

2. Гримитлин, А.М. Энергетическое моделирование – инструмент повышения энергоэффективности зданий / А.М. Гримитлин, Денисихина Д.М. // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции; СПбГАСУ. – СПб., 2018. – С. 93-97.

3. Андреюк, С. В. Моделирование процессов подготовки воды для технического и питьевого водоснабжения / С. В. Андреюк, М. А. Таратенкова // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2021. – № 2 (34). – С. 46–57. – DOI: 10.21869/2311-1518-2021-34-2-46-57.

4. Скрипник, А.В. Технологии информационного моделирования в водохозяйственном проектировании / А.В. Скрипник, Л.А. Беховых // Вестник научно-методического совета по природообустройству и водопользованию. – Москва: Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. – 2019. – № 15. – С. 39–43.

5. Таратенкова, М.А. Применение информационного моделирования при проектировании внутренних инженерных систем / М.А. Таратенкова, И.А. Адамов // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания: сборник трудов IV Международной научно-практической конференции, 7-8 октября 2021 года, Брест, Республика Беларусь / ред. кол. А.А. Волчек, О.П. Мешик. – Брест :БрГТУ, 2021. – С. 303–310.

6. Таратенкова, М. А. Инновационные технологии в проектировании и моделировании инженерных водохозяйственных систем / М. А. Таратенкова, С. В. Андреюк, И. А. Адамов // Водохозяйственное строительство и охрана окружающей среды : сб. научн. статей Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 26-27 октября 2023 г. / Брест.гос. техн. ун-т ; редкол.: А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик, С.В. Андреюк – Брест :БрГТУ, 2023. – С. 150–155.

УДК 631.672: 621.65/6

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО РАЗРАБОТКЕ СТРУЙНОГО ТЕПЛООВОГО МОДУЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА И ТЕПЛООБРАЗУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Жакупова Ж. З.¹, Саркынов Е. С.², Абсамат Д.³

¹ PhD, ассоциированный профессор кафедры «Водные ресурсы и мелиорация», НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», Алматы, Казахстан, zhakupova.zhanar@kaznaru.edu.kz

² к.т.н., профессор кафедры «Аграрная техника и механическая инженерия», НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», Алматы, Казахстан, yerbol.sarkynov@kaznaru.edu.kz

³ магистрант кафедры «Водные ресурсы и мелиорация», НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», Алматы, Казахстан, 512012@kaznaru.edu.kz

Аннотация

Даны результаты исследований по разработке струйного теплового модуля с использованием центробежного насоса и теплообразующих устройств по эффективному нагреву воды для использования в автономном теплоснабжении и протекающих процессах на объектах АПК. Разработана усовершенствованная конструкция струйного теплового модуля и приведена его конструктивно-технологическая схема с описанием устройства и технологического процесса. Проведены теоретические исследования по технологии гидронагрева с использованием суммарного эффекта нагрева воды за счёт трения встречных противоположно направленных слоёв воды вращательного и поступательного движения, сил трения движущихся струй воды и воздуха с разной скоростью и передаче тепловой энергии воздуха воде при воздействии создаваемого вакуума и кавитации. Разработанная в НАО КазНАИУ конструкция струйного теплового модуля защищена патентом КЗ и по сравнению с аналогами обеспечивает снижение энергозатрат на 30-50 % и повышает качество окружающего воздуха.

Ключевые слова: результат исследования, разработка, струйный тепловой модуль, центробежный насос, теплообразующее устройство, теоретическое исследование, технология гидронагрева.

THE RESULTS OF RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF A JET THERMAL MODULE USING A CENTRIFUGAL PUMP AND HEAT GENERATING DEVICES

Zhakupova Zhanar¹, Sarkynov Yerbol², Absamat Damel³

Abstract

Research is given on the development of a jet thermal module for effective water heating for use in autonomous heat supply and ongoing processes at APC facilities. An improved design of the jet heat module has been developed and its design and technological scheme with a description of the devices and the technological process is given. Theoretical studies on the technology of hydroheating with the use of the total effect of water heating due to the friction of oppositely directed water layers of rotational and translational motion, the frictional forces of moving jets of water and air at different speeds and the transfer of thermal energy to water under the influence of the created vacuum and cavitation. The design of the jet heat module developed in Nenets Autonomous District is protected by the KZ patent and, compared to analogues, provides a 30-50% reduction in energy costs and improves the quality of ambient air.

Keywords: research result, development, jet thermal module, centrifugal pump, heat generating device, theoretical research, hydraulic heating technology.

Введение: В настоящее время в Казахстане, в странах СНГ и за рубежом идут тенденции на использование для нагрева воды в технологических процессах и теплоснабжении автономных объектов АПК возобновляемых и альтернативных источников энергии, которые имеют выше КПД по сравнению с традиционными технологиями. Они отдают энергию в виде тепла больше, чем забирают из энергосети за счёт изменения динамического состояния самой нагреваемой воды и окружающего воздуха и направлены на повышение их эффективности, а также обеспечивают не только снижение темпов ухудшения окружающей среды, но и улучшение экологии окружающего воздуха и безопасны в использовании.

Существующие технологии и оборудование теплоснабжения, в том числе автономное: на топливной энергетике имеют большие капиталовложения, значительные эксплуатационные расходы и потери тепла (до 80 %) и ухудшают экологию окружающей среды; на электрической - имеют большие затраты энергии, что сказывается на снижении конкурентоспособности выпускаемой продукции, т.е. существует проблема повышения эффективности автономного теплоснабжения, которую рационально осуществить новой предлагаемой в работе технологией теплоснабжения с использованием для гидронагрева воды теплового струйного модуля, устраняющего недостатки аналогов. На этом основании выполненные исследования являются актуальными, вполне реализуемые и практически значимыми [1,2,3].

Методика исследований. Данная статья посвящена разработке струйного теплового модуля с использованием центробежного насоса и теплообразующих устройств и теоретическим предпосылкам по определению технологических параметров предложенной альтернативной технологии нагрева воды:

- проведение патентных исследований по разработке конструктивно-технологической схемы струйного теплового модуля с использованием центробежного насоса и теплообразующих устройств ;

- установление входных и выходных технологических параметров исследуемой технологии нагрева воды;

- определение функциональных зависимостей между входными и выходными технологическими параметрами технологии нагрева воды;

- определение аналитических зависимостей между основными входными и выходными технологическими параметрами альтернативной технологии нагрева воды.

Для исследований были использованы методики по проведению патентных исследований, законы термодинамики процесса нагрева воды и известные аналитические зависимости с внесением уточнений и изменений, в связи с отличительными особенностями исследуемой схемы от известных по литературным источникам [3,4,5].

Основными входными технологическими параметрами теплового модуля при нагреве воды являются: подача Q_n и напор H_p центробежного насоса, масса m , плотность ρ и теплоёмкость C нагреваемой воды, продолжительность t нагрева

воды и время T работы теплового модуля, а основными выходными технологическими параметрами являются:

количество теплоты Q_T , полученной при нагреве воды определенной массы за единицу времени; полезная P_{Π} и затраченная P_3 мощности и полезная W_{Π} и затраченная W_3 энергии и КПД η_{TM} теплового модуля.

Для определения энергетических параметров рассматривались следующие функциональные зависимости:

По определению количество теплоты, полученной при нагреве воды

$$Q_T = f(C, m, \Delta\theta), \text{ кКал} \quad (1)$$

По определению полезной мощности P_{Π} и энергии W_{Π} :

$$P_{\Pi} = f(Q_T, A, t), \text{ Вт} \quad (2)$$

$$W_{\Pi} = f(P_{\Pi}, T), \text{ кВт}\cdot\text{ч} \quad (3)$$

3) По определению затраченной мощности P_3 и энергии W_3 :

$$P_3 = f(\rho, g, Q_H, H_p, \eta_H), \text{ Вт} \quad (4)$$

$$W_3 = f(P_3, T), \text{ кВт}\cdot\text{ч} \quad (5)$$

4) По определению КПД теплового модуля:

$$\eta_{TM} = f(Q_T, A, \eta_H, t, \rho, g, Q_H, H_p). \quad (6)$$

где C – удельная теплоемкость, кКал/кг·град (для воды $C=1$ кКал/кг·град);

m – масса нагреваемой воды, кг:

$$m = V \cdot \rho, \quad (7)$$

где V – объем нагреваемой воды, м³;

$\rho = 1000$ кг/м³ – плотность нагреваемой воды;

$\Delta\theta$ – повышение температуры нагрева воды, °С:

$$\Delta\theta = \theta_k - \theta_H, \quad (8)$$

где θ_H, θ_k – температура нагреваемой воды начальная и конечная, °С;

A – механический эквивалент теплоты ($A=4,2$ Дж/Кал, или $0,427$ кГм/Кал или 427 кГм/кКал или 4200 Нм/кКал);

t – продолжительность нагрева воды (работы теплового модуля), с.

T – время работы теплового модуля, ч;

$g = 9,81$ м/с² – ускорение свободного падения;

Q_H – подача насоса теплового модуля при рабочем напоре H_p , м³/с;

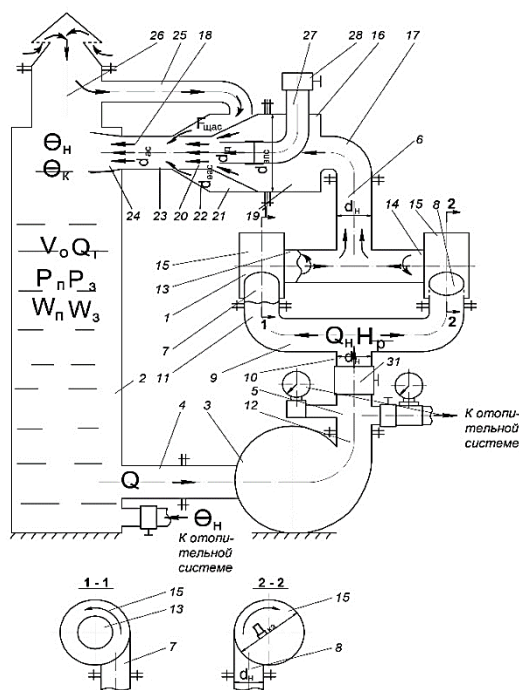
H_p – рабочий напор насоса, м;

η_H – КПД используемого насоса в тепловом модуле.

Результаты исследований. Разработанная в НАО КазНАИУ усовершенствованная конструктивно-технологическая схема струйного теплового модуля с использованием центробежного насоса и теплообразующих устройств дана на рисунке 1. Струйный тепловой модуль состоит из центробежного насоса 3 и

теплообразующих устройств, включающих два тепловых генератора 1, бака для нагреваемой воды 2, эжекторного устройства 16 и соединительной арматуры в виде трубных патрубков и вентилях, а также измерительных приборов (технических манометров). Нижняя часть бака соединена со всасывающим патрубком центробежного насоса, а верхняя часть - через эжектор с нагнетательным патрубком насоса, образуя замкнутую открытую циркуляционную систему движения воды при работающем насосе.

Исследования показали, что предполагаемая альтернативная технология нагрева воды по сравнению с электродными водонагревателями (котлами) снижает энергозатраты на 30-50 % [3].



- 1 – теплогенераторы; 2 – бак; 3 – электронасос; 4,5,6 – трубопроводы; 7,8 - входные патрубки; 9 –коллектор; 10,11 - входной и выходной патрубки коллектора; 12 – напорный патрубок электронасоса; 13,14 - выходные патрубки теплогенераторов; 15 - камеры закрутки; 16 - теплообразующее устройство; 17,18 - входной и выходной патрубки; 19 - подающий патрубок; 20 - активное сопло; 21 - всасывающий патрубок; 22 – пассивное сопло; 23 - смешительная камера; 24 – диффузор; 25 – трубопровод; 26 - вентиляционный патрубок; 27 - Г-образное пассивное сопло; 28, 31 – вентили; 29 – прокладка; 30 - резьбовое соединение; θ_n, θ_k – температура нагреваемой воды начальная и конечная; Q_n – подача насоса; H_p – рабочий напор насоса; P_n, P_z – полезная и затраченная мощности; W_n, W_z - полезная и затраченная энергия; Q_m - количество теплоты, полученной при нагреве воды**

Рисунок 1 –Конструктивно - технологическая схема струйного теплового модуля с использованием центробежного насоса и теплообразующих устройств

Технологический процесс струйного теплового модуля. Запускается центробежный насос 3 через пульт управления. Нагреваемая вода из бака 2 центробежным насосом 3, соединённым всасывающей частью через патрубок 4,

подаётся по нагнетательному патрубку 12, тройнику 5 и открытому вентилю 31 в коллектор 9. Далее через входные патрубки 7, 8 и 11 вода поступает в камеры закрутки 15 теплогенераторов 1, в которых вода за счёт напора и тангенсального подвода преобразуется во вращательное её движение и через выходные патрубки 13 и 14 с противоположным вращением и поступательным движением навстречу друг к другу под напором подаётся в теплообразующее устройство 16. Где, начиная в соединительном трубопроводе 6, происходит процесс нагрева воды за счёт трения встречных противоположно направленных слоёв воды вращательного и поступательного движения. Далее, частично подогретая вода, из соединительного трубопровода 6 поступает по патрубку 17 в струйный эжектор 16, в котором вода, проходя через активное сопло 20 подводящего патрубка 19, создаёт разрежение (вакуум) в Г-образном пассивном сопле 27 и воздух при открытии вентиля 28 засасывается в активное сопло 20. Струи воды и воздуха, двигаясь с разной скоростью через сопло 20 и далее через смесительную камеру 23 за счёт сил трения кинетическая энергия воды переходит в тепловую и вода нагревается. Одновременно струя воды и воздуха, выходя из активного сопла 20, создаёт в щелевом отверстии пассивного сопла 21 эжектора разрежение (вакуум), который через воздуховпускной трубопровод 25 засасывает воздух из помещения, который вместе со струйным движением воды, отдавая тепловую энергию воде, поступает в бак 2. В баке 2 воздух отделяется от воды и выходит часть в помещение, часть повторно засасывается в струйный эжектор 16.

Струйный тепловой модуль после нагрева воды подключается к системе отопления через отводной патрубок, вентиль и трубопровод к напорной линии, а через патрубок бака 2, вентиль и трубопровод к обратной линии. Режим работы насоса 3, теплогенераторов 1, струйного эжектора 16 и отопительной системы регулируется вентилями методом дросселирования и контролируется по установленным манометрам.

Существует несколько технологий нагрева воды для теплоснабжения промышленных и сельскохозяйственных объектов, в том числе автономных, которые подразделяются на три направления: теплоснабжение на основе сжигания газа, твёрдого и жидкого топлива; использование электрической энергии; альтернативные тепловые модули (теплогенераторы), которые отдают энергию в виде тепла больше, чем забирают из энергосети за счёт изменения динамического состояния самой воды и окружающего воздуха [6-8].

Конструкция струйного теплового модуля обладает технической новизной, применяемое в нем техническое решение защищено авторским коллективом патентом №29678 «Струйный тепловой модуль» [9], зарегистрированный в Государственном реестре изобретений Республики Казахстан от 24.02.2015 г., патентообладателем которого является КазНАИУ, а авторами - основные разработчики теплового модуля.

Практическая значимость разработки будет заключаться в создании опытного образца теплового модуля с положительными результатами испытаний,

в рекомендациях его внедрения на объектах АПК РК и в последующем разработки необходимых типоразмеров опытных образцов для внедрения в системе АПК РК и возможно в странах СНГ.

Таким образом, предлагаемая конструкция струйного теплового модуля обеспечивает повышение энергетических показателей – увеличения КПД от использования суммарного эффекта нагрева воды за счёт трения встречных противоположно направленных слоёв воды вращательного и поступательного движения, сил трения движущихся струй воды и воздуха с разной скоростью и передаче тепловой энергии воздуха воде при взаимодействии создаваемого вакуума и кавитации.

Теоретические предпосылки разработаны по указанной выше методике и принятых функциональных зависимостей (1) – (6).

Количество теплоты, полученной при нагреве вода, определяется по формуле:

$$Q_T = C \cdot m \cdot \Delta\theta = C \cdot V \cdot \rho \cdot \Delta\theta, \text{ кКал} \quad (9)$$

где C – удельная теплоёмкость, кКал/кг·град (для воды $C=1$ кКал/кг·град);

m – масса нагреваемой воды, определяется по формуле (7), кг:

$$m = V \cdot \rho,$$

где V – объем нагреваемой воды, м³;

$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ – плотность нагреваемой воды;

$\Delta\theta$ – повышение температуры нагрева воды, определяется по формуле (8), °С:

$$\Delta\theta = \theta_k - \theta_n,$$

где θ_n, θ_k – температура нагреваемой воды начальная и конечная, °С.

Полезная мощность P_{Π} и энергия W_{Π} определяются по формулам:

$$P_{\Pi} = \frac{Q_T \cdot A}{t}, \text{ Вт} \quad (10)$$

где A – механический эквивалент теплоты ($A=4,2$ Дж/Кал, или $0,427$ кГм/Кал или 427 кГм/кКал или 4200 Нм/кКал);

t – продолжительность нагрева воды (работы теплового модуля), с.

Q_T – количество теплоты, полученной при нагреве воды, определяется по формуле (9), кКал;

$$W_{\Pi} = P_{\Pi} \cdot T, \text{ кВт·ч} \quad (11)$$

где P_{Π} – полезная мощность, определяется по формуле (10), кВт;

T – время работы теплового модуля, ч.

Затраченная мощность P_3 и энергия W_3 определяются по формулам:

$$P_3 = \frac{\rho g Q_H H_p}{\eta_H}, \text{ Вт} \quad (12)$$

где $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ – плотность нагреваемой воды;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения;

Q_H – подача насоса теплового модуля при рабочем напоре H_p , м³/с;

H_p – рабочий напор насоса, м;

η_H – КПД используемого насоса в тепловом модуле;

$$W_3 = P_3 \cdot T, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (13)$$

где P_3 – затраченная мощность, определяется по формуле (12), кВт;

T – время работы теплового модуля, ч.

КПД теплового модуля определяется по формуле:

$$\eta_{TM} = \frac{P_{\Pi}}{P_3} = \frac{Q_T \cdot A \cdot \eta_H}{t \cdot \rho \cdot g \cdot Q_H \cdot H_p} = \frac{C \cdot V \cdot \Delta\theta \cdot A \cdot \eta_H}{t \cdot g \cdot Q_H \cdot H_p} \quad (14)$$

или

$$\eta_{TM} = \frac{W_{\Pi}}{W_3} \quad (15)$$

На основании полученных теоретических формул по основным входным параметрам: подаче центробежного насоса $Q_H = 0,0035 - 0,007 \text{ м}^3/\text{с}$ и напоре $H_p = 25-37,5 \text{ м}$ получены следующие теоретические выходные технологические параметры струйного теплового модуля: количество полученной теплоты от нагрева воды $Q_T = 2520 \text{ кКал}$, мощность полезная $P_{\Pi} = 1,30-1,85 \text{ кВт}$, мощность затраченная $P_3 = 1,95 - 2,65 \text{ кВт}$, энергия полезная $W_{\Pi} = 0,7 - 2,95 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ и затраченная $W_3 = 1,05 - 4,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$, температура нагреваемой воды до $50 - 70^\circ\text{C}$, КПД теплообразующего устройства $\eta_{TM} = 0,85 - 0,95$ и теплового модуля $\eta_{TM} = 0,6 - 0,7$.

Выводы:

1. По результатам выполненных исследований разработана усовершенствованная конструктивно-технологическая схема струйного теплового модуля с использованием центробежного насоса и теплообразующих устройств, которая обладают новизной – защищена патентом КЗ на изобретение.

2. Даны результаты теоретические исследований по разработанной конструктивно-технологической схеме струйного теплового модуля, которые являются основой для обоснования параметров при разработке его экспериментального и опытного образцов и проведения экспериментальных исследований и лабораторных испытаний с положительными результатами.

3. Результаты исследований могут быть рекомендованы для практического применения.

Список цитированных источников

1. Обоснование энергосберегающей технологии гидронагрева воды и разработка струйного теплового модуля для автономного теплоснабжения, очистки воздуха и технологических процессов на объектах АПК: Отчёт о НИР (заключительный)/ КазНАУ. № госрегистрации 0111РК00466. Руководитель Е.Саркынов -Алматы, 2015,-124 с.

2. Яковлев А.А., Алиханов Д.М., Исаханов М.Ж., Саркынов Е., Ибраев Е., Дюсенбаев Т.С., Бекенов А.А. Определение энергетических параметров струйного теплового модуля и результаты предварительных исследований // Сборник материалов международной научно-практической конференции. КазНАУ, Алматы, 2009. - С.394-398.

3. Волков И.А., Алиханов Д.М., Яковлев А.А. Результаты экспериментальных исследований режимов работы струйного теплового модуля: Журнал №3 Исследования, результаты : Механизация и электрификация сельского хозяйства. КазНАУ , Алматы , 2016.С.243- 248.

4. Д.М.Абсамат, Е.С.Саркынов, Ж.З.Жакупова. Результаты экспериментальных исследований и лабораторных испытаний струйного теплового модуля // «II Международное книжное издание стран СНГ / «Лучший научный сотрудник-2023» - Астана, 2023 г. – с.54-60

5. Махмудова Л.К. Методология научных исследований в водных ресурсах и водопользовании для магистрантов, обучающихся по образовательной программе 7M08601 – «Управление водными ресурсами с использованием IT-технологий: учеб. пособие / Махмудова Л.К., Жакупова Ж.З.- Алматы: КазНАИУ, 2020.- 135 с. <http://lib.kaznu.kz/default.asp?sign=1&dbid=BOOKS>

6. Фисенко В.В. Новая энергосберегающая технология в системах отопления и горячего водоснабжения // Теплоэнергетика: Журнал № 1. - М., 2000.

7. Фисенко В.В. Некоторые свойства термодинамики дфухфазного потока и их использование в аппаратах "Фисоник" // Промышленная энергетика: Журнал № 12. - М., 2001.

8. Кешуов С.А., Барков В.И. Математическое моделирование процессов на границе раздела фаз в электродных водонагревателях сельскохозяйственного назначения. В сб. "Проблемы эффективного использования энергии в отраслях АПК", Ташкент, 2003 г.

9. Патент № 29678 Струйный тепловой модуль/ Яковлев А.А., Саркынов Е., Асанбеков Б.А., Алиханов Д.М., Тлеукулов А.Т., Сапаров Н.М.; опубл.16.03.2015, Бюл.№3.

УДК 721

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ

Усс Н. В.¹, Кулаков Н. И.², Лисовец А. Ю.³, Акулова О. А.⁴

¹ Магистрант кафедры природообустройства, БрГТУ, Брест, Беларусь, natallyanovosad@mail.ru

² Студент строительного факультета, БрГТУ, Брест, Беларусь, p0035817@g.bstu.by

³ Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь, alexlisovets@icloud.com

⁴ Заведующий кафедрой начертательной геометрии и инженерной графики, БрГТУ, Брест, Беларусь, akylovaolya@yandex.by