

## Исследование предварительного подогрева теплоносителя комплексным энергозамещающим устройством в тепловых процессах переработки молока

Ю. Б. Гербер<sup>✉</sup>, А. В. Гаврилов\*<sup>✉</sup>, А. П. Вербицкий<sup>✉</sup>

ФГАОУ ВО Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского,  
295007, Россия, г. Симферополь,  
проспект Академика Вернадского, 4

Дата поступления в редакцию: 21.07.2018  
Дата принятия в печать 20.09.2018

\*e-mail:tehfac@mail.ru



© Ю. Б. Гербер, А. В. Гаврилов, А. П. Вербицкий, 2018

**Аннотация.** В статье отражена информация об исследованиях по оптимизации энергозатрат на производство молочных, а именно кисломолочных продуктов, что сказывается на их конечной себестоимости. С целью экономии электроэнергии проведены исследования по использованию в молочном производстве возобновляемых источников энергии на основе гелиосистемы как одного из наиболее перспективных направлений в энергосбережении. Предложено перспективное технологическое решение – энергосберегающая технология производства молочных продуктов с использованием комплексного энергозамещающего устройства (КЭУ). Она обеспечит, по предварительным расчетам, снижение затрат электроэнергии на 60–70 %. На основе экспериментальных исследований работы КЭУ проведена проверка результатов, полученных при теоретическом обосновании конструктивных параметров и режимов работы. Для проведения экспериментальных исследований разработана и изготовлена установка нагрева теплоносителя на основе гелиоколлекторов, а также приборный комплекс, позволяющий регистрировать значения температур в 8-ми различных контрольных точках и передавать полученные сигналы на жесткий диск ПК. В статье приведены параметры оборудования во время процессов пастеризации и сквашивания молока с использованием КЭУ для подогрева, которое можно рекомендовать предприятиям. Площадь коллекторов КЭУ для предварительного нагрева теплоносителя 2 м<sup>2</sup> обеспечивает 150 литров воды температурой 45–60 °С. Сравнивая нормативные параметры температуры процесса сквашивания молока (32–35 °С) с температурой теплоносителя (воды) в КЭУ (45–60 °С), можно сделать вывод о полном покрытии тепловых затрат при проведении указанного низкопотенциального теплового процесса.

**Ключевые слова.** Молочная продукция, энергетические затраты, тепловая обработка, комплексное энергозамещающее устройство, давление, гелиосистема

**Для цитирования:** Гербер, Ю. Б. Исследование предварительного подогрева теплоносителя комплексным энергозамещающим устройством в тепловых процессах переработки молока / Ю. Б. Гербер, А. В. Гаврилов, А. П. Вербицкий // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. – С. 124–132. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-124-132>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/>

## Thermal Treatment in Milk Processing: Using a Complex Energy-Substitution Equipment during Preliminary Water Heating

Yu.B. Gerber<sup>✉</sup>, A.V. Gavrilov\*<sup>✉</sup>, A.P. Verbitsky<sup>✉</sup>

Received: July 21, 2018  
Accepted: September 20, 2018

V.I. Vernadsky Crimean Federal University  
4, Vernadskogo Ave., Simferopol, 295007, Russia

\*e-mail:tehfac@mail.ru



© Y.B. Gerber, A.V. Gavrilov, A.P. Verbitsky, 2018

**Abstract.** Energy input affects the final cost of dairy products. The paper features energy cost optimization in dairy industry and, in particular, in the production of cultured milk foods. The present research studies the options for renewable energy sources in dairy industry: solar system is becoming a very promising means of energy saving in the southern regions. The authors proposed a complex energy substitution device, which can reduce the electricity costs by 60–70%, according to preliminary calculations. The results obtained in the theoretical underpinning of design parameters and operation modes were checked by experimental studies. For the experiment, the authors designed and manufactured a water heating system based on flat solar collectors. An instrument complex registered temperature values in eight different control points and transferred the signals to a PC hard disk. The article presents the parameters of the equipment in pasteurization and milk fermentation processes with the use of the complex energy substitution device for water heating. The equipment can be used by large-scale dairy enterprises, since the area of the collectors for the preliminary water heating is 2 m<sup>2</sup>, which provides 150 liters of water with a temperature of 45–60°C. As the normative parameters of the temperature during the milk fermentation process is 32–35°C, and the water temperature in the device is 45–60°C, it can be concluded that the thermal costs are fully covered.

**Keywords.** Quality of dairy products, energy costs, heat treatment of dairy products, complex energy substitution device, pressure, homogenizer

**For citation:** Gerber Yu.B., Gavrilov A.V., and Verbitsky A.P. Thermal Treatment in Milk Processing: Using a Complex Energy-Substitution Equipment during Preliminary Water Heating. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 124–132. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-124-132>. (In Russ.).

### Введение

Анализ мировых тенденций, исследований и технических решений по снижению энергетических затрат в тепловых процессах переработки молока позволяет сделать вывод о целесообразности использования солнечной энергии в качестве дополнительного источника получения тепла и сокращение затрат электроэнергии при нагревании от бойлера. Значительные затраты энергии в тепловых процессах молокоперерабатывающего предприятия приходится на пастеризацию молока. Температурный интервал нагрева продукта до требуемого значения может составлять до 70 °С.

Выполненные аналитические исследования показали, что доминирующим фактором энергозатрат в тепловых процессах переработки молока является температура и объем теплоносителя – воды. Предварительный подогрев воды с помощью энергозамещающего устройства и подача к тепловым аппаратам позволит снизить расход электроэнергии или других теплоносителей и сделает производство менее энергозатратным [1]. Проведенные ранее эксперименты на кафедре технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства Академии биоресурсов и природопользования показали, что применение комплексного энергозамещающего устройства для начального подогрева воды при благоприятных погодных условиях в южных областях страны в теплое время года может снизить указанный выше интервал до 20–30 °С, а при неблагоприятных – до 40–50 °С [2].

С целью выбора гелиоколлекторов и разработки схемы энергозамещающего устройства были проведены исследования конструктивных особенностей и схем соединения гелиоколлекторов. Обзор существующих конструкций гелиоколлекторов показал, что основными их типами являются: плоский солнечный коллектор – самый распространенный вид солнечных коллекторов; коллектор в виде батареи стеклянных трубок; вакуумный солнечный коллектор с прямой теплопередачей воде, а также с встроенным теплообменником. Кроме того, определен интерес представляет вакуумный солнечный коллектор с тепловыми трубками [3].

Важным преимуществом солнечных коллекторов с тепловыми трубками является их способность работать при температурах до 35 °С (полностью стеклянные солнечные коллекторы с тепловыми трубками) или даже до 50 °С (солнечные коллекторы с металлическими тепловыми трубками).

Как показали предыдущие исследования, за счет солнечной тепловой энергии можно полностью обеспечить потребности в горячей воде в летнее время. В осенне-весенний период от солнца можно получить до 30 % необходимой энергии на

отопление и до 60 % от потребностей – на горячее водоснабжение.

Довольно распространенным, пожалуй, наиболее перспективным вариантом использования солнечной энергии для теплоснабжения производственных процессов малой и средней производительности является система, представляющая собой комбинацию солнечных коллекторов, бака-аккумулятора, одного или нескольких отопительных котлов.

Основными конструктивными элементами предложенного комплексного энергозамещающего устройства (КЭУ) является трубчатый гелиоприемник (гелиоколлектор) и бак-аккумулятор, установленные на несущей раме. Также устройство имеет систему водоснабжения с теплоизоляцией и термоизмерительный комплекс.

Экспериментальный КЭУ работает следующим образом. Циркуляция теплоносителя в этой установке осуществляется за счет изменения его плотности по мере нагревания солнечными лучами. При нагревании плотность теплоносителя снижается, в результате чего происходит перемещение нагретого теплоносителя вверх по гелиоколлектору и далее в бак-аккумулятор. Чем выше температура нагрева



Рисунок 1 – Экспериментально-производственное комплексное энергозамещающее устройство

Figure 1 – The experimental complex energy substitution device

теплоносителя (т.е. чем больше разница температур на входе и выходе из гелиоколлектора), тем больше разница плотности, больше температурный напор и, следовательно, скорость циркуляции. Нагретый теплоноситель, поступая в верхнюю часть бака-аккумулятора, вытесняет из нижней части прохладный теплоноситель. Вытесненный теплоноситель при этом перетекает по нижней части циркуляционного трубопровода в нижнюю часть гелиоколлектора, заполняя пространство. Забор нагретого теплоносителя (воды) из бака-аккумулятора осуществляется из верхней части [1–3].

В соответствии с этим разработана программа исследований влияния температурных параметров оборудования в тепловых процессах обработки молока на энергетические затраты и его качественные показатели с использованием КЭУ (рис. 1). Программа исследований включала в себя измерение температурных параметров КЭУ в течение длительного времени:

- входа и выхода потоков воды в нижнем коллекторе;
- выхода потока воды из верхнего коллектора;
- слоя воды в верхней части бака-аккумулятора;
- температуры наружного воздуха;
- температуры на абсорбере коллектора под стеклом.

Для проведения исследований была разработана методика, которая отвечает задачам программы [4–26].

#### Объекты и методы исследований

Экспериментальные исследования работы КЭУ проводились с целью проверки результатов, полученных при теоретическом обосновании конструктивных параметров и режимов работы. Задачами эксперимента было:

- проверка влияния угла наклона солнечного коллектора к горизонту и определение оптимального значения;
- проверка влияния угла установки КЭУ по отношению к оси юг-север.

В соответствии с поставленными целями и задачами программы экспериментальных исследований предусмотрено:

- разработка установки для нагрева воды;
- определение теплофизических параметров КЭУ.

Система измерения включает в себя: 8 термопар типа К (хромель-алюмель), изготовленных из проволоки диаметром 0,3 мм и покрытых кремнийорганической электроизоляцией с неизолированным спаем; контроллер Д-ИТ-8ПТ-RST; адаптер RS-485/USB; персональный компьютер и программное обеспечение для регистрации экспериментальных данных. Система обеспечивает измерение и регистрацию температуры в диапазоне – 40–65 °С при максимальной частоте регистрации 0,1 Гц. Контроллер оснащен встроенным термометром сопротивления для учета температуры холодного соединения термопар и программного преобразования электрических сигналов термопар и термометра сопротивления в температуру горячего спая термопары согласно номинальной характеристике преобразования. Система позволила



Рисунок 2 – Общий вид системы замера температурных данных на КЭУ

Figure 2 – The general view of the temperature reading system

записать сигналы термопар на жесткий диск персонального компьютера (рис. 2).

Датчики для исключения влияния температуры окружающей среды теплоизолированы и прикреплены к соответствующим трубопроводам КЭУ и бака-аккумулятора. Для измерения принята следующая нумерация датчиков прибора: 1 – наружный воздух; 2 – вход воды в нижний коллектор; 3 – выход воды из нижнего коллектора и вход в верхний; 4 – выход воды из верхнего коллектора; 5 – абсорбер под стеклом коллектора; 6 – вход воды в нижнюю часть бака-аккумулятора; 7 – вода в верхней части бака-аккумулятора; 8 – выход воды из верхней части бака-аккумулятора.

#### Результаты и их обсуждение

На основе экспериментальных исследований работы КЭУ проведена проверка результатов, полученных путем теоретического обоснования конструктивных параметров и режимов работы. Для проведения экспериментальных исследований разработана и изготовлена установка для нагрева воды на основе гелиоколлекторов. Системой записаны сигналы термопар на жесткий диск персонального компьютера. Датчики для исключения влияния температуры окружающей среды теплоизолированы и прикреплены к соответствующим трубопроводам КЭУ и бака-аккумулятора. Измерения проводились в течение недели круглосуточно. Данные измерений повторяемость в 30 сек записывались на персональный компьютер. После окончания замеров данные протоколов обрабатывались в программе Excel с построением диаграмм. Диаграммы измерений температурных данных на КЭУ для предварительного подогрева воды от бойлера представлены на рис. 3–5. На оси абсцисс диаграмм проставлено количество точек замера. На оси ординат приведена температура нагрева в °С.

На диаграмме (рис. 3) представлены данные замера температурных параметров теплоносителя, подготовленного с помощью КЭУ в течение недели с 13 по 19 июня 2018 года. Диаграмма представляет собой непрерывную круглосуточную запись всех температурных параметров КЭУ – от входа до выхода

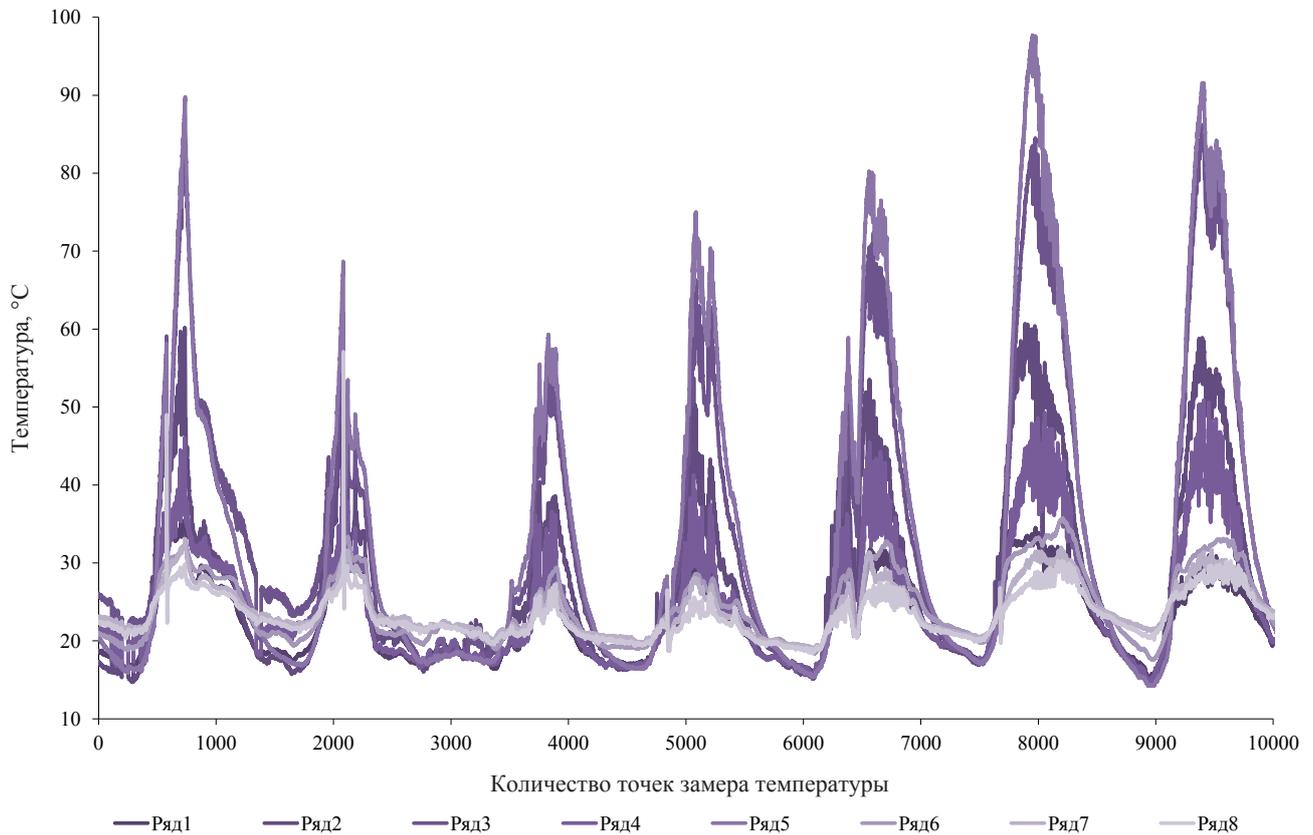


Рисунок 3 – Диаграмма температурных параметров работы КЭУ за период 13–19.06. 2018 г.

Figure 3 – Diagram of the temperature parameters in June 13–19, 2018

воды. Основными из них являются: температура воды на входе в нижний коллектор КЭУ (ряд 8); воды на выходе из первого (ряд 4) и второго коллектора (ряд 3); в верхней части бака-аккумулятора (ряд 2); под стеклом на поверхности абсорбера (ряд 5) и температура внешней среды (ряд 6). 13 июня (точки замера от 0 до 1500) характеризуется достаточно благоприятными погодными условиями. Температура поверхности абсорбера под стеклом достигала 90 °С, а воздух в полдень – около 30 °С. Благодаря этому температура воды с начальной 15 °С на выходе из первого коллектора составляла до 45 °С, а с другой – 80 °С; температура в баке-аккумуляторе достигла 60 °С. Таким образом, после направления этой воды к бойлеру, необходимость ее догрева до температуры пастеризации (85 °С) составляла около 25 °С. 14 июня (точки замера с 1500 до 3000) характеризуется менее благоприятными погодными условиями. Хотя температура внешней среды составляла в полдень около 24 °С, этот день был облачным, поэтому температура на поверхности абсорбера коллектора достигала не более 68 °С. При этих условиях температура воды с начальной 15 °С на выходе из первого коллектора составляла 32 °С, а с другой – 53 °С, температура в баке-аккумуляторе достигла 42 °С. Таким образом, после направления этой воды к бойлеру, температурный диапазон ее догрева составил около 43 °С. Неблагоприятные погодные условия 15 июня (точки замера с 3000 до 4500) сказались на температурных параметрах работы КЭУ. Температура нагрева абсорбера коллектора достигала менее 60 °С, т.к.

температура воздуха составляла около 23 °С. При этом температура воды с начальной 15 °С на выходе из первого коллектора составляла около 30 °С, а с другой – около 50 °С. Температура воды в баке-аккумуляторе составляла около 38 °С. Таким образом, температурный диапазон ее догрева составлял 47 °С. 16 июня наблюдалось постепенное повышение температуры внешней среды, что благоприятно отразилось на температурных параметрах работы КЭУ. При температуре воздуха около 26 °С температура поверхности абсорбера достигала 75 °С. При этом температура воды с начальной 16 °С на выходе из первого коллектора составляла около 40 °С, а с другой – около 70 °С. Всего температура воды в баке-аккумуляторе достигла 50 °С, что требовало ее догрева перед пастеризацией на 35 °С. 17 июня при температуре окружающей среды около 30 °С, температура абсорбера достигала 80 °С. Температура воды на выходе из первого коллектора достигла 45 °С, а с другой – 70 °С. В целом, температура воды в баке-аккумуляторе составила 52 °С, что требовало ее догрева перед пастеризацией на 33 °С. 18 июня температура внешней среды составляла около 32 °С, температура абсорбера при этом достигала 97 °С. Температура воды на выходе из нижнего коллектора составила 60 °С, а с верхней – 83 °С. Температура воды в баке-аккумуляторе достигла 60 °С, а диапазон догрева воды составил 25 °С. 19 июня наблюдалась почти такая же картина. Температура воды в баке-аккумуляторе составила 58 °С, с диапазоном догрева 27 °С.

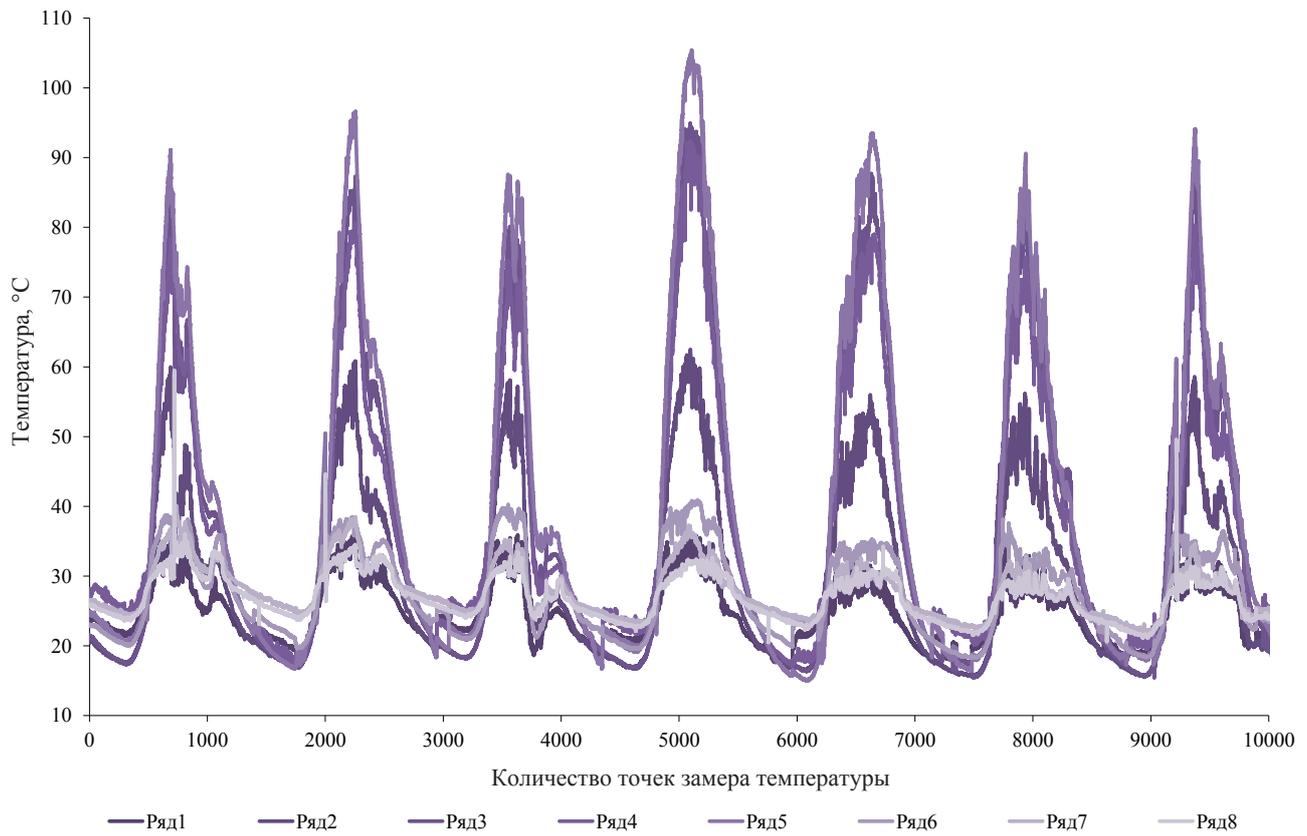


Рисунок 4 – Диаграмма температурных параметров работы КЭУ за 11–17.07.2018 г.

Figure 4 – Diagram of the temperature parameters in July 11–17, 2018

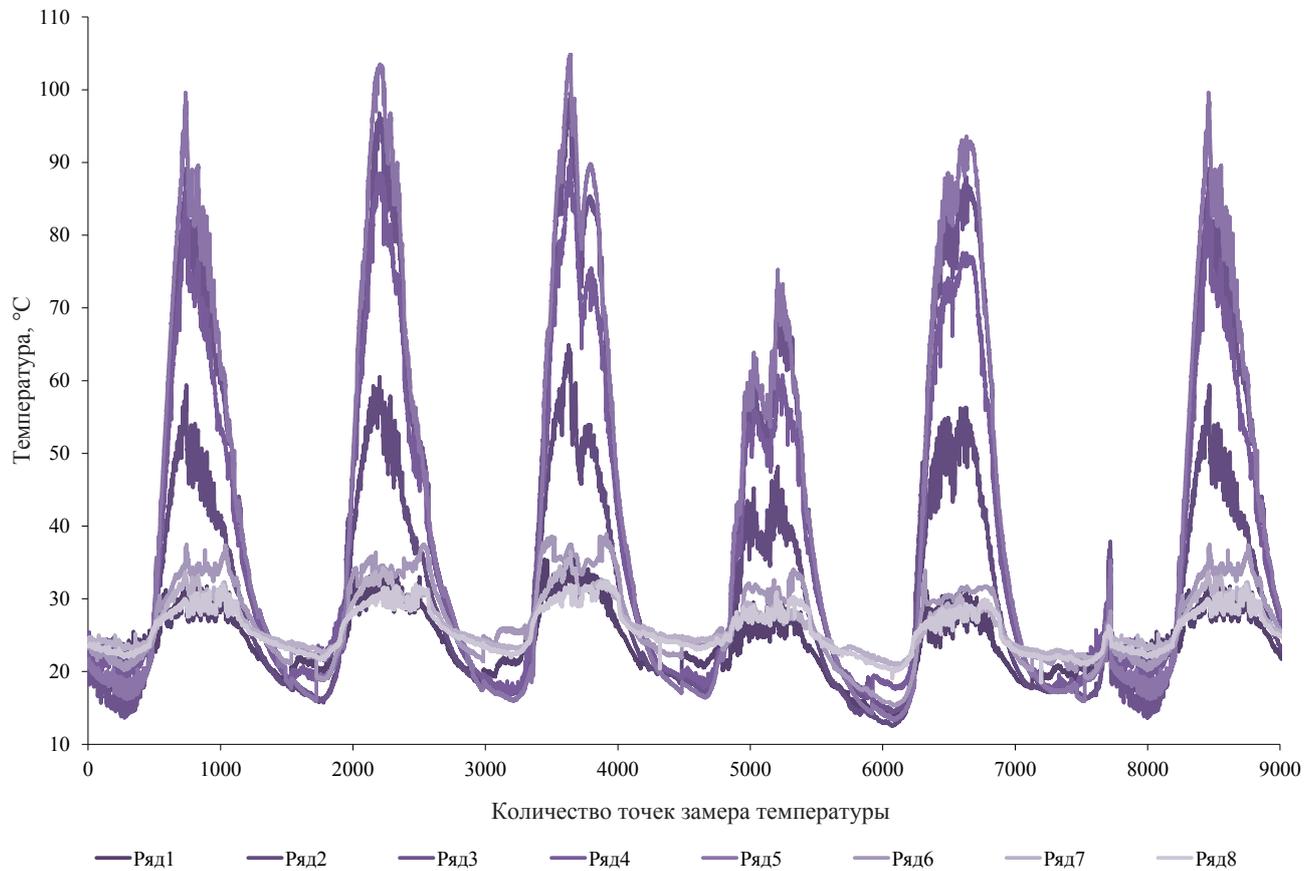


Рисунок 5 – Диаграмма температурных параметров работы КЭУ за 18–24.07.2018 г.

Figure 5 – Diagram of the temperature parameters in July 18–24, 2018

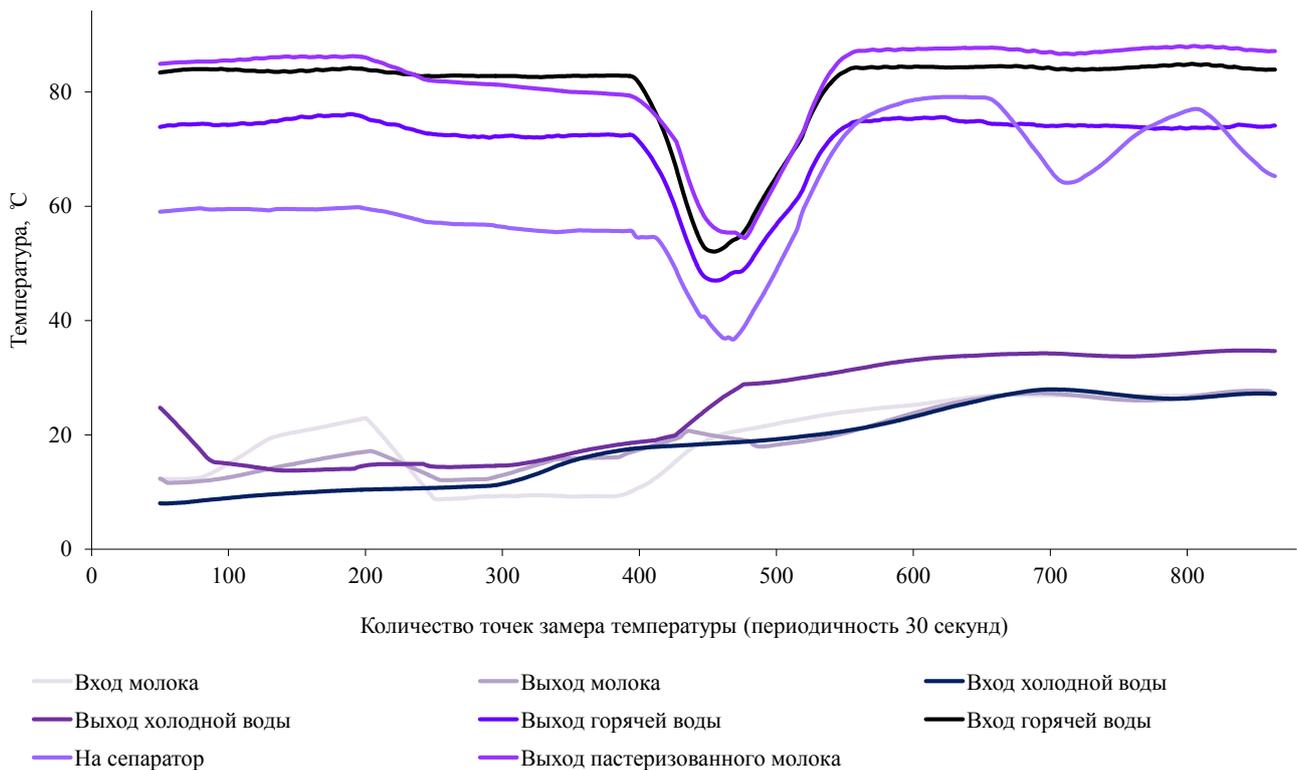


Рисунок 6 – Диаграмма замера температурных данных при тепловой обработке молока

Figure 6 – Diagram of the temperature readings during the thermal treatment of milk

Подводя итоги анализа диаграммы температурных параметров работы КЭУ в период с 13 по 19 июня 2018 года можно сказать, что в среднем, необходимый температурный диапазон догрева составлял 34 °С. Учитывая, что без КЭУ температурный диапазон нагрева воды от начальной температуры (15 °С) до конечной (85 °С) составляет 70 °С, экономия электроэнергии, за счет его сокращения до 36 °С составляет, в среднем, 4 кВт.ч на каждые 100 л воды.

Для сравнения проведены замеры в период с 11.07. по 17.07.2018г., а также с 18.07. по 24.07.2018г., которые показали следующее.

Температурные параметры работы КЭУ за период с 11 по 17 июля отмечают стабильностью солнечной радиации на поверхности абсорберов гелиоколлекторов. Температура их нагрева, в среднем, составляла около 90 °С. Благодаря этому температура воды в баке-аккумуляторе достигала 55–60 °С. Это дало изменение уменьшить необходимый температурный диапазон догрева воды на 40–45 °С. Экономия электроэнергии за эту неделю составляла 6,8 кВт.ч на каждые 100 л воды (рис. 4).

Температурные параметры КЭУ за период с 18 по 24 июля 2018 года в целом характерные для предшествующего периода. Обращает на себя внимание, что температура нагрева поверхности абсорбера гелиоколлекторов 18, 19, 20, и 24 июля достигала 100 °С, температура воды в баке-аккумуляторе достигала 60–65 °С. Это позволило уменьшить температурный диапазон догрева воды до 45–50 °С, что привело к экономии электроэнергии около 7,5 кВт.ч на каждые 100 л воды (рис. 5).

Для определения количества сэкономленной энергии при тепловой обработке молока в процессе пастеризации были проведены замеры температурных потоков на пластинчатом аппарате (рис. 6).

#### Выводы

Сравнивая данные температуры горячей воды, полученной в КЭУ, и технологической температуры нагрева воды (рис. 6) с начальной температурой водопроводной воды 13–15 °С, можно сделать следующие выводы:

- использование КЭУ позволяет вдвое уменьшить мощность электрических нагревательных элементов для нагрева, диапазон температуры нагрева теплоносителя для пастеризации молока сокращается на 32–35 °С, что составляет 37–41 кВт электроэнергии на каждую тонну молока;
- рекомендуются следующие параметры оборудования для пастеризации молока с использованием КЭУ с целью подогрева теплоносителя: площадь коллекторов КЭУ для предварительного нагрева в 2 м<sup>2</sup> обеспечивает 150 литров воды температурой 45–60 °С.

Сравнивая нормативные параметры температуры сквашивания молока (32–35 °С) с температурой воды в КЭУ (45–60 °С) можно сделать вывод о полном покрытии тепловых затрат в летнее время в южных регионах страны.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность руководству университета в предоставлении доступа к учебно-технологической лаборатории по переработке молока Академии биоресурсов и природопользования (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» для получения экспериментальных данных.

### Финансирование

Статья выполнена согласно тематического плана инициативных научно-исследовательских работ на 2015–2019 годы (с корректировкой в 2017 г.) Академии биоресурсов и природопользования (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского».

### Список литературы

1. Использование комплексного энергозамещающего устройства для переработки молока / Ю. Б. Гербер, А. В. Гаврилов, А. П. Вербицкий [и др.] // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2016. – Т. 170, № 7 – С. 52–59.
2. Гербер, Ю. Б. Определение параметров секции предварительного подогрева пастеризатора с использованием КЭУ / Ю. Б. Гербер, А. В. Гаврилов // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2016. – Т. 168, № 5. – С. 56–61.
3. Карпович, Э. В. Перспективные направления использования солнечных батарей / Э. В. Карпович // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2011. – № 4. – С. 34–36.
4. Источники развития альтернативной энергетики / А. В. Бобыль, А. Г. Забродский, В. Г. Малышкин [и др.] // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2017. – № 92. – С. 31–35.
5. Бровцин, В. Н. Оптимизация параметров солнечной водонагревательной установки методом вычислительного эксперимента / В. Н. Бровцин // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2013. – № 84. – С. 112–125.
6. Бровцин, В. Н. Обоснование оптимальных параметров преобразователей энергии солнца и ветра в электрическую / В. Н. Бровцин, А. Ф. Эрк // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2014. – № 85. – С. 72–84.
7. Судаченко, В. Н. Обоснование критерия экономической эффективности совместного использования традиционных и возобновляемых энергоисточников / В. Н. Судаченко, Е. В. Тимофеев // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2017. – № 92. – С. 35–43.
8. Марченко, О. В. Системные исследования эффективности возобновляемых источников энергии / О. В. Марченко, С. В. Соломин // Теплоэнергетика. – 2010. – № 11. – С. 12–17.
9. Пермяков, Э. Н. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии: состояние и перспективы освоения / Э. Н. Пермяков // Энергетическое строительство. – 1993. – № 12. – С. 15–21.
10. Караева, Н. С. Развитие альтернативных источников энергии в решении проблем энергетики / Н. С. Караева, М. А. Кариев // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К. И. Скрябина. – 2014. – Т. 31, № 2. – С. 331–335.
11. Тлеков, У. Г. Развитие альтернативных источников энергии в помощь решений проблем энергетики в РК / У. Г. Тлеков, Л. А. Садыгова // Актуальные проблемы энергетики АПК : сборник материалов VIII международной научно-практической конференции / Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова. – Саратов, 2017. – С. 261–264.
12. Алексеенко, С. В. Нетрадиционная энергетика и энергоресурсосбережение / С. В. Алексеенко // Инновации. Технологии. Решения. – 2006. – № 3. – С. 38–41.
13. Васильева, Г. А. Проблемы развития альтернативных источников энергетики России / Г. А. Васильева, Е. Н. Троянова // Современное инновационное общество: динамика становления, приоритеты развития, модернизация: экономические, социальные, философские, правовые, общенаучные аспекты : сборник материалов Международной научно-практической конференции / Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск, 2015. – С. 28–31.
14. Милованов, И. В. Анализ современного состояния развития энергетики при использовании альтернативных источников энергии / И. В. Милованов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 44. – С. 278–281.
15. Свалова, В. Б. Альтернативная энергетика: проблемы и перспективы / В. Б. Свалова // Мониторинг. Наука и технологии. – 2015. – Т. 24, № 3. – С. 82–97.
16. Шевцова, С. В. Анализ зарубежного опыта использования альтернативных видов энергии / С. В. Шевцова, Д. С. Жолудь // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2010. – Т. 76, № 6. – С. 49–53.
17. Мучинская, А. В. Солнечная энергия в системе энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей / А. В. Мучинская, А. Н. Синькевич // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – 2014. – № 8. – С. 158–161.
18. Сафонов, В. А. Тенденции, состояние, возможности, перспективы развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в республике Крым и г. Севастополь / В. А. Сафонов, А. А. Восканян // Энергетические установки и технологии. – 2017. – Т. 3, № 4. – С. 55–64.
19. Сабанчин, В. Р. Солнце как альтернатива традиционному топливу / В. Р. Сабанчин, А. Ф. Занина // Вестник УГУЭС. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. – 2014. – Т. 7, № 1. – С. 201–204.
20. Перспективные направления в сфере энергосбережения и электроснабжения Крыма / В. В. Энговатова, В. И. Демин, Е. И. Овчинникова [и др.] // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2015. – № 4. – С. 301–312.

21. Сухоручкина, Т. Ю. Проблемы развития возобновляемых источников энергетики в России / Т. Ю. Сухоручкина, О. С. Атрашенко // *Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт*. – 2016. – Т. 14, № 2. – С. 40–43.
22. Determination of basic parameters of solar panels / К. Тере, К. Agbenotowossi, G. Djeteli [и др.] // *Международный научный журнал: Альтернативная энергетика и экология*. – 2010. – Т. 82, № 2. – С. 22–27.
23. Gremenok, V. F. Thin film solar cells based on Cu (In, Ga) Se<sub>2</sub> / V. F. Gremenok // *ECOBALTICA № 2008: Proceedings of the VI International Youth Environmental Forum / Saint-Petersburg, 2006*. – С. 24–28.
24. Режим доступа: [http://www.avante.com.ua/rus/library/lib\\_perspektiv\\_soln\\_energetiki.htm](http://www.avante.com.ua/rus/library/lib_perspektiv_soln_energetiki.htm). – Дата доступа: 20.06.2018.
25. Бояринцев, А. Э. Альтернативные источники энергии [Электронный ресурс] / А. Э. Бояринцев, Н. М. Семененко // *Концепт*. – 2015. – Т. 25. – С. 106–110. – Режим доступа: <http://e-koncept.ru/2015/65324.htm>. – Дата доступа: 20.06.2018.
26. Магомедов, А. М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс] / А. М. Магомедов // *Махачкала: Издательско-полиграфическое объединение «Юпитер»*. – 1996. – Режим доступа: <http://www.bibliotekar.ru/alterEnergy/26.htm>. – Дата доступа: 20.06.2018.

## References

1. Gerber Yu.B., Gavrilov A.V., Verbitsky A.P., and Sirotkina E.M. Using integrated energy replacing device for milk processing. *Transactions of Taurida Agricultural Science*, 2016, vol. 170, no. 7, pp. 52–59. (In Rus.).
2. Gerber Yu.B. and Gavrilov A.V. Determination of parameters of section of preheat of pasteurizer with the use of KEU. *Transactions of Taurida Agricultural Science*, 2016, vol. 168, no. 5, pp. 56–61. (In Rus.).
3. Karpovich E.V. Perspektivnyye napravleniya ispol'zovaniya solnechnykh batarey [Prospective trends in the use of solar panels]. *Agricultural machinery: service and repair*, 2011, no. 4, pp. 34–36. (In Rus.).
4. Bobyl A.V., Zabrodsky A.G., Malyshkin V.G., Terukov E.I., and Erk A.F. Sources of alternative energy development. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktov rastenievodstva i zhivotnovodstva* [Technologies and technical means of mechanized production of plant-growing and livestock products], 2017, no. 92, pp. 31–35. (In Rus.).
5. Brovtin V.N. and Erk A.F. Optimization of parameters of a solar water heating installation through computational experiment. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktov rastenievodstva i zhivotnovodstva* [Technologies and technical means of mechanized production of plant-growing and livestock products], 2013, no. 84, pp. 112–125. (In Rus.).
6. Brovtin V.N. and Erk A.F. Substantiation of optimal parameters of solar and wind energy converters into electricity. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktov rastenievodstva i zhivotnovodstva* [Technologies and technical means of mechanized production of plant-growing and livestock products], 2014, no. 85, pp. 72–84. (In Rus.).
7. Sudachenko V.N., Erk A.F., and Timofeev E.V. Justification criterion of economic efficiency of joint use of traditional and renewable energy sources. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktov rastenievodstva i zhivotnovodstva* [Technologies and technical means of mechanized production of plant-growing and livestock products], 2017, no. 92, pp. 35–43. (In Rus.).
8. Marchenko O.V. and Solomin S.V. System studies for analyzing the efficiency of renewable energy sources. *Thermal Engineering*, 2010, no. 11, pp. 12–17. (In Rus.).
9. Permyakov E.N. Netraditsionnye vozobnovlyaemye istochniki ehnergii: sostoyanie i perspektivy osvoeniya [Unconventional renewable energy sources: state and development prospects]. *Ehnergeticheskoe Stroitel'stvo* [Energy Construction], 2011, no. 12, pp. 15–22. (In Rus.).
10. Karaeva N.S. and Kariev M.A. Razvitie al'ternativnykh istochnikov ehnergii v reshenii problem ehnergetiki [Development of alternative energy sources in solving the problems of power industry]. *Vestnik Kyrgyzskogo natsional'nogo agrarnogo universiteta im. K.I. Skryabina* [Bulletin of the Kyrgyz National Agrarian University K.I. Scriabin], 2014, vol. 31, no. 2, pp. 331–335. (In Rus.).
11. Tlekov Yu.G. and Sadygova L.A. Razvitie al'ternativnykh istochnikov ehnergii v pomoshch' resheniy problem ehnergetiki v RK [Development of alternative energy sources to help solve the problems of energy in the Republic of Kazakhstan]. *Sbornik materialov VIII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Aktual'nye problemy ehnergetiki APK"* [Actual problems of energy in the agro-industrial sector: a collection of materials of the VIII International Scientific and Practical Conference]. Saratov, 2017. pp. 261–264. (In Rus.).
12. Aleeksenko S.V. Netraditsionnaya ehnergetika i ehnergoresursosberezhenie [Unconventional power engineering and energy saving]. *Innovatsii. Tekhnologii. Resheniya* [Innovations. Technology. Solutions], 2006, no. 3, pp. 38–41. (In Rus.).
13. Vasil'eva G.A. and Troyanova E.N. Problemy razvitiya al'ternativnykh istochnikov ehnergetiki Rossii [Problems of the development of alternative energy sources in Russia]. *Sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Sovremennoe innovatsionnoe obshchestvo: dinamika stanovleniya, priority razvitiya, modernizatsiya: ehkonomicheskie, sotsial'nye, filosofskie, pravovye, obshchenauchnye aspekty"* [Modern innovative society: the dynamics of formation, development priorities, modernization: economic, social, philosophical, legal, general scientific aspects : a collection of materials of the International Scientific and Practical Conference]. Novosibirsk, 2015. pp. 28–31. (In Rus.).
14. Milovanov I.V. Analiz sovremennogo sostoyaniya razvitiya ehnergetiki pri ispol'zovanii al'ternativnykh istochnikov ehnergii [Analysis of the current state of energy development using alternative energy sources]. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 2013, no. 44, pp. 278–281. (In Rus.).
15. Svalova V.B. Alternative energy: challenges and prospects. *Monitoring. Science and Technology*, 2015, vol. 24, no. 3, pp. 82–97. (In Rus.).

16. Shevcova S.V. and Zholud D.S. Analysis of foreign experience of the use of alternative types of energy. *Energy saving. Power engineering. Energy audit*, 2010, vol. 76, no. 6, pp. 49–53. (In Rus.).
17. Muchinskay A.V. and Sin'kevich A.N. Solnechnaya ehnergiya v sisteme ehnergosnabzheniya sel'skokhozyaystvennykh potrebiteley [Solar Energy in the System of Energy Supply to Agricultural Consumers]. *Sel'skokhozyaystvennye nauki i agropromyshlennyy kompleks na rubezhe vekov* [Agricultural Sciences and Agribusiness at the Turn of the Century], 2014, no. 8, pp. 158–161. (In Rus.).
18. Safonov V.A. and Voskanyan A.A. Trends, status, opportunities, perspectives of development in obnvlennykh energy sources (v) in the republic of Crimea and Sevastopol. *Power plants and technologies*, 2017, vol. 3, no. 4, pp. 55–64. (In Rus.).
19. Sabanchin V.R. and Zanina A.F. Sun as an alternative to traditional fuel. *Bulletin USPTU. Science, education, economy. Series economy*, 2014, vol. 7, no. 1, pp. 201–204. (In Rus.).
20. Engovatova V.V., Demin V.I., Ovchinnikova E.I., and Engovatov A.V. Future directions in the field of energy and power of Crimea. *Scientific works of KubSTU*, 2015, no. 4, pp. 301–312. (In Rus.).
21. Suhoruchkin T.Yu. and Atrasenko O.S. Problems of development of renewable energy in Russia. *Energoi resursosbezhenie: Promyshlennost' u transport*, 2016, vol. 14, no. 2, pp. 40–43. (In Rus.).
22. Tepe K., Agbenotowossi K., Djeteli G., et al. Determination of basic parameters of solar panels. *International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology*, 2010, vol. 82, no. 2, pp. 22–27.
23. Gremenok V.F. Thin film solar cells based on Cu (In, Ga) Se<sub>2</sub>. *ECOBALTICA № 2008: Proceedings of the VI International Youth Environmental Forum*. Saint-Petersburg, 2006. pp. 24–28.
24. Available at: [http://www.avante.com.ua/rus/library/lib\\_perspektiv\\_soln\\_energetiki.htm](http://www.avante.com.ua/rus/library/lib_perspektiv_soln_energetiki.htm). (accessed 20 June 2018).
25. Boyarintsev A.Eh. and Semenenko N.M. Al'ternativnye istochniki ehnergii [Alternative sources of energy]. *Kontsept [Concept]*, 2015, vol. 25, pp. 106–110. (In Russ.). Available at: <http://e-koncept.ru/2015/65324.htm>. (accessed 20 June 2018).
26. Magomedov A.M. *Netraditsionnye vozobnovlyaemye istochniki ehnergii* [Non-conventional renewable energy sources]. Makhachkala: Jupiter Publ., 1996. (In Russ.). Available at: <http://www.bibliotekar.ru/alterEnergy/26.htm>. (accessed 20 June 2018).

#### **Гербер Юрий Борисович**

д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства, Академия биоресурсов и природопользования, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, тел.: +7(978)-758-28-55, e-mail: gerber\_1961@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-3224-6833>

#### **Гаврилов Александр Викторович**

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства, Академия биоресурсов и природопользования, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, тел.: +7(978)-736-61-57, e-mail: tehfac@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-3382-0307>

#### **Вербицкий Алексей Петрович**

канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства, Академия биоресурсов и природопользования, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное, тел.: +7(978)-713-23-80, e-mail: aleksey195883@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0001-8578-1288>

#### **Yuriy B. Gerber**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor of Technology and Equipment of Production and Processing of Products of Stock-raising department, Academy of Life and Environmental Sciences, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Agrarnoe, Simferopol, 295492, Republic of Crimea, Russia, phone: +7(978)-758-28-55, e-mail: gerber\_1961@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-3224-6833>

#### **Alexander V. Gavrilo**

Cand.Sci.(Eng.), Associate professor, Associate professor of technology and equipment of production and processing of products of stock-raising department, Academy of Life and Environmental Sciences, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Agrarnoe, Simferopol, 295492, Republic of Crimea, Russia, phone: +7(978)-736-61-57, e-mail: tehfac@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-3382-0307>

#### **Alexey P. Verbitsky**

Cand.Sci.(Eng.), Associate professor, Head of technology and equipment of production and processing of products of stock-raising department, Academy of Life and Environmental Sciences, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Agrarnoe, Simferopol, 295492, Republic of Crimea, Russia, phone: +7(978)- 713-23-80, e-mail: aleksey195883@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0001-8578-1288>