

Қасымбаев Б.М., Атыханов А.Қ.

**ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ АГРАРЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ОҚУ- ӨНДІРІСТІК
ШАРУАШЫЛЫғындағы КӨПСАЛАЛЫ ГЕЛИОКЕПТІРГІШ-ЖЫЛЫЖАЙҒА КҮН
РАДИАЦИЯСЫНЫҢ ӘСЕРІ**

Көпсалалы модульді гелиокептіргіш - жылыжайларда жыл бойы жеміс, көкөніс өнімдерін өңдеуде өндіріске арналған модульдік техникалық құралдар мен энергияны үнемдейтін технологияны құру. Осы мақсатта жарық өткізгіштігі және жылу сақтағыштығы жоғары материалдарды пайдалану тиімді болып табылады.

Түйін сөздер: Гелиокептіргіш, күн энергиясы, күн радиациясы, пиранометр, жылыжай, гелиоқондырғы.

B. M. Kassymbayev, A.K. Atihanov

**INFLUENCE OF SOLAR RADIATION ON THE BASIS POLYFUNCTIONAL GEL DRYER
– GREENHOUSES IN EDUCATIONAL FACILITIES KAZAKH NATIONAL AGRARIAN
UNIVERSITY**

With year-round production and fruit and vegetable processing (horticultural products) based multifunctional gel dryer- greenhouses to develop modular hardware and energy-saving technology. It is recommended advisable to use high light transmitting and heat-saving materials.

Key words: Gel dryer, solar energy, solar radiation, pyranometer, climate , greenhouse, solar radiation , solar power plant , the convective dryer.

УДК 631.3:621.3.036.5

С.А. Кешуов¹, И.Т. Алдибеков², А. Хасанов¹

¹*Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации
сельского хозяйства, г. Алматы*

²*Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы*

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОТЫ
ПАРОВОДОНАГРЕВАТЕЛЕЙ**

Аннотация

Приведены результаты экспериментальных исследований нескольких образцов емкостного пароводонагревателя, отличающихся конструкцией и теплотехнической схемой. Проведен сравнительный анализ технических параметров, выявлены недостатки и достоинства каждого образца установки, обоснована целесообразность использования парогенератора со встроенным теплообменником и новой электродной системой.

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

Введение

Одной из важнейших задач развития энергетики сельского хозяйства является повышение эффективности систем теплообеспечения многочисленных молочных фермерских хозяйств и малых ферм, что требует поиска новых направлений в создании

ресурсосберегающих технологий теплоснабжения и технических средств с учетом размера хозяйств и степени концентрации тепловых процессов [1].

Известно, что график потребления пара и горячей воды на животноводческих 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 [2].

Целью данной работы является анализ экспериментальных исследований различных образцов пароводонагревателя и выбор наиболее приемлемого образца.

Материалы и методы

Нами были изготовлены и экспериментально исследованы три макетных образца пароводонагревателя, состоящего из теплоизолированного бака-аккумулятора вместимостью 500 л и электродного парогенератора номинальной мощностью 25 кВт.

На рисунке 1,а показана теплотехническая схема первого образца установки. Бак-аккумулятор (БА) 1 снабжен пароводяным теплообменником 4, установленным в его нижней части и подключенным к парогенератору 2.

Электродный парогенератор (ЭПГ) 2 имеет электродную систему 3 и оборудован расширительным бачком 5, электромагнитными клапанами отвода пара, подпитки и продувки 10,13,14, датчиком контроля уровня котловой воды 12, давления и температуры пара 15,16, электрически соединенными со щитом управления 17.

Для нагрева технологической воды в БА 1 открывают вентиль 11, и при этом пар по паропроводу подается в теплообменник 4, а образовавшийся конденсат самотеком стекает по обратному трубопроводу и поступает в нижнюю часть ЭПГ 2.

В режиме пароснабжения весь пар, вырабатываемый парогенератором, подается потребителям для выполнения технологических процессов, связанных с термической обработкой кормов, дезинфекции и стерилизации различного технологического оборудования. Для этого закрывают вентиль 11 и открывают вентиль 10.

Перед запуском парогенератор был заполнен водой с удельным сопротивлением $\rho_{20} = 28,4$ Ом·м, до верхних торцов электродов.

Второй образец установки отличается от первого тем, что используемый БА 1 не имеет встроенного теплообменника, а ЭПГ 2 снабжен пароводяным теплообменником 4, установленным в паровом пространстве и электродной системой 3 с переменным межэлектродным расстоянием (рисунок 1,б). Теплообменник 4 подключен к нижней и верхней частям БА 1. При этом образуется замкнутый контур, в котором имеет место естественная циркуляция нагреваемой воды. Вода при прохождении через теплообменник 4 нагревается за счет теплового потока, передаваемого от пара при его конденсации на наружной поверхности теплообменника 4. Поскольку теплообменник 4 находится в верхней части ЭПГ 2, то образовавшийся конденсат стекает непосредственно в котловую воду. В результате естественной циркуляции нагретая в теплообменнике 4 вода постоянно поступает в верхнюю часть БА 1.

Техническая новизна конструкции ЭПГ защищена инновационными патентами [2,3].

Третий образец отличается от второго тем, что предусмотрена принудительная циркуляция воды по замкнутому контуру нагрева при помощи насоса 18 (рисунок 1,в).

На рисунке 1,г представлен общий вид пароводонагревателя.

Во время экспериментов измерялись линейные токи и напряжения, мощность, расход электроэнергии, температура воды в нижней и верхней частях БА, температура и давление пара, продолжительность нагрева технологической воды, расход подпиточной воды, удельное электрическое сопротивление и уровень котловой воды, которые в дальнейшем использовались для определения технических параметров установки

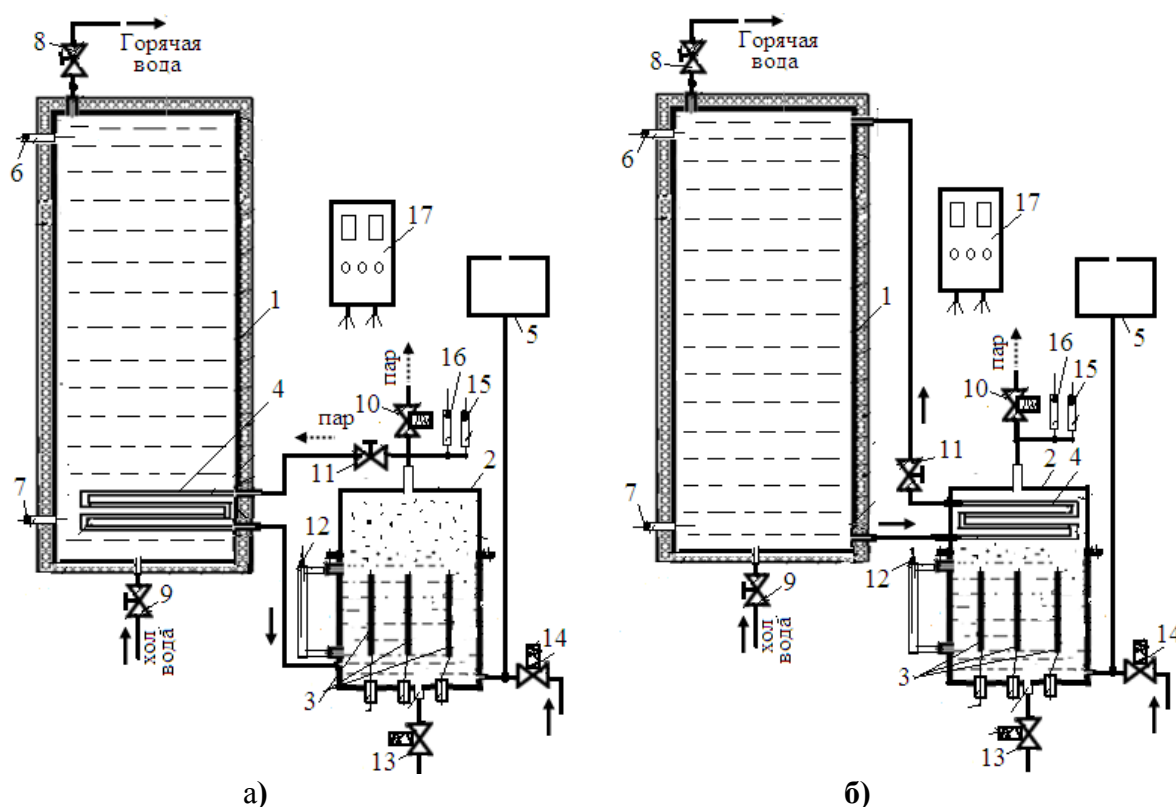
Измерения электрических и теплотехнических величин проводились в соответствии с методиками, приведенными в [4,5].

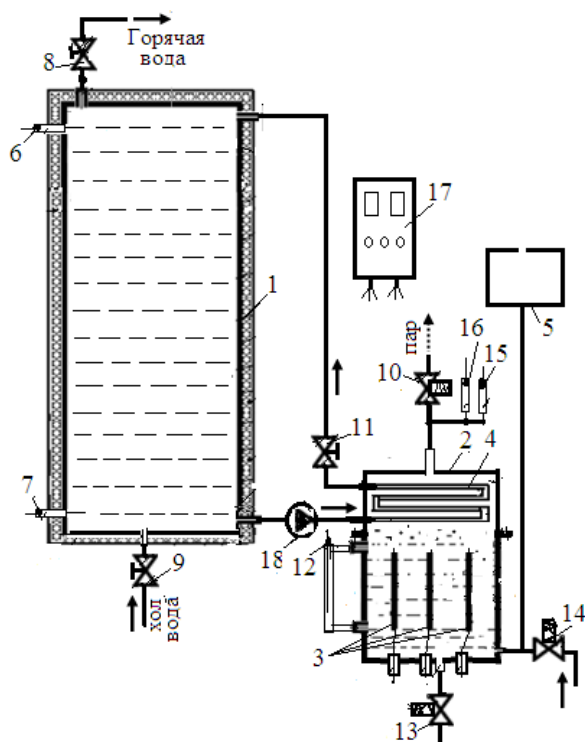
Результаты и обсуждение

На рисунке 2 представлены результаты экспериментального исследования первого образца установки.

Анализ графика мощности показывает, что в течение 10 минут после подачи пара в теплообменник мощность ЭПГ резко снижается от 25,8 до величины 2,1 кВт. Это объясняется резким повышением избыточного давления пара в контуре, приводящим к вытеснению котловой воды из межэлектродного пространства в расширительный бачок. Резкое повышение давления обусловлено тем, что теплообменник не в состоянии передавать к воде тепловую мощность, равную мощности ЭПГ в начальный период. С течением времени давление падает в результате конденсации имеющегося количества пара в теплообменнике, что приводит к повторному заполнению межэлектродного пространства до определенного уровня котловой водой из расширительного бачка. Это вызывает рост мощности и увеличению количества вырабатываемого пара. Через некоторое время из-за образовавшегося дисбаланса между скоростью роста мощности ЭПГ (скорости роста количества пара) и скорости передачи теплообменником теплового потока к технологической воде, начинается очередное повышение давления пара, и как следствие, вытеснение котловой воды, и резкое снижение мощности.

Как видно из графика, изменение мощности ЭПГ носит колебательный характер.





в)

г)

1 – бак-аккумулятор (БА); 2- электродный парогенератор (ЭПГ); 3 - электродная система; 4 - теплообменник; 5 – расширительный бак; 6,7 - датчики температуры воды; 8,9,11- вентили; 12 – датчик уровня котловой воды; 10,13,14 электромагнитные вентили; 15,16 - датчики температуры и давления пара; 17 – щит управления; 18 - насос.

Рисунок 1 - Теплотехнические схемы экспериментальных образцов емкостного пароводонагревателя и его общий вид

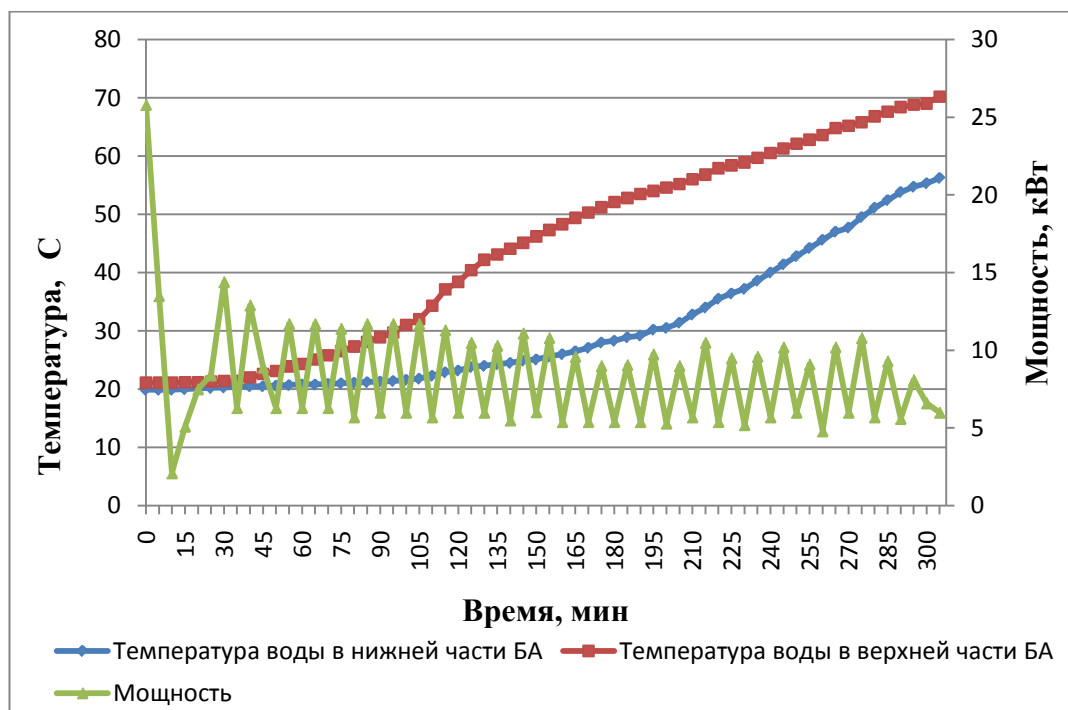


Рисунок 2 - Динамика изменения мощности парогенератора и температуры воды в нижней и верхней частях бака-аккумулятора первого образца установки

Колебание мощности происходит относительно некоторого среднего значения, которое с течением времени постепенно снижается до минимального значения (6 кВт).

Из графиков на рисунке 2 также следует, что за 305 минут (5,08 ч) вода в нижней части бойлера нагревается от 19,9 °С до 56,2 °С, а вода в верхней части - от 21,1 до 70,2 °С.

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что в данной установке нагрев технологической воды происходит при сравнительно низкой средней мощности (5,08...8,03 кВт), что и удлиняет продолжительность нагрева и снижает эффективность работы ЭПГ. Это свидетельствует о сравнительно низкой интенсивности теплообменных процессов в данной установке, обусловленной недостаточной циркуляцией греющего теплоносителя (пара) через теплообменник и неполным стеканием конденсата из теплообменника и возможным присутствием воздушных пробок в контуре нагрева и т.д., а также о сложности обеспечения эффективной эксплуатации первого образца.

На рисунке 3 представлены результаты экспериментального исследования второго образца установки. Из графика следует, что в начальный период нагрева мощность парогенератора резко снижается до определенного уровня, а затем снижение замедляется. В середине периода нагрева мощность стабилизируется на уровне 9,9 кВт. Это объясняется тем, что в данный промежуток времени в теплообменнике поддерживается постоянный перепад температур и постоянная скорость естественной циркуляции технологической воды.

В начальный период температура верхних слоев воды повышается быстро, а затем рост замедляется. Благодаря естественной циркуляции холодные слои воды в нижней части БА постоянно поступает в теплообменник, а верхние нагретые слои воды опускаются, занимая места ушедших из БА холодных слоев. Поэтому температура в нижней части БА долгое время поддерживается практически неизменной. Она будет расти тогда, когда дойдут верхние нагретые слои воды до нижней части БА.

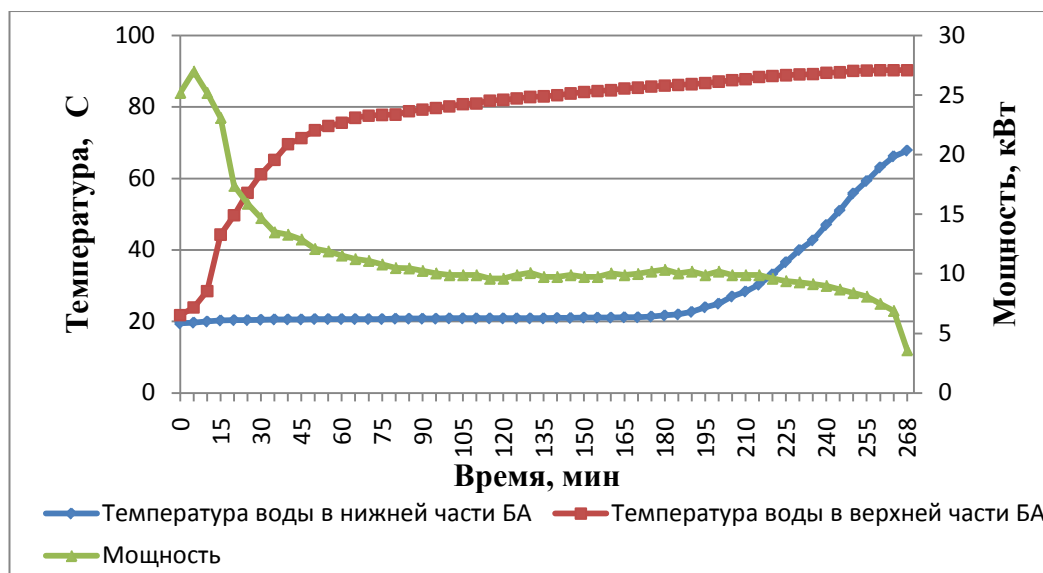


Рисунок 3 - Динамика изменения мощности парогенератора и температуры воды в нижней и верхней частях бака-аккумулятора второго образца установки

Как только начинает поступать в теплообменник ЭПГ вода, нагретая в предыдущий промежуток времени, происходит снижение мощности. Поскольку температура воды в нижней части БА ближе к концу нагрева будет интенсивно расти, то и мощность будет

непрерывно снижаться. Изменение мощности в течение периода нагрева характеризуется плавностью, без заметных колебаний.

Анализ данных показывает, что продолжительность нагрева составляет $\tau = 268$ мин (4,47 ч), а средняя мощность ЭПГ за период нагрева - $P_{cp} = 11,32$ кВт.

На рисунке 4 показана динамика изменения мощности ЭПГ и температуры воды в нижней и верхней частях БА.

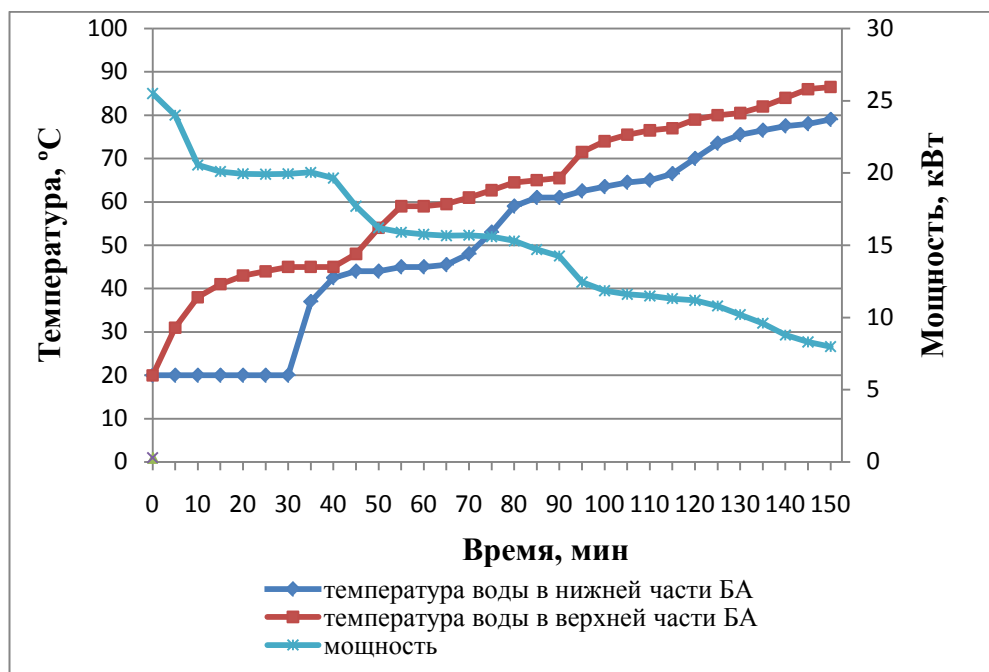


Рисунок 4 – Динамика изменения мощности ЭПГ и температуры воды в нижней и верхней частях БА третьего образца установки.

Из рисунка 4 видно, в течение периода нагрева мощность ЭПГ снижается от максимального значения 25,5 кВт до 8 кВт. Причем, характер изменения мощности таков, что резкое ее снижение в определенном промежутке времени чередуются с ее постоянством в следующем промежутке времени. Такой же характер имеют графики температур, но резкое повышение в определенном промежутке времени чередуются с ее постоянством в следующем промежутке времени.

Это объясняется тем, что в результате принудительной циркуляции весь объем воды, находящейся в БА, несколько раз проходит через теплообменник. Когда первый раз проходит весь объем воды, она нагревается до определенной температуры, отличающейся от первоначальной. Поэтому, когда второй раз этот же объем воды проходит через теплообменник, то туда поступает вода уже с повышенной температурой. Это вызывает резкое снижение мощности, а затем ее стабилизацию на более низком уровне в течение времени, пока данный объем воды полностью не пройдет через теплообменник.

Из анализа экспериментальных данных следует, что данная установка с принудительной циркуляцией нагреваемой воды имеют хорошие технические показатели: $\tau = 153$ мин (2,55 ч), $P_{cp} = 15,55$ кВт, $\eta = 0,939$, $\Delta t = 64$ °C.

На рисунке 5 показана динамика изменения мощности ЭПГ и в переходном и установившемся режимах работы парогенератора.

Полученные данные показывают, что за время переходного процесса мощность ЭПГ возрастает от начального значения 11 кВт до максимального значения 29,1 кВт.

Температура котловой воды возрастает от 20 до 96 °С (в условиях г. Алматы вода закипает при температуре 96 °С), и после чего начинается интенсивное кипение, при котором получается пар с температурой до 101 °С.

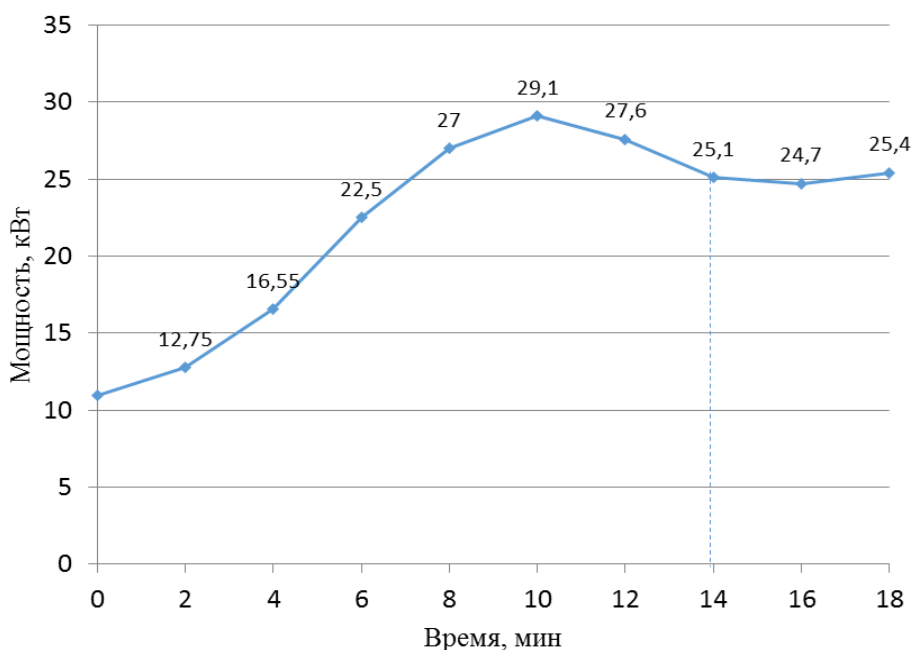


Рисунок 5 - Динамика изменения мощности электродного парогенератора в переходном режиме

Вследствие образования пароводяной смеси в межэлектродном пространстве, увеличивающей электрическое сопротивление между электродами, происходит снижение мощности до 25,1 кВт, т.е. до значения, близкого к номинальному.

При этом время переходного процесса (время выхода ЭПГ в установившийся режим) составляет 14 мин.

В дальнейшей продолжительной работе ЭПГ мощность поддерживается в пределах 25 кВт работой системы автоматики, которая обеспечивает требуемый уровень котловой воды с учетом количества удаляемой воды в виде пара и повышения удельной проводимости котловой воды из-за увеличения ее солесодержания.

На рисунке 6 показаны графики, характеризующие динамику изменения мощности и высоты уровня котловой воды при длительной работе ЭПГ. При этом система автоматики стремится поддерживать мощность на уровне 25 кВт.

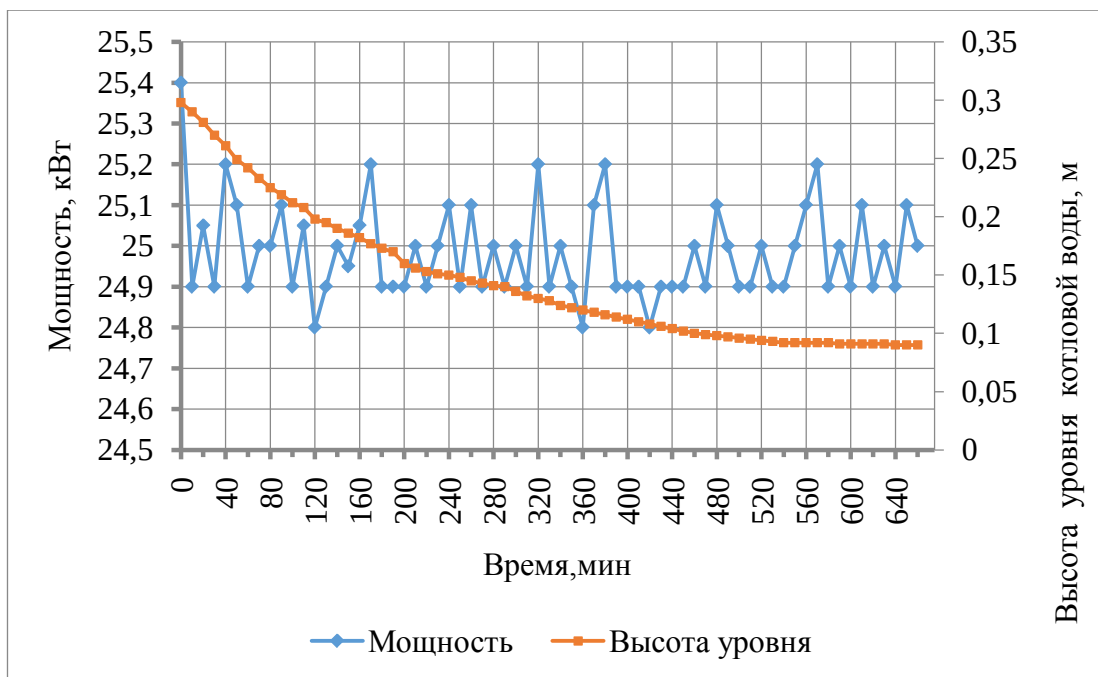


Рисунок 6 - Динамика изменения мощности и высоты уровня котловой воды при длительной работе ЭПГ

Как видно из рисунка 6, с течением времени высота уровня котловой воды плавно уменьшается, но при этом мощность колеблется около среднего значения. Это объясняется повышением удельной проводимости котловой воды, в результате чего мощность достигает заданного значения при меньшей высоте уровня котловой воды.

Выводы

Сравнительный анализ результатов экспериментальных исследований трех образцов емкостного пароводонагревателя, что наилучшими техническими параметрами обладает установка, имеющая электродный парогенератор с пароводяным теплообменником и новой конструкцией электродной системы и предусматривающая принудительную циркуляцию нагреваемой воды в баке-аккумуляторе через теплообменник. Благодаря использованию встроенного теплообменника и принудительной циркуляции, обеспечивается ускоренный нагрев технологической воды, повышение эффективности и надежности работы основных элементов установки. Другим достоинством парогенератора является возможность его использования как проточного водонагревателя в случае отсутствия бака-аккумулятора у потребителей. Применение новой конструкции электродной системы способствует нормальному функционированию парогенератора в широком диапазоне изменения солесодержания котловой воды.

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. Инновационный патент №27943, Республика Казахстан. МПК F22B1/30 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.

3. Инновационный патент №27944, Республика Казахстан. МПК F22B1/30 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.

4. Тепло и массообмен. Теплотехнический эксперимент. Под.ред. Виленского В.Д. – М: Энергоиздат. 1982.-504с.

5. Кравцов А.В., Рыбинский Ю.В. Электрические измерения. М.: Колос, 1979, 351 с.

Кешуов С.А., Алдибеков И.Т., Хасанов А.

БУ-СУҚЫЗДЫРҒЫШТАРДЫҢ ЖҰМЫСЫН ТӘЖІРИБЕЛІК ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ

Мақалада бусуқыздырғышының конструкциясы және жылу техникалық сұлбасы бойынша өзгешеленетін бірнеше нұсқаларын тәжірибелік зерттеу нәтижелері келтірілген. Олардың техникалық параметрлеріне салыстырмалы талдау жасалып, әр нұсқаның кемшіліктері мен артықшылықтары анықталған, ішке орнатылған жылуалмастырғышы және жаңа конструкциялы электродты жүйесі бар бу генераторды қолданудың тиімділігі негізделген.

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

S.A. Keshuov, I.T. Aldibekov, A. Khazanov

RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF WORK OF STEAM-WATER HEATER

The article presents the results of experimental studies of several samples of capacitive steam-water heater, which differ in design and heat engineering scheme. A comparative analysis of their technical parameters, identified the advantages and disadvantages of each sample installation, the expediency of using the steam generator with built-in heat exchanger and a new electrode system.

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

УДК 664.726.9

В.М. Поздняков, С.А. Зеленко, П.В. Рублик

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИБРОПНЕВМАТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация

На основании проведённых исследований проведён анализ вибрационных характеристик оборудования вибропневматического принципа действия. Приводится описание разработанного лабораторного стенда для изучения процесса самосортирования сыпучих компонентов в псевдооживленном слое. На основании экспериментальных исследований установлены параметры вибрации сетчатой деки разработанного сепаратора вибропневматического принципа действия с рециркуляцией воздушного потока,