

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ДИНАМИЧЕСКОГО УРАВНОВЕШИВАНИЯ

*Кириенко Л.Е., Терехов Д.А., Комарь Е.В.*

*Томский промышленно – гуманитарный колледж, г.Томск*

**Ключевые слова:** сила инерции, динамические реакции, динамическое уравновешивание.

**Аннотация.** В статье рассмотрен пример исследовательской работы студентов первого курса ОГБПОУ «ТПГК» при изучении теоретической механики. В работе получены зависимости значений динамических реакций коленчатого вала от его угловой скорости. Представлены зависимости между расстоянием от шара до оси вращения и массой шара, присоединение которых устранит динамические нагрузки.

## INVESTIGATION OF DYNAMIC REACTIONS OF THE CRANKSHAFT AND SOLVING THE PROBLEM OF DYNAMIC BALANCING

*Kiriyenko L.E., Terekhov D.A., Komar E.V.*

*Tomsk industrial and humanitarian College, Tomsk*

**Keywords:** inertia force, dynamic reactions, dynamic balancing.

**Abstract.** The article considers an example of the research work of first-year students of OGBPOU "TPGC" in the study of theoretical mechanics. In this paper, the dependences of the values of the dynamic reactions of the crankshaft on its angular velocity are obtained. The dependences between the distance from the ball to the axis of rotation and the mass of the ball are presented, the connection of which will eliminate dynamic loads.

Настоящее время – это век информационных быстро развивающихся технологий. И одной из задач современного образования является подготовка специалистов, владеющих навыками к самообучению и саморазвитию. Техническая механика является фундаментом для многих технических дисциплин. При её изучении студенты сталкиваются с задачами, требующими творческого подхода, которые позволяют от учебных задач переходить к практическим профессиональным задачам.

Актуальным приемом реализации обучения студентов при изучении теоретической механики является исследовательская работа [1]. Исследовательские задания мотивируют студентов к изучению необходимого теоретического материала, развивают способность ставить задачи и выбирать путь решения, развивают творческое мышление [2].

В данной работе приведем пример исследовательской работы студентов по определению динамических реакций коленчатого вала и решение задачи динамического уравновешивания.

Расчет реакций будем проводить с использованием принципа Даламбера, который позволяет применить к телу, движущемуся с ускорением, уравнения статики, если ко всем действующим на данное тело силам добавить силы инерции [3]. Динамическое уравновешивание сил инерции вращающегося тела

можно осуществить при помощи одной или двух точечных масс (шаров), присоединение которых устраняет динамическое давление на опоры.

Рассмотрим коленчатый вал, который вращается с постоянной угловой скоростью  $\omega$ . Длина каждого колена  $h=0,2$  м, масса каждого колена  $m=2$  кг,  $l_1=0,5$  м,  $l_2=0,5$  м,  $b=0,3$  м. (рис. 1).

Для определения динамических реакции в подшипниках А и В добавим силы инерции звеньев коленчатого вала, в данном случае это будут только нормальные силы инерции поскольку вал вращается с постоянной угловой скоростью.

Сила инерции каждого вертикального стержня колена равна:

$$\Phi_3 = \Phi_4 = m\omega^2 * \frac{h}{2} = 0,2 * \omega^2.$$

Модуль силы инерции горизонтального стержня колена вала равен:

$$\Phi_5 = m * \omega^2 * h = 0,4 * \omega^2.$$

Силы инерции направлены противоположно нормальному ускорению центров тяжести стержней вала.

Равнодействующая сил инерции коленчатого вала равна (рис. 1):

$$R_{ин} = \Phi_3 + \Phi_4 + \Phi_5 = 0,8 * \omega^2.$$

Динамические реакции направим вниз.

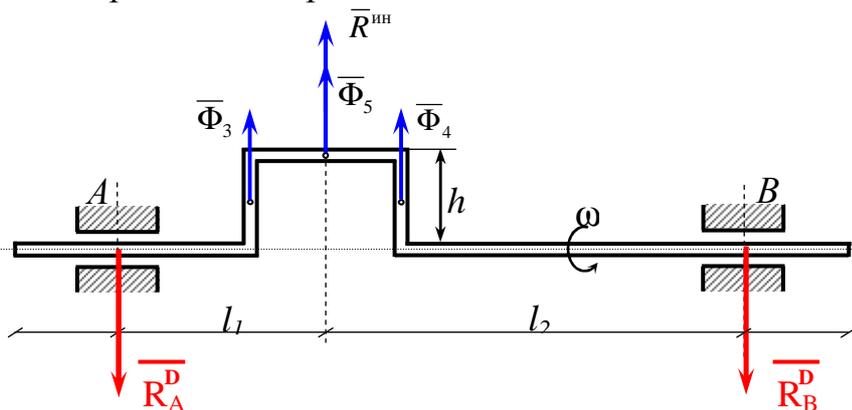


Рис. 1. Схема коленчатого вала

Составим уравнения равновесия для полученной системы сил:

- 1)  $\sum m_A(\bar{F}_i) = R_{ин} * l_1 - R_B^D * (l_1 + l_2) = 0,$
- 2)  $\sum m_B(\bar{F}_i) = -R_{ин} * l_2 + R_A^D * (l_1 + l_2) = 0.$

Из полученных уравнений равновесия определим искомые динамические реакции как функции угловой скорости вала. Результаты представим на графике (рис. 2).

Представленные на графике зависимости динамических реакций от угловой скорости показывают, что с увеличением значений угловой скорости динамические реакции существенно увеличиваются. При этом отметим, что если увеличить массу каждого колена или его длину, то динамические реакции увеличатся в несколько раз. Это может привести к выходу из строя подшипников.

Подберем точечные массы (шары), присоединение которых устраняет динамические давления на подшипники.



какой длины стержень, то по графику можем определить массу шарика, который необходимо добавить к валу для устранения динамических реакций.

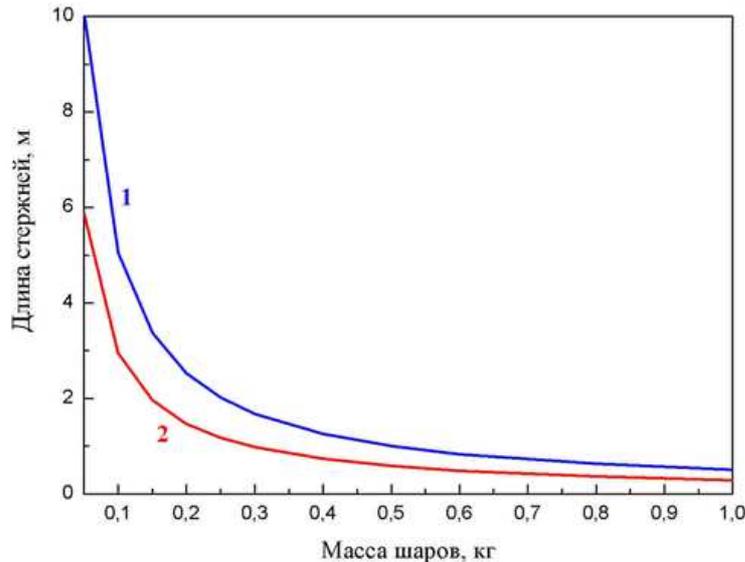


Рис. 4. Зависимость длины стержней от масс шаров

### Выводы

В работе исследованы зависимости динамических реакций от угловой скорости, которые показывают, что с увеличением значений угловой скорости динамические реакции существенно увеличиваются.

Проведено исследование, которое показало, что динамические нагрузки могут быть устранены путем присоединения точечных масс, причем различных конфигураций (масса и длина стержня). Вычислены и графически представлены зависимости между расстоянием от шара до оси вращения и массой шара.

Полученные в результате расчета методом кинетостатики динамические реакции могут использоваться для расчета на прочность элементов механизма.

### Список литературы

1. Маркин Ю.С., Казанцева Н.С. Научно-исследовательская работа студентов первого курса по теоретической механике // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2013. – №2(17). С. 135-146.
2. Комарь Е.В., Ковалевская Т.А., Земченков А.П., Цепяев Д.К. Развитие исследовательских способностей у студентов при изучении теоретической механики // Фундаментальные основы механики. – 2018. – №3. – С. 17-19.
3. Бондарь В.С., Рябов В.Г., Сухомлинов Л.Г., Михайлова В.Л. Метод кинетостатики в задачах определения динамических реакций связей: Учебное пособие/ Под ред. В.С. Бондаря – М.: Издат. МГТУ “МАМИ”, 2009. – 66 с.

### Сведения об авторах:

*Кириенко Лев Евгеньевич* – студент ТПГК, г.Томск;

*Терехов Данил Андреевич* – студент ТПГК, г.Томск;

*Комарь Елена Васильевна* – к.ф.-м.н., доцент, преподаватель ТПГК, г.Томск.