

УДК 621.565:621.59

М.Б. Кравченко, доктор техн. наук

Одесская национальная академия пищевых технологий, ул. Дворянская, 1/3, Одесса, Украина, 65082

e-mail: kravtchenko@i.uaORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9310-2166>

ПРИМЕНЕНИЕ ОТКРЫТОГО ЦИКЛА СТИРЛИНГА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ ПРИ ГАЗИФИКАЦИИ КРИОГЕННЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Выполнен сравнительный анализ различных промежуточных энергоносителей, которые могут применяться на транспорте вместо углеводородного топлива. Показано, что в случае использования с этой целью жидких азота или воздуха не потребуются дефицитные компоненты, например, литий-ионные аккумуляторы или топливные водородные элементы, что существенно уменьшит необходимые капиталовложения. Проведен обзор известных конструкций автомобилей, работающих на жидких азоте или воздухе. Отмечено, что низкая эффективность использования эксергии криогенной жидкости в этих конструкциях привела к дискредитации самой идеи криомобиля. В предложенной конструкции двигателя Стирлинга, работающего по открытому циклу, удаётся использовать 57 % эксергии жидкого азота. Описана методика расчета такого двигателя и приведены полученные результаты. Показано, что требуется 200 л жидкого азота для 180 км пробега криомобиля со скоростью 55 км/ч, в то время как полного заряда 300-килограммового аккумулятора электромобиля «Nissan Leaf» хватает на 160 км пробега.

Ключевые слова: Жидкие азот и воздух. Тепловой двигатель. Автомобиль с нулевой эмиссией CO₂. Криогенная техника. Двигатель Стирлинга.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в мировой энергетике наблюдается значительный рост доли возобновляемых источников энергии в общем энергетическом балансе наиболее развитых стран. Для иллюстрации этого утверждения на рис. 1 приведен график изменения доли энергии, полученной от возобновляемых источников, в энергобалансе Германии за 1991–2016 гг.

Уже сегодня доля возобновляемых источников энергии в энергобалансе ряда европейских стран превышает 20 %. В 2016 г. в Германии из возобновляемых источников энергии выработан 191 млрд. кВтч электроэнергии. Это составило 32 % от общего количества потребленной в стране электроэнергии [1]. Но и это — не предел! Испания и Германия рассчитывают не позже 2030 г. получать более 50 % электроэнергии от возобновляемых источников.

Для полного отказа от ископаемого топлива необходимо найти промежуточный энергоноситель, который можно было бы использовать на транспорте. Накопление такого энергоносителя в периоды избытка электроэнергии в сети одновременно является и решением проблемы согласования спроса и производства электроэнергии, полученной от возобновляемых источников.

В наше время имеются, по крайней мере, три конкурирующих проекта для решения проблемы про-

межуточного энергоносителя, пригодного для использования на транспорте.

2. СРАВНЕНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ

Наиболее известным и продвинутым является проект электромобиля с литий-ионным аккумулятором. В этом случае роль промежуточного энергоносителя играет химическая энергия, которая преобразуется в электрическую энергию при разрядке аккумулятора.

По сравнению с обычными автомобилями, работающими на бензине, дизельном топливе или газе, электромобили обладают рядом преимуществ. Они практически бесшумны, легки в управлении и надежны. Эксплуатация электромобиля обходится дешевле, чем эксплуатация традиционного автомобиля, так как электроэнергия, накапливаемая в аккумуляторах электромобиля стоит меньше моторного топлива. Главное достоинство электромобиля — нулевая эмиссия парниковых газов при использовании для зарядки аккумуляторов электроэнергии, получаемой от возобновляемых источников.

Электромобили имеют достаточно продолжительную историю совершенствования. Они стали появляться в начале 20-го века. По мере улучшения показателей бензиновых и дизельных двигателей доля