



**Нагрев жидкостей (прежде всего, воды), который широко востребован в промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ), может производиться как с использованием различных видов топлива (дрова, уголь, мазут, газ), так и с использованием электроэнергии.**

**Применение электронагревательных устройств во многих случаях оказывается предпочтительным в связи с большей безопасностью, экологичностью, широкими возможностями децентрализации отопления и регулирования и т.д. Отметим, что в некоторых районах России применение электронагревателей жидкостей является практически безальтернативным, так как приобретение, доставка и хранение топлива оказываются слишком затратными.**

## Разработка и опыт эксплуатации индукционных нагревателей жидкостей трансформаторного типа



**А.Б. Кувалдин,**  
заслуженный деятель  
науки РФ, доктор  
технических наук,  
профессор.  
Московский  
энергетический  
институт  
(национальный  
исследовательский  
университет).



**В.М. Абдрашитов,**  
заместитель  
директора ООО  
«Завод индукционных  
электрических  
нагревателей»

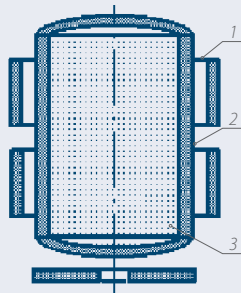
**Э**лектронагреватели жидкостей (ЭНЖ) можно классифицировать по виду жидкости и температуре ее нагрева, режиму работы, производительности, мощности, числу фаз, напряжению, а также по виду электронагрева и конструктивным признакам.

По виду жидкости и температуре нагрева ЭНЖ подразделяют на водонагреватели (нагрев до 100 °С) и нагреватели других жидкостей до температур свыше 100 °С, в частности высокотемпературных органических теплоносителей (жидкостей ВОТ).

По режиму работы ЭНЖ подразделяют на проточные и аккумуляционные. Применение аккумуляционных ЭНЖ позволяет использовать различие дневного и ночного тарифов стоимости электроэнергии.

По мощности и, соответственно, производительности можно выделить три группы ЭНЖ: малой (до 15 кВт), средней (15 – 250 кВт) и большой (свыше 250 кВт) мощности. ЭНЖ малой мощности могут быть однофазными, а средней и большой мощности выполняются трехфазными. При мощностях до 250 кВт нагреватели подключаются к напряжению 220/380 В, а при мощностях свыше 250 кВт их целесообразно выполнять высоковольтными (напряжение до 10,0 кВ). По виду электронагрева и конструктивным признакам различают ЭНЖ, основанные на использовании резистивного, индукционного и индукционно-резистивного видов нагрева, отличающиеся различным исполнением конструкции. Наиболее широко применяются электродные нагреватели, устройства с

**i** Рис. 1. Индукционный нагреватель жидкости:



1 – индуктор, 2 – корпус, 3 – жидкость

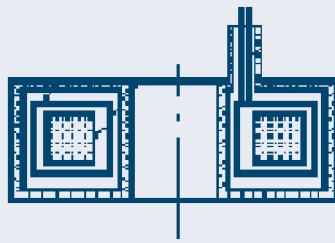
использованием трубчатых электронагревателей (ТЭНов) и индукционные нагреватели различных типов.

Электродные нагреватели относятся к устройствам прямого резистивного нагрева, в которых ток пропускается непосредственно через нагреваемую проводящую жидкость (обычно, воду). Эти нагреватели различаются по конструкции электродов (плоские, цилиндрические и т.д.). Достоинством их является простота конструкции, возможность создания устройств большой мощности и относительно малых габаритов. Основные недостатки: необходимость повышенных мер электробезопасности, осаждение накипи на электродах, нестабильность характеристик, зависящая от удельного электрического сопротивления жидкости, т.е. для воды от содержания примесей и температуры.

Нагреватели, использующие ТЭНы, т.е. основанные на косвенном резистивном нагреве, просты в эксплуатации и имеют малый вес и габариты. Однако им присущи некоторые недостатки из-за малой единичной мощности и высокой тепловой нагруженности поверхности ТЭНов: ограниченная мощность (до 100-200 кВт), высокие требования к качеству теплоносителя (вода должна быть химически очищена), большая стоимость и относительно небольшой ресурс работы.

Индукционные нагреватели создавались как альтернатива ТЭНовым и электродным электронагревателям. Индукционные ЭНЖ основаны на нагреве в электромагнитном поле металлических емкостей или труб, в которых находится или протекает нагреваемая жидкость. Электромагнитное поле создается одним или несколькими индукторами. Ин-

**i** Рис. 2. Погружной индукционный нагреватель жидкости:



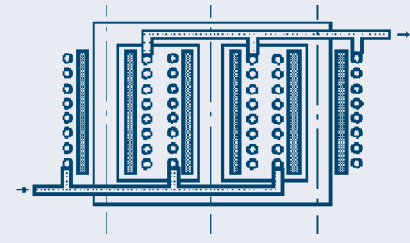
1 – индуктор, 2 – корпус, 3 – магнитопровод, 4 – выводы

дукционные нагреватели отличаются такими показателями как долговечность, надежность, достаточно высокий КПД, безопасность и неприхотливость в обслуживании и позволяют эффективно на высоком техническом уровне решать самый широкий круг задач ЖКХ и промышленности по отоплению, горячему водоснабжению и технологическому нагреву. Существует большое количество вариантов конструктивного исполнения индукционных ЭНЖ и далее будут рассмотрены только некоторые, наиболее широко применяемые на практике конструкции.

На рис. 1 показан ЭНЖ с индукционным обогревом корпуса и дна емкости, который реализован с помощью двух цилиндрических и одного плоского индукторов (катушек). Индукторы охлаждаются воздухом за счет естественной или принудительной конвекции, а в некоторых случаях имеют принудительное водяное охлаждение. Индукторы могут быть подключены на разные фазы для равномерной загрузки электрической сети. Такие нагреватели выполняются на различные мощности до нескольких тысяч кВт.

Индукционно-резистивные ЭНЖ сконструированы так, чтобы электрические потери в индукторе также использовались для нагрева жидкости. Пример такого ЭНЖ приведен на рис.2. Это погружной нагреватель, который опускается в бак с жидкостью. Конструктивно нагреватель состоит из тороидального корпуса, в котором расположен кольцевой магнитопровод с индуктором. Подвод тока к индуктору осуществляется по проводам, расположенным в трубке. Корпус нагревается за счет электро-

**i** Рис. 3. Индукционный нагреватель трансформаторного типа:



1 – индуктор (первичная обмотка), 2 – вторичная обмотка (трубка), 3 – магнитопровод

магнитного поля, а также за счет тепловых потерь в индукторе и магнитопроводе. Электрическая изоляция индуктора должна быть рассчитана на температуру, существенно превышающую температуру нагрева жидкости. Мощность таких нагревателей не превышает нескольких десятков кВт.

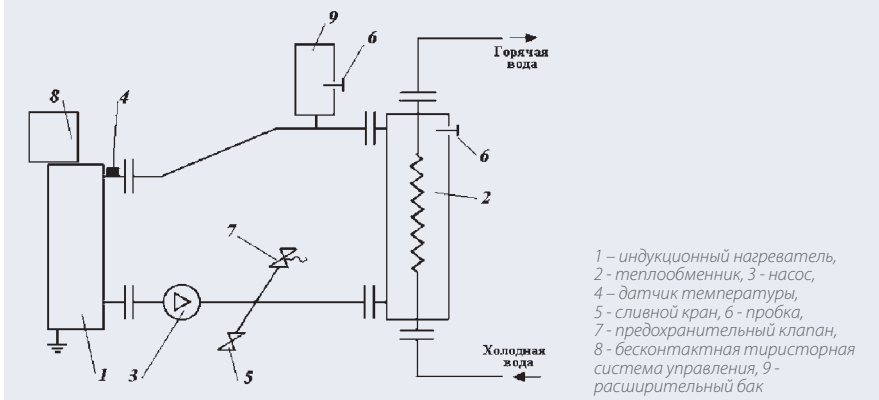
Индукционные ЭНЖ трансформаторного типа по конструкции аналогичны силовым сухим трансформаторам, при этом вторичная обмотка у них расположена поверх первичной обмотки и выполнена из металлической трубки (рис.3). Индуцированный во вторичной обмотке (трубке) электрический ток нагревает ее и протекающую в ней жидкость. Эти нагреватели так же, как и промышленные трансформаторы, отличаются высокими энергетическими характеристиками (электрический КПД и коэффициент мощности около 0,98).

Оригинальную конструкцию индукционных водонагревателей трансформаторного типа, защищенную патентами РФ, разработала компания «Завод индукционных электрических нагревателей», см. рис. 4. Нагреватель АКВА-ЕТ со-

**i** Рис. 4. Индукционный нагреватель трансформаторного типа АКВА-ЕТ-15



**Рис. 5.** Схема блока автономной системы теплоснабжения (БАСТ):



стоит из магнитопровода (1), многovitковой первичной обмотки (2), специальной вторичной обмотки, выполненной из металлической трубки (3) и рамы (4). Разработана, выпускается и в течение ряда лет успешно эксплуатируется на различных объектах линейка водонагревателей АКВА-ЕТ, рассчитанных на питание от трехфазной сети (частота 50 Гц) напряжением 380 В. Срок службы индукционных нагревателей составляет более 30 лет. Изоляция первичной обмотки соответствует классу нагревостойкости «F» с допустимой рабочей температурой по ГОСТу – 150° С. Нагреватели соответствуют второму классу электробезопасности и имеют высокие энергетические характеристики. Другие технические характеристики этих водонагревателей приведены в табл. 1. Индукционные электронагреватели жидкостей АКВА-ЕТ предназначены для использования в качестве источника тепла в автономных системах отопления преимущественно с принудительной циркуляцией, системах горячего водоснабжения, системах нагрева в технологических процессах. Системы нагрева жидкостей на основе индукционных электронагревателей АКВА-ЕТ описаны ниже. Блоки автономных систем теплоснабжения (БАСТ) используются для нагрева

жидкого теплоносителя в автономных системах отопления, в системах нагрева технологических процессов и т.п. Базовая комплектация БАСТ: индукционный электронагреватель АКВА ЕТ, электро-механическая или тиристорная система управления, основной и резервный циркуляционные насосы, закрытый расширительный бак, запорно-регулирующая арматура, фильтры. Возможна дополнительная комплектация прибором защиты от накипи. Схема и общий вид блока автономной системы теплоснабжения показаны на рис. 5 и рис. 6. БАСТ собирается подготовленными специалистами и проверяется в заводских условиях, что значительно повышает надежность всего комплекса оборудования. При использовании БАСТ упрощается монтаж системы, значительно повышается надежность всей системы, снижаются требования к квалификации электромонтажников, снижается риск возникновения ошибок монтажа. Существует возможность удаленного управления БАСТ с компьютера. Технические характеристики блоков автономных систем теплоснабжения приведены в табл. 2 (возможно создание блоков теплоснабжения с иными характеристиками – согласно требованиям Заказчика). Автономные аккумуляционные системы

**Рис. 6.** Общий вид блока автономной системы теплоснабжения (БАСТ)



горячего водоснабжения (АСГВС) предназначены для решения задач горячего водоснабжения в жилых зданиях и предприятиях с небольшой потребностью в горячей воде. Они обладают всеми достоинствами индукционных нагревателей, имеют в своем составе: два контура нагрева (рис.5), что исключает влияние на электронагреватель некачественной воды, аккумуляционную теплоизолированную емкость для сглаживания пиков водопотребления. Наличие аккумуляционной емкости дает возможность:

- снизить установленную мощность в 2 раза и более и оптимизировать работу установки;
- сгладить «пиковые» моменты электропотребления и водопотребления;
- производить ночью (по ночному тарифу) основной нагрев воды в емкости, а в дневное время установка может работать в режиме подогрева;
- обеспечить непрерывное горячее водоснабжение.

Автоматическое управление позволяет поддерживать необходимую температуру воды в емкости на протяжении всего времени работы. При достижении заданной температуры воды электронагреватель автоматически выключается. Для увеличения периода непрерывной работы АСГВС возможна дополнительная комплектация прибором защиты от накипи. Применение АСГВС для горячего водоснабжения жилых, административных и промышленных зданий, а также удаленных и тупиковых объектов (цеха заводов, АЗС, нефтебазы, санатории, столовые и т.д.) позволяет отказаться от затрат на строительство и эксплуатацию

**Таблица 1.** Технические характеристики индукционных водонагревателей

Показатель	Тип нагревателя			
	АКВА-ЕТ-15	АКВА-ЕТ-50	АКВА-ЕТ-100	АКВА-ЕТ-250
Мощность (кВт)	15,0	50,0	100,0	250,0
Ток фазы (А)	23,5	76	160	400
Габаритные размеры (мм)	435x230x465	650x280x485	1320x385x620	1350x550x630
Масса (кг)	75	220	350	750

Таблица 2. Технические характеристики блоков автономных систем теплоснабжения

Показатель	Тип блока							
	БАСТ-15	БАСТ-30	БАСТ-50	БАСТ-100	БАСТ-100	>БАСТ-150	БАСТ-200	БАСТ-250
Количество и мощность нагревателей (кВт)	1x15	2x15	1x50	2x50	1x100	3x50	2x100	1x250
Объем расширительного бака (л)	16	26	30	50	50	90	120	120

Таблица 2. Технические характеристики блоков автономных систем теплоснабжения

Показатель	Тип системы					
	АСГВС - 15/250	АСГВС - 15/2000	АСГВС - 30/400	АСГВС - 30/2000	АСГВС - 50/400	АСГВС - 50/2000
мощность нагревателя, кВт	15	15	30	30	50	50
Объем аккумуляторной емкости, л	250	2000	400	2000	400	2000
Макс. производительность, л/ч	590	3640	880	3880	1500	4400

теплотрасс, транспортировку и хранение топлива, от необходимости постоянного обслуживания и тд., позволяет снизить капитальные затраты (по сравнению с аналогами).

Технические характеристики автономных аккумуляторных систем горячего водоснабжения (температуры: воды 55оС и емкости 85°С, рабочее давление, 0,6 МПа) приведены в табл. 3 (по требованиям Заказчика возможно создание систем ГВС с иными характеристиками).

Проточные системы горячего водоснабжения (ПСГВС) предназначены для использования в системах горячего водоснабжения для решения задач обеспечения большого пикового потребления горячей воды. Рабочее давление – 0,6 МПа. Наличие водо-водяного теплообменника (бойлера) позволяет сделать электронагреватель не восприимчивым к качеству нагреваемой воды. Для увеличения периода непрерывной работы

ПСГВС возможна дополнительная комплектация прибором защиты от накипи. Установки работают в автоматическом режиме.

Проточные системы ПСГВС могут подключаться к различным нестандартным аккумуляторным емкостям заказчика, что позволит создавать запасы горячей воды для «пикового» потребления в течение суток. Они могут также использоваться в технологических процессах нагрева. Технические характеристики проточных систем горячего водоснабжения приведены в табл. 4.

Для производства тепла на не обустроенных территориях разработаны и производятся модульные блоки теплоснабжения ОАЗИС, которые представляют собой комплекты нагревательного оборудования, установленного в отдельном утепленном модуле – контейнере (рис. 7). Блоки выпускаются на мощности в диапазоне от 15 до 3000 кВт и изготавливаются только для решения конкрет

ных задач Заказчика. Модульные блоки ОАЗИС оснащаются самыми различными дополнительными устройствами и системами. Компания «ЗИЭН» производит также высокотемпературные нагреватели жидкости трансформаторного типа, которые предназначены для использования в химической, нефтехимической и иных отраслях промышленности для нагрева теплоносителей до температуры 350 °С, например, для нагрева реакторов и иных устройств. Высокотемпературные ЭНЖ характеризуются повышенной надежностью и долговечностью, что немаловажно для работы технологических линий и отсутствием эффекта коксования теплоносителя, из-за которого, например, в ТЭНовых высокотемпературных ЭНЖ приходится регулярно заменять теплоноситель и производить ремонт электронагревателя. Технические характеристики высокотемпературных ЭНЖ приведены в табл. 5.

электрических нагревателей жидкости В заключение следует отметить, что индукционные нагреватели жидкостей трансформаторного типа и системы горячего водоснабжения, созданные на их основе, производятся компанией «ЗИЭН» и успешно эксплуатируются с 2003 года на ряде объектов ЖКХ и на предприятиях нефтегазового комплекса, машиностроительной, химической и других отраслей. [3]

Таблица 4. Технические характеристики проточных систем горячего водоснабжения

Показатель	Тип системы		
	ПСГВС-15	ПСГВС-30	ПСГВС-50
Мощность (кВт)	15	30	50
Производительность (л/ч) при tпер=55 °С	220	440	840
Габаритные размеры (мм)	650x740x950	650x1230x950	950x580x1230

Таблица 5. Технические характеристики высокотемпературных индукционных

Показатель	Тип нагревателя	
	АКВА-ЕТ-100/350	АКВА-ЕТ-250/350
Мощность (кВт)	100,0	250,0
Габаритные размеры (мм)	1320x385x620	1350x550x630
Масса (кг)	350	750

ных задач Заказчика. Модульные блоки ОАЗИС оснащаются самыми различными дополнительными устройствами и системами. Компания «ЗИЭН» производит также высокотемпературные нагреватели жидкости трансформаторного типа, которые предназначены для использо-

Рис. 7. Блок теплоснабжения «ОАЗИС» в контейнере

