

В. В. КУПАЕВ

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Ключевые слова: *электроводонагрев, электронагревательные устройства, косвенный, прямой, индукционный, высокочастотный нагрев, электрод.*

Аннотация. *Проведен анализ электрических водонагревателей, используемых в сельскохозяйственном производстве. Даны краткие характеристики различных способов водонагрева с указанием достоинств и недостатков. Указаны перспективы разработок современных электронагревательных устройств.*

В настоящее время в нашей стране и за рубежом затраты тепловой энергии в сельскохозяйственном производстве составляют около 90% от всех энергозатрат, причем расход тепловой энергии на горячее водоснабжение и отопление составляет основную часть энергозатрат.

Горячая вода находит широкое применение во многих технологических процессах сельскохозяйственного производства, начиная от санитарно-гигиенических нужд работников сельского хозяйства, до животноводства и выращивания растений.

Технологический процесс нагрева воды играет важную роль в эксплуатации машинно-тракторного парка (МТП) в зимний период, где горячая вода необходима для прогрева двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и заправки их систем охлаждения, а также для мойки машин и тракторов, промывки деталей двигателей и трансмиссии в ремонтных мастерских. Для эффективного применения данных технологических операций необходимо выполнение определенных условий, таких как поддержание температуры воды на определенном заданном уровне. Например, для заправки систем охлаждения ДВС и промывки деталей двигателя трансмиссии вода должна иметь температуру 90-95 °С.

Использование горячей воды в качестве теплоносителя получило широкое применение также при выращивании сельскохозяйственной продукции в тепличном и парниковом хозяйстве, где с ее помощью проводят нагрев, как плодonoсящего грунта, так и воздуха в теплице, что способствует повышению урожайности и ускоряет созревание овощей, фруктов и цветов.

На первом месте по применению тепловой энергии находится животноводство, где она используется для обогрева помещений, кормоприготовления, подогрева питьевой воды зимой, санитарно-гигиенической обработки животных, производственных помещений и оборудования, а также для первичной обработки продуктов и отходов. Наибольшее применение обогрeв помещений получил на фермах крупного рогатого скота и свинофермах. За счет его применения достигается снижение падежа и выбраковки животных на 8-40 %, повышается продуктивность животных на 5-20 %, экономия кормов на 10-12 %.

Доля потребления электроэнергии в животноводстве в данный период составляет 65 % от общего количества потребления электроэнергии, расходуемого в сельскохозяйственном производстве на тепловые процессы [3].

Основным фактором, оказывающим влияние на продуктивность животных, является поддержание определенных параметров внутренней среды животноводческих помещений, таких как температура воздуха в помещении, его влажность и содержание углекислого газа и аммиака. В большинстве случаев требуемый воздушно-тепловой режим в зимний период обеспечивается подогревом приточного воздуха от водяных калориферов.

Допустимое отклонение температуры воздуха от зоотехнических норм составляет ± 2 °С, что предъявляет жесткие требования к системам автоматического управления технических средств электронагрева воды. Суточный график потребления тепла на технологические нужды животноводческих ферм показал, что расход тепла в течение суток многократно изменяется от минимального до максимального значения. При этом работа технических средств нагрева воды составляет 12-19 часов в сутки [6].

Анализ технологических процессов показал, что для оптимального функционирования животноводческих ферм необходимо регулировать расход и температуру воды, а также необходимо поддерживать температуру в животноводческих помещениях на различных заданных уровнях, исходя из их назначения. Однако наличие в среде производственных помещений агрессивных газов оказывает негативное влияние на надежность систем нагрева воды и, в первую очередь,

на аппаратуру управления. Поэтому задача разработки новых технических средств нагрева воды, основанных на нетрадиционных способах управления тепловыми процессами без применения традиционной пускорегулирующей аппаратуры и обеспечивающих необходимую точность поддержания температурного режима технологических процессов, является актуальной.

Для сельского хозяйства характерна рассредоточенность сравнительно малых потребителей тепловой энергии на большой территории, что делает неэффективным использование централизованного теплоснабжения, как на отопление и горячее водоснабжение, так и на технологические процессы в сельскохозяйственном производстве. В связи с этим в сельской местности нашли широкое применение электронагревательные устройства малой (до 30–40 кВт) и средней (до 100 кВт) мощности.

Как показал анализ литературных источников, электронагревательные устройства очень разнообразны по своему назначению, конструктивному исполнению, габаритным размерам, мощности, а также характерным признакам, которые лежат в основе его классификации.

Проведенный анализ электронагревательных устройств по методу нагрева теплоносителя и подвода ее к нагреваемому объекту позволяет выделить следующие основные группы, получившее наибольшее распространение на практике:

- косвенный нагрев, когда тепло выделяется в промежуточных специальных нагревателях, включенных в электрическую цепь, и передается от них, в соответствии с законами теплопередачи, к нагреваемому объекту;

- прямой нагрев, когда тепло выделяется непосредственно в нагреваемом объекте при прохождении электрического тока.

- индукционный нагрев с передачей электрической энергии нагреваемому объекту, помещенному в переменное электромагнитное поле с преобразованием ее в тепловую при протекании индукционных токов.

- диэлектрический нагрев с выделением теплоты в диэлектриках и полупроводниках, помещенных в переменное электрическое поле, за счет перемещения электрических зарядов при поляризации.

- высокочастотный нагрев, который применяется для сварки термопластичных пластмасс, сушки диэлектриков, склеиваемых материалов (пластмассы с пластмассой, пластмассы с металлом, изделий из древесины и др.) в различных отраслях промышленности. Высокочастотный нагрев в сельском хозяйстве используется для сушки и предпосевной обработки лука-севка и семян овощных культур. Нагрев лука-

севка позволяет за 2-3 минуты снизить содержание влаги с 83-85 % до кондиционного значения 78-80 %, при этом температура внутри луковицы не превышает 60–65 °С. Данная обработка семян дает прибавку урожайности репчатого лука от 15 до 70%.

В настоящее время в сельском хозяйстве наиболее широкое распространение получили электроводонагреватели двух типов – косвенного и прямого нагрева

К установкам с косвенным электронагревом относятся элементные и индукционные водонагреватели. Промышленностью хорошо освоен выпуск элементных водонагревателей, где в качестве источника теплоты используются трубчатые нагреватели (ТЭНы). К установкам данного типа относятся водонагреватели типа САОС, САЗС, используемые для нагрева воды на технологические и гигиенические нужды ферм и др. сельскохозяйственных комплексов. Вышеперечисленные водонагреватели относятся к емкостным электроводонагревателям аккумуляционного типа и работают в замкнутых системах автопоения животных, раздачи воды на подмывание вымени коров, мойку молочного оборудования, отопление и т.д. Аккумуляционные водонагреватели могут потреблять электроэнергию, как в ночные, так и в дневные часы снижения нагрузки сельских электрических сетей и энергосистемы. Недостатком данных нагревателей является то, что они работают по принудительному графику в часы провала графиков электрических нагрузок с целью его выравнивания. При этом ограниченный объем нагреваемой воды, соответствующий объему резервуара электроводонагревателя, не всегда может обеспечивать технологические процессы требуемым количеством горячей воды.

Вместимость резервуара водонагревателей серии САОС и САЗС составляет от 400 до 1600 л. Блок ТЭНов размещен в нижней части резервуара и имеет мощность от 6 до 18 кВт. Важной отличительной особенностью электроводонагревателей серии САОС и САЗС является наличие системы автоматического регулирования температуры воды в резервуаре, которая обеспечивает значительную экономию электроэнергии за счет более точной и надежной работы системы подогрева воды в целом. При подаче в резервуар холодной воды регуляторы температуры включают блок нагревательных элементов. Для обеспечения энергосбережения при работе и исключения аварийных ситуаций электроводонагреватель снабжен защитным устройством от перегрева, которое автоматически отключает подачу электроэнергии при достижении температуры воды в резервуаре + 95 °С.

В результате температура воды автоматически поддерживается на заданном технологическом процессе уровне. Отбор горячей

воды происходит из верхнего патрубка вытеснением ее из резервуара под давлением холодной воды, поступающей из водопровода, подведенного к нижней части резервуара. На случай аварийных режимов электроводонагреватели САОС и САЗС снабжены пружинным клапаном, который срабатывает при увеличении давления воды в резервуаре выше 0.4 МПа, а для предотвращения обратного хода воды линия раздачи оснащена обратным клапаном.

Электроводонагреватели типа САОС и САЗС работают при питании от сети переменного тока напряжением 380/220 В со стандартной частотой 50 Гц.

Высокий КПД рассматриваемых электроводонагревателей достигается тем, что все тепловые потери сведены к минимуму, так как блок ТЭНов находится непосредственно в нагреваемой среде.

Емкостные электроводонагреватели также подразделяют по рабочему давлению (высокого, низкого и атмосферного) и способу присоединения к водопроводной сети.

Электроводонагреватели высокого давления присоединяются к водопроводной сети с помощью специальной защитно-регулирующей арматуры, что обеспечивает работоспособность электроводонагревателя при разборе горячей воды от нескольких точек разбора одновременно.

Для элементных (ТЭНовых) электроводонагревателей характерно обязательное наличие пускорегулирующей и аварийной аппаратуры, так как температура поверхности ТЭНа значительно превышает температуру кипения воды. Данная аппаратура собирается в шкафу управления, стоимость которого в настоящее время соизмерима со стоимостью самого электроводонагревателя, а в некоторых случаях – превосходит ее. Также к недостаткам данных устройств можно отнести:

1. Высокую удельную нагрузку на поверхности ТЭНа – до 10 Вт/см², что в условиях нагрева воды до 95 °С приводит к интенсивному отложению накипи на них и быстрому выходу из строя, вследствие ухудшения теплопередачи и значительного перегрева.

2. Низкую надежность.

3. Изготовление ТЭНов – довольно сложный технологический процесс, требующий специального оборудования и дефицитных дорогостоящих материалов: нержавеющей стали, никрома, меди, что делает их неремонтопригодными в условиях потребителя.

4. Регулирование мощности осуществляется с помощью терморегулирующей аппаратуры, что также не лучшим образом сказывается на надежности системы нагрева воды в целом.

5. Эксплуатация данной системы обязательно требует присутствия высококвалифицированного обслуживающего персонала, необходимого для ремонта системы автоматического регулирования.

Другими представителями устройств косвенного нагрева являются индукционные электроводонагреватели. В настоящее время индукционные нагреватели промышленностью не освоены. Однако в связи с простотой своей конструкции, некоторые хозяйства собственными силами изготавливают и эксплуатируют данные устройства.

Принципиальное отличие индукционного водонагревателя заключается в том, что вода в нем нагревается вихревыми токами Фуко, образующимися в переменном магнитном поле, которое создается тремя индукционными катушками. При подаче 3-х фазного напряжения 380/220В начинается активный разогрев металлических корпусов (магнитопроводов) индукционных катушек, от которых происходит теплоотдача нагреваемой воде.

Индукционные водонагреватели подразделяются на устройства с магнитопроводом и без магнитопровода; по ориентации основного магнитного потока относительно нагреваемого объекта – с продольным и поперечным магнитным потоком. Индукционные устройства могут быть подразделены в зависимости от частоты тока, питающего обмотку индуктора.

Широкого применения индукционные водонагреватели не получили в связи с тем, что их изготовление требует больших затрат черных и цветных металлов на единицу мощности, и имеют низкий коэффициент мощности ($\cos\varphi = 0.8$) и сравнительно низкий КПД.

К типу нагревателей прямого действия относятся электродные электроустановки. Принцип действия этих водонагревателей основан на непосредственном выделении тепла в нагреваемой воде при прохождении через нее электрического тока. Данные нагреватели просты по конструкции, в изготовлении и ремонте, не требуют для изготовления дефицитных материалов. Наибольшее распространение они получили в системах отопления, так как в нагревателе под воздействием электрического тока вода приобретает неприятный запах, привкус и теряет прозрачность. В связи с этим данную воду не рекомендуется использовать на бытовые нужды. Для устранения данного явления необходимо системы горячего водоснабжения оборудовать дополнительным теплообменником. Основным недостатком электродных установок является их чувствительность к отложению накипи на поверхностях электродов, которая уменьшает мощность нагрева.

Однако на основе прямого нагрева, возможно, построить гидравлически регулируемый способ нагрева. Основная его идея заключа-

ется в том, что тепло в виде пара, вырабатываемого электродным источником тепла, через стенки теплообменника передается нагреваемой воде. В зависимости от температуры нагреваемой воды скорость конденсации пара меняется, его давление изменяется, и оно, действуя на воду, меняет его мощность. Простота и оригинальность такого способа нагрева привлекает многих, о чем свидетельствует большое число авторских свидетельств и патентов. Однако логического завершения в разработке таких нагревателей до сих пор нет.

Основное достоинство данных нагревателей состоит в том, что они способны к авторегулированию без применения термо- и магнитных пускателей, а так же, ввиду того, что температура на стенках теплообмена не превышает 100 °С, нет опасности закипания нагреваемой воды, что повышает безопасность работы нагревателя. Также достоинствами данного способа нагрева являются: простота нагревательного устройства, надёжность в работе, ремонтпригодность и отсутствие дефицитных материалов.

В результате проведения анализа серийно выпускаемого оборудования стало ясно, что наиболее перспективным направлением развития технологических средств электронагрева воды для нужд сельскохозяйственного производства является разработка принципиально нового электрооборудования, обеспечивающего автоматическое регулирование мощности нагрева без применения традиционных систем, содержащих пускорегулирующую аппаратуру и исполнительные механизмы. Данные системы могут быть реализованы на базе электродных водонагревателей с применением гидравлического способа регулирования, при этом необходимо исключить теплообменную камеру и, тем самым, уменьшить металлоемкость электродной группы и снизить затраты на изготовление.

Вода, как электропроводник, имеет обратный температурный коэффициент сопротивления, то есть при ее нагреве электрическое сопротивление уменьшается, ток, проходящий через нее, возрастает и, соответственно, мощность нагрева увеличивается.

В связи с этим, к электродным нагревателям предъявляются еще более жесткие требования по поддержанию температурного режима защиты от перегрева. В системах управления предусматриваются рабочий и аварийный термодатчик, а также реле потока, отключающее нагреватель при отсутствии циркуляции воды через него.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтгаузен А. П. Применение электронагрева и повышение его эффективности. М.: Энергоатомиздат, 1987. 128 с.
2. Альтгаузен А. П., Мирский Ю. А. Промышленные электропечи. Типизация и унификация. М.: Информстандартэлектро, 1967. 76 с.
3. Альтгаузен А. П., Свенчанский А. Д. Использование электрической энергии в народном хозяйстве. М.: Энергия, 1969. 28 с.
4. Булюбаш Б. В., Гуревич В. З. Электричество и тепло. М.: Наука, 1978. 174 с.
5. Киселев Н. А. Котлы и теплогенераторы в сельском хозяйстве. М.: Высшая школа, 1971. 134 с.
6. Применение электрической энергии в сельскохозяйственном производстве: Справочник // под. ред. Листова П. Н. М.: Колос, 1974. 623 с.
7. Свенчанский А. Д. Электрические промышленные печи. // Электрические печи сопротивления. 2-е изд. М.: Энергия, 1975. 384 с.

ANALYSIS OF ELECTRIC HEATERS FOR HOT WATER SUPPLY IN AGRICULTURAL PRODUCTION

Keywords: *electric water heating, electric heating devices, indirect, direct, inductive, high frequent heating, the electrode.*

Annotation. *The analysis of electrical water heaters used in agricultural production is done. Short characteristics of different water heating methods, indicating the advantages and disadvantages is shown. Prospects of development of the modern electric heating devices id identified.*

КУПАЕВ ВЛАДИМИР ВАЛЕРЬЕВИЧ – старший преподаватель кафедры «Технический сервис», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (texservis21@mail.ru).

KUPAEV VLADIMIR VALERYEVICH – the senior teacher of the chair of technical service, the Nizhny Novgorod state engineering-economic institute, Russia, Knyaginino, (texservis21@mail.ru).
