

КАЗАНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

VRM.GROUP
VRMASTER

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

**VIII Национальная научно-практическая конференция
(Казань, 8–9 декабря 2022 г.)**

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»

**ПРИБОРОСТРОЕНИЕ
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

VIII Национальная научно-практическая конференция
(Казань, 8–9 декабря 2022 г.)

Материалы конференции

Казань
2023

УДК 621.313
ББК 31.261
П75

Рецензенты:

д-р техн. наук, зав. кафедрой электропривода и электротехники
ФГБОУ ВО «КНИТУ» В. Г. Макаров
канд. техн. наук, зав. кафедрой электроэнергетических систем и сетей
ФГБОУ ВО «КГЭУ» В. В. Максимов

П75 Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве : материалы VIII Национальной научно-практической конференции (Казань, 8–9 декабря 2022 г.) / редколлегия : Э. Ю. Абдуллазянов (главный редактор), И. Г. Ахметова, О. В. Козелков, О. В. Цветкова. – Казань : КГЭУ, 2023. – 1040 с.

ISBN 978-5-89873-624-8

Опубликованы материалы VIII Национальной научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве» по следующим научным направлениям:

1. Приборостроение и управление объектами мехатронных и робототехнических систем в ТЭК и ЖКХ.
2. Электроэнергетика, электротехника и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ.
3. Инновационные технологии в ТЭК и ЖКХ.
4. Актуальные вопросы инженерного образования.
5. Промышленная электроника на объектах ЖКХ и промышленности.
6. Светотехника.
7. Энергосберегающие технологии в сфере ЖКХ.
8. Эксплуатация и перспективы развития электроэнергетических систем. Контроль, автоматизация и диагностика электроустановок, электрических станций и подстанций.
9. Теплоснабжение в ЖКХ.

Предназначен для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики, а также для обучающихся энергетического профиля.

Материалы докладов публикуются в авторской редакции. Ответственность за их содержание возлагается на авторов.

УДК 621.313
ББК 31.261

ISBN 978-5-89873-624-8

© КГЭУ, 2023

ГИБРИДНЫЕ МИНИ-ТЭС НА БИОМАССЕ И СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Набиуллина Мадина Фаридовна¹, Мингалеева Гузель Рашидовна²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹madinanabiullina@yandex.ru, ²mingaleeva-gr@mail.ru

В статье представлены результаты расчета гибридной мини-ТЭС в конфигурации параллельной установки солнечных коллекторов и парового котла на биомассе. Рассмотрена автономная мини-ТЭС мощностью 10 МВт, в качестве топлива использовалась лузга подсолнечника, данные по интенсивности солнечного излучения соответствуют климатическим условиям Республики Татарстан. Использование гибридных установок для сжигания биомассы и солнечных коллекторов способствует снижению расхода топлива с 0,49 до 0,43 кг/с. Общая экономия топлива за год составляет 1854,4 т.

Ключевые слова: гибридные станции, солнечная энергия, биомасса

HYBRID MINI-CHPS ON BIOMASS AND SOLAR ENERGY FOR ENERGY SUPPLY OF ISOLATED CONSUMERS

Nabiullina Madina Faridovna¹, Mingaleeva Guzel Rashidovna²

^{1,2}Kazan state power engineering university, Kazan

¹madinanabiullina@yandex.ru, ²mingaleeva-gr@mail.ru

The article presents the results of the calculation of a hybrid mini-CHP in the configuration of a parallel installation of solar collectors and a biomass steam boiler. An autonomous mini-thermal power plant with a capacity of 10 MW was considered, sunflower husks were used as fuel, data on the intensity of solar radiation correspond to the climatic conditions of the Republic of Tatarstan. The use of hybrid biomass combustion plants and solar collectors helps to reduce fuel consumption from 0.49 to 0.43 kg/s. The total fuel saving for the year is 1854.4 tons.

Keywords: hybrid stations, solar energy, biomass.

Развитие малонаселенных, но богатых природными ресурсами регионов России, во многом сдерживается отсутствием надежного и экономически выгодного энергоснабжения. Вопрос об «изолированных» потребителях рассматривался в работах ИСЭМ им. Л.А. Мелентьева [1]. Термин «изолированные» употребляется в отношении потребителей электрической и тепловой энергии, имеющих следующие особенности: небольшие энергетические нагрузки отдельных потребителей или населенных пунктов,

составляющие от нескольких десятков кВт до нескольких МВт; многочисленность и рассредоточенность по территории региона; удаленность от транспортных магистралей и линий электропередачи.

Для изолированных потребителей, как правило, организуется автономное энергоснабжение. Однако при этом необходимо рассматривать различные варианты, а не только дизель-генераторы, для которых необходимо привозное топливо.

В настоящее время территория России, обеспеченная только автономным энергоснабжением, составляет около 65 % от общей площади страны [2]. Прокладка централизованных электрических сетей для данных регионов ввиду низкой плотности населения нецелесообразна, а иногда и невозможна. Для выбора источника энергоснабжения для изолированных потребителей необходимо исследовать наличие энергетических ресурсов в данном регионе – как традиционных, так и возобновляемых. Причем для каждого региона технические и технологические решения для автономного энергоисточника будут уникальными.

В данной работе проведен анализ имеющихся энергетических ресурсов для сельскохозяйственных предприятий Республики Татарстан. Целесообразно в этом случае использовать растительные отходы сельскохозяйственного производства в сочетании с солнечной энергией, что необходимо для стабильного и надежного электро- и теплоснабжения. На основе обзора известных технологических схем гибридных электростанций, использующих биомассу [3], выбрана гибридная мини-ТЭС, представленная на рис.1, работающая следующим образом.

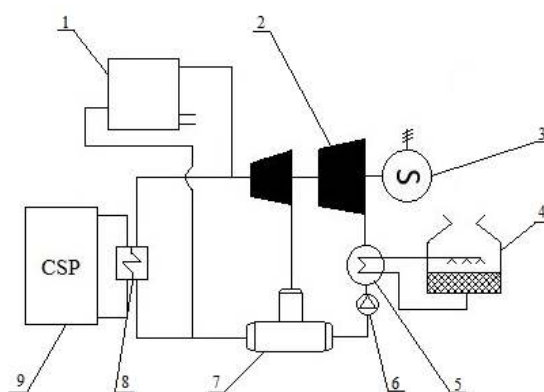


Рис. 1. Гибридная конфигурация солнечной энергии и биомассы с параллельной установкой солнечных коллекторов (CSP) и биомассы: 1 – солнечный коллектор; 2 – паровая турбина; 3 – электрогенератор; 4 – градирня; 5 – конденсатор; 6 – конденсатный насос; 7 – деаэратор; 8 – подогреватель установки CSP; 9 – установка концентрации солнечной энергии

Перегретый пар из котла 1 подается с температурой 250 °С и давлением 240 бар в паровую турбину 2, после которой отработавший пар конденсируется в конденсаторе 4, затем конденсатными насосами 6 подается к деаэратору 7, где за счет пара, отбираемого из турбины, осуществляется как деаэрация питательной воды, так ее и подогрев до температуры конденсации отборного пара. После деаэратора вода параллельно подается в подогреватель солнечных коллекторов (CSP) 8 и паровой котел.

В замкнутом контуре, объединяющем солнечные коллекторы и подогреватель, циркулирует органический теплоноситель Therminol VP-1, обладающий улучшенными теплофизическими свойствами.

При расчете гибридной мини-ТЭС использовались технические характеристики выбранных солнечных коллекторов, котла и паровой турбины, свойства топлива (лузга подсолнечника) и климатические данные Республики Татарстан. В таблице представлены основные технические характеристики гибридной мини-ТЭС.

Основные технические характеристики гибридной мини-ТЭС

Тепловая мощность	10 МВт
Температура на входе в солнечный коллектор	292 °С
Теплоноситель	Therminol VP-1
Удельная теплоемкость теплоносителя при 343 °С	2436 Дж/(кг · °С)
Удельный массовый расход теплоносителя	7 кг/с
Тип коллектора	EUROTROUGH
Площадь коллектора	400 м ²
Коэффициент тепловых потерь	5,5 Вт/(м ² · °С)
Оптический КПД	0,77
Паровой котел	KE-10-24-250CO
Паропроизводительность котла	10 т/ч
Рабочее давление	2,4 МПа
Температура	250 °С

Конечная температура теплоносителя в последней ступени солнечного коллектора определяется по формуле, представленной авторами работы [4]:

$$t_K = t_{BX} + \frac{I_c \eta_{0i}}{k_i} \left(1 - e^{-\frac{k_i F_K}{cM}} \right), \quad (1)$$

где $t_{\text{вх}}$ – температура теплоносителя на входе в коллектор; I_c – поток солнечной радиации (данные приводятся на каждый месяц отчетного периода); η_{0i} – оптический КПД коллектора; k_i – коэффициент тепловых потерь; F_k – площадь коллектора; M – удельный массовый расход теплоносителя; c – удельная теплоемкость теплоносителя. Интенсивность солнечного излучения в РТ по данным наблюдений [5] в течение года изменяется от 540 до 5 930 Вт/м².

Уравнение теплового баланса установки имеет вид:

$$Q_c = cM(t_k - t_n), \quad (2)$$

Экономия твердого топлива на мини-ТЭС при подключении концентрационных установок солнечной энергии можно рассчитать по следующему выражению [3]:

$$M_p = \frac{Q_{\text{п}} - Q_c}{\eta_k Q_p}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{п}}$ – тепло, необходимое для производства с полной нагрузкой; Q_c – тепло, собираемое солнечным коллектором; η_k – производительность вспомогательной системы отопления. Значение установлено на 82,83 % для котла на биотопливе; Q_p – теплотворная способность биомассы.

Результаты расчета представлены на рис. 2.

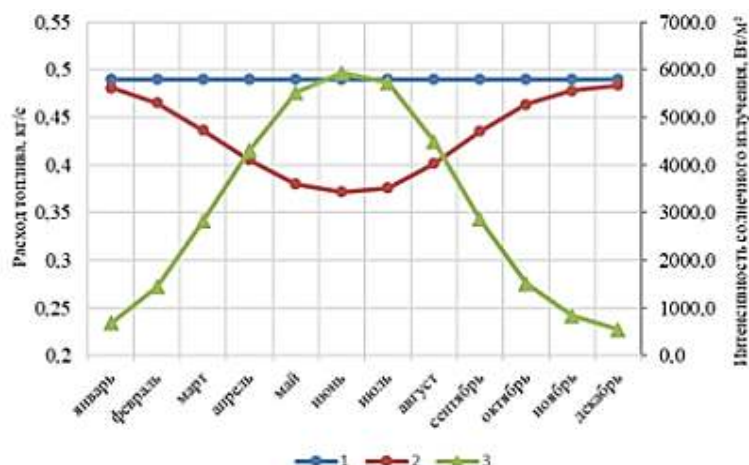


Рис. 2. Расход топлива (биомасса) на гибридной мини-ТЭС в зависимости от интенсивности солнечного излучения: 1 – без использования солнечного нагревателя; 2 – с солнечным нагревателем; 3 – интенсивность солнечного излучения

Анализ полученных результатов показывает, что использование гибридных установок для сжигания биомассы и солнечных коллекторов способствует снижению расхода топлива с 0,49 до 0,43 кг/с. Общая экономия топлива за год составляет 1 854,4 т. Применение гибридной мини-ТЭС для энергообеспечения сельскохозяйственного предприятия позволит исключить затраты на топливо, поскольку используются отходы местного производства, а также стабилизировать выработку энергии.

Источники

1. Системные исследования в энергетике: Ретроспектива научных направлений СЭИ– ИСЭМ / отв. ред. Н.И. Воропай. Новосибирск: Наука, 2010. 686 с.
2. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2016. 424 с.
3. Srinivas T., Reddy B.V. Hybrid solar-biomass power plant without energy storage // Case Studies in Thermal Engineering. 2014. Vol. 2. Pp. 75–81.
4. Шишкин Н.Д., Манченко Е.А. Системный анализ и алгоритмы расчета комбинированных солнечно-ветровых установок // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2013. № 1. С. 100–108.
5. Значение солнечной инсоляции в г. Казань (Республика Татарстан) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.betaenergy.ru/insolation/kazan/> (дата обращения: 19.10.2022).