

УЧЁТ АКТИВНЫХ СИЛ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ В СРЕДЕ MSC.ADAMS

© 2009 В. П. Тукмаков, Б. Б. Косенок, А. В. Тукмаков

Самарский государственный аэрокосмический университет

Для динамического исследования ДВС в среде MSC.ADAMS необходим расчёт сил давления газов на поршень в зависимости его перемещения. Расчёт индикаторной диаграммы выполнен по программе КДАМ в зависимости от диаметра поршня, степени сжатия, коэффициента прироста давления, угла опережения зажигания. Выполнены динамические исследования для рядного, V-образного и оппозитного ДВС.

Динамическое исследование, двигатель внутреннего сгорания, индикаторная диаграмма

На сегодняшний момент наиболее перспективным методом исследование кинематики и динамики механизмов двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является использование специального инженерного пакета, такого как ADAMS.

Пакет ADAMS является программным продуктом корпорации MSC.Software, одного из ведущих производителей программного обеспечения для конструирования в машиностроении.

MSC.ADAMS является лидером среди пакетов по виртуальному функциональному прототипированию (разработке действующих компьютерных макетов) механических и мехатронных систем. Он используется крупнейшими аэрокосмическими, автомобилестроительными, машиностроительными фирмами. Среди преимуществ, предоставляемых пользователям пакета – возможности интеграции пакета с наиболее популярными CAD/CAE системами (Pro/Engineer™, SolidWorks™, CATIA™), системами конечно-элементного анализа (MSC.Nastran™, ANSYS™), универсальными системами компьютерного моделирования сложных систем (MATLAB™, MATRIXx™). В состав пакета входят специализированные модули, предназначенные для разработки и анализа сложных механических систем: автомобиля и его отдельных узлов (ADAMS/Car™, ADAMS/Tire™), подвески самолётного шасси (ADAMS/Aircraft). Открытая структура пакета позволяет пользователю самостоятельно создавать специализированные настройки для семейства механических систем. Основной базовый пакет модулей

MSC.ADAMS, позволяющий собирать и анализировать модели, сложность которых ограничивается в основном возможностями компьютера, распространяется на льготных условиях для некоммерческого использования в университетах.

Являясь как пакетом для проведения исследования работоспособности концептуальных прототипов механических систем, так и интегрирующей средой разработки, исследования, оптимизации и идентификации сложных механических и мехатронных систем. MSC.ADAMS представляет мощный инженерно исследовательский инструмент. Он позволяет анализировать динамику систем тел, находящихся под действием внешних задаваемых сил и реакций внешних и внутренних связей.

Моделирование механизмов ДВС проведено с помощью модуля ADAMS/View [1].

Модуль ADAMS/View позволяет исследовать механизмы с учетом критериев, характеризующих динамические и эксплуатационные условия его работы: обеспечить требуемое перемещение звеньев, лимитировать максимум скорости или ускорения, осуществить заданную величину передаточной функции, оптимизировать или найти наиболее благоприятные условия передачи сил, определить установившийся режим и т. д.

Силы используются для моделирования взаимодействия между телами-частями. Библиотека ADAMS/View содержит набор силовых факторов и задает правила их задания и доопределения. Сила может быть традиционной мерой воздействия в точке, она

может называться поступательной, сосредоточенным моментом, шестикомпонентным объектом, объединяющим в себе силу и момент.

Силы определяют воздействия на тела системы. Некоторые силы могут препятствовать движению, некоторые наоборот способствовать ему. ADAMS/View поддерживает следующие типы сил:

- прикладываемые силы, описывающие воздействие на тела. Прикладываемые силы – понятие довольно общее, поэтому поведение каждой из них нужно описывать, определяя её величину через значение константы, выражение, задаваемое средствами ADAMS/View или подпрограммами с ним связанными;
- специальные силы – часто встречающиеся силы, такие как сила трения или сила гравитации и другие.

Для каждой силы необходимо задать:

- вид силы: является ли воздействие силой или моментом;
- к какому телу системы сила (момент) приложена;
- к какой точке или точкам приложена сила;
- величина и направление силы.

Прикладываемые силы – механическая характеристика ДВС (индикаторная диаграмма) должна быть дополнительно рассчитана сторонней программой. Индикаторная диаграмма для двух- и четырёхтактных ДВС может быть рассчитана программой КДАМ (кинематический и динамический анализ механизмов), разработанной на основе метода векторных модульных моделей на кафедре основ конструирования машин. Индикаторная диаграмма для четырёхтактного ДВС показана на рис. 1.

Давление газов на поршень рассчитывается в любой момент времени с учетом: диаметра поршня, степени сжатия, коэффициента прироста давления, фаз газораспределения, угла опережения зажигания.

Модульное моделирование контурных структур основано на отображении кинематических схем механизмов векторными моделями, которые компонуются из стандартных векторных контуров (модулей), имеющих отлаженное аналитическое и программное обеспечение задач о функциях и

их частных производных первого и второго порядков [2].

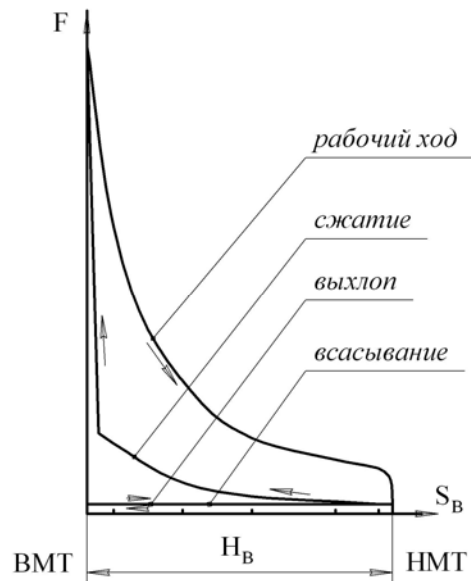


Рис. 1. Индикаторная диаграмма

Программа КДАМ имеет многооконный режим работы, который позволяет изменять любые параметры и сразу оценивать влияние его на интересующую характеристику.

К достоинствам метода можно отнести достаточную простоту и универсальность потому, что любую кинематическую схему (рядный, V-образный, звездообразный двигатель и т.д.) можно отобразить модульной векторной моделью. Для примера на рис. 2 показана кинематическая схема V-образного двигателя и на рис. 3 его векторная модель.

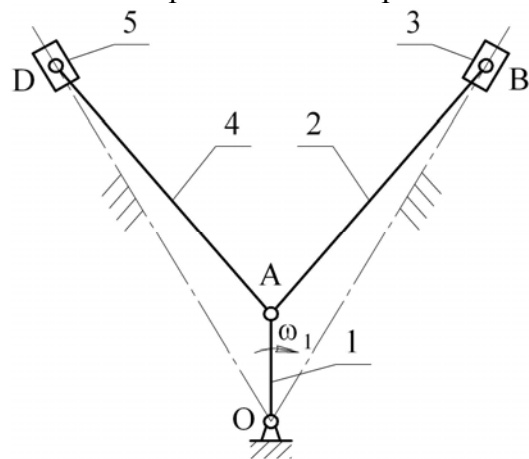


Рис. 2. Кинематическая схема V-образного ДВС

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.

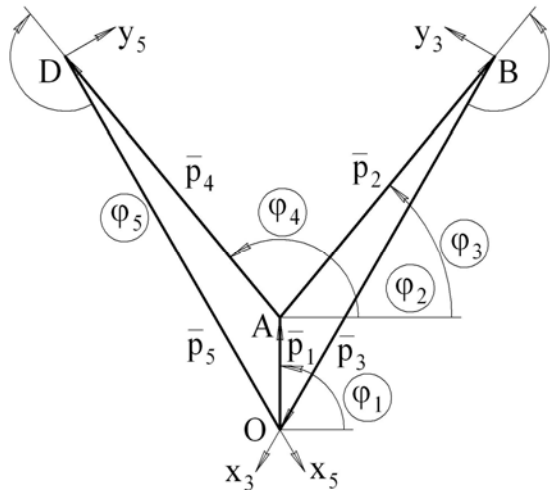


Рис. 3. Векторная модель V-образного ДВС

Кинематический и динамический анализ был выполнен на примере трёх видов механизмов ДВС: рядного (рис. 4), V-образного (рис. 2) и оппозитного (рис. 5).

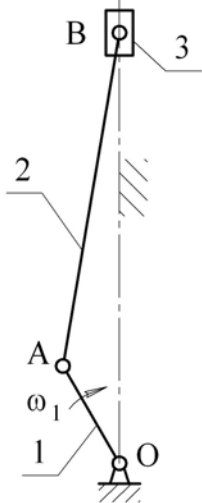


Рис. 4. Кинематическая схема рядного ДВС

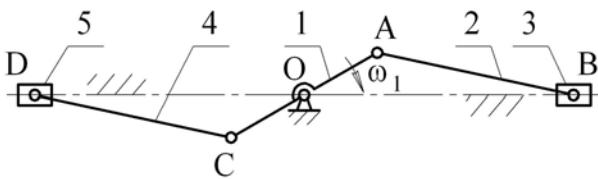


Рис. 5. Кинематическая схема оппозитного ДВС

Для примера на рис. 6 показана векторная модель V-образного двигателя, выполненная в среде КДАМ, на рис. 7 и 8 показаны индикаторные диаграммы, а на рис. 9 показана моделирование этого же двигателя в среде ADAMS/View.

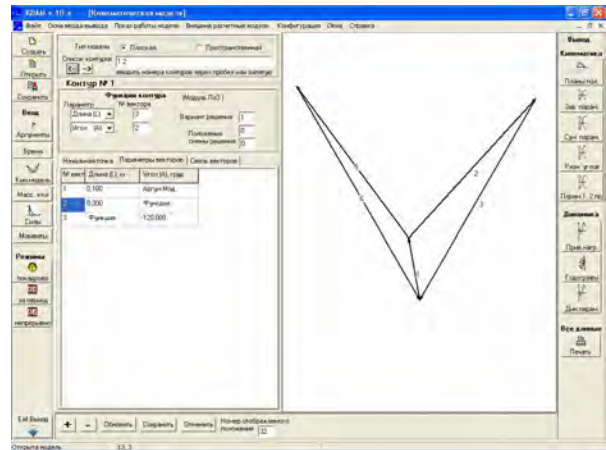


Рис. 6. Векторная модель V-образного ДВС, выполненная в среде КДАМ

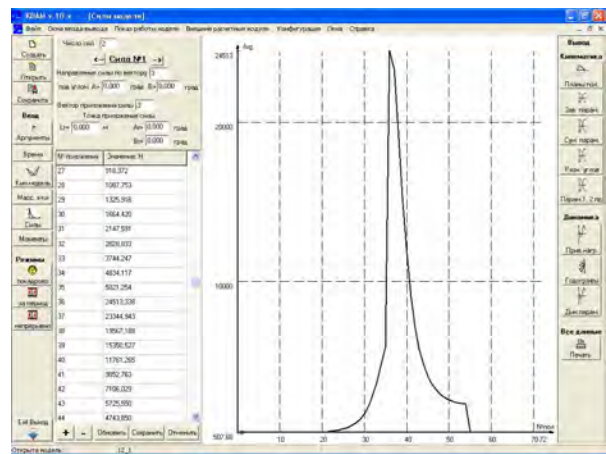


Рис. 7. Индикаторная диаграмма для правого поршня

Выполнено сравнение результатов расчёта модуля ADAMS/View и программы КДАМ, также было выполнено графическое исследование. На рис. 10-13 показано сравнение кинематических характеристик V-образного двигателя: скорости (рис. 10) и ускорения (рис. 11) поршня; скорости (рис. 12) и ускорения (рис. 13) центра масс шатуна в зависимости от угла поворота кривошипа.

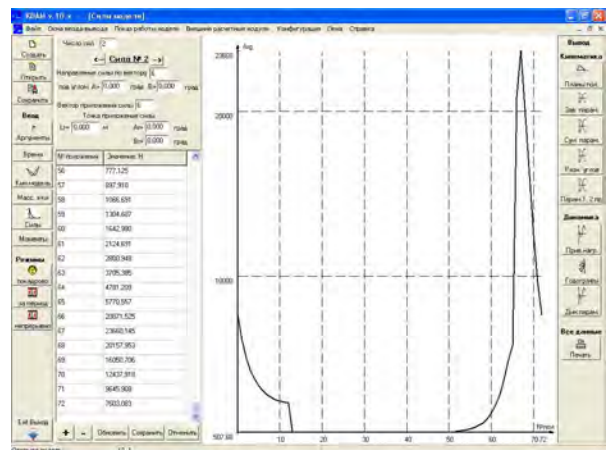


Рис. 8. Индикаторная диаграмма

для левого поршня

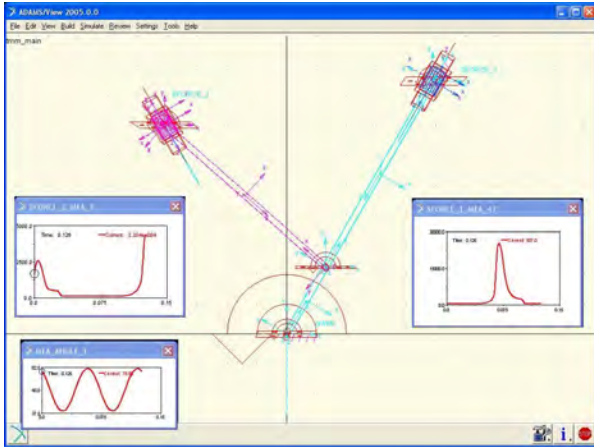


Рис. 9. Модель V-образного ДВС, выполненная в среде ADAMS

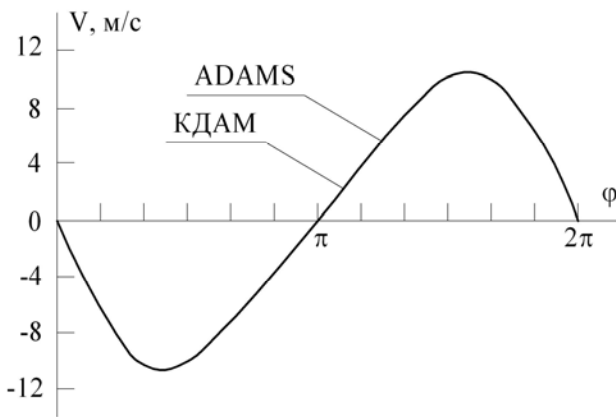


Рис. 10. Сравнение скорости поршня

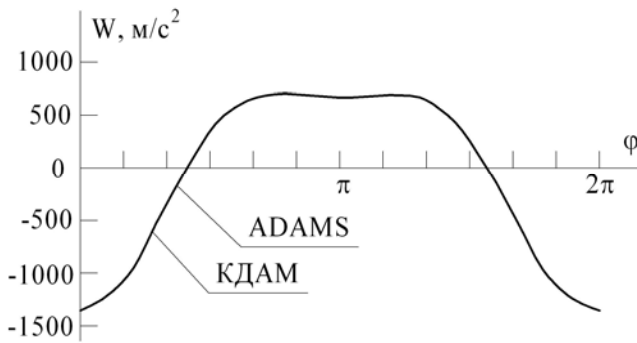


Рис. 11. Сравнение ускорения поршня

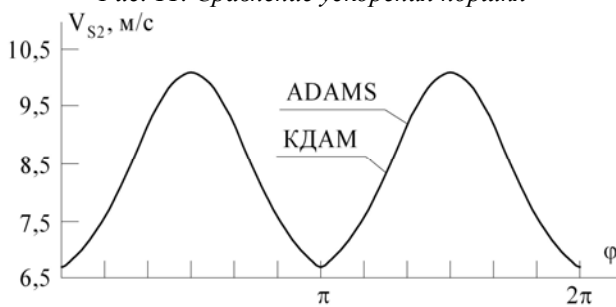


Рис. 12. Сравнение скорости центра масс шатуна

При сравнении кинематических характеристик видно хорошее совпадение резуль-

татов расчёта кинематических характеристик.

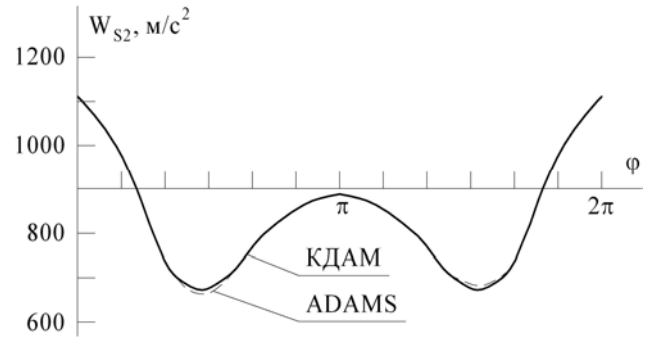


Рис. 13. Сравнение ускорения центра масс шатуна

Для расчёта подшипников необходимо определить нагрузки (реакции в шарнирах). На рис. 14-17 показано сравнение реакций в трибосопряжениях: цилиндр-поршень (рис. 14); поршень-шатун (рис. 15); шатунный подшипник (рис. 16); коренной подшипник (рис. 17) в зависимости от угла поворота кривошипа.

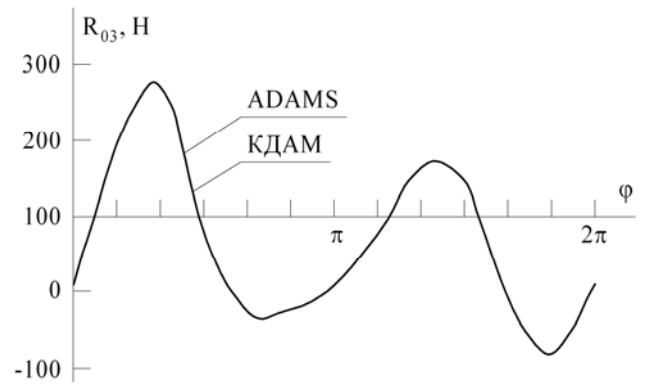


Рис. 14. Сравнение реакции цилиндр-поршень

При расчётах реакций модулем ADAMS/View в шарнирах для положений, когда шатун совершает поступательное движение, получаются забросы величин реакций (рис. 18), в остальных положениях отличие результатов не превышает 3 %.

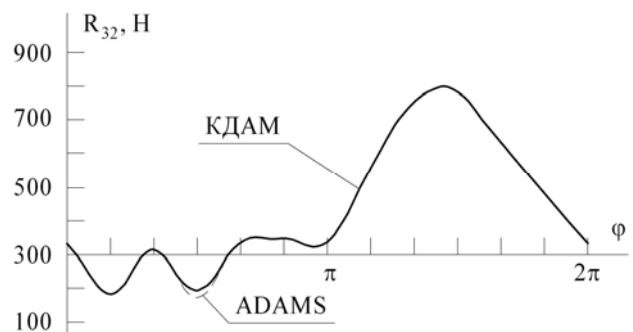


Рис. 15. Сравнение реакции поршень-шатун

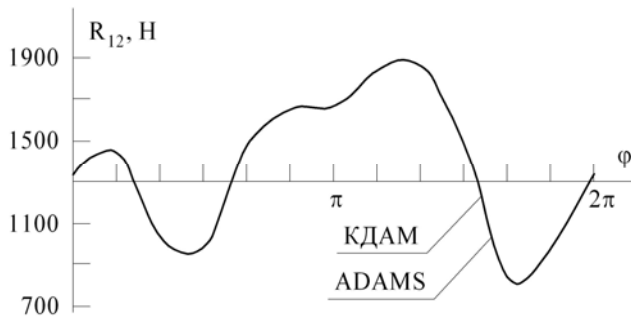


Рис. 16. Сравнение реакции для шатунного подшипника

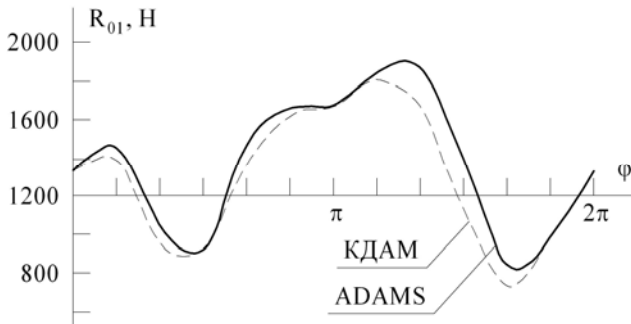


Рис. 17. Сравнение реакции для коренного подшипника

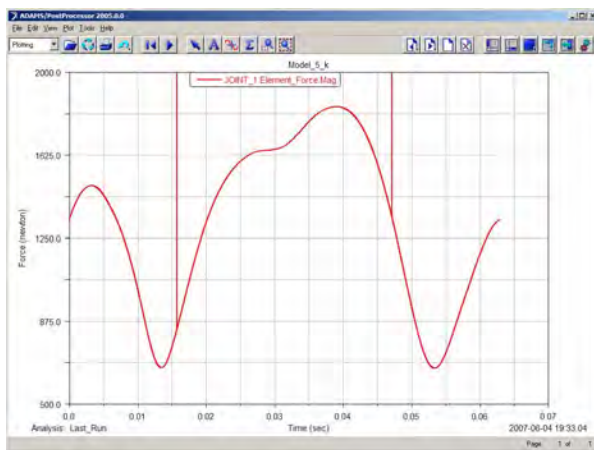


Рис. 18. Реакция для шатунного подшипника

Модуль ADAMS/View позволяет проводить уточнённые расчёты с учётом трения и деформаций и исследовать реальные объёмные модели ДВС (рис. 19).

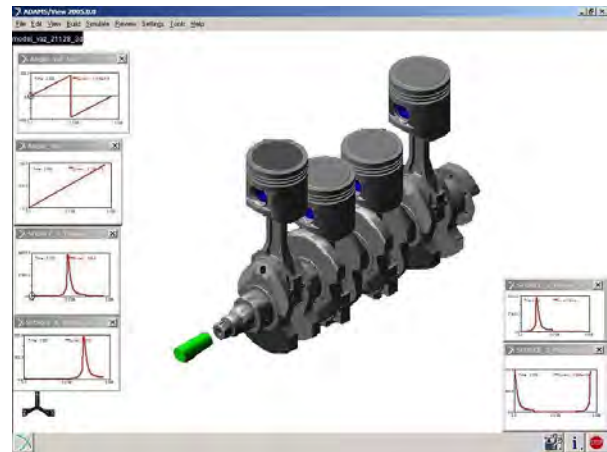


Рис. 19. Исследование 3-D модели ДВС

При проектировочных расчётах удобнее и проще пользоваться программой КДАМ, которая позволяет быстрее находить необходимый вариант параметров конструкции ДВС.

Библиографический список

1. **Иванов, А. А.** MSC.ADAMS: теория и элементы виртуального конструирования и моделирования: Учебное пособие / А.А. Иванов – М.: Московское представительство MSC.Software GmbH, 2003. 97 с.
2. **Семёнов, Б.П.** Кинематика двигателей внутреннего сгорания: Курс лекций / Б.П. Семенов.– Самара: СГАУ, 2003. 116 с.

References

1. **Ivanov, A.A.** MSC.ADAMS: the theory and elements of virtual designer and modeling: the Manual / A.A. Ivanov – M.: Moscow representation MSC.Software GmbH, 2003. – 97 p.
2. **Simeons, B.P.** Kinematics of internal combustion engines: the Rate of lectures / B.P. Simeons – Samara: SSAU, 2003. – 116 p.

CONSIDERATION OF ACTIVE FORCES AT INTERNAL-COMBUSTION ENGINE ANALYSIS IN MSC.ADAMS ENVIRONMENT

© 2009 V. P. Tukmakov, B. B. Kosenok, A. V. Tukmakov

Samara State Aerospace University

The dynamic analysis of internal-combustion engine in MSC.ADAMS environment requires calculation of piston applied gas pressure forces versus piston motion ratio. The analysis of indicator diagram is performed with KDAM code application depending upon piston diameter, compression ratio, pressure gain, advance angle. The dynamic analyses have been performed for in-line, V-type and opposed internal-combustion engines.

Dynamic research, internal combustion engine, the display diagram

Информация об авторах

Тукмаков Владимир Петрович, кандидат технических наук, доцент Самарского государственного аэрокосмического университета. E-mail: okmvt@ssau.ru. Область научных интересов: теория механизмов и машин, детали машин, триботехника.

Косенок Борис Борисович, кандидат технических наук, доцент Самарского государственного аэрокосмического университета. E-mail: okmvt@ssau.ru. Область научных интересов: теория механизмов и машин, динамика и прочность тепловых двигателей.

Тукмаков Антон Владимирович, соискатель кафедры основ конструирования машин Самарского государственного аэрокосмического университета. E-mail: okmvt@ssau.ru. Область научных интересов: теория механизмов и машин, детали машин, триботехника.

Tukmakov Vladimir Petrovich, Candidate of Engineering Science, the senior lecturer of Samara State Aerospace University. E-mail: okmvt@ssau.ru. Area of research: the theory of mechanisms and machines, details of machines, tribotecnika.

Kosenok Boris Borisovich, Candidate of Engineering Science, the senior lecturer of Samara State Aerospace University. E-mail: okmvt@ssau.ru. Area of research: the theory of mechanisms and machines, dynamics and durability of thermal engines.

Tukmakov Anton Vladimirovich, the competitor of faculty of bases of designing of machines of Samara State Aerospace University. E-mail: okmvt@ssau.ru. Area of research: the theory of mechanisms and machines, dynamics and durability of thermal engines.