

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ЦИКЛА ОЖИЖЕНИЯ ВОЗДУХА ДЛЯ КРИОГЕННОГО АККУМУЛЯТОРА ЭНЕРГИИ

Марахова Е.А.¹, Благин Е.В.¹, Угланов Д.А.¹

¹Самарский университет, г. Самара, eamarakhova@gmail.com

Ключевые слова: накопление энергии на жидком воздухе, циклы ожижения воздуха, криогенный накопитель энергии.

С увеличением спроса на энергию из-за быстрой индустриализации и экологических проблем, связанных с использованием ископаемого топлива в качестве основного источника энергии, наблюдается потребность в переходе на возобновляемые источники энергии. Однако прерывистый характер возобновляемой энергии требует хранения энергии, произведённой в непиковые часы. По прогнозам [1], спрос на энергию будет расти по мере быстрой индустриализации и глобализации, что может привести к энергетическому кризису. Концепция технологии аккумулирования энергии рассматривается во многих странах. Под аккумулированием энергии понимается использование устройства – аккумулятора энергии, путем введения в него энергии для того, чтобы получить энергию обратно в удобное для потребления время.

Криоаккумуляторы энергии являются новой технологией, поэтому их продукция в настоящее время представлена в виде разработок и прототипов. Принцип действия криогенного аккумулятора заключается в использовании энергии, запасенной в охлажденном воздухе. Во время минимальных нагрузок электрической сети электроэнергия из системы расходуется на сжатие воздуха, его фильтрацию. Принцип работы основан на использовании электричества для охлаждения воздуха до жидкого состояния, который затем хранится в больших изолированных цистернах. Когда требуется электричество, жидкий воздух нагревается и снова переходит в газообразное состояние, что приводит в действие турбину, вырабатывающую электричество. Криогенное хранилище не требует токсичных или редких материалов и не ограничено географически, как гидроэнергетика. В отличие от тепловых или литий-ионных криоаккумуляторы не требуют сооружения больших конструкций и использования дорогих материалов, а также не требуют дорогостоящей утилизации использованных материалов.

В ходе работы были сравнены следующие циклы ожижения: цикл высокого давления с детандером, цикл низкого давления с турбодетандером, цикл среднего давления с расширением части воздуха в детандере, а также циклы с промежуточным охлаждением воздуха при помощи аммиака или СПГ.

Результаты расчетов представлены в виде зависимости на рис. 1. Зависимость расхода энергии на сжатие 1 кг газа при реальной доле сжижаемого воздуха представлена для циклов ожижения высокого, среднего и низкого давлений, зависимость расхода энергии от отношения расхода СПГ к 1 кг воздуха представлена для циклов с промежуточным охлаждением при помощи аммиака или СПГ.

Из графика видно, что оптимальным циклом ожижения является цикл Гейландта, с расходом энергии на сжатие 1 кг газа 0,63 кВт·ч/кг при доле сжижаемого воздуха 0,69. Оптимальным циклом с промежуточным охлаждением является цикл с охлаждением при помощи аммиака, расход энергии на сжатие 1 кг газа от отношения расхода СПГ к 1 кг воздуха при этом составляет 0,22 кВт·ч/кг, 0,27 соответственно.

Результаты работы получены с использованием оборудования центра коллективного пользования «Межкафедральный учебно-производственный научный центр САМ-технологий» при финансовой поддержке Минобрнауки России (проект № 0777-2020-0019).

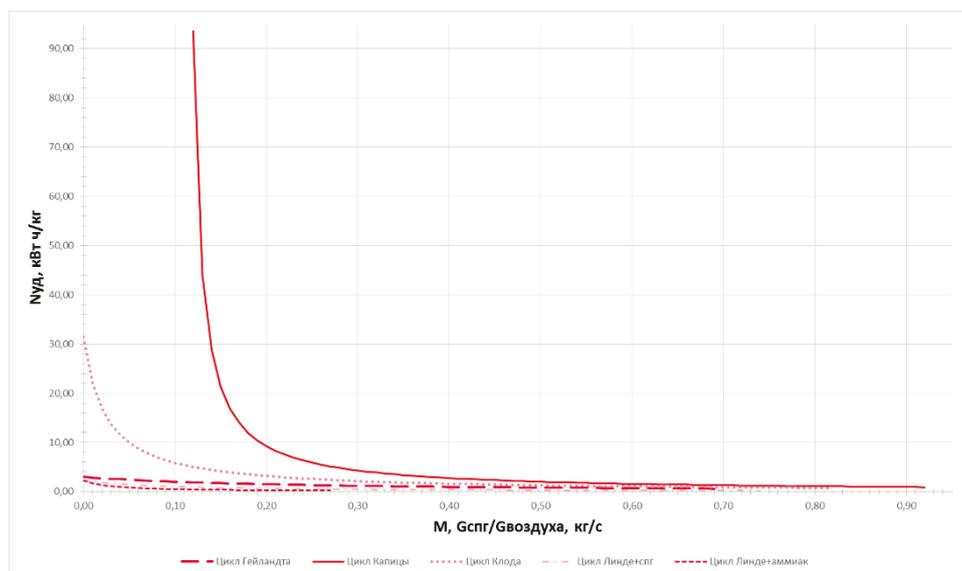


Рис.1 – Зависимость расхода энергии на сжатие 1 кг газа от реальной доли сжижаемого воздуха, расхода энергии на сжатие 1 кг газа от отношения расхода СПГ к 1 кг воздуха.

Список литературы

1. Удальцов Ю., Холкин Д., Рынок систем накопления электроэнергии в России: потенциал развития: Экспертно-аналитический доклад. Роснано, Москва, 70 с.

Сведения об авторах

Марахова Елизавета Андреевна, магистр 1 курса. Область научных интересов: тепловые аккумуляторы, термодинамика, криогенные системы.

Благин Евгений Валерьевич, старший преподаватель кафедры теплотехники и тепловых двигателей. Область научных интересов: тепловые аккумуляторы, термодинамика, криогенные системы.

Угланов Дмитрий Александрович, доцент кафедры теплотехники и тепловых двигателей. Область научных интересов: тепловые аккумуляторы, термодинамика, криогенные системы.

SELECTING THE OPTIMUM AIR LIQUEFACTION CYCLE FOR A CRYOGENIC ENERGY STORAGE DEVICE

Marakhova E.A.¹, Blagin E.V.², Uglanov D.A.¹

¹Samara National Research University, Samara, Russia, emarakhova@gmail.com

Keywords: liquid air energy storage, air liquefaction cycles, cryogenic energy storage.

The article investigates the comparison of air liquefaction cycles, calculates the characteristics of the optimum cycle.