

Информационные технологии, моделирование и управление

Оригинальная статья/Original article

УДК 532

DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-4-69-74>

Программная реализация кинематического и силового расчета четырехтактного двигателя

Виталий Н. Василенко	¹	vvn_1977@mail.ru
Александр С. Сидоренко	²	sas1.vrn@mail.ru
Антон Н. Веретенников	²	anton-v-v@yandex.ru
Алексей В. Ярыгин	²	

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

² Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военная воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул. Старых Большевиков, 54 а, г. Воронеж, 394064, Россия

Аннотация. Выполнена разработка алгоритма и программного обеспечения для автоматизации кинематических и силовых расчетов кривошипно-ползунного механизма (КПМ). Программа позволяет в автоматическом режиме после ввода исходных данных наглядно продемонстрировать на экране дисплея работу КПМ, получить изображения векторных определяемых кинематических и динамических параметров, привязанных к заданному положению механизма, и считать с экрана модули и величины, определяющие направления рассчитанных параметров. Особое внимание при разработке программного обеспечения было уделено удобству и облегчению работы с компьютером с учетом сравнительно невысокого уровня подготовленности основной массы обучаемых к выполнению таких действий на ЭВМ. С целью обеспечения этого предусмотрен диалоговый режим ввода исходных данных. Этому же способствует унификация исходной схемы КПМ. Такой подход потребовал дополнительного согласования сравниваемых результатов с учетом пространственного расположения рассчитываемой части механизма, заданной системы отсчета углового положения и направления вращения кривошипа. Разработанная программа имеет следующие варианты применения: демонстрационный, тренировочный, проверочный и анализирующий. Демонстрационный вариант используется в случаях необходимости наглядного выяснения кинематического взаимодействия между звеньями механизма и рассмотрения особенностей движения звеньев и точек КПМ. Возможности тренировочного режима определяются при анализе особенностей и видов движения отдельных звеньев и характерных точек рассматриваемого механизма и его аналогов, возникающих при изменении одного или нескольких параметров. При использовании проверочного варианта имеется возможность надежного контроля выполненных расчетов и полученных результатов. В анализирующем варианте предполагается, с одной стороны, проанализировать характер качественного и количественного изменения интересующих нас параметров на отдельных сопряженных участках работы механизма, а с другой – проследить изменение соответствующих кинематических и силовых параметров в зависимости от принятых исходных данных и положения механизма.

Ключевые слова: программа, математическая модель, кинематический расчёт, силовой расчет, четырехтактный двигатель

Program realization of the kinematic and power calculation of a four-stroke engine

Vitalii N. Vasilenko	¹	vvn_1977@mail.ru
Aleksandr S. Sidorenko	²	sas1.vrn@mail.ru
Anton N. Veretennikov	²	anton-v-v@yandex.ru
Aleksey V. Yarygin	²	

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

² Russian Air Force Military Educational and Scientific Center "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin", Starykh Bolshevikov St., 54a, Voronezh, 394064, Russia

Abstract. The development of the algorithm and software for the automation of kinematic and force calculations of the crank-slider mechanism (KPM). The program allows you to automatically demonstrate the operation of the PMC on the display screen after entering the initial data, obtain images of the vector defined kinematic and dynamic parameters associated with a given position of the mechanism, and read the modules and values determining the directions of the calculated parameters from the screen. Special attention in the development of software was paid to the convenience and ease of working with a computer, taking into account the relatively low level of readiness of the majority of students to perform such actions on a computer. In order to ensure this, an interactive input mode is provided. The unification of the original KPM scheme also contributes to this. Such an approach required additional agreement of the compared results, taking into account the spatial location of the calculated part of the mechanism, given the reference system of the angular position and direction of rotation of the crank. The developed program has the following applications: demo, training, testing and analyzing. The demonstration option is used in cases where it is necessary to clearly understand the kinematic interaction between the links of the mechanism and to consider the peculiarities of movement of the links and points of the PMC. The capabilities of the training mode are determined by analyzing the characteristics and types of movement of individual units and characteristic points of the mechanism under consideration and its analogues that arise when one or more parameters change. When using the verification option, it is possible to reliably monitor the calculations performed and the results obtained. In the analyzing variant, it is assumed, on the one hand, to analyze the nature of the qualitative and quantitative changes in the parameters of interest to us in the individual conjugate parts of the mechanism, and on the other, to trace the change in the corresponding kinematic and force parameters depending on the initial data and the position of the mechanism.

Keywords: program, mathematical model, kinematic calculation, force calculation, four stroke engine

Для цитирования

Василенко В.Н., Сидоренко А.С., Веретенников А.Н., Ярыгин А.В. Программная реализация кинематического и силового расчета четырехтактного двигателя // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 4. С. 69–74. doi:10.20914/2310-1202-2018-4-69-74

For citation

Vasilenko V.N., Sidorenko A.S., Veretennikov A.N., Yarygin A.V. Program realization of the kinematic and power calculation of a four-stroke engine. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 4. pp. 69–74. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-4-69-74

Введение

Программа предусматривает проведение комплексного кинематического и силового исследования одно- или двухцилиндровых кривошипно-ползунных механизмов (КПМ) двигателей внутреннего сгорания [1, 2]. Ограничение числа цилиндров связано со стремлением к уменьшению объемов однотипных расчетов для получения приемлемого соотношения с предполагаемым временем выполнения работы.

В результате выполнения силового расчета определяются усилия, действующие на звенья кривошипно-ползунного механизма двигателя, находятся реакции связей каждого из звеньев и вычисляется уравновешивающий момент, который прикладывается к коленчатому валу двигателя со стороны трансмиссии и обеспечивает выполнение условий равновесия двигателя. Данные, полученные в рамках силового расчета, в дальнейшем необходимы для уточнения кинематического и силового расчетов при выполнении аналогичных расчетов по следующим приближениям, проведении дальнейших расчетов на прочность, жесткость, износостойкость, для анализа колебательных процессов и многого другого [3–11].

Программа позволяет в автоматическом режиме после ввода исходных данных наглядно продемонстрировать на экране дисплея работу КПМ, получить изображения векторных определяемых кинематических и динамических параметров, привязанных к заданному положению механизма, и считать с экрана модули и величины, определяющие направления рассчитанных параметров.

Описание программы

Постановка задачи. Кинематический и силовой анализ КПМ четырехтактного двухцилиндрового двигателя внутреннего сгорания. При этом рассчитываются линейные и угловые ускорения звеньев КПМ, определяются действующие на них усилия и уравновешивающий момент.

Цель исследования – визуализировать работу КПМ и траектории движения характерных его точек, автоматизировать расчет линейных и угловых скоростей и ускорений звеньев КПМ и уравновешивающего момента. Разработать программу в среде Turbo-Pascal для работы в любой системной среде.

Алгоритм программы. Для кинематического и силового анализа КПМ выполняются исследования характера движения заданных точек механизма (шарниров В и Е, соединяющих шатуны и поршни цилиндра и центры масс С и D шатунов). С этой целью в рамках первого этапа программирования составлены уравнения движения этих точек, определены их скорости

и ускорения, рассчитан радиус кривизны траектории центра масс шатуна С.

На втором этапе исследуются кинематические параметры движения звеньев механизма и их характерных точек с целью получения исходных данных для силового анализа, предусмотренного к выполнению в третьем этапе.

В итоге работы определяются реакции во всех соединениях звеньев механизма и уравновешивающий момент, приложенный к кривошипу в рассматриваемом положении.

Краткое описание программы. Программа, рассчитывающая механизмы ДВС, состоит из 9 частей.

1. Графическими утилитами выводится титульный лист (заставка) программы; описываются переменные и константы, непосредственно участвующие в решении задачи.

2. Ввод данных. Параметры, необходимые для расчетов вводятся пользователем с клавиатуры, при этом необходимо соблюдать единицы измерения величин. Ввод данных:

- радиус кривошипа;
- длина шатуна;
- угловое положение кривошипа;
- масса шатуна;
- масса поршня;
- радиус инерции шатуна;
- максимальное давление в цилиндре;
- частота вращения;
- диаметр цилиндра;
- относительное положение центра масс шатуна.

Линейные размеры вводятся в мм; масса поршня в кг; угловое положение кривошипа в градусах; радиус инерции шатуна в м; максимальное давление в цилиндре в Н/мм; частота вращения в об/мин; относительное положение центра масс шатуна – безразмерная величина принимает значения от 0,0 до 0,5.

1. Наглядное представление цикла работы ДВС представлено в режиме анимации.

2. Исследование движения точек механизма ДВС. Составлены уравнения движения заданных исследуемых точек с последующим определением по ним векторов скоростей и ускорений, радиуса кривизны траектории движения центра тяжести шатуна в соответствующий заданному положению механизма момент времени.

3. Кинематическое исследование звеньев механизма. Отыскиваются кинематические параметры, определяющие движение каждого из звеньев механизма и характерных их точек, необходимых для перехода к третьему этапу (силовому расчету механизмов).

4. Силовой расчет кривошипно-ползунного механизма ДВС. Рассчитывается и оценивается величина внешних и инерционных сил и моментов, прикладываемых к подвижным звеньям рассматриваемого механизма при его работе в заданном режиме и положении.

Вычисляются внешние и внутренние реакции, которые действуют на каждые из подвижных звеньев со стороны сопряженных с ними элементов.

Определяется уравнивающий момент, который, с одной стороны, необходим для обеспечения равновесия механизма ДВС в рассматриваемом положении, а с другой – показывает момент, передаваемый на трансмиссию.

5. Вывод данных. На экран выводятся полученные значения искоемых величин. При этом для каждого этапа свои значения выводятся отдельно.

6. На экран выводится диаграмма перемещения поршня.

7. На экран выводится циклограмма работы ДВС.

Для повышения информативности и обеспечения возможностей тестовых проверок была проведена разработка алгоритма и программного обеспечения для автоматизации кинематических и силовых расчетов КПП. Листинг разработанной и отлаженной программы приведен ниже¹.

```
Program КПП;
Uses Crt, Graph;
var Driver, k, il, I, mj, x8, y8, X9,
Y9, g, x, xl, xl1, y, yl, Mode: integer;
var C, S, C3, S3, fl, rl, lr, r2, l2,
II, w, mq, Vx, Vy, Vc, Wx, Wy, Wc,
Wt, Wn, Rcp, Av, Aw, A2, Vb, Va, Vcl,
a, b, d, VV1, Ps,
Av1, Be, q: real; var h, w2, Wn1,
Wt1, Wal, Wcl, Wcy, Wox, Wtc, Wnc,
Wb, E, Aw1, F2i, G2, G5, F3i, M2i,
R12t, R03,
R12n, dl2, My2, R01x, R01y, Myp, RO1,
A1: real; var Mp, Ms, Es, Pl, Iks,
o, Pm, dl, M2, M3, i2: real; var r,
f, l, n: integer; type rx=array[0..360] of real; var Ym, Xm: rx;
label sot, sat, sun; const gl=9.81;
r3=100; l3=250; var st:string;
begin
-
-
-
{Ввод данных}
Writeln ('Введите данные:');
```

```
write (' радиус кривошипа: '); readln(r);
write (' длина шатуна: '); readln(l);
sun; write (' угловое положение кривошипа: '); readln(i);
if (f<0) or (f>720) then goto sun;
write (' масса шатуна: '); readln(M2);
write (' масса поршня: ');
readln(M3);
write (' радиус инерции шатуна: ');
readln(I2);
write (' максимальное давление в цилиндре: '); readln(Pm);
write (' частота вращения: ');
readln(n);
write (' диаметр цилиндра: ');
readln(dl);
sat: writeln (' относительное положение ');
write (' центра масс шатуна: ');
readln(o);
if (o<0) or (o>l) then goto sat;
fl:=pi*f/180; rl:=r/1000; l1:=l/1000;
C:=r*cos(fi)/1000; S:=r*sin(fi)/1000.
-
-
-
{Расчеты}
w:= pi*n/30;
Vx:= - s*w-o*(rl*rl)
w*sin(2*fl)/(2*sl(I));
Vy:= (l-o)*c*w;
Vc:=sqrt(Vx*Vx+Vy*Vy);
Wx:= - c*w» w-o*rl *rl
*w*w*((cos(2*n)/wt((l I *l1 -
w*w)))+(rl *rl *sqrt(sin(24)))/
(4*sqrt(sqr(II *II - s*s)*(II *II -
s*s)))));
Wy:= -(l-o)*s*w*w;
Wc:=sqrt(Wx*Wx+Wy*Wy);
Wt:= (Wx*Vx+Wy*Vy) A*c;
Wn:=sqrt(Wc*Wc-Wt*Wt);
Rcp:=Vc*Vc/Wn*1000;
If Vx>0 then Av:=
arctan((l/Vx)*sqrt(Vc*Vc-Vx*Vx))*
IH0/pi
else Av:=
180+arctan((IA*x)*sqrt(Vc*Vc-
Vx*Vx))*l(t0)/pl.
If Vy>0 then Av:=Av else Av:=-Av+360;
If Wx>0 then
Aw:=arctan((l/Wx)*sqrt(Wc*Wc-
Wx*Wx))*IK/pi
else Aw:=
180+arctan((l/Wx)*sqrt(Wc*Wc-
Wx*Wx))*IRO/pi.
If Wy>0 then Aw:=Aw else Aw:=-Aw+160;
{Graph Mode}
C3:=r3*cos(fi); S3:= r3 * in(fi);
Driver:=Delect;
```

¹ Полный текст программы приведен на сайте журнала в разделе дополнительные материалы статьи. URL: www.vestnik-vsuet.ru

```

InitGraph (Driver, Mixle,""),
SetTextStyle(0,0, 1);
SetBkColor (1);
SetColor (10);
For l:=0to720<1 do for j:=0 to 10 do
lr:=l*pi/180;
C3:=r3*cos(lr) .
-
-
-
Driver:=Detect;
InitGraph (Driver, Mode,"");
SetBkColor (1);
Line (80,100,540,100);
Line (80,150,540,150);
OutTextXY (87,110, положение');
OutTextXY(87,130,'кривошипа в
град. ');
OutTextXY (87,160,'Такты рабочего');
OutTextXY (87,180,' цикла цилиндра');
OutTextXY (210,80,'ЦИКЛОГРАММА РАБОТЫ
ДВИ');
OutTextXY (263,175,'ГА');
OutTextXY (339,175,'ТЕ');
OutTextXY (416,175,'ЛЯ. ');
OutTextXY (493,175,'Н. ');
OutTextXY (235,141,'О');
OutTextXY (297,141,'180');
OutTextXY (374,141,'360');
OutTextXY (451,141,'540');
OutTextXY (516,141,'720');
Line (80,200,540,200);
Line (80,100,80,200);
Line (540,100,540,200);
Line (232,100,232,200); for i:=1 to 3
do begin
Line (232+round(i*77),
150,232+round(i*77), 200); end;
str(f, st);
SetColor (13); for i:=0 to 6 do begin
h:=i*14;
Line (232+round(308/720*f),
round(104+h), 232+round(Um/7*(M), KM
t +round(((i+1)*7+74)));
end;
OutTextXY (234+round(308/720*f),
107,'f=');
OutTextXY (252+round(308/720*0,107,
st); readIn;
CloseGraph;
end.

```

Особое внимание при разработке программного обеспечения было уделено удобству и облегчению работы с компьютером с учетом сравнительно невысокого уровня подготовленности основной массы обучаемых к выполнению таких действий на ЭВМ. С целью обеспечения этого предусмотрен диалоговый режим ввода исходных данных.

Заключение

Разработанный алгоритм кинематического и силового анализа и его программная реализация позволяют после введения минимально необходимого числа исходных данных в автоматизированном режиме:

- продемонстрировать кинематическое и силовое взаимодействие в анимационном режиме между звеньями КПП ДВС;
- наблюдать на экране дисплея траекторию движения любой характерной точки механизма;
- за короткий промежуток времени получить значения кинематических и силовых параметров, определяющих кинематическое и силовое взаимодействие между звеньями КПП в указанном положении.

В результате имеем следующие варианты применения разработанной программы:

- демонстрационный;
- тренировочный;
- проверочный;
- анализирующий.

Демонстрационный вариант используется в случае необходимости наглядного уяснения кинематического взаимодействия между звеньями механизма и рассмотрения особенностей движения звеньев и точек КПП.

Возможности тренировочного режима определяются при анализе особенностей и видов движения отдельных звеньев и характерных точек рассматриваемого механизма и его аналогов, возникающих при изменении одного или нескольких параметров.

При использовании проверочного варианта есть возможность надежного контроля выполненных расчетов и полученных результатов как на отдельных этапах работы, так и итоговых результатов.

В четвертом анализирующем варианте имеем возможности, с одной стороны, проанализировать характер качественного и количественного изменения интересующих нас параметров на отдельных сопряженных участках работы механизма, а с другой – проследить изменение соответствующих кинематических и силовых параметров в зависимости от принятых исходных данных и положения механизма.

Полученное программное обеспечение может быть использовано для подготовки инженеров по направлениям 23.05.02 – «Транспортные средства специального назначения» и 16.05.01 – «Специальные системы жизнеобеспечения» при изучении дисциплин «Теория машин и механизмов», «Детали машин и основы конструирования».

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Сидоренко А.С., Потапов А.И. Математическая модель кинетостатического расчета плоских рычажных механизмов // Вестник ВГУИТ. 2016. № 1. С. 70–78.
- 2 Васечкин М.А., Матвеева Е.В., Сидоренко А.С., Чертов Е.Д. Программная реализация математической модели кинетостатического расчета плоских рычажных механизмов // Вестник ВГУИТ. 2016. № 4. С. 85–89.
- 3 Кун С., Госселин К. Структурный синтез параллельных механизмов. М.: Физматлит, 2012. 276 с.
- 4 Каганов Ю.Т., Хейло С.В., Глазунов В.А. Параллельные механизмы – новое направление в машиноведении // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2014. № 2–1. С. 52–56.
- 5 Le Xyan Ann. Dynamics of Mechanical Systems with Coulomb Friction (Foundations of engineering mechanics). Berlin: Springer, 2011. 272 p.
- 6 Nosonovsky M. Friction-Induced Vibrations and Self-Organization Mechanics. Oxford University Press, 2013. 244 p.
- 7 Vinu K.S., Ghosal A. Singularity Analysis of Closed-loop Mechanisms and Parallel Manipulators // 15-th National Conference on Machines and Mechanisms. 2011. P. 1–9.
- 8 Blanc D., Shvalb N. Generic singular configurations of linkages // Topology and applications. 2012. V. 159. № 3. P. 877–890.
- 9 Taghavifar H., Mardani A. Off-road vehicle dynamics. Springer, 2017. 183 p.
- 10 Jin Y., Luo X. Stochastic optimal active control of a half-car nonlinear suspension under random road excitation // Nonlinear Dynamics. 2013. V. 72. № 1. P. 185–195. doi: 10.1007/s11071-012-0702-x.
- 11 Calim F.F. Dynamic analysis of composite coil springs of arbitrary shape // Composites: Part B. 2009. № 40. P. 741–757. doi: 10.1016/j.compositesb.2009.04.017.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Виталий Н. Василенко д.т.н., профессор, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, vvn_1977@mail.ru

Александр С. Сидоренко к.т.н., доцент, кафедра общепрофессиональных дисциплин, Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военная воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, 394064, Россия, sas1.vrn@mail.ru

Антон Н. Веретенников к.т.н., доцент, кафедра общепрофессиональных дисциплин, Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военная воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул. Старых Большевиков, 54 а, г. Воронеж, 394064, Россия, anton-v-v@yandex.ru

Алексей В. Ярыгин курсант, Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военная воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул. Старых Большевиков, 54 а, г. Воронеж, 394064, Россия

REFERENCES

- 1 Sidorenko A.S., Potapov A.I. Mathematical model of kinetostatic calculation of flat lever mechanisms. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 1. pp. 70–78. (in Russian).
- 2 Vasechkin M.A., Matveeva E.V., Sidorenko A.S., Chertov E.D. Program realization of mathematical model of kinetostatic calculation of flat lever mechanisms. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 4. pp. 85–89. (in Russian).
- 3 Kuhn S., Gosselin C. Strukturnyj sintez parallel'nyh mekhanizmov [Structural synthesis of parallel mechanisms]. Moscow, Fizmatlit, 2012. 276 p. (in Russian).
- 4 Kaganov Yu.T., Heylo S.V., Glazunov V.A. Parallel mechanisms – a new direction in engineering. *Teoreticheskie i prikladnye aspekty sovremennoj nauki* [Theoretical and applied aspects of modern science]. 2014. no. 2–1. pp. 52–56. (in Russian).
- 5 Le Xyan Ann, Dynamics of mechanical systems with Coulomb friction. (Foundations of mechanics). Berlin, Springer, 2011 p. 272.
- 6 Nosonovsky M. Friction-Induced vibrations and self-organization mechanics. Oxford University Press, 2013. 244 p.
- 7 Vinu K.S., Ghosal A. Singularity Analysis of Closed-loop Mechanisms and Parallel Manipulators. 15 th National Conference on Machines and Mechanisms. 2011. pp. 1–9.
- 8 Blanc D., Shvalb N. Generic singular configurations of linkages. Topology and applications. 2012. vol. 159. no. 3. pp. 877–890.
- 9 Taghavifar H., Mardani A. Off-road vehicle dynamics. Springer, 2017. 183 p.
- 10 Jin Y., Luo X. Stochastic optimal active control of a half-car nonlinear suspension under random road excitation. Nonlinear Dynamics. 2013. vol. 72. no. 1. pp. 185–195. doi: 10.1007/s11071-012-0702-x.
- 11 Calim F.F. Dynamic analysis of composite coil springs of arbitrary shape. Composites: Part B. 2009. no. 40. pp. 741–757. doi: 10.1016/j.compositesb.2009.04.017.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Vitalii N. Vasilenko Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of fats, processes and devices of chemical and foods productions department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, vvn_1977@mail.ru

Aleksandr S. Sidorenko Cand. Sci. (Engin.), associate professor, department of all-professional disciplines, Russian Air Force Military Educational and Scientific Center “Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin”, Starykh Bolshevikov St., 54a, Voronezh, Russia, sas1.vrn@mail.ru

Anton N. Veretennikov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, department of all-professional disciplines, Russian Air Force Military Educational and Scientific Center “Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin”, Starykh Bolshevikov St., 54a, Voronezh, Russia, anton-v-v@yandex.ru

Aleksey V. Yarygin cadet, Russian Air Force Military Educational and Scientific Center “Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin”, Starykh Bolshevikov St., 54a, Voronezh, Russia

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Виталий Н. Василенко предложил тематику исследований, осуществлял консультацию и руководство коллективом авторов

Александр С. Сидоренко составил описание математической модели кинематики и силового расчета четырехтактного V-образного двигателя, разработал программное обеспечение по реализации математической модели кинематического и силового расчета четырехтактного двигателя, написал рукопись, несёт ответственность за плагиат

Антон Н. Веретенников выполнил отладку программы для анализа кинематики и силового расчета примера механизма, провёл сравнительный анализ результата компьютерного расчёта с результатом расчётов, полученных графоаналитическим методом, выполнил корректировку и подачу рукописи в редакцию

Алексей В. Ярыгин провёл аналитический обзор информационных источников по исследуемой проблеме, предложил алгоритм программной реализации математической модели кинематического и силового расчета четырехтактного двигателя

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.10.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 16.11.2018

CONTRIBUTION

Vitalii N. Vasilenko has offered scope of researches, carried out consultation and the management of group of authors

Aleksandr S. Sidorenko compiled a description of the mathematical model of kinematics and power calculation of a four-stroke V-engine, developed software for implementing the mathematical model of kinematic and power calculation of a four-stroke engine, wrote the manuscript, is responsible for plagiarism

Anton N. Veretennikov performed debugging of a program for analyzing kinematics and force calculation of an example of a mechanism, carried out a comparative analysis of the result of computer calculation with the result of calculations obtained by the grapho-analytical method, performed an adjustment and submission of the manuscript to the editor

Aleksey V. Yarygin conducted an analytical review of information sources on the studied problem, proposed an algorithm for the software implementation of a mathematical model of kinematic and power calculation of a four-stroke engine

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 10.1.2018

ACCEPTED 11.16.2018