

воздушных солнечных коллекторов снижает потребление электроэнергии ТНВХВ в дневное время примерно на 15%.

Литература

1 Горшков Г.В. Тепловые насосы, аналитический обзор // Справочник промышленного оборудования.-2004.-№2. с.47-80

2 Попов А.В. Анализ эффективности различных типов тепловых насосов //Проблемы энергосбережение.-2005.- №2. С.17-22.

3 Митина И.В. Сравнительный анализ воздушных систем отопления с тепловым насосом и солнечным подогревом хладагента //Возобновляемые источники энергии: материалы пятой всероссийской научной молодежной школы. – М. - 2006 г. – С.75-78.

4 Петросян Л.А. Использование солнечной энергии и тепловых насосов для теплоснабжения жилых зданий // Сб. научн. трудов Ереванского государственного университета архитектуры и строительства. Ереван, 2003.- Т. 2. - С.122-124.

5 ГОСТ Р 54856-2011. Теплоснабжение зданий. Методика расчета энергопотребления и эффективности системы теплогенерации с солнечными установками. М.: Стандартинформ, 2012.- 38 с.

Сағындықова Ж.Б., Сыдықов Ш.Қ.

АУЫЛДЫҚ ҮЙДІ ЖЫЛЫТУ КЕЗІНДЕГІ ЖЫЛУ СОРҒЫ ЖҮЙЕСІНІҢ ТИІМДІЛІГІН ЖОҒАРЫЛАТУ

Мақалада Алматы облысында орналасқан ауылдық үйдің жылу сорғы жүйесінің энергия үнемдеуші технологиялық сұлбасы сипатталған, сонымен қатар ең суық күндері жүйедегі элементтерінің температуралық параметрлері анықталған және «ауа-су» жылу сорғысына келіп түсетін сыртқы ауаны алдын ала жылыту үшін күн энергиясы мен жердің жылуын қолдану пайдалылығы көрсетілген.

Sagyndykova Zh., Sydykov Sh.

IMPROVING THE EFFICIENCY HEAT PUMP SYSTEM FOR HEATING RURAL HOUSE

The article describes the process flowsheet energy saving heat pump system of the rural house in Almaty region, to determine the temperature parameters of the elements of this system on the coldest days and proved the expediency of using solar energy and soil heat to preheat outside air flowing to the heat pump “air-water”.

УДК 621.18

Смаилов А.А., Алдибеков И.Т.

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОДНОГО ПАРОГЕНЕРАТОРА СО ВСТРОЕННЫМ ТЕПЛООБМЕННИКОМ

Аннотация

В статье описываются конструкция и принцип действия электродного парогенератора со встроенным теплообменником и новой электродной системой, а также приведены математические модели различных режимов его работы.

Ключевые слова: молочные фермы, теплоснабжение, пароснабжение, горячее водоснабжение, теплообменник, парогенератор, электродная система.

Введение

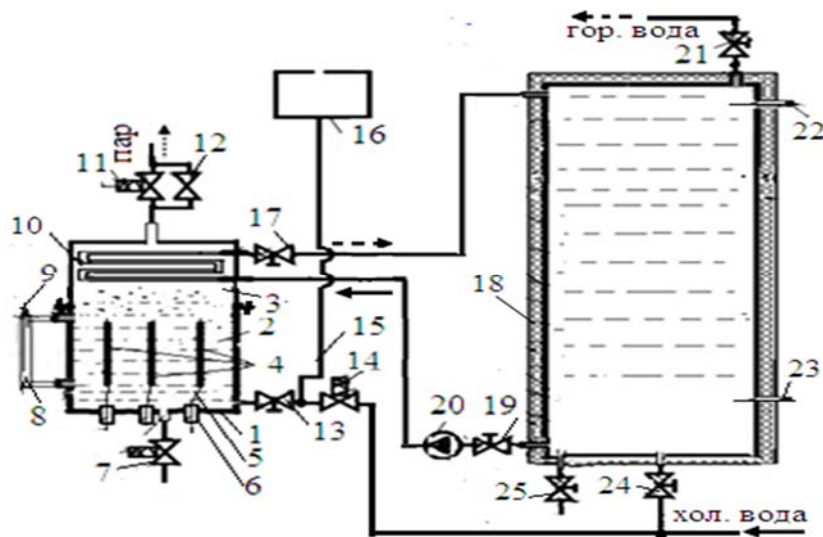
Известно, что график потребления пара и горячей воды на молочных фермах имеет выраженный неравномерный характер. Именно специфический характер потребления теплоносителей и необходимость повышения эффективности работы электротепловых установок послужили основанием для разработки многофункциональных установок (пароводонагревателей), предназначенных для раздельного получения пара низкого давления и горячей воды в одной установке [1].

Анализ конструкций и режимов работы известных пароводонагревателей показывает, что в одних установках их теплогенерирующие устройства могут работать поочередно как парогенератор, так и как водонагреватель. При этом переход теплогенерирующего устройства с одного режима на другой обеспечивается отключением от него одного контура с соответствующими техническими средствами, например, для нагрева воды, и подключением другого контура с необходимыми средствами для получения пара. Такая переналадка гидравлической схемы установки и выход установки на новый номинальный режим работы требуют определенных затрат времени и квалифицированного труда [2-3].

В других пароводонагревателях их теплогенерирующие устройства (электродные парогенераторы) работают только в режиме генерации пара. При этом горячую воду получают либо смешиванием поступающего от парогенератора пара и холодной воды в специально предусмотренном нагревателе струйного типа, либо нагревают воду в специальном бойлере путем подачи пара в его пароводяной теплообменник. В этих пароводонагревателях не предусмотрена возможность подключения к системам отопления [4-5].

Материалы и методы

Нами разработано электродный парогенератор со встроенным теплообменником, основные элементы которого показаны на рисунке 1. Он содержит цилиндрический корпус 1 с водогрейным и паровым пространствами 2 и 3. В водогрейном пространстве установлены электроды 4 с токовводами 5, закрепленными на днище корпуса с помощью проходных изоляторов 6. Трехфазная электродная система состоит из шести углообразных пластинчатых электродов, изогнутых под углом 60^0 и соединенных по схеме «двойная звезда». Она выполнена с переменным межэлектродным расстоянием, благодаря чему обеспечивается ее нормальная работа в широком диапазоне изменения удельного сопротивления котловой воды солевой продувки.



1 - корпус парогенератора; 2- водогрейное пространство; 3 – паровое пространство; 4 – электроды; 5 – токовводы; 6 – проходной изолятор; 7, 11, 14 – электромагнитные вентили; 8 – указатель уровня котловой воды; 9 – датчик контроля уровня котловой воды; 10 – встроенный теплообменник; 12, 13, 17, 19, 21, 24, 25 – вентили; 15 – вытеснительная труба; 16

– вытеснительный бачок; 18 – бак-аккумулятор горячей воды; 20 – насос; 22, 23 – датчики температуры.

Рисунок 1 - Теплотехническая схема подключения парогенератора со встроенным теплообменником к баку-аккумулятору горячей водоснабжения.

В паровом пространстве 3 установлен спиралевидный пароводяной теплообменник (ТО) 10. Предусмотрены указатель 8 уровня и датчики контроля нижнего и верхнего уровней котловой воды, вытеснительный бачок 16, предназначенный для приема вытесняемой котловой воды и соединенный с трубой 15 и нижней частью корпуса 1 через вентиль 13. Электромагнитные вентили 7, 11 и 14 предназначены соответственно для продувки засоленной котловой воды, отбора пара и подвода питательной воды.

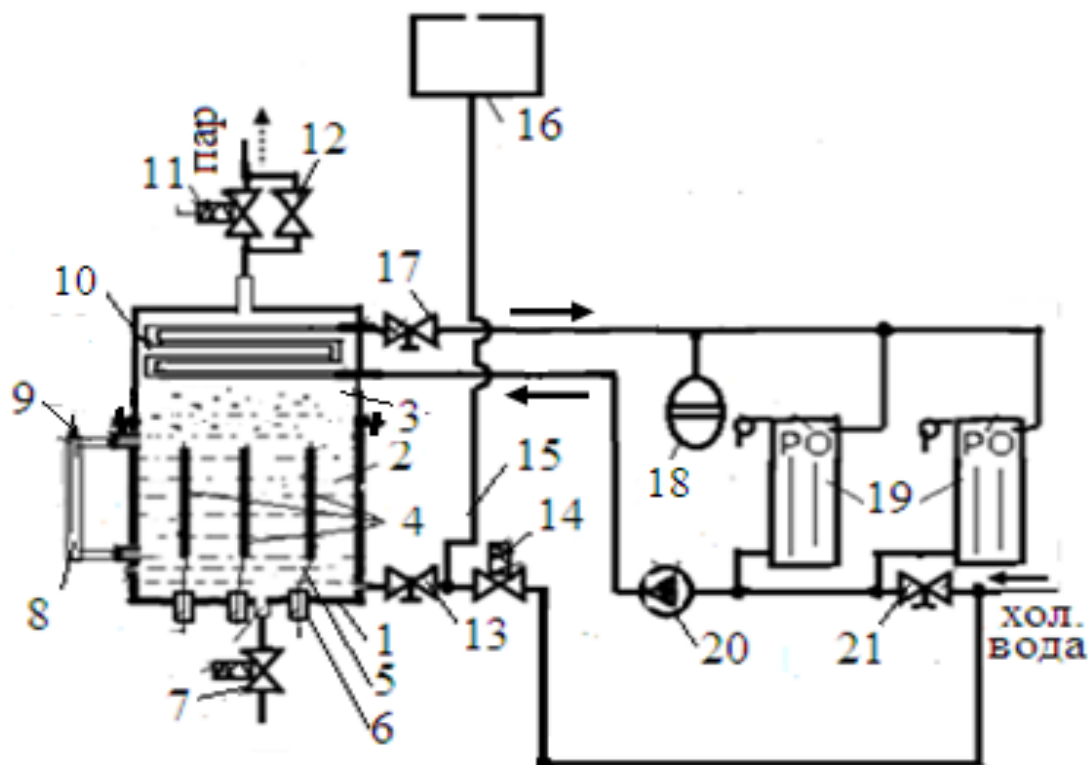
Техническая новизна конструкции электродного парогенератора защищена инновационными патентами [6-7].

Благодаря предложенной конструкции электродный парогенератор может работать в следующих режимах:

- выработка пара для технологических нужд, при этом пар подается потребителям через электромагнитный вентиль 11, при этом насос 20 отключен, вентили 17 и 19 закрыты, а уровень котловой воды регулируется электромагнитным вентилем 14 (рисунок 1);

- приготовление горячей воды путем нагрева находящейся в баке-аккумуляторе (БА) 18 воды при помощи встроенного теплообменника 10 (рисунок 1), при этом электромагнитные вентили 7, 11 и 14 закрыты, насос 20 включен, вентили 17 и 19 открыты (рисунок 1);

- нагрев теплоносителя системы отопления, контур которой подключен встроенному теплообменнику 10, при этом электромагнитные вентили 7, 11 и 14 закрыты, насос 20 включен, вентили 17 и 19 открыты (рисунок 2).



1 - корпус парогенератора; 2- водогрейное пространство; 3 – паровое пространство;
4 – электроды; 5 – токовводы; 6 – проходной изолятор; 7, 11, 14 – электромагнитные вентили; 8 – указатель уровня котловой воды; 9 – датчик контроля уровня котловой воды; 10

– встроенный теплообменник; 12, 13, 17, 21 – вентили; 15 – вытеснительная труба; 16 – вытеснительный бачок; 18 – расширительный бачок; 19 – радиаторы отопления; 20 – насос.

Рисунок 2 – Теплотехническая схема подключения парогенератора со встроенным теплообменником к системе отопления.

При математическом моделировании режимов работы установки используются законы электротехники, теплотехники и гидродинамики, а также методы математического анализа.

Анализ работы парогенератора в рассматриваемых режимах показывает, что для построения математической модели необходимо совместно рассматривать процессы, связанные с электродным способом преобразования электрической энергии в тепловую, и теплообменные процессы, обеспечивающие нагрев технологической воды, а также термо- и гидродинамические процессы.

При математическом описании теплофизических процессов, происходящих в режиме нагрева технологической воды в БА, приняты следующие допущения: температура стенки бака равна температуре воды в бойлере; тепловые процессы, происходящие между отдельными областями модели, характеризуются средними значениями коэффициентов теплоотдачи.

При моделировании работы парогенератора в режиме отопления приняты следующие допущения: внутренние источники тепла в теплоносителях отсутствуют, температура потока теплоносителя принимается одинаковой по всему сечению труб, теплоемкость всех элементов и теплоносителей постоянна, теплообмен между элементами системы характеризуется средними значениями коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи.

Результаты и обсуждение

Нагрев технологической воды в БА происходит следующим образом. После подачи напряжения на электроды котловая вода нагревается, а затем закипает. Образовавшийся при этом пар поднимается вверх, в паровое пространство полости, и, соприкасаясь с наружной стенкой теплообменника, конденсируется. Выделяемая при конденсации пара теплота передается через стенку к проходящей через теплообменник технологической воде. Конденсат пара стекает вниз и попадает обратно в кипящую воду, и в дальнейшем повторно участвует в процессе парообразования.

В зависимости от характера изменения мощности установки весь цикл процесса нагрева заданного объема технологической воды можно разбить на четыре стадий. Первые две стадии связаны с процессами нагрева котловой воды до температуры кипения и стабильного парообразования.

Третья стадия начинается с момента начала конденсации пара на поверхности теплообменника. При этом происходит передача теплового потока от пара к проходящей через теплообменник нагреваемой воде, которая поступает в БА, и тем самым, повышает среднюю температуру технологической воды.

Тепловой поток $Q_{m\phi}$, идущий на нагрев технологической воды в бойлере, за элементарный промежуток времени $d\tau$:

$$Q_{m\phi} = c_{m\phi} m_{m\phi} \frac{dt_{m\phi}}{d\tau} = C_{m\phi} \frac{dt_{m\phi}}{d\tau}, \quad (1)$$

где $c_{m\phi}$ – удельная теплоемкость воды, Дж/кг·°С; $m_{m\phi}$ – масса воды, кг; $t_{m\phi}$ – средняя температура технологической воды в бойлере, °С; $C_{m\phi}$ – полная теплоемкость воды, Дж/°С.

Тепловые потери Q_{mk} на нагрев металлоконструкций бойлера-аккумулятора за элементарный промежуток времени $d\tau$:

$$Q_{\delta a}^{MK} = c_{m\delta} m_{m\delta} \frac{dt_{\delta a}^{MK}}{d\tau} = C_{\delta a}^{MK} \frac{dt_{\delta a}^{MK}}{d\tau}, \quad (2)$$

где $c_{m\delta}$ – удельная теплоемкость материала бойлера, Дж/кг·°С; $m_{m\delta}$ – масса корпуса бойлера, кг; $C_{\delta a}^{MK}$ – полная теплоемкость материала бойлера, Дж/°С; $t_{\delta a}^{MK}$ – температура стенки бойлера, принимаем $t_{\delta a}^{MK} = t_{m\delta}$.

Тепловые потери через теплоизолированные стенки бака-аккумулятора определяются по уравнению теплопередачи:

$$Q_{из} = K_{из} F_{из} (t_{m\delta} - t_{ном}), \quad (3)$$

где $K_{из}$ – коэффициент теплопередачи через теплоизолированные стенки бака, Вт/м²·°С; $F_{из}$ – площадь поверхности бака, м²; $t_{m\delta}$ – температура технологической воды баке, °С; $t_{ном}$ – температура воздуха в помещении, °С.

Тепловой поток Q_{mo} , передаваемый через теплообменник от пара к проходящей воде

$$Q_{mo} = K_{mo} F_{mo} (t_n - t_{mo}) \quad (4)$$

где K_{mo} – коэффициент теплопередачи через теплообменник, Вт/м²·°С; F_{mo} – площадь поверхности теплообменника, м²; t_n – температура пара, °С; t_{mo} – средняя температура воды, проходящей через теплообменник, °С.

Тепловой поток Q_{mo}^g , воспринимаемый проходящим через теплообменник потоком технологической воды

$$Q_{mo}^g = G_{mo}^g c_{mo}^g (t_{mo} - t_{m\delta}) \quad (5)$$

где c_{mo}^g – удельная теплоемкость воды, Дж/кг·°С; G_{mo}^g – расход воды, проходящей через теплообменник, кг/с.

Тепловые потери Q_{mo}^{MK} на нагрев металлоконструкций теплообменника за элементарный промежуток времени $d\tau$:

$$Q_{mo}^{MK} = c_{mmo} m_{mmo} \frac{dt_{mo}^{MK}}{d\tau} = C_{mo}^{MK} \frac{dt_{mo}^{MK}}{d\tau}, \quad (6)$$

где c_{mmo} – удельная теплоемкость материала теплообменника, Дж/кг·°С; m_{mmo} – масса теплообменника, кг; C_{mo}^{MK} – полная теплоемкость материала теплообменника, Дж/°С; t_{mo}^{MK} – температура стенки бойлера, °С, принимаем $t_{mo}^{MK} = t_{mo}$.

Мощность парогенератора определяется по формуле

$$P = 2U_{\lambda}^2 G_{\phi} = \frac{2U_{\lambda}^2}{R_{\phi}} = \frac{2U_{\lambda}^2 \gamma_{пв} H_{\lambda}}{K_2}, \quad (7)$$

$\gamma_{пв}$ – удельная проводимость пароводяной смеси в межэлектродной зоне; K_2 – геометрический коэффициент электродной системы с переменным межэлектродным расстоянием; U_{λ} – линейное напряжение, В; H_{λ} – полная высота электродная системы, м.

В начальный момент интенсивного парообразования весь пар конденсируется на стенках теплообменника и выделяемый при этом тепловой поток Q_{mo} идет на нагрев

технологической воды и металлической конструкции корпуса. С течением времени в результате повышения температуры $t_{мс}$ технологической воды происходит уменьшение значения температурного напора (т.е. разности $t_n - t_{mo}$), что приводит к уменьшению Q_{mo} . В результате возникает дисбаланс ($\Delta Q = P_{эл} - Q_{mo}$) между мощностью, выделяемой в межэлектродном пространстве, и мощностью Q_{mo} , передаваемой через теплообменник к технологической воде. Он проявляется в том, что часть объема пара не конденсируется и, как следствие, в паровом пространстве создается избыток пара. Это, в свою очередь, с течением времени приводит к повышению давления над котловой водой и последующему его превышению атмосферного давления над подпиточной водой. Появившееся избыточное давление начинает вытеснять некоторую часть котловой воды в вытеснительный бачок до тех пор, пока не наступит равновесное состояние по давлениям. При этом объем парового пространства несколько (ΔV_n) увеличится, а уровень котловой воды в межэлектродном пространстве снижается на $\Delta h_{ук}$.

Поскольку при электродном нагреве величина электрической мощности прямо пропорционально активной высоте электродной системы (высоте уровня котловой воды в межэлектродном пространстве), то понижение уровня котловой воды приводит к снижению мощности нагревателя до величины, соответствующей значению Q_{mo} в данный момент времени. Температурный напор с течением времени уменьшается, и ближе к концу нагрева она становится минимальной.

Таким образом, в данном электродном парогенераторе имеет место гидравлический способ автоматического регулирования электрической мощности в соответствии динамикой изменения мощности Q_{mo} .

На основании закона сохранения энергии составляем дифференциальные уравнения теплового баланса для каждого элемента тепловой модели.

Система дифференциальных уравнений, описывающая нестационарный процесс нагрева воды в бойлере имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dt_{mo}}{d\tau} &= \frac{1}{C_{mo}^{МК}} [K_{mo} F_{mo} (t_n - t_{mo}) - G_{mo}^g c_{mo}^g (t_{mo} - t_{мс})] \\ \frac{dt_{мс}}{d\tau} &= \frac{1}{(C_{ба}^{МК} + C_{мс})} [G_{mo}^g c_{mo}^g (t_{mo} - t_{мс}) - K_{из} F_{из} (t_{мс} - t_{ном})] \\ \frac{dh_{ук}}{d\tau} &= \frac{R_{гн.н} T_n}{r (2g\sigma_{в.ср} V_{нач} + S_n p_{атм})} \left\{ \frac{2U_{л}^2 \gamma_{нг} [H_{э} - h_{ук}]}{K_2} - K_{mo} F_{mo} (t_n - t_{mo}) \right\} \end{aligned} \right\} (8)$$

где $h_{ук}$ – величина снижения уровня котловой воды от первоначального значения, м; $g = 9,8$ м/с² – ускорение силы тяжести; $\sigma_{в.ср}$ – средняя плотность котловой и подпиточной воды, определяемой при средней температуре $t_{ср} = \frac{t_{кв} + t_{нг}}{2}$, кг/м³; $V_{нач}$ – начальный объем парового пространства, м³; T_n – температура пара, К; r – удельная теплота парообразования, кДж/кг; $R_{гн.н}$ – газовая постоянная для водяного пара, Дж/град.; S_n – площадь горизонтального сечения корпуса, м²; $p_{атм}$ – атмосферное давление, Па.

Решив систему уравнений (8), находим закономерность изменения температуры $t_{мс}(\tau)$ технологической воды и уровня $h_{ук}(\tau)$ котловой воды.

При этом динамика изменения мощности электродного пароводонагревателя определяется через $h_{ук}(\tau)$ и описывается следующим выражением:

$$P_{\varepsilon}(\tau) = \frac{2U_{л}^2 \gamma_{нв} [H_{\varepsilon} - h_{ук}(\tau)]}{K_{\varepsilon}} \quad (9)$$

Четвертая стадия процесса нагрева воды характеризуется тем, что мощность установки и температура технологической воды практически не изменяется. Мощность стабилизируется на уровне минимального значения $P_{\varepsilon, мин}$, достаточного для компенсации теплотерь. В этом случае минимальное значение мощности определяется по выражению:

$$P_{\varepsilon, мин} = K_{из} F_{из} (t_{тв, макс} - t_{ос}) \quad (10)$$

Полученная математическая модель позволяет проследить динамикой изменения температуры воды в бойлере и электрической мощности пароводонагревателя при различных значениях исходных данных, поэтому ее можно использовать для оптимизации конструктивных параметров.

В режиме отопления помещений нагрев теплоносителя, циркулирующего через радиаторы отопления (РО), осуществляется встроенным теплообменником 10 при включенном насосе 20.

Приняты следующие обозначения: t_{po} – средняя температура воды в РО, °С; K_{po} – коэффициент теплопередачи через стенки РО, Вт/м²·°С; F_{po} – площадь поверхности теплообмена РО, м²; $G_{то}^{\varepsilon}$ – расход циркулирующей в системе отопления воды, кг/с; $C_{po}^{МК}$ – полная теплоемкости металлоконструкции РО, Дж/°С; $C_{пом}^{воз}$ – полная теплоемкость внутреннего воздуха, Дж/°С; $C_{пом}^{озр}$ – полная теплоемкость ограждающих конструкций помещения, Дж/°С; $c_{то}^{\varepsilon}$ – удельная теплоемкость воды, циркулирующей через ТО Дж/кг·°С; $V_{пом}$ – объем помещения, м³; $q_{от}$ – удельная отопительная характеристика помещения, Вт/м³·°С;

Математическая модель данного режима работы составляется на основании закона сохранения энергии для каждой области.

Мощность электродного нагревателя $P_{\varepsilon} = \frac{2U_{л}^2 \gamma_{нв} [H_{\varepsilon} - h_{ук}]}{K_{\varepsilon}}$ расходуется на парообразование. Тепловая поток $K_{то} F_{то} (t_n - t_{то})$, получаемый теплообменником при конденсации определенного количества пара на его поверхности, расходуется на изменение энтальпии $C_{то}^{МК} \frac{dt_{то}}{d\tau}$ теплообменника и теплоотдачу $G_{то}^{\varepsilon} c_{то}^{\varepsilon} (t_{то} - t_{po})$ нагреваемой жидкости, циркулирующей в системе отопления.

Тепловой поток $G_{то}^{\varepsilon} c_{то}^{\varepsilon} (t_{то} - t_{po})$ идет на изменение энтальпии $C_{po}^{МК} \frac{dt_h}{d\tau}$ радиаторов и теплоотдачу $K_{po} F_{po} (t_{po} - t_{ном})$ к воздушной среде в помещении.

Тепловой поток $K_{po} F_{po} (t_{po} - t_{ном})$, поступающий от радиаторов отопления, идет на изменение энтальпии $(C_{пом}^{озр} + C_{пом}^{воз}) \frac{dt_m}{d\tau}$ ограждающих конструкций и воздуха в помещении и, а также теплоотдачу $aq_{от} V_{пом} (t_{ном} - t_{ос})$ к наружной среде.

На основании вышеизложенного, составляется математическая модель работы установки в режиме отопления, которая описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dt_{mo}}{d\tau} &= \frac{1}{C_{mo}^{MK}} \left[K_{mo} F_{mo} (t_n - t_{mo}) - G_{mo}^6 c_{mo}^6 (t_{mo} - t_{po}) \right] \\ \frac{dt_{po}}{d\tau} &= \frac{1}{C_{po}^{MK}} \left[G_{mo}^6 c_{mo}^6 (t_{mo} - t_{po}) - K_{po} F_{po} (t_{po} - t_m) \right] \\ \frac{dt_{ном}}{d\tau} &= \frac{1}{(C_{ном}^{оп} + C_{ном}^{вот})} \left[K_{po} F_{po} (t_{po} - t_{ном}) - a q_{ом} V_{ном} (t_{ном} - t_{ос}) \right] \\ \frac{dh_{ук}}{d\tau} &= \frac{R_{2n.n} (t_n + 273)}{r (2 g \sigma_{6.c.p} V_{нач} + S_n p_{ам})} \left[\frac{2 U_{л}^2 \gamma_{нв} (H_{э} - h_{ук})}{K_{э}} - K_s F_s (t_n - t_s) \right] \end{aligned} \right\} (11)$$

$$t_i = \frac{t_i^{6bx} + t_i^{6x}}{2}, \quad i = mo, po, \quad t_{po}(\tau=0) = t_{po0}, \quad t_{mo1}(\tau=0) = t_{mo20}, \quad t_{ном}(\tau=0) = t_{ном0}$$

Предложенная математическая модель (11) позволяет оценить влияние конструктивных параметров встроенного теплообменника, радиаторов и других элементов на тепловые режимы нагрева воздуха в помещений.

В режиме пароснабжения паропроизводительность G_n установки определяется по формуле:

$$G_n = \frac{2 U_{л}^2 \gamma_{нв} H_{э}}{K_{эс} (i_n - i_{кон})} \cdot \eta_{эн} \quad (12)$$

где i_n - энтальпия пара, Дж/кг; $i_{кон}$ - энтальпия конденсата, Дж/кг;

Выводы

Разработанная конструкция электродного парогенератора, содержащая встроенный теплообменник, расширяет функциональные возможности установки. В нем в зависимости от технологических нужд можно получить пар и горячую воду, а также отапливать помещения.

Предложенные математические модели позволяют оценить влияние конструктивных параметров основных элементов парогенератора и расходов теплоносителей на тепловые и энергетические режимы работы установки при нагреве технологической воды и воздуха в помещении. Они могут быть использованы для оптимизации мощности парогенератора, площади теплообменника ТО и расхода нагреваемой воды и теплоносителя системы отопления.

Литература

- 1 Кешуов С.А., Алдибеков И.Т., Барков В.И. Ресурсосберегающие системы и установки электротеплообеспечения в малом молочном животноводстве. Алматы: ТОО «Нур-Диас», 2012.- 320 с.
- 2 Расстригин В.Н., Тихомиров Д.А., Минчин Ю.В. Электропароводонагреватель ЭПВ-30 // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М., 1997.- №10 - С. 17-18.
- 3 Лосянович А.В. Результаты испытаний электрического пароводонагревателя электродного типа // Научно-технический бюллетень по электрификации сельского хозяйства, вып.2 (63). - М.: ВИЭСХ, 1988. - С. 32-38.

4 Баранов Л.А. Новые электронагревательные устройства для животноводства Казахстана. – Алматы: КазНИИТИ, 1993. –77 с.

5 Сестричко Б.С., Слушкин П.Н., Сербин В. Электродный паровой котел типа ЭКП-1 // Техника в сельском хозяйстве. – М., 1975. - №1. - С. 39-40.

6 Инновационный патент №27943, Республика Казахстан. МПКF22B1/30 Электродный парогенератор./ заявитель и патентообладатель ТОО «Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства» -№ 2013/0641.1. заявл. 15.05.2013. опубл. 25.12.2013, бюл.№12.

7 Инновационный патент №27944, Республика Казахстан. МПКF22B1/30 Электродный парогенератор./ заявитель и патентообладатель ТОО «Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства» -№ 2013/0642.1. заявл. 15.05.2013. опубл. 25.12.2013, бюл.№12.

Смаилов А.А., Алдибеков И.Т.

ІШКЕ ОРНАТЫЛҒАН ЖЫЛУАЛМАСТЫРҒЫШЫ БАР ЭЛЕКТРОДТЫ БУ ГЕНЕРАТОРЫНЫҢ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

Аңдатпа Мақалада ішке орнатылған жылуалмастырғышы және жана конструкциялы электродты жүйесі бар бу генераторының конструкциясы және жұмыс істеу принципі сипатталып, оның әр түрлі жұмыстық режимдерінің математикалық модельдері келтірілген.

Кілт сөздер: сүт фермалары, жылумен қамтамасыз ету, бумен қамтамасыз ету, ыстық сумен қамтамасыз ету, жылуалмастырғыш, бу генераторы, электродты жүйе.

Smailov A.A., Aldibekov I.T.

MATHEMATICAL MODELLING OF MODES ELECTRODE STEAM GENERATOR WITH INTEGRATED EXCHANGER

Summary This article describes the design and operation of the steam generator with built-in heat exchanger and a new electrode system, and provides mathematical models of different modes of operation.

Key words: dairy farms, heating, steam supply, hot water supply, heat exchanger, steam heater, electrode system.

УДК 631.171

Султамуратова Л.Х., Алиханов Д.М., Шыныбай Ж.С.

Казахский национальный аграрный университет

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СОРТИРОВКИ КАРТОФЕЛЯ

Аннотация

В статье рассматривается вариант технологической схемы линии для автоматической сортировки клубней картофеля на базе системы технического зрения, обеспечивающий снижение удельных затрат электроэнергии и материалов, повышение эффективности использования разнокачественной агропродукции, расширение технологических возможностей процесса сортировки картофеля на фракции по размерам и отделения некондиционных клубней, снижение затрат ручного труда.