

рабочего тела в тепловой машине, что приводит к увеличению тепловой нагрузки в регенеративном теплообменнике и теплообменниках внешнего подвода теплоты компрессорной и детандерной полости. С увеличением частоты вращения энергетические характеристики цикла остаются без изменения, однако растут тепловые мощности рабочих полостей. При форсировании тепловых машин Стирлинга по этим параметрам меняются режимы работы теплообменных аппаратов. Если конструктивно теплообменные аппараты внешнего подвода теплоты в двигателях и холодильных машинах могут отличаться друг от друга, то регенераторы большим разнообразием не отличаются. Методики их расчета абсолютно одинаковы как для двигателей так и для холодильных машин. Суммарные потери в регенераторе: на недорекуперацию, гидравлические сопротивления, за счет теплопроводности по корпусу и насадке регенератора, приводят к уменьшению мощности двигателя и действительной холодопроизводительности холодильной машины. Изменение давления заправки и частоты вращения привода по разному сказываются на темпе изменения энергетических характеристик. Но общим является то, что суммарные тепловые потери в регенераторе при определенном соотношении между его длиной и диаметром  $\Lambda_p = \frac{l_p}{d_p}$  при фиксированных  $p_3$

и  $n$  принимают минимальное значение. Такое соотношение приведенной длины регенератора  $\Lambda_p$  можно считать оптимальным  $\Lambda_{p_{opt}}$ . Для каждого давления заправки и частоты вращения будут свои  $\Lambda_{p_{opt}}$ . Зависимости  $\Lambda_{p_{opt}} = f(p_3)$  и  $\Lambda_{p_{opt}} = f(n)$  найденные при одинаковых значениях суммарных тепловых мощностей в регенераторе позволяют установить зависимость  $p_3 = f(n)$ , соответствующие оптимальным режимам работы машин с максимальными действительными энергетическими характеристиками. Поэтому при форсировании тепловых машин Стирлинга изменять необходимо одновременно оба параметра в соответствии с определенными выше условиями. Вид корреляционной кривой  $p_3 = f(n)$  для каждой конструкции машин Стирлинга может быть легко получен.

#### Библиографический список

1. Новотельнов В.Н. Криогенные машины / В.Н. Новотельнов, А.Д. Суслов, В.Б. Полтараус – Санкт-Петербург: Политехника 1991 – 332 с.
2. Уокер, Г. Машины, работающие по циклу Стирлинга / Г. Уокер. – Москва: «Энергия» 1978 – 145с.

УДК 621.432

### РАСЧЕТ ИНДИКАТОРНОЙ ДИАГРАММЫ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ В СРЕДЕ КДАМ

Косенок Б.Б.

Самарский государственный аэрокосмический университет

#### CALCULATION OF INDICATOR DIAGRAM DYNAMIC TEST AT INTERNAL COMBUSTION ENGINE IN KDAM ENVIRONMENT

Kosenok Boris Borisovich The description of the environment KDAM created on the basis of the vector unit models, made substantiation of necessity modeling the indicator diagram, the analysis of the possible construction of the vector model, which describes the indicator diagram, selected two options for constructing such vector models. This study substantiates the method of modeling the

indicator diagram based on the method of mathematical modeling of vector closed contours and shows some of the advantages of this model.

Для исследования кинематики и динамики рычажных механизмов, в том числе и двигателей внутреннего сгорания (ДВС), на кафедре основ конструирования машин (ОКМ) в течении нескольких лет разрабатывается специализированный инженерный пакет Кинематического и Динамического Анализа Механизма (КДАМ). В его основе лежит метод векторных модульных моделей, который за счет своей универсальности и достаточной всеобъемлемости, успешно используется для эскизного проектирования различных механизмов.

Для динамического расчета ДВС очень важно рассчитать механическую характеристику ДВС (индикаторную диаграмму) и желательно этот расчет автоматизировать для получения возможности просчета различных вариантов динамики двигателя в короткий промежуток времени. Поэтому в программном пакете КДАМ был создан блок «Ввод параметров рабочих камер ДВС» с расчетом индикаторной диаграммы для двух- и четырёхтактных ДВС на основе векторной модели самого двигателя.

Для предварительной оценки характеристик ДВС приняты следующие допущения: механизм состоит из идеальных звеньев с идеальными связями, трение не учитывается, индикаторная диаграмма не зависит от оборотов выходного вала. Давление газов на поршень рассчитывается в любой момент времени с учетом: диаметра поршня, степени сжатия, коэффициента прироста давления, фаз газораспределения, угла опережения зажигания.

Блок расчета индикаторной диаграммы позволяет рассчитывать до 4-х индикаторных диаграмм одновременно, алгоритм расчета включает в себя блок привязки к векторной модели заложенной в

КДАМе, двумя вариантами, 1-й вполне подходящий для классических схем кривошипно-ползунного механизма ДВС с классической индикаторной диаграммой, 2-ой вариант, позволяет рассчитывать индикаторную диаграмму на основании расчета объема рабочей камеры и поэтому пригоден для расчета, как различных существующих, так и перспективных двигателей внутреннего сгорания.

Особенностью блока расчета является, то, что он не привязывается к определенной схеме ДВС, а используя поведение характерных векторов, моделирующих кривошип, поршень и рабочий объем, анализирует их и позволяет в автоматическом режиме получать нужные параметры для расчета индикаторной диаграммы. Пользователем формируются необходимые для расчета кинематические параметры модели в виде векторной модели в КДАМ-е и далее самой программой передаются для дальнейшего расчета в блок расчета индикаторной диаграммы, после расчета которого, полученная индикаторная диаграмма передается обратно в КДАМ, в виде силовой нагрузки, привязанной к определенному вектору. Подобное взаимодействие КДАМ-а и внешнего блока расчета индикаторной диаграммы, позволяет использовать данный алгоритм и для формирования других внешних законов движения, силовых нагрузок и т.д. Отлажен алгоритм формирования на базе КДАМ-а специализированных программных комплексов, предназначенных для решения конкретных узких задач, как предваряющих расчеты в самом КДАМ-е, так и использующих возможности векторного моделирования в КДАМ-е, для получения исходных данных и проведения своих расчетов.