

УДК 620.91

Ф.Н. МАДИНА, аспирант ФГБОУ ВО «КГЭУ»  
Научный руководитель Г.Р. МИНГАЛЛЕЕВА, д.т.н., заведующая кафедрой  
ФГБОУ ВО «КГЭУ»

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ В СОЛ- НЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ ГИБРИДНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

Гибридные электростанции в настоящее время приобретают все большую популярность. Принцип их действия основан на совместном использовании нескольких источников энергии – традиционного и возобновляемого или двух возобновляемых. За счет данного взаимодействия решается проблема неравномерности возобновляемых источников и достигается существенная экономия топлива. Примерами гибридных электростанций могут служить газотурбинные с солнечным нагревателем воздуха [1], с солнечным коллектором и котлом, работающим на биомассе [2], солнечно-ветровые электростанции [3] и др. Выбор типа гибридной электростанции обусловлен климатическими и экономическими условиями конкретного региона.

В данной работе рассмотрена гибридная электростанция, работающая на биомассе, а именно сжигании сельскохозяйственных отходов в котельной установке и солнечным коллектором, в котором осуществляется подогрев теплоносителя. Выбор теплоносителя существенно влияет на эксплуатационные характеристики станции.

Теплоноситель для высокотемпературных солнечных коллекторов представляет собой жидкость, которая передает тепловую энергию солнца от солнечного коллектора потребителю тепла.

Наиболее популярными теплоносителями для систем солнечной энергетики являются синтетические углеводородные масла [4].

Также в качестве теплоносителя могут быть использованы наножидкости, такие как смесь нанопорошков кремниевой кислоты, одностенных и многостенных углеродных нанотрубок в технических растворах диэтилового эфира, глицерина, воды. Сотрудниками ТТУ имени М.С. Осими были проведены исследования теплофизических свойств данных смесей [5, 6].

При выборе теплоносителя необходимо руководствоваться его физическими характеристиками: вязкость, теплоемкость, точка замерзания, точка кипения, температура вспышки.

Например, в холодном климате солнечным системам требуются теплоносители с низкой температурой замерзания. Теплоносители, подвер-

женные воздействию высоких температур, при жарком климате, должны иметь высокую температуру кипения. Вязкость и теплоемкость определяют необходимое количество энергии накачки. Теплоноситель с низкой вязкостью и высокой удельной теплоемкостью легче перекачивать, поскольку она менее устойчива к потоку и передает больше тепла.

Теплофизические свойства теплоносителей, применяемых в солнечных коллекторах представлены в таблице 1.

Таблица 1

Теплофизические свойства исследуемых теплоносителей

Теплоноситель	Теплоемкость, Дж/кг·°С	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Температура застывания, °С
Эвтектическая смесь дифенил оксида (DPO)	1913 (при 343 °С)	957,4	12
Раствор диэтилового спирта и 0,2% порошка кремниевой кислоты	2550 (при 250 °С)	680	< -100
Раствор жидкого диэтилового эфира + (0,1-0,5)% ОСУНТ	2700 (при 250 °С)	665	< -100
Раствор жидкого диэтилового эфира + 0,3% МСУНТ	2500 (при 160 °С)	665	< -100

В данной работе приведен расчет гибридной мини-ТЭС в конфигурации параллельной установки солнечных коллекторов и парового котла на биомассе при использовании различных теплоносителей в солнечном коллекторе для климатических условий Республики Татарстан (РТ). Технологическая схема рассматриваемого объекта представлена на рисунке.

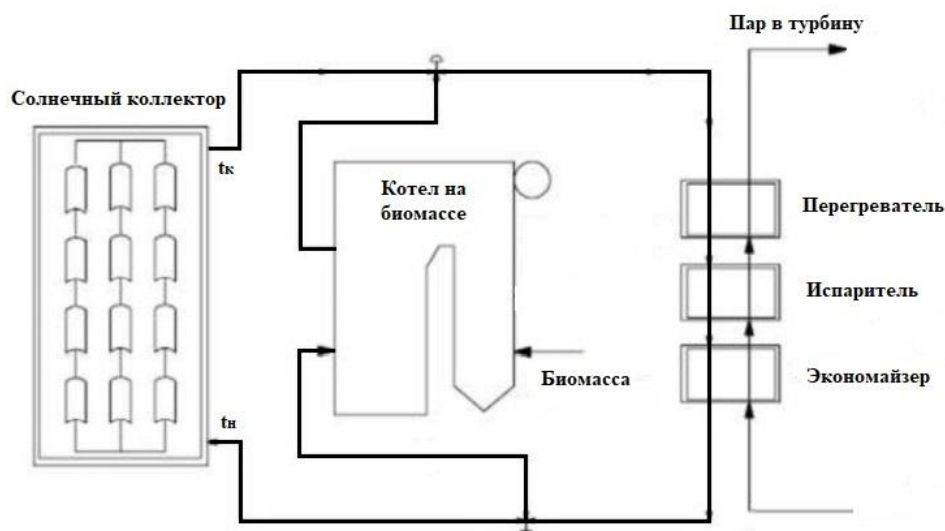


Рис. Гибридная конфигурация солнечной энергии и биомассы с параллельной установкой солнечных коллекторов (CSP) и биомассы.

В топке парового котла сжигается лузга подсолнечника, обладающая достаточно высокой теплотворной способностью 16,89 МДж/кг и образующаяся в больших количествах в сельскохозяйственном секторе РТ. Подогрев воды перед подачей в котел осуществляется путем контакта с теплоносителем, который нагревается в солнечном коллекторе.

В таблице 2 представлены данные расчетной ежемесячной максимальной конечной температуры  $t_K$  различных теплоносителей в последней ступени солнечного коллектора.

Таблица 2

Температура теплоносителей в последней ступени солнечного коллектора

Месяц	Инсоляция, Вт/м <sup>2</sup>	Средняя температура воздуха в РТ, °С	Температура эвтектической смеси дифенил оксида, °С	Температура раствора диэтилового спирта и 0,2% порошка кремниевой кислоты, °С	Температура раствора жидкого диэтилового эфира + (0,1-0,5)% ОСУНТ, °С	Температура раствора жидкого диэтилового эфира + 0,3% МСУНТ, °С
Январь	680,00	-9,8	203,83	202,89	202,73	202,95

Февраль	1440,00	-8,3	208,11	206,12	205,78	206,24
Март	2820,00	-2,8	215,89	211,98	211,32	212,22
Апрель	4290,00	4,9	224,17	218,22	217,23	218,58
Май	5520,00	13,8	231,10	223,45	222,16	223,91
Июнь	5930,00	17,9	233,41	225,19	223,81	225,69
Июль	5720,00	20	232,22	224,30	222,97	224,78
Август	4490,00	19,1	225,30	219,07	218,03	219,45
Сентябрь	2860,00	11,8	216,11	212,15	211,48	212,39
Октябрь	1510,00	5	208,51	206,41	206,06	206,54
Ноябрь	830,00	-2,4	204,68	203,53	203,33	203,60
Декабрь	540,00	-7,4	203,04	202,29	202,17	202,34

Как показывают результаты расчета, эксплуатация гибридной электростанции при низких температурах возможна только с теплоносителями на основе гликоля и диэтилового эфира. Температура теплоносителя после солнечного коллектора несколько выше для раствора жидкого диэтилового эфира + 0,3% МСУНТ. Поэтому целесообразно применение в данных системах именно этого теплоносителя.

#### Список литературы:

1. Эльмохлави А.Э., Очков В.Ф., Казанджан Б.И. Оценка производительности и энергоэффективности интегрированного солнечного комбинированного цикла электростанции // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики, 2019. Том 21. № 1-2. С.43-54.
2. Servet J., San Miguel G., López D. Hybrid solar - biomass plants for power generation; Technical and economic assessment // Global NEST Journal. 2011. V. 13. № 3. P. 266-276.
3. Liu L., Wang Z. The development and application practice of wind-solar energy hybrid generation systems in China // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2009. V. 13. № 6-7. P. 1504-1512. doi:10.1016/j.rser.2008.09.021.
4. Теплоносители для солнечной энергетики [Электронный ресурс]. URL: <https://termolan.ru/teplonositeli-dlya-solnechnoy-energetiki/> (Дата обращения 27.11.2022).
5. Влияние температуры, давления и концентрации нанонаполнителей на изменение теплофизических свойств углеродосодержащих растворителей / Ш. А. Аминов, М. А. Зарипова, М. М. Сафаров, М. М. Гуломов // Вестник Таджикского технического университета. – 2015. – № 1(29). – С. 10-17.

6. Сафаров, М. М. Влияние углеродных нанотрубок на изменение теплопроводности изобутана / М. М. Сафаров, С. С. Джумаева, М. М. Гуломов // Повышение энергоресурсоэффективности и экологической безопасности процессов и аппаратов химической и смежных отраслей промышленности (ISTS "EESTE-2021") : Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума, посвященного 110-летию А.Н. Платовского, в рамках Третьего Международного Косыгинского форума "Современные задачи инженерных наук", Москва, 20–21 октября 2021 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2021. – С. 193-194. – DOI 10.37816/eeste-2021-2-193-194.

Информация об авторах:

Мадина Фаридовна Набиуллина, аспирант ФГБОУ ВО «КГЭУ», 420066 г.Казань ул.Красносельская, 51, madinanabiullina@yandex.ru

Научный руководитель Г.Р. Мингалеева, д.т.н., заведующая кафедрой «Энергетическое машиностроение» ФГБОУ ВО «КГЭУ», 420066 г.Казань ул.Красносельская, 51, mingaleeva-gr@mail.ru