреблением энергии, выработанной централизованно на мощных электростанциях. Особенно эффективно использование электродкотлов в аккумуляционных системах отопления, когда электрическая энергия потребляется в интервале действия льготных (до четырех раз меньших обычной цены) тарифов на электроэнергию. Это отличает электродкотлы от газовых, которые не имеют льготных условий эксплуатации.

Электрическая энергия может преобразовываться в тепловую в электродкотлах *резистивного типа*, которые используют тепловое действие электрического тока в соответствии с законом Джоуля-Ленца. Резистивные электродкотлы могут быть двух видов – ТЭНовые (трубчатые электронагреватели) и электродные. В ТЭНовых котлах осуществляется косвенный электронагрев – тепловая энергия передается жидкости с поверхности погруженных в нее ТЭНов. ТЭНовые электродкотлы комплектуются

различными устройствами регулирования мощности датчиками терморегуляторов, контроля наличия воды. Маломощные (до 15 кВт) электродкотлы могут работать без циркуляционного насоса. Одним из главных недостатков ТЭНовых электродкотлов является то, что поверхность ТЭНов постепенно покрывается слоем малотеплопроводной накипи, увеличивающей термическое сопротивление между поверхностью ТЭНа и водой, что снижает эффективность работы электродкотла и может быть основной причиной выхода из строя ТЭНов. Особенно часто замена необходима в многоТЭНовых электродкотлах повышенной мощности. Для повышения срока их службы осуществляют водоподготовку, принимают другие специальные и профилактические меры.

Вторым видом электродкотла резистивного типа является электродный котел, в котором осуществляется прямой электронагрев при погружении электродов в электропроводящую жидкость. Тепловая энергия выделяется непосредственно в объеме жидкости на активном сопротивлении, которое создает межэлектродное пространство прохождения тока в той или другой электропроводной жидкости. При этом в большинстве случаев жидкость выполняет одновременно две функции: в ее объеме выделяется теплота при прохождении электрического тока и эта же жидкость является теплоносителем, с помощью которой тепловая энергия поступает в систему отопления.

В конструктивном отношении электродные электродкотлы являются более простыми и дешевыми по сравнению с ТЭНовыми котлами. Однако они могут использовать только токопроводящие теплоносители и жидкости. Рабочий процесс сопровождается нежелательными электрохимическими реакциями, в ходе которых подвергается коррозии оборудование и образуются нежелательные продукты химических реакций. При прохождении электротока через воду выделяется водород, вредные газы, что создает угрозу образования взрывоопасных смесей или опасных условий работы. Вследствие газовыделения возникает потребность в установке систем вентиляции помещения. На газообразование, электрохимическую коррозию затрачивается определенная энергия, которая снижает КПД электродного котла.

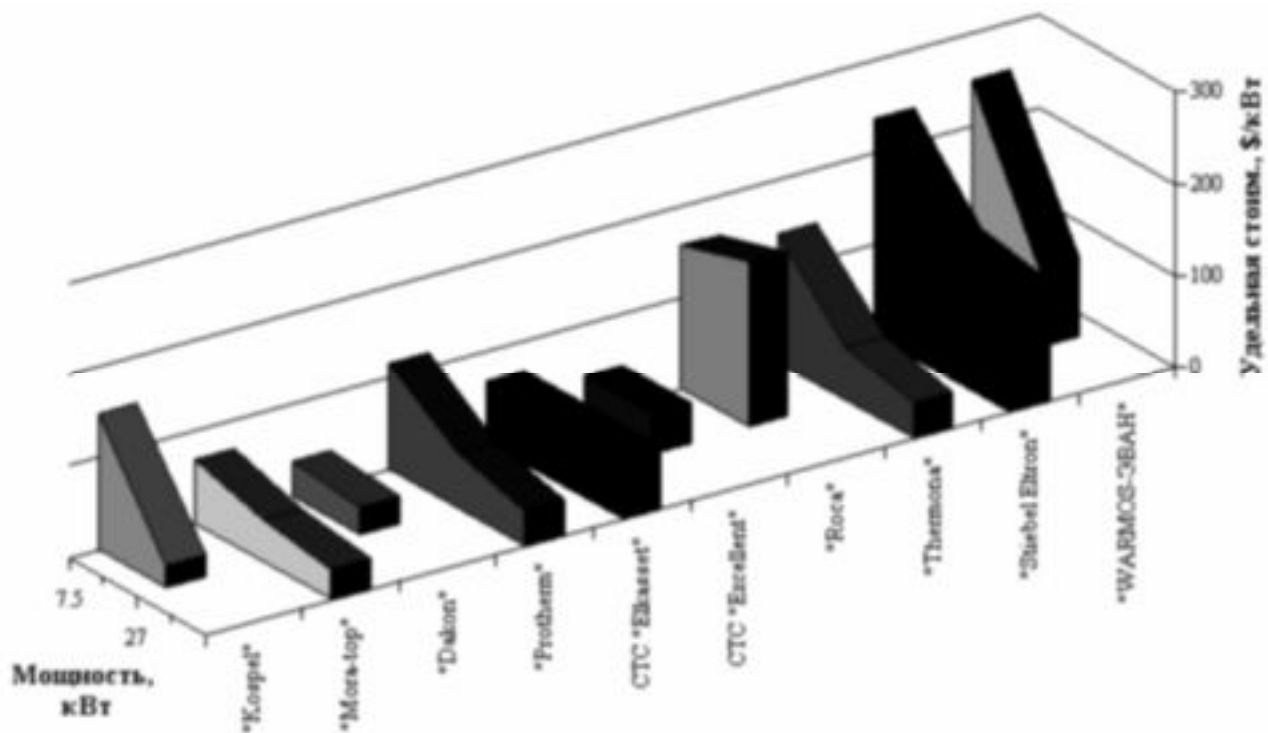


Рис. 2. Осредненная удельная стоимость электродкотлов иностранного производства в зависимости от их мощности.

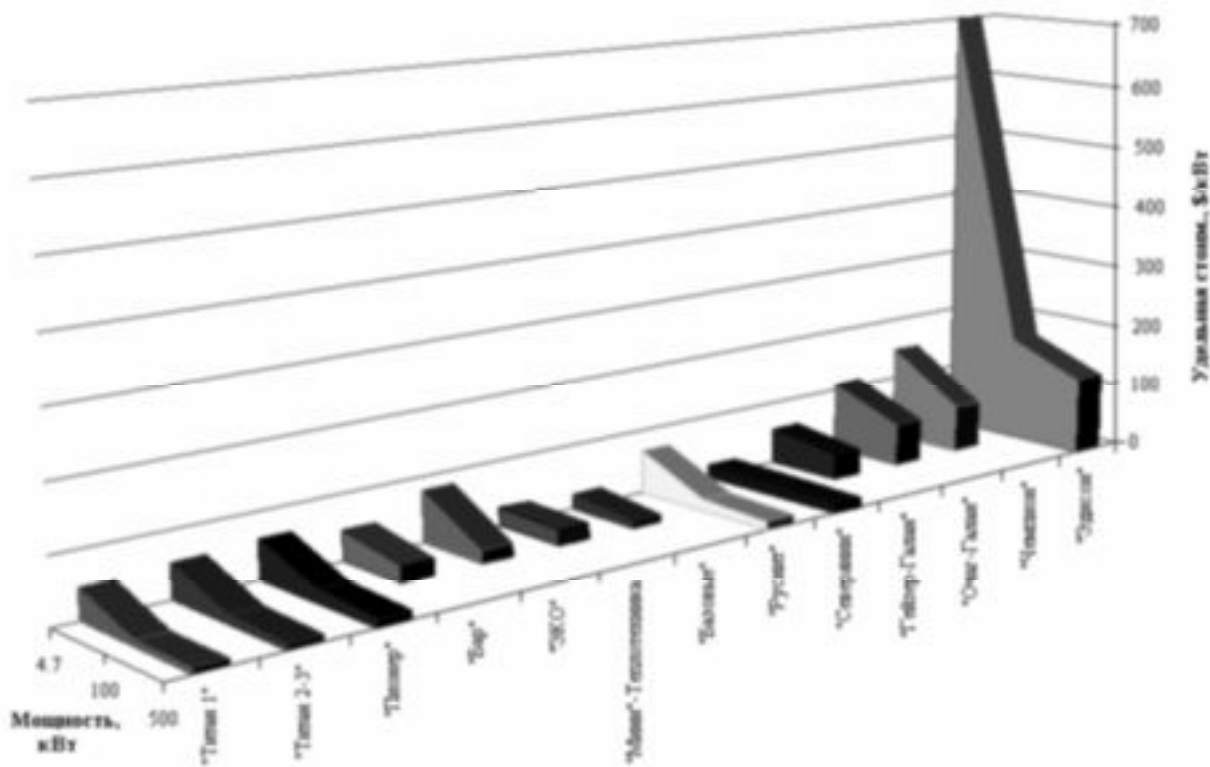


Рис. 3. Осредненная удельная стоимость электродкотлов производства Украины и стран СНГ в зависимости от их мощности.

Табл. Электрокотлы для отопления и горячего водоснабжения (сортированы по удельной стоимости и стране производителю)

Марка	Производитель или посредник	Страна	Тип	Мощность кВт		Напряжение В	Цена грн.		Удельная стоимость \$/кВт у.м.		Примечание
				от	до		от	до	от	до	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. «Северянин»	ООО «Северянин»	Россия	ТЭНовый	60	150	380	1185	2428	19,8	16,2	
2. «Базовые»	«Теплотехника»	Украина	ТЭНовый	9	120	380	1560	8700	22,2	10	
3. «ВУЛКАН»	«Галан»	Россия	Электродн.	25		380	5085		26,1		
4. «Титанмини люкс»	ПВП «Титан»	Украина	ТЭНовый	4,5	15	220	912	1326	26,5	11,5	с ЭМУ
5. «Мини» (КЕОБ)	«Теплотехника»	Украина	ТЭНовый	3	8	220	630	1080	27	23,1	
6. «Dakon»	«Дельта терм»	Чехия	ТЭНовый	30	60	220; 380	8930	13920	38,2	29,7	
7. СТС «Excellent»	«Аква Пойнт» РФ	Швеция	ТЭНовый	15	75	380	25463		43,5		
8. «Бар»	г. Бар, Машзавод	Украина	ТЭНовый	4,5	9	220; 380	1680	1880	47	26	
9. «Титан мини»	ПВП «Титан»	Украина	ТЭНовый	1,5	15	220; 380	642	1224	55	10	с ЭМУ
10. «Титан»	ПВП «Титан»	Украина	ТЭНовый	3	120	220; 380	1092	7860	55	10	с ЭМУ
11. «ГЕЙЗЕР»	«Галан»	Россия	Электродн.	9	15	380	3895	4599	55,5	39,3	
12. «Пионер»		Украина	ТЭНовый	4	30	220; 380	1839	2970	60,5	13,02	
13. СТС «Elkasset»	«Аква Пойнт» РФ	Швеция	ТЭНовый	3	12	220	6336		67,6		
14. «Руснит»	ЗАО НПБК «Рус НИТ»	Россия	ТЭНовый	3	100	220; 380	1582	11633	67,6	15	
15. «MORA-TOP»		Чехия	ТЭНовый	7,5	22	220; 380	3939	5550	69	33,2	
16. «ЭКО»	Елесон, Дельта терм	Украина	ТЭНовый	4	30	220; 380	2500	4880	80	20	
17. «ОЧАГ»	«Галан»	Россия	Электродн.	36		220	2568	3075	109,7	65,7	
18. «Скат»	«Proterm»	Чехия	ТЭНовый	6	24	220; 380	5373	6876	117	38	
19. «THERMONA»	МПП «Богемия»	Чехия	ТЭНовый	7,5	45	220; 380	8200	13750	140,2	39,2	
20. «Kospel»	«Kospel»	Польша	ТЭНовый	4	24	220; 380	4523	4737	148	25	
21. «Чемпион»	«Алви Синергия»	Украина	Электродн.	3	7	220; 380	3500	4000	149,6	73,3	
22. «Роса»	«Аква Пойнт» РФ	Испания	ТЭНовый	10	15	380	12310	14154	157	181	
23. «Stiebel Eltron»	«Аква Пойнт» РФ	Германия	ТЭНовый	24	48	380	44577	49377	238	132	
24. серия «WAR-MOS»	ЧП «ЕТС Укр»	Финлянд.	ТЭНовый	7,5	27	380	14609	18158	250	86,2	
25. «Эдисон»	ООО «Елесон» Укр	Россия	Индукцион.	4,7	500	380	25634	482074	699	123,6	

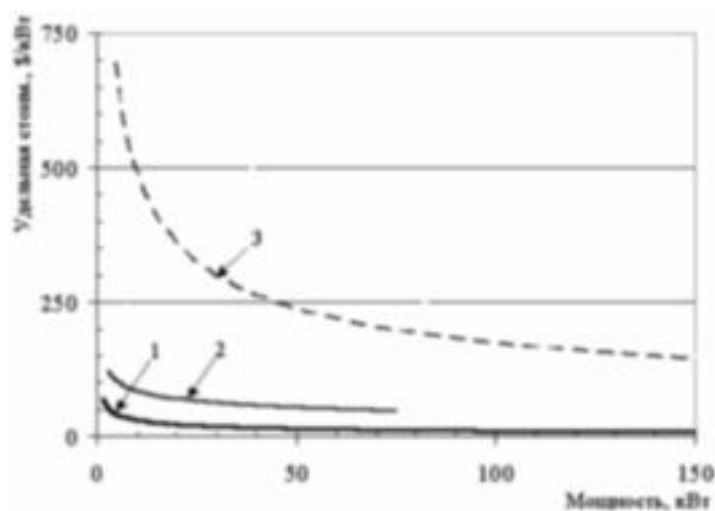


Рис. 4. Осредненная удельная стоимость электродкотлов в зависимости от их мощности:

- 1, 2 – электродкотлы отечественного и зарубежного производства;
3 – индукционные котлы.**

Котлы устаревших конструкций были рассчитаны на использование только токопроводящих теплоносителей и жидкостей, в частности, воды с определенным содержанием солей, которое отвечает номинальному удельному электрическому сопротивлению при номинальной мощности (около 30 Ом·м при 20°C; корректировка содержания в интервале 10...50 Ом·м при 20°C достигается или добавлением к воде солей, или воды с высоким удельным электрическим сопротивлением: конденсата, дистиллята, талой или дождевой воды).

В последние годы начинают получать развитие индукционные электродкотлы [11], которые свободны от недостатков присущих котлам резистивного типа и характеризуются высокой надежностью. Они могут использоваться для подогрева жидкости и воздуха, при этом используемая жидкость не требует химводоподготовки.

Рынок электродкотлов в Украине

В таблице представлены основные производители электродкотлов, присутствующие на рынке Украины, которые предназначены для систем индивидуального отопления и горячего водоснабжения жилых и офисных зданий, небольших промышленных предприятий, производственных помещений. Информация о характеристиках электродкотлов по-

лучена на специализированных выставках, презентациях, от предприятий, выпускающих электродкотлы, а также через интернет-пространство. В отдельных случаях производился опрос конечных потребителей электродкотельной продукции.

Как следует из представленных данных, сегодня на рынке Украины предлагается большой выбор электродкотлов отечественного и иностранного (в основном страны ЕС) производства мощностью от 2...3 кВт до нескольких сотен киловатт. При необходимости достижения большой мощности электродкотлы, как правило, агрегируются и включаются параллельно каскадами.

Удельная стоимость электродкотла является одним из основных критериев при выборе оборудования. На рис. 2, 3, 4 приведены данные по удельной стоимости электродкотлов, представленных на рынке Украины. По этому ценовому показателю можно выделить две основные группы: электродкотлы производства стран Европейского сообщества, удельная стоимость которых лежит в пределах 69...250 \$/кВт, России и Украины (19,8...149,6 \$/кВт). Осредненные зависимости удельной стоимости от мощности электродкотла представлены на рис. 4. Следует отметить, что электродкотлы всех трех групп характеризуются примерно одинаковым уровнем автоматизации управления эксплуатационным режимом. Определенная часть комплектующих является импортной (например, ТЭНы). Однако основная их часть удовлетворительного качества и производится в Украине. Поэтому ценовое расслоение обусловлено уровнем комплектации электродкотлов сопутствующим оборудованием.

Выводы

1. Использование систем аккумуляционного электроотопления представляется наиболее перспективным и экономически выгодным для Украины направлением потребления ночного избытка электроэнергии.
2. Для целей электроотопления серийно выпускается широкий спектр оборудования (конвекторы, радиаторы, теплонасосные установки, проточные электродкотлы, установки гидродинамического нагрева, тепловые батареи, электрические греющие панели и кабельные системы отопления, инфракрасные приборы).

3. Электрокотлы получили широкое практическое использование вследствие экологической чистоты, быстроты монтажа, автоматизации процесса электрообогрева и невысокой удельной стоимости.

4. Сегодня на рынке Украины предлагается большой выбор электрокотлов отечественного и иностранного производства мощностью от 2...3 кВт до нескольких сотен киловатт, удельная стоимость которых лежит в пределах 19,8...250 долларов США за киловатт установленной мощности.

5. При выборе типа электрокотла кроме стоимости необходимо учитывать надежность, ремонтпригодность, безопасность, необходимость получения разрешения на установку в надзорных органах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Енергоощадна* технологія електротепло-акумуляційного обігріву в ЖКК та АПК України / Д.Й. Розинський, В.Д. Юргачов, С.Я. Меженний, М. М. Меркулов, В.В. Оксак, М.П. Тимченко, С.М. Тітенко – К.: В-во Купріянова О.О. –2007. – 272 с.
2. http://www.adm.yar.ru/rek/news/1b2/060414_exp.html
3. *Стратегія* енергозбереження в Україні: аналітично-довідкові матеріали в 2-х томах: Загальні засади енергозбереження // За ред. В.А.Жовтянського, М.М. Кулика, Б.С. Стогнія. – К.: Академперіодика, 2006. – Т. 1. – 510 с.
4. www.dis.ru/library/market/archive/2006/2/4142.html
5. *Баталов А., Салимон В.* Баланс интересов. О проблеме дефицита высокоманевренных регулирующих мощностей в ОЭС Украины // Энергетическая политика Украины. – 2004. – № 6. – С.54-57.
6. *Праховник А., Замулко А., Находов В.* Новые энергоблоки АЭС: избыток энергии или дефицит мощности в энергосистеме? // Энергетическая политика Украины. – 2004. – № 11. – С.54-60.
7. *Светелік О.Д., Баталов А.Г., Замулко А.І., Праховник А.В., Находов В.Ф.* Шляхи забезпечення балансу виробництва і споживання електричної енергії та потужності ОЭС України // Стан і майбутнє енергетики України. – К.: НТСЕУ, ОЕП «ГРІФЕ», 2005. – 324 с.
8. <http://www.atom.gov.ua/ru/media/nnegc.html>
9. *Халатов А.А.* Енергетичне газотурбобудування: розвиток світового ринку на період до 2015 р. // Вісник Національної академії наук України.– 2007.– № 10.– С. 30-34.
10. *Халатов А.А., Коваленко А.С., Шевцов С.В., Франко Н.В.* Вихревые теплогенераторы (термеры): проблемы и перспективы // Вісник Академії митної служби України.-сер. техн. наук.-2009. –№ 1. –С. 78-90.

Получено 25.09.2009 г.