

Учредители

- Институт машиноведения им. А.А. Благонравова
Российской академии наук
- Московский государственный индустриальный университет

Издатель

Московский государственный индустриальный университет

Журнал зарегистрирован 30 декабря 2004 г. Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-19294

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 3`2009

Выходит 4 раза в год

ISSN 1815-1051

В номере

РЕДКОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ганиев Р.Ф., академик РАН, директор Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ) РАН

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

Скопинский В.Н., д.т.н., профессор (МГИУ)

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Баранов Ю.В., д.т.н., проф. (ИМАШ РАН)

Овчинников В.В., д.т.н., проф. (ФГУП «РСК МИГ»)

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

Алешин Н.П., академик РАН, д.т.н., проф. (Москва)

Асташев В.К., д.т.н., проф. (Москва)

Беляков Г.П., д.э.н., проф. (Красноярск)

Бобровницкий Ю.И., д.ф.-м.н., проф. (Москва)

Вайсберг Л.А., д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)

Горкунов Э.С., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Екатеринбург)

Григорян В.А., д.т.н., проф. (Москва)

Дроздов Ю.Н., д.т.н., проф. (Москва)

Индейцев Д.А., член-корр. РАН, д.ф.-м.н., проф. (Санкт-Петербург)

Колесников А.Г., д.т.н., проф. (Москва)

Кошелев О.С., д.т.н., проф. (Н. Новгород)

Лунев А.Н., д.т.н., проф. (Казань)

Махутов Н.А., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

Пановко Г.Я., д.т.н., проф. (Москва)

Перминов М.Д., д.т.н., проф. (Москва)

Петров А.П., д.т.н., проф. (Москва)

Полилов А.Н., д.т.н., проф. (Москва)

Поникаров С.И., д.т.н., проф. (Казань)

Приходько В.М., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

Резчиков А.Ф., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Саратов)

Рототаев Д.А., д.т.н., проф., акад. РАРАН (Москва)

Теряев Е.Д., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

Федоров М.П., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)

Чаплыгин Ю.А., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

Шляпин А.Д., д.т.н., проф. (Москва)

Штриков Б.Л., д.т.н., проф. (Самара)

МАШИНЫ И СИСТЕМЫ МАШИН

В. Н. Богданов

Исследование термодинамического цикла поршневого ДВС с подачей дополнительного рабочего тела..... 2

ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

В. П. Кузнецов

Методика определения параметров инструмента для упругого выглаживания деталей на основе моделирования нелинейной динамики процесса 18

КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

М. А. Гуреева, О. Е. Грушко

Алюминиевые сплавы в сварных конструкциях современных транспортных средств..... 27

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАШИН И СИСТЕМ

Я. К. Лоханский, В. Е. Петров, А. А. Шейпак

Исследование влияния шероховатости на рабочие характеристики центробежной ступени погружного насоса..... 42

Б. А. Калашников

Выбор параметров систем амортизации с дискретной коммутацией частей упругих элементов 51

Н. А. Роганова, Г. З. Шарафутдинов

Приближенный метод решения плоских задач теории упругости неоднородных тел 63

ЭКОНОМИКА МАШИНОСТРОЕНИЯ

Л. М. Демина, Г. В. Тихонов

Лизинговый механизм технического перевооружения малых и средних предприятий машиностроения 72

ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

В. М. Ситцев, К. О. Кошелев, М. Ю. Рачков

Европейские стандарты инженерного образования и сертификация специалистов на звание евроинженера 77

ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ!

Подписка на журнал

«Машиностроение и инженерное образование»
проводится в издательстве МГИУ

Тел.: (495) 674-62-50.

E-mail: mio@msiu.ru

Подписной индекс Роспечати 36942

Уважаемые читатели!

Журнал «Машиностроение и инженерное образование» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора или кандидата наук.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО ЦИКЛА ПОРШНЕВОГО ДВС С ПОДАЧЕЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО РАБОЧЕГО ТЕЛА

В. Н. Богданов



**БОГДАНОВ
Виктор
Николаевич**

Старший преподаватель кафедры электротехники, теплотехники, гидравлики и энергетических машин Московского государственного промышленного университета (МГИУ). Область научных интересов – автомобиле- и двигателестроение, утилизация и рекуперация энергии. Автор десяти научных работ, в том числе двух изобретений.

Введение

В течение нескольких лет автором проводились работы по исследованию возможностей реализации термодинамических циклов поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с подачей дополнительных рабочих тел.

Осуществление таких циклов позволит решить отдельные практические задачи, актуальные для современного двигателестроения. Речь идет о разработках комбинированных силовых установок на базе поршневых ДВС с одновременной реализацией нескольких термодинамических циклов, причем во многих слу-

чаях – с разными рабочими телами для каждого цикла. Прежде всего, это касается установок на базе поршневых ДВС, оборудованных различными системами утилизации тепла (СУТ).

Основным термодинамическим циклом на таких установках является газовый цикл базового поршневого ДВС, но для утилизации вторичного тепла этого ДВС (тепла, отходящего в систему охлаждения и теряемого с выхлопными газами) используется вспомогательный цикл Ренкина, реализуемый на водяном паре, генерируемом в системе утилизации. Расширение получаемого пара обычно осуществляется в специальных дополнительных турбинах. Однако такие схемы с использованием отдельных дополнительных утилизационных турбин имеют ряд определенных ограничений по применению. Главным является то, что они эффективны только на базе крупных, например судовых, установок. В этих случаях количество пара, вырабатываемого системой утилизации главного двигателя, достаточно для обеспечения работы серийных утилизационных турбогенераторов на основе многоступенчатых турбин с относительно небольшой частотой вращения [1, 2].

Практика показывает, что применение таких схем на двигателях меньшей мощности приводит к тому, что объем пара, получаемый в аппаратах СУТ, достаточен лишь для обеспечения расхода малоразмерных одноступенчатых турбин. Эффективно они работают только при

© В. Н. Богданов, 2009

высоких частотах вращения, порядка 50–100 тысяч оборотов в минуту, что почти исключает возможность передачи мощности с этих турбин на вал основного двигателя. Любые типы приводов с такой высокой быстроходностью и передаточным отношением имеют достаточно высокую стоимость и относительно низкий КПД, и их применение почти полностью нивелирует положительный эффект, получаемый от использования вторичного тепла.

В связи с этим возникает задача нахождения иных способов полезного использования пара, получаемого в системах утилизации, прежде всего, транспортных ДВС относительно небольшой мощности.

Особенности комбинированных циклов ДВС

В качестве одного из возможных вариантов решения данной проблемы предлагается реализация газового основного и парового вспомогательного циклов на основе общей расширительной машины обычного поршневого типа, т.е. реализация комбинированного парогазового цикла в поршневом ДВС.

Комбинированные циклы достаточно основательно рассмотрены в технической термодинамике [3–5]. Основным их преимуществом является возможность нахождения оптимальных сочетаний исходных циклов, что позволяет получить более высокий суммарный коэффициент преобразования теплоты в работу, чем у базовых циклов. В настоящее время наибольший опыт в теоретических исследованиях и практическом использовании различных сложных циклов накоплен в теплоэнергетике. В основном, применяются раздельные циклы, без смешения рабочих тел, реализуемые на базе мощных турбомашин. Например, мощность отдельных промышленных энергетических парогазовых установок, эксплуатируемых сегодня в России, достигает 250 МВт.

Количество силовых установок с реализацией циклов со смешением рабочих тел как в области энергетики, так и транспорта достаточно мало, а многие разработки не вышли из стадии НИОКР. Некоторыми вероятными причинами этого ограниченного распространения могут быть недостаточные теоретические разработки данных циклов. Тем не менее, комбинированные циклы представляют интерес для различных областей теплотехники благодаря потенциальным возможностям:

- высокая термодинамическая эффективность;
- многообразие возможных комбинаций осуществления;
- относительная простота реализации (практически на базе любой расширительной машины с минимальными изменениями ее конструкции);
- решение дополнительных задач: например, утилизация вторичного тепла, совершенствование процессов горения топлива, снижение токсичности продуктов сгорания и т.п.

Признавая все эти положительные качества комбинированных циклов со смешением рабочих тел или с подачей дополнительного рабочего тела, можно говорить о возможности их использования при создании перспективных энергетических силовых установок.

Расчетная модель

Для предварительной численной оценки возможностей комбинированных циклов со смешением рабочих тел при их реализации на поршневых машинах автором был проведен сравнительный термодинамический расчет дизельного двигателя с реализацией классического четырехтактного цикла и вероятного цикла с подачей дополнительного рабочего тела.

Расчет был проведен для дизельного двигателя мощностью 105 кВт при 2600 об/мин. Рассматривался рядный 4-тактный, 6-цилиндровый дизель с объемно-плочным смесеобразованием (степень сжатия $\varepsilon = 17$).

Основное отличие комбинированного цикла от стандартного состоит в том, что в процессе рабочего хода в цилиндры двигателя дополнительно подается перегретый водяной пар для обеспечения совместного расширения с продуктами сгорания топлива. Предполагается, что пар в СУТ двигателя генерируется за счет использования его вторичного тепла.

Для оценки объема получаемого пара, кроме определения основных термодинамических параметров рабочего процесса и показателей двигателя в целом, был составлен его тепловой баланс и установлено количество теплоты, отходящее в систему охлаждения и теряемое с отработанными газами. С учетом этих данных определялось количество пара, и моделировался процесс его подачи в цилиндры двигателя.

Расчет основан на оценке термодинамических изменений и, прежде всего, индикаторно-