

фаз и геометрических характеристик канала. Для ламинарного режима течения газа при $Re < 2300$ длина начального участка определяется по зависимостям (14), а для переходной области при $2300 < Re < 10000$ – по (15).

В результате обобщения экспериментальных данных по исследованию процесса испарительного охлаждения плёнки жидкости и вынужденной конвекции воздуха были получены эмпирические зависимости для начального теплового участка при ламинарном режиме течения и в переходной области локальной и средней теплоотдачи и массоотдачи (16)...(23) и на участке стабилизированного теплообмена (24)...(27).

Розглянуто проблеми утилізаційних технологій для електростанцій, що повітряно-акумулюють, і можливості реалізованих проєктів. Приділено увагу рішення проблеми розробки енергоперетворювача продукту-газу при утилізації твердих побутових відходів

Ключові слова: технологія, газоежекторнотурбінний агрегат, енергоперетворювач

Рассмотрены проблемы утилизационных технологий для воздушно-аккумулирующих электростанций и возможности реализуемых проектов. Уделено внимание решению проблемы разработки энергопреобразователя продукт-газа при утилизации твердых бытовых отходов

Ключевые слова: технология, газоежекторнотурбинный агрегат, энергопреобразователь

Problems rendering technologies for air-accumulating power stations and possibility of realized projects are considered. The attention is paid to the decision of a problem of working out energy-transuding product-gas at recycling of a firm household waste

Key words: technology, gas-turbine-ejector aggregate, energy converter

1. Введение

Сжатый воздух является одним из универсальных энергоносителей. Он может служить аккумулятором избыточной электроэнергии, что широко используется на воздушно-аккумулирующих электростанциях – ВАЭС [1]. Широкое применение ВАЭС в Германии и

Литература

1. Гимбутис Г. Теплообмен при гравитационном течении плёнки жидкости/ Г.Гимбутис. – Вильнюс: Мокслас, 1988. – 233 с.
2. Ганчев Б.Г. Охлаждение элементов ядерных реакторов стекающими плёнками/ Б.Г.Ганчев. -М.: Энергоатомиздат, 1987. – 192 с.
3. Берман Л.Д. Испарительное охлаждение/ Л.Д.Берман. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1957. – 320 с.
4. Алексеенко С.В. Волновое течение плёнок жидкости/ С.В.Алексеенко, В.Е.Накоряков, Б.Г.Покусаев. – Новосибирск: ВО "Наука", 1992. – 256 с.
5. Холпанов Л.П. Гидродинамика и тепломассообмен с поверхностью раздела/ Л.П.Холпанов, В.Я.Шкадов. -М: "Наука", 1990. – 271 с.

УДК 533.697.5.011

ЭНЕРГОСИСТЕМЫ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

В.И. Гуров

Доктор технических наук, руководитель сектора
ФГУП ЦИАМ
ул. Авиамоторная, 2, г. Москва, Россия, 111116
Контактный тел.: 8 (095) 362-93-44

США привели к заметному повышению надежности, экономичности и экологичности энергоснабжения потребителей за счет того, что базовое генерирующее оборудование функционирует всегда на постоянном режиме при переменности энергопотребления. Это достигается путем использования накопленных (в период избытка вырабатываемой электроэнергии) запасов

сжатого воздуха, на котором работает маневренное оборудование в период дефицита электроэнергии, преимущественно в дневное время суток.

Наряду с ВАЭС сжатый воздух может накапливаться при использовании для его генерации возобновляемых источников энергии (ВИЭ) таких как, ветродвигатели, гидротурбины малой мощности, солнечная энергия, энергия волн, энергия твердых бытовых отходов и др. Во всех перечисленных случаях первичное звено ВИЭ сопрягается посредством электродвигателя или напрямую с воздушным компрессором, соединенным с накопителем сжатого воздуха. При этом сжатый воздух может использоваться не только для получения электричества, но и для получения холода и тепла. Для демонстрации перечисленных возможностей в ЦИАМ создан газэжекторнотурбинный агрегат (ГЭТА), успешно функционирующий на компрессорной станции «заводского» воздуха, аккумулируемого в баллонной рампе с давлением до 0,6 МПа.

2. Воздушная турбоэжекторная система

Известно, что при работе энергооборудования, например воздушного компрессора с приводным электродвигателем, происходит значительное тепловыделение и нагрев воздуха закрытого помещения. В частности, при температуре окружающей среды вблизи 288К температура воздуха в помещении объемом около 1000 м² без принудительного охлаждения, но с открытой наружу дверью может повышаться до значения 300К за 3-4 часа функционирования энергооборудования мощностью до 150 кВт. Очевидно, что использование при этом агрегатов кондиционирования является достаточно дорогостоящим мероприятием, в силу чего оно далеко не всегда реализуется на упомянутых компрессорных станциях.

Вместе с тем, при неизменном режиме работы воздушного компрессора, заполняющего баллонную рампу сжатым воздухом, происходит неравномерное его потребление, что может приводить к переполнению баллонной рампы и срабатыванию предохранительного клапана. В таких случаях часть накопленной сжатым воздухом энергии бесполезно рассеивается в атмосферу. Предлагается для достижения повышенной вентиляции воздуха в помещении с одновременным снижением температуры в нем использовать на базе агрегата ГЭТА воздушную турбоэжекторную систему (ВТЭС), представленную на рис. 1. Принцип действия ВТЭС заключается в следующем. При подаче сжатого воздуха из баллонной рампы 6 в эжектор 3 происходит снижение давления воздуха на выходе из турбины, которая входом соединена со средой помещения, контуры которого обозначены на рисунке пунктирными

линиями. За счет разрежения, создаваемого на выходе турбины 1, происходит засасывание воздуха помещения через ее вход и выработка мощности, передаваемой на электрогенератор 2, который соединен с аккумулятором 4. В результате функционирования турбины 1 происходит наряду с выработкой электроэнергии и снижение температуры воздуха, поступающего в пассивную часть эжектора, со смешением с воздухом, поступившим из баллонной рампы. В результате этого температура воздуха, выходящего из эжектора, будет ниже температуры воздуха в помещении.

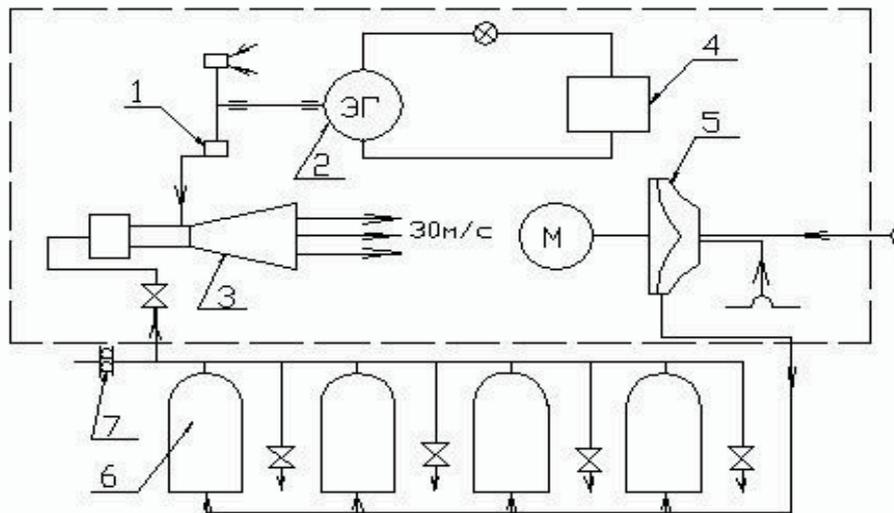


Рис. 1. Схема воздушной турбоэжекторной системы:
1-турбина; 2-электрогенератор; 3-эжектор; 4-аккумулятор; 5-компрессор «заводского» воздуха; 6-баллонная рампа; 7-предохранительный клапан

В ЦИАМ изготовлен опытный образец ВТЭС и получено снижение температуры воздуха, выходящего из эжектора 3 со скоростью ~ 30 м/с, на 10-12 градусов по сравнению с температурой воздуха в помещении, причем расход воздуха, поступающего в эжектор 3 из баллонной рампы 6 с температурой 288К, достигал 2 нм³/мин (~ 0,04 кг/с) при давлении 0,4 МПа, а мощность, вырабатываемая турбиной 1, достигала 1 кВт. Следует обратить внимание на то, что высокая скорость выхода воздуха из эжектора (~ 30 м/с) способствует не только обдуву приводного мотора воздушного компрессора 5, но и осуществляет наряду с турбиной 1 интенсивную циркуляцию воздуха помещения.

Стоимость ВТЭС может быть достаточно снижена за счет использования автомобильных электрогенераторов, в которых взамен вентилятора устанавливается рабочее колесо (РК) турбины 1, выполненное из алюминиевого сплава, что позволяет достигнуть массы РК, меньшей массы упомянутого вентилятора.

3. Энергопреобразователь продукт-газа при утилизации твердых бытовых отходов

Одним из источников ВИЭ можно считать твердые бытовые отходы, эффективная и экологически чистая утилизация которых становится проблемой №1 нормального жизнеобеспечения людей.

Около 300 кг ТБО ежегодно производится в развитых странах в результате жизнедеятельности одного человека. Традиционная практика дорогостоящего вывоза ТБО (в Норвегии стоимость вывоза одной тонны ТБО обходится в \$80) на специально отведенные полигоны сопряжена с сокращением полезного земледелия, засорения вредными веществами почвы и окружающей атмосферы, а также интенсивным размножением вредных грызунов. Мусорные полигоны, по общему признанию, представляют собой бомбы замедленного действия. А вместе с тем, теплотворная способность ТБО находится в пределах ... 3000... 14000 кДж/кг.

Термическая переработка ТБО в Европе приобретает широкий масштаб. В Швейцарии до 80 % мусора эффективно сжигается с обеспечением теплом и электричеством множества населенных пунктов. В России же переработка ТБО не превышает 2 %. При этом важное значение приобретает проблема очистки продуктов сгорания ТБО от вредных веществ, главным образом, от фуранов и диоксинов. За последние 20 лет стоимость газоочистительных сооружений в Европе возросла в 3-4 раза, что связано с ужесточением экологических нормативов.

В свете представленной информации важным концептуальным документом является «Энергетическая программа России на период до 2020 года», утвержденная распоряжением Правительства РФ от 28 августа 2003 г. №1234-р. В этом распоряжении, в частности, отмечено, что «важным местным видом топлива... являются бытовые отходы. Необходимо создать условия для включения их в топливно-энергетический баланс и решения одновременно экономических проблем». При этом ставится задача «преодоления отставания России в использовании возобновляемых источников энергии, сохранения запасов органического ископаемого топлива для будущих поколений».

Утилизация ТБО традиционно осуществляется поэтапно: сжигание мусора с получением продукт-газа и энергопреобразование продукт-газа в электричество

и тепло с применением различных схем. Первая стадия термообработки ТБО осуществляется либо в обычной топке, либо в реакторе-газификаторе, например, типа разработки Института проблем химической физики РАН, либо в плазмотроне типа разработки ГНЦ РФ «Курчатовский институт». Дожигание, получаемого на первой стадии продукт-газа, может осуществляться, по различным технологическим схемам.

Предлагается новая эффективная и экологически чистая патентозащищенная схема, представленная на рис. 2 и разработанная специалистами ЦИАМ и МГТУ им. Н.Э. Баумана.

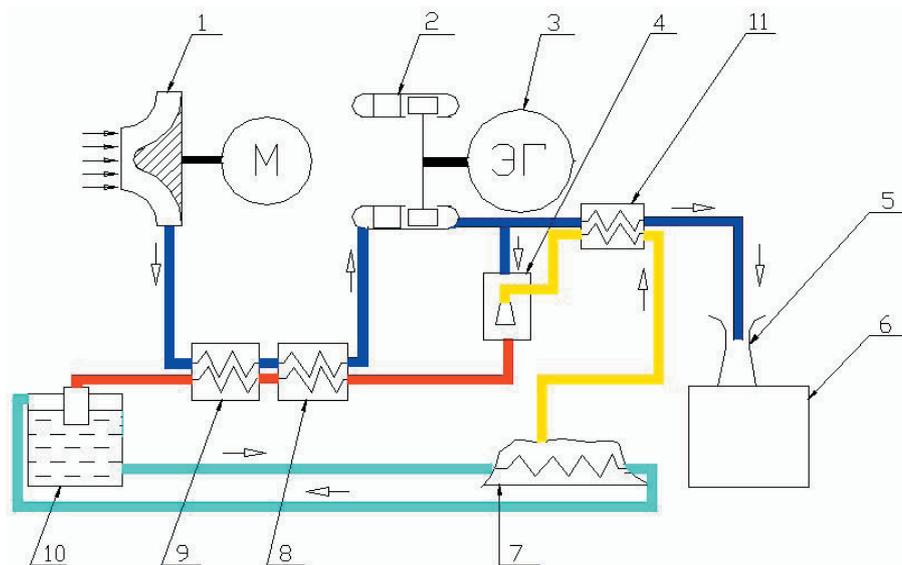


Рис. 2. Энергопреобразователь продукт-газа при утилизации твердых бытовых отходов: 1— компрессор; 2— турбина; 3— электрогенератор; 4— камера сгорания; 5— агрегат понижения температуры воздуха; 6— потребитель теплого воздуха; 7— источник топлива; 8, 9— двухкаскадный теплообменник; 10— источник теплой воды; 11— топливный теплообменник

На первой стадии осуществляется биоутилизация ТБО без образования вредных веществ типа фуранов и диоксинов, а на второй стадии осуществляется сжигание полученного продукт-газа в прогрессивной схеме с выносной камерой сгорания и воздушным турбокомпрессором. К.п.д. получения электричества по этой схеме при мощности электрогенератора 100 кВт достигает 28%, причем дополнительно производится горячий воздух с температурой до 70°C и расходом 4 кг/с.

Стоимость разработки энергопреобразователя электрической мощностью 100 кВт не превышает 1.5 млн рублей. Стоимость ТЭО – 350 тысяч рублей.

Литература

1. Выбор модельных режимов предварительных испытаний газоструйных аппаратов для предприятия «Сахалинморнефтегаз» / С.Г. Валухов, С.В. Ярославцев, С.А. Дедов, И.И. Шкурлетова // Труды III Международной научно-технической конференции «СИНТ'05». – Воронеж. – 2005. – С.264-267.