

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ГЕЛИОКОЛЛЕКТОРА ДЛЯ ПОДОГРЕВА ВОДЫ В МЕХАНИЧЕСКИХ МАСТЕРСКИХ

К.В. Гаркуша,

ассистент каф. энергетики БГАТУ

В.А. Коротинский,

зав. каф. энергетики БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

К.Э. Гаркуша,

*декан факультета довузовской подготовки и профессиональной ориентации молодежи БГАТУ,
канд. техн. наук, доцент*

С.С. Нефедов,

ассистент каф. практической подготовки студентов БГАТУ

В статье рассмотрено конструктивное решение по повышению эксплуатационной надежности вакуумного гелиоколлектора, используемого для подогрева воды в механических мастерских. Данное решение позволяет избежать выхода из строя стеклянных труб под действием града и упростить эксплуатацию гелиоколлектора, исключив ручную очистку его поверхности от снега зимой и зашторивание летом.

Ключевые слова: механические мастерские, гелиоколлектор, защитное покрытие, регулируемая прозрачность.

A constructive solution to improve the operational reliability of a vacuum solar collector for water heating in mechanical workshops is considered in the article. This solution avoids the failure of glass pipes under the influence of hail and simplifies the operation of the solar collector, eliminating the manual cleaning of its surface from snow in winter and shading in summer.

Keywords: mechanical workshops, solar collector, protective coating, adjustable transparency.

Введение

Ограниченность в оборотных финансовых средствах и низкий кредитный рейтинг сельскохозяйственных организаций не позволяют в полной мере обеспечить своевременное оснащение и обновление машинно-тракторного парка. В связи с этим большая роль отводится сохранности существующей техники и подготовке ее к посевной и уборочной кампаниям. Обслуживание и ремонт техники осуществляются как в специализированных организациях агросервиса, так и в механических мастерских сельскохозяйственных организаций. При этом механические мастерские играют важную роль не только в обеспечении механизаторов средствами производства, но и в обеспечении комфортных и безопасных условий их работы. Условия работы, в свою очередь, оказывают существенное влияние на рост производительности труда.

При реализации Государственной программы развития аграрного бизнеса Республики Беларусь на 2016-2020 годы, согласно данным министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, в 2018 году производство продукции сельского хозяйства составило 96,6 % к 2017 году, а сводный целевой показатель производительности труда за 2018 год к 2017 году не выполнен и составил 99,2 %

при задании 106,3 % [1]. Немаловажную роль при выполнении этого показателя играет энерговооруженность труда, которая падает при ненадлежащих санитарно-гигиенических условиях работающих.

Основной состав помещений санитарного блока механических мастерских должен включать душевые, туалет, комнату личной гигиены женщин или кабину с душем, умывальные с умывальниками для мойки рук, помещение для приема пищи и отдыха. Душевые должны обеспечиваться кабинами с подводкой холодной и горячей воды питьевого качества [2]. В настоящий момент требование об обеспечении душевых горячей водой в большинстве сельскохозяйственных организаций не соблюдается. Это связано, как с отсутствием доступных источников теплоснабжения, так и экономией энергоресурсов, в первую очередь электроэнергии, которая чаще всего применяется для нагрева воды.

При выборе того или иного варианта теплоснабжения необходим критический анализ затрат на выработку единицы теплоты с учетом КПД, стоимостей теплового оборудования и топлива, эксплуатационных затрат, экологичности проекта [3].

Критический анализ энергетического оборудования, применяемого для нужд горячего водоснабже-

ния, показал, что наибольшую эффективность имеют гелиоколлекторы с вакуумными трубками. При этом их функционирование не лишено ряда недостатков, к которым относится выход из строя стеклянных труб под действием града, необходимость ручной очистки от наледи поверхности в холодное время года, а также необходимость зашторивания гелиоколлектора летом при отсутствии водоразбора.

Целью работы является разработка конструктивного решения по повышению надежности работы гелиоколлектора в механических мастерских и упрощению его эксплуатации.

Основная часть

Гелиоколлекторы различных конструкций, как источники нагрева воды, широко применяются в индивидуальных жилых домах и личных подсобных хозяйствах. При этом предпочтение все больше отдается трубчатым вакуумным гелиоколлекторам, которые по сравнению с плоскими гелиоколлекторами, имеют такие преимущества, как более высокая эффективность в течение всего года, максимально возможный КПД в зимний период и универсальность. К тому же плоские гелиоколлекторы имеют такие недостатки, как сложность монтажа, связанная с необходимостью доставки на крышу собранного коллектора, наличие проблемы размножения бактерий и других микроорганизмов, которой нет в системах с вакуумными коллекторами, а также высокая парусность при установке на подставке.

В солнечные летние дни разница в работе хороших плоских и вакуумных солнечных коллекторов практически незаметна. Однако при низкой температуре окружающей среды преимущества вакуумных коллекторов становятся очевидны. В летнее время максимальная температура воды в плоских коллекторах находится в пределах 80-90 °С, в вакуумных коллекторах она может превышать 100 °С.

Вакуумные трубчатые гелиоколлекторы пока не нашли широкого применения для нужд механических мастерских. В первую очередь, это связано с тем, что, несмотря на внешнюю простоту гелиосистем, в процессе их эксплуатации возникает множество проблем, главной из которых является частый выход из строя вакуумных трубок, а также закипание находящегося в трубках антифриза, после чего последний теряет свои свойства. Ко всему прочему, необходимо очищать поверхность гелиоколлектора от снега и инея в зимний период, защищать от града весной и осенью.

С целью устранения указанных выше недостатков, предлагается оснастить гелиоколлектор электрифицированной защитной пленкой с регулируемой прозрачностью (рис. 1-4).

Гелиоколлектор крепится на высокопрочной раме 1, в которой располагаются трубы с черными поверхностями 2. Трубы размещаются соосно с вакуумными кольцевыми зазорами внутри светопрозрачных стеклянных труб 3, которые присоединены входами и выходами соответственно к распределительному и

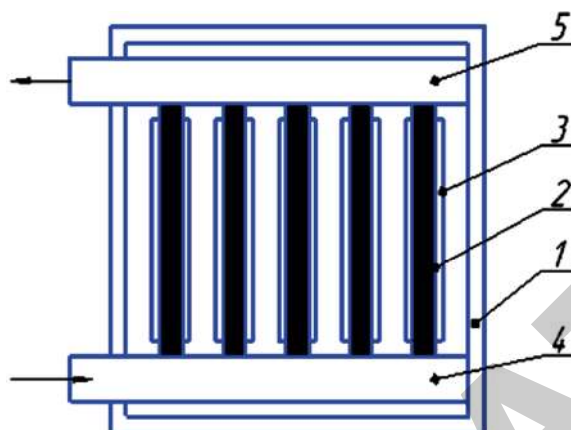


Рисунок 1. Общий вид гелиоколлектора

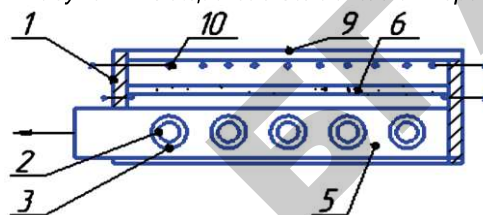


Рисунок 2. Вид гелиоколлектора сверху

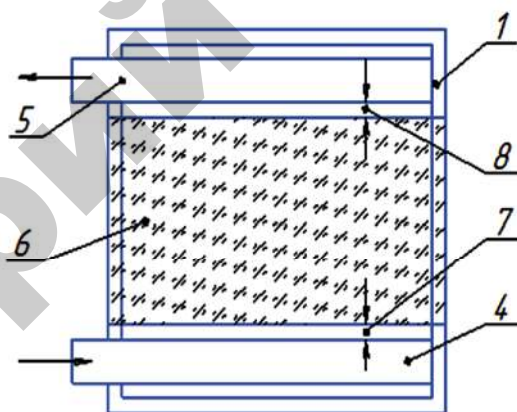


Рисунок 3. Схема крепления электрифицированной пленки

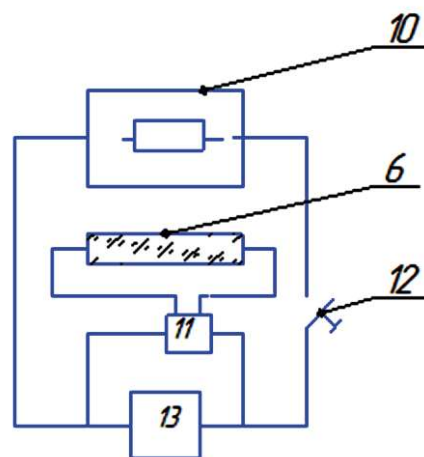


Рисунок 4. Электрическая схема управления работой пленки

собирающему коллекторам 4, 5 холодной и горячей воды. Защитное покрытие в виде электрифицированной пленки 6 прикрепляется к раме 1.

Работа гелиоколлектора осуществляется следующим образом.

В теплый период года при помощи регулятора 11 увеличивают напряжение, прикладываемое к пленке, и добиваются ее максимальной прозрачности, контролируя при этом температуру нагреваемой воды. Если температура воды превышает 90...95 °С, то прозрачность электрифицированной пленки уменьшают путем снижения напряжения.

В этом случае часть солнечного излучения преобразуется пленкой в тепловую энергию, которая нагревает наружный воздух, поступающий через поперечный зазор 7 в пространство между электрифицированной пленкой и светопрозрачным покрытием 9. Двигаясь в пространстве, воздух нагревается, и через поперечный зазор 8 поступает в окружающую среду.

Вторая часть солнечного излучения проходит через стеклянные трубы 3 и преобразуется черными поверхностями труб 2 в тепловую энергию, которая нагревает воду, движущуюся внутри труб. За счет уменьшения теплового излучения, поступающего на поверхность труб, предотвращается преобразование воды в пар. В теплый период года пленка защищает трубы от разрушения градом, и тем самым повышает надежность работы гелиоколлектора.

В холодный период года прозрачность электрифицированной пленки увеличивают путем повышения прикладываемого к ней напряжения. С целью повышения эффективности работы гелиоколлектора, удаления льда, снега и инея, осуществляют нагрев светопрозрачного покрытия до положительной температуры (2-10 °С). Для этого используют светопрозрачный электронагреватель 10, подключаемый к источнику электроэнергии 13 через коммутационный аппарат 12.

Таким образом, в процессе эксплуатации предложенного гелиоколлектора поставленная цель – повышение надежности работы и упрощение эксплуатации будет достигнута.

Для автоматизации процесса нагрева воды необходимо перейти от физической модели гелиоколлектора к математической модели. Сложность решения этой задачи состоит в том, что в рассматриваемой гелиосистеме параметры распределяются в зависимости от координаты. А математическое описание систем с распределенными параметрами основывается на дифференциальных уравнениях в частных производных, что усложняет синтез регуляторов для управления [4].

Существуют различные способы работы с такими системами. Некоторые из них основываются на непосредственном решении дифференциальных уравнений в частных производных, и уже дальнейшего синтеза управления для найденного решения. Такие способы, в большинстве своем, представляют лишь теоретический интерес и не могут быть реализованы в существующих системах автоматического регулирования. Это связано с их высокой вычислительной сложностью и сильной зависимостью от отклонений в исход-

ном математическом описании управляемого объекта [5]. Другой путь заключается в приближенном описании системы с распределенными параметрами в виде линейного обыкновенного дифференциального уравнения, либо системы обыкновенных дифференциальных уравнений. В основе замены дифференциальных уравнений в частных производных на обыкновенные дифференциальные уравнения лежат методы коллокации, Галеркина, конечных элементов [4, 5]. Такой подход позволяет лучше понять поведение управляемого объекта и использовать многочисленные разработанные методы синтеза регуляторов для систем с сосредоточенными параметрами.

Наиболее популярным способом работы с обыкновенными дифференциальными уравнениями, полученными либо на основе аппроксимации дифференциальных уравнений в частных производных, либо на основе фундаментальных законов физики, является использование преобразования Лапласа. Этот подход дает возможность перейти от обыкновенных дифференциальных уравнений к алгебраическим уравнениям, что значительно упрощает анализ и синтез системы управления. Далее рассмотрим пример системы с распределенными параметрами и возможность синтеза управления.

Примером системы с распределенными параметрами является коллекторная распределенная система на основе солнечных панелей (DCSF) [6]. Ее устройство состоит из металлической трубы, внутри которой находится теплоноситель, некоторая жидкость. Металлическая труба находится внутри коаксиальной стеклянной трубки, используемой для повышения теплопередачи. Ее работа основана на парниковом эффекте. Математическое описание DCSF выглядит следующим образом:

$$\frac{\partial}{\partial t} T(z, t) = -u \frac{\partial}{\partial z} T(z, t) + \alpha R(t), \quad (1)$$

где $T(z, t)$ – температура жидкости (теплоносителя), К;

u – скорость входящего потока жидкости (теплоносителя), м/с

α – коэффициент, связанный с эффективностью абсорбции тепловой энергии жидкостью, К/Дж;

$R(t)$ – мощность солнечной радиации, Вт.

Мощностью солнечной радиации можно пренебречь и работать только с уравнением вида:

$$\frac{\partial}{\partial t} T(z, t) = -u \frac{\partial}{\partial z} T(z, t). \quad (2)$$

Используя выражение (2), можно с помощью преобразования Лапласа получить передаточную функцию, описывающую систему с распределенными параметрами:

$$\frac{T(z, s)}{T(0, s)} = e^{-\frac{s}{u}z}, \quad (3)$$

где s – комплексная переменная,

$T(z,s)$ – температура жидкости на входе в трубу, К.

Выражение (3) можно упростить, используя ряды Тейлора и ограничиваясь первыми тремя членами ряда. Упрощенное выражение, удобное для анализа и синтеза управляющих законов, будет иметь вид:

$$\frac{T(z,s)}{T(0,s)} = \frac{1}{\frac{(zs)^3}{6u^3} + \frac{(zs)^2}{2u^2} + \frac{zs}{u} + 1}. \quad (4)$$

Передаточную функцию (4) при соответствующем выборе координаты z можно использовать для приблизительного изучения динамики и статики процесса передачи теплоты в распределенном коллекторе солнечной энергии.

Для более детального исследования необходимо учитывать и влияние солнечной радиации, и тепловые потери, связанные с взаимодействием с окружающей средой.

Систему автоматического управления можно рассматривать как комбинацию динамических звеньев (типовых и нетиповых). Каждое звено имеет определенное математическое описание, выраженное чаще всего в виде передаточной функции $W(s)$. Зная математическое описание звеньев и связи между ними, всегда можно получить математическое описание всей системы в целом.

Заключение

1. Эксплуатация гелиосистем требует квалифицированного обслуживания. В настоящее время в сельском хозяйстве отсутствуют сервисные организации, поэтому проектируемые гелиосистемы должны быть технически простыми и оборудованными системами автоматики.

2. Предложенная конструкция гелиоколлектора позволяет повысить его эксплуатационную надежность и использовать для подогрева воды в механических мастерских.

3. Автоматизация процесса нагрева воды в гелиоколлекторе позволит отказаться от обслуживающего персонала для исключения перегрева и вскипания рабочего вещества гелиоколлектора при отсутствии водоразбора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. [Краткая информация о реализации Государственной программы развития агробизнеса Республики Беларусь на 2016–2020 гг.](https://www.mshp.gov.by/programms/e1e36fee4a2be4c3.html) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.mshp.gov.by/programms/e1e36fee4a2be4c3.html>. – Дата доступа: 11.10.2019.
2. Об утверждении Санитарных норм и правил. Требования к организациям, осуществляющим сельскохозяйственную деятельность: пост. Министерства здравоохранения Респ. Беларусь от 07.10.2019 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://minzdrav.gov.by/ru/dlya-spetsialistov/normativno-pravovaya-baza/tekhnicheskie-normativnye-pravovye-akty/index.php>. – Дата доступа: 11.10.2019.
3. Булчаев, Н.Д. Безопасность и экологичность проекта: учеб. пос / Н.Д. Булчаев, Ю.Н. Безбородов, Л.Н. Горбунова. – СФУ, 2015. – 96 с.
4. Рапопорт, Э.Я. Структурное моделирование объектов и систем управления с распределенными параметрами / Э.Я. Рапопорт. – М.: Высшая школа, 2003. – 299 с.
5. Radhakant Padhi, Sk. Faruque Ali. An account of chronological developments in control of distributed parameter systems // Annual Reviews in Control. – 2009. – № 33. – P. 59-68.
6. Lemos M. Joao, Neves-Silva Rui, Igreja M. Jose. Adaptive control of solar energy collector systems. Springer, 2014. – 253 p.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 11.12.2019

“Агропанорама” - научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.

Журнал “Агропанорама” включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным наукам (зоотехния).

Журнал выходит один раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842. Стоимость подписки на 1-е полугодие 2020 года: для индивидуальных подписчиков - 21,06 руб., ведомственная подписка - 24,51 руб.