

паний "АСКОН"), г. С.-Петербург. Студенты кафедры участвовали в четырех всеукраинских конкурсах научно-исследовательских работ по направлениям "Двигатели и энергетические установки", "Транспорт", "Авиационная техника", "Судовой и водный транспорт" и заняли пять призовых мест.

Таким образом, результаты раскрытия способностей и активизации творческой деятельности студентов очевидны. В НТУ "ХПИ" планируется расширение полученного опыта другими кафедрами и факультетами.

КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ.

Петров П.П., Савенков А.М., Савицкий А.И. (Научно-производственная фирма "ЭКИП").

Энергетические установки транспорта и энергетики являются основными потребителями ископаемых топлив и основными источниками загрязнений окружающей среды. Для решения проблем энергоэффективности и экологической безопасности транспорта необходимо, прежде всего, увеличить в 1,5 – 2 раза эксплуатационный КПД силовых установок (СУ) и перевести их на питание природным газом или водородом с воспламенением от сжатия. Повышение эксплуатационного КПД способствует пропорциональному снижению вредных выбросов и CO_2 , а также уменьшению габаритных размеров бортового запаса топлива, что особенно актуально для газомоторного топлива, имеющего существенно меньшую плотность даже в сжиженном состоянии. Кроме того, работа двигателя на природном газе с воспламенением от сжатия при переменной степени сжатия позволяет автоматически удовлетворять нормам «Евро-5» и более жестким без систем нейтрализации выпускных газов. Задачи существенного увеличения эксплуатационного КПД транспортных СУ успешно решаются применением комбинированных (гибридных) энергетических установок (КЭУ), для которых характерна организация работы по раздельному циклу. Сгорание топлива происходит на расчетных режимах с постоянной мощностью первичного двигателя, а необходимую тяговую характеристику обеспечивают тяговые двигатели. Сглаживание колебаний мощности на колесе обеспечивается накопителями энергии (НЭ). Это позволяет приблизить эксплуатационный КПД транспортной СУ к эффективному КПД расчетного режима. В настоящее время разработкой КЭУ занимаются почти все крупные автопроизводители, т.к. это считается наиболее перспективным направлением развития транспортных средств.

В основном работы проводятся на традиционной элементной базе (ДВС с кривошипно-шатунным механизмом), что не может обеспечить принципиально нового существенного результата.

Применение свободнопоршневых двигателей (СПД) в КЭУ является логичным шагом её дальнейшего совершенствования. В СПД отсутствуют избыточные преобразующие и передающие энергию звенья. С функциональной точки зрения любой механизм между поршнем камеры сгорания и поршнем компрессора является избыточным. Избыточные связи приводят:

- к увеличению массы, объема и стоимости КЭУ,
- к увеличению потерь при преобразовании поступательного движения во вращательное и обратно,

- накладывают дополнительные ограничения на параметры рабочего процесса первичного двигателя.

Кроме того, СПД единственный тип двигателя, который может работать с воспламенением от сжатия без дополнительных активаторов сгорания на газах широкого фракционного состава. СПД не имеет ограничений по жесткости и на максимальное давление цикла, что позволяет существенно увеличить степень сжатия и поднять эффективный КПД выше 52 – 56 %. Кроме того, СПД может работать на «тощих» (низшая теплота сгорания более 10 – 20 % от метана) сбросных газах без потери мощности. Перечисленные свойства СПД позволяют наиболее эффективно утилизировать различные малодобитные газы (генераторные, пиролизные газы, биогаз, водород и т.д.).

Использование природного газа (ПГ) в качестве моторного топлива экономически выгодно. Однако для широкого практического применения ПГ необходимо обеспечить решение двух основополагающих проблем:

- заправка газом (создание инфраструктуры),
- размещение на борту достаточного количества топлива.

Эти проблемы взаимосвязаны, т.к. минимальное количество АГНКС зависит от запаса хода между АГНКС, т.е. от запаса ПГ, который можно расположить на транспортном средстве и расхода ПГ двигателем. Эффективность же АГНКС зависит от объемов отпускаемого ПГ, т.е. от количества заправляемых автомобилей и запаса ПГ на борту.

Задача размещения эквивалентного запаса ПГ для традиционных ДВС не имеет приемлемого практического решения, а тем более для «тощих» газов. Опыт создания газотурбовоза ГТ1 показывает, что за счет уменьшения объема двигателя возможно размещение достаточного запаса сжиженного ПГ (СПГ). Однако при мощности 8,3 МВт ГТД расходует 2200 кг/ч газа (эффективный КПД $\eta_e=25,3\%$), а на холостом ходу — 535 кг/ч, что ставит под сомнение рациональность применения авиационного ГТД и требует его замены на более эффективную СУ. Удовлетворительное решение возникших проблем возможно, если удельные массу и объем СУ уменьшить в 2...5 раз по сравнению с дизелями и снизить эксплуатационный расход топлива минимум в 1,5...2 раза. При выполнении этого появляется реальная возможность размещения на транспортном средстве ПГ в объеме, достаточном для сохранения запаса хода, с дизельным топливом и даже более.

Применение КЭУ позволяет уменьшить установленную мощность и объем первичного двигателя, но при этом появляются дополнительные агрегаты. Выбор рациональной схемы КЭУ в значительной степени определяется типом передачи.

Для решения этих задач рассмотрены различные схемы двигателей и обобщенная схема КЭУ в составе СПД, объемной расширительной машины (ОРМ) и турбокомпрессора.

При использовании СПД в качестве первичного двигателя в КЭУ он (СПД) может использоваться в двигательном, генераторном или комбинированном режиме. В двигательном режиме вся энергия потребляется на привод электрогенератора, гидронасоса или компрессора. В генераторном режиме вся энергия дизеля тратится на наддув (производство рабочего тела в виде продуктов сгорания). Мощность генераторного режима в 3 – 4 раза выше двигательного.

Ниже приведены зависимости эффективного КПД различных газовых двигателей при одинаковых: полезном рабочем объеме и частоте циклов (1 – газовый ДВС с кривошипно - шатунным механизмом (ограничительная линия максимального КПД), 2 – СПД в двигательном режиме, 3 – КЭУ с СПД в генераторном режиме)

на валах соответственно двигателя (рис.1) и осевого редуктора гибридной СУ (рис.2). Для газопоршневого ДВС принята последовательная схема КЭУ с КПД электропередачи 0,8. Для СПД - КПД гидрпередачи 0,9.

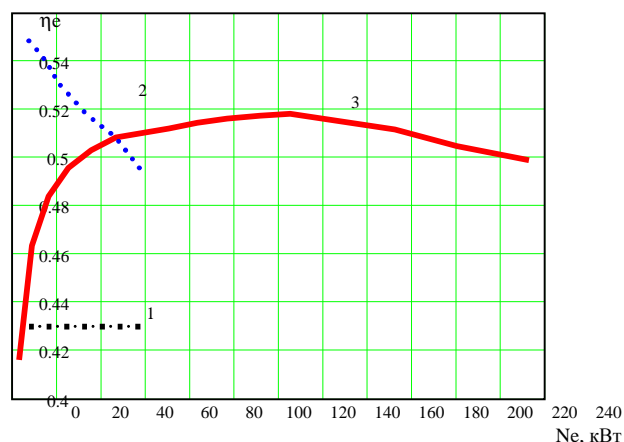


Рис. 1.

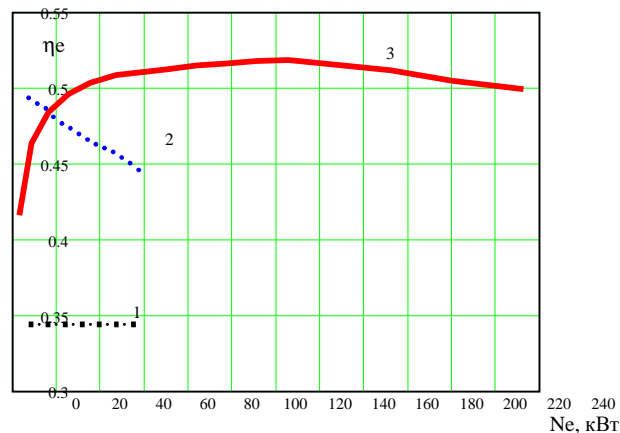


Рис. 2.

Представленные зависимости показывают, что применение последовательной схемы КЭУ в основном (кроме специальных случаев) не рационально.

В зависимости от требуемого запаса крутящего момента и применяемой передачи удельный объем КЭУ с СПД (в генераторном режиме) в 4 – 9 раз меньше дизеля. В сочетании с эксплуатационным КПД это позволяет расположить на транспортном средстве эквивалентный (бензину или дизтопливу) запас ПГ и решить не только экологические проблемы (удовлетворение нормам Евро-5 без нейтрализаторов выпускных газов), но и снизить затраты на топливо в денежном выражении в 5 - 8 раз (с учетом цены газа).

Требуемый запас крутящего момента существенно влияет на объем ОРМ. Так на тепловозе ТГМ6В при установке КЭУ без гидрпередачи потребуется ОРМ, соизмеримая со штатным дизелем 7-6Д49 (8ЧН2А26/26). В тоже время при двухступенчатой механической или гидромеханической (без гидротрансформаторов) передаче достаточно двухцилиндровой ОРМ двойного действия с углом развала 90 °.

Ниже приведены тяговые (рис.3) и экономические (рис.4) характеристики тепловоза ТГМ6В в штатной комплектации (кривые 1, 2) и с КЭУ (кривые 3 и 4) в составе двух СПД 1МП120, ОРМ и турбокомпрессора.

Представленные зависимости показывают, что замена дизеля на КЭУ улучшает тяговые характеристики тепловоза. Только устранение потерь в гидротрансформаторе повышает КПД тепловоза до 40 %, что в сочетании со снижением установленной мощности, расхода топлива и доли холостого хода снижает эксплуатационный расход топлива более чем на 30%.

Таким образом, комплексное решение проблем транспортных силовых установок возможно лишь в рамках комбинированных (гибридных) энергетических установок. Наилучшие массогабаритные и эксплуатационные показатели КЭУ достигаются при использовании СПД в качестве первичного двигателя – генератора.

Применение СПД позволяет убрать избыточные связи, которые:

- увеличивают массу, объем и стоимость силовой установки,
- увеличивают потери при преобразовании поступательного движения во вращательное и обратно,
- накладывают дополнительные ограничения на параметры рабочего процесса первичного двигателя.

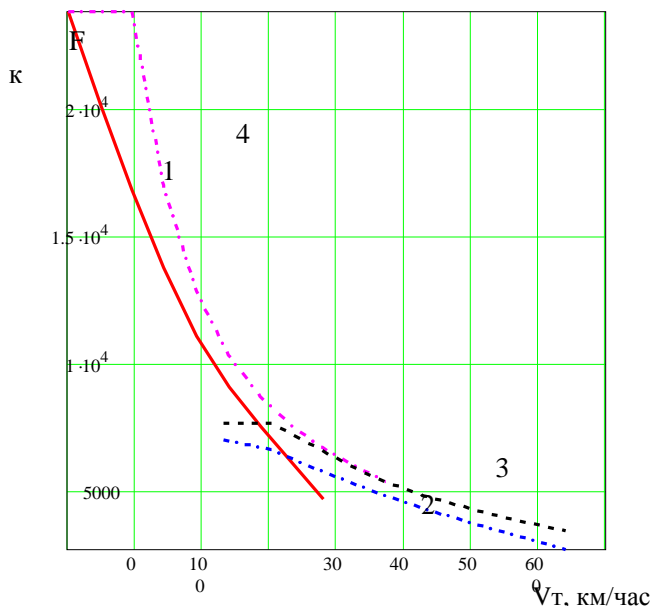


Рис. 3.

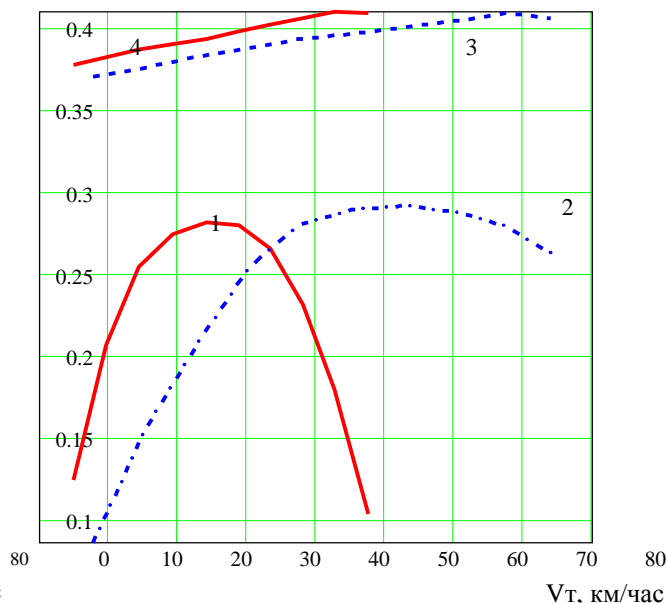


Рис. 4.

СПД это единственный тип двигателя, который может работать с воспламенением от сжатия без активаторов воспламенения на газах широкого фракционного состава, включая «жирные» природные и тощие сбросные газы, попутные нефтяные, генераторные, пиролизные газы, шахтный метан, биогаз, водород.

Особенностью СПД является возможность осуществления высокоэффективного рабочего процесса во всем диапазоне режимов с эмиссией вредных веществ на 30 и более процентов ниже относительно норм EURO-5 (при использовании в качестве топлива метана, водорода и других «чистых» газов).

Применение СПД в составе КЭУ на транспорте обеспечивает:

- повышение эксплуатационной экономичности (в 1,5 – 2 раза),
- снижение эмиссии вредных веществ (в 1,5 раз ниже норм EURO-5),
- снижение материалоемкости и стоимости,
- снижение эксплуатационных расходов за счет уменьшения эксплуатационного расхода и цены топлива,
- многотопливность, возможность применения низкосортных, синтетических и альтернативных топлив,
- размещение эквивалентного дизтопливу запаса природного газа на борту транспортного средства.

Освоение серийного производства КЭУ создаст условия для переоснащения предприятий топливно-энергетического комплекса на базе экологически чистых, безопасных и эффективных технологий производства электрической и тепловой энергии, а также энергоносителя. Это позволит решить следующие задачи:

- повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов на основе энергосберегающих технологий;
- уменьшение негативного воздействия транспорта и предприятий топливно-энергетического комплекса на окружающую природную среду;
- поддержание экспортного потенциала транспортно - энергетического комплекса и расширение экспорта его продукции;
- решение проблем «северного» завоза топлив за счет использования местных видов топлив;
- расширение производства и применения биотоплив на основе естественного фотосинтеза.