

ISSN 2224-5227

2015 • 2

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ
БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

REPORTS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ЖУРНАЛ 1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН

ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1944 г.

PUBLISHED SINCE 1944



Бас редактор
ҚР ҰҒА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Редакция алқасы:

хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әдекенов С.М.** (бас редактордың орынбасары), эк.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әділов Ж.М.**, мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Арзықұлов Ж.А.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Бишімбаев У.К.**, а.-ш.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Есполов Т.И.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұтанов Г.М.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**, пед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Пралиев С.Ж.**, геогр.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Северский И.В.**; тарих.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Сыдықов Е.Б.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**, тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбүсейітова М.Х.**, экон. ғ. докторы, проф., ҰҒА корр. мүшесі **Бейсембетов И.К.**, биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жамбакин К.Ж.**, тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Кәрібаев Б.Б.**, мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Локшин В.Н.**, геол.-мин. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірсеріков М.Ш.**, физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.**, физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Садыбеков М.А.**, хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Сатаев М.И.**; а.-ш.ғ. докторы, проф. **Омбаев А.М.**

Редакция кеңесі:

Украинаның ҰҒА академигі **Гончарук В.В.** (Украина), Украинаның ҰҒА академигі **Неклюдов И.М.** (Украина), Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **Гордиенко А.И.** (Беларусь), Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Дука Г.** (Молдова), Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Илолов М.И.** (Тәжікстан), Қырғыз Республикасының ҰҒА академигі **Эркебаев А.Э.** (Қырғызстан), Ресей ҒА корр. мүшесі **Величкин В.И.** (Ресей Федерациясы); хим.ғ. докторы, профессор **Марек Сикорски** (Польша), тех.ғ. докторы, профессор **Потапов В.А.** (Украина), биол.ғ. докторы, профессор **Харун Парлар** (Германия), профессор **Гао Энджун** (КХР), филос. ғ. докторы, профессор **Стефано Перни** (Ұлыбритания), ғ. докторы, профессор **Богуслава Леска** (Польша), философия ғ. докторы, профессор **Полина Прокопович** (Ұлыбритания), профессор **Вуйцик Вольдемар** (Польша), профессор **Нур Изура Удзир** (Малайзия), д.х.н., профессор **Нараев В.Н.** (Ресей Федерациясы)

Главный редактор
академик НАН РК **М.Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **С.М. Адекенов** (заместитель главного редактора), доктор экон. наук, проф., академик НАН РК **Ж.М. Адилов**, доктор мед. наук, проф., академик НАН РК **Ж.А. Арзыкулов**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **В.К. Бишимбаев**, доктор сельскохозяйств. наук, проф., академик НАН РК **Т.И. Есполов**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Г.М. Мутанов**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**, доктор пед. наук, проф., академик НАН РК **С.Ж. Пралиев**, доктор геогр. наук, проф., академик НАН РК **И.В. Северский**; доктор ист. наук, проф., академик НАН РК **Е.Б. Сыдыков**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Х. Абусейтова**, доктор экон. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **И.К. Бейсембетов**, доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **К.Ж. Жамбакин**, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.Б. Карибаев**, доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Локшин**, доктор геол.-мин. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Ш. Омирсериков**, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов**, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.А. Садыбеков**, доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.И. Сатаев**, доктор сельскохозяйств. наук, проф., **А.М. Омбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **Гончарук В.В.** (Украина), академик НАН Украины **И.М. Неклюдов** (Украина), академик НАН Республики Беларусь **А.И.Гордиенко** (Беларусь), академик НАН Республики Молдова **Г. Дука** (Молдова), академик НАН Республики Таджикистан **М.И. Илолов** (Таджикистан), член-корреспондент РАН **Величкин В.И.** (Россия); академик НАН Кыргызской Республики **А.Э. Эркебаев** (Кыргызстан), д.х.н., профессор **Марек Сикорски** (Польша), д.т.н., профессор **В.А. Потапов** (Украина), д.б.н., профессор **Харун Парлар** (Германия), профессор **Гао Энджун** (КНР), доктор философии, профессор **Стефано Перни** (Великобритания), доктор наук, профессор **Богуслава Леска** (Польша), доктор философии, профессор **Полина Прокопович** (Великобритания), профессор **Вуйцик Вольдемар** (Польша), профессор **Нур Изура Удзир** (Малайзия), д.х.н., профессор **В.Н. Нараев** (Россия)

«Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан» ISSN 2224-5227

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год. Тираж: 3000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г.Алматы, ул.Шевченко, 28, ком.218-220, тел. 272-13-19, 272-13-18

<http://nauka-nanrk.kz>, reports-science.kz

Адрес типографии: ИП «Аруна», г.Алматы, ул.Муратбаева, 75

©Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015 г.

E d i t o r i n c h i e f

M.Zh. Zhurinov, academician of NAS RK

Editorial board:

S.M. Adekenov (deputy editor in chief), Doctor of Chemistry, prof., academician of NAS RK; **Zh.M. Adilov**, Doctor of Economics, prof., academician of NAS RK; **Zh.A. Arzykulov**, Doctor of Medicine, prof., academician of NAS RK; **V.K. Bishimbayev**, Doctor of Engineering, prof., academician of NAS RK; **T.I. Yespolov**, Doctor of Agriculture, prof., academician of NAS RK; **G.M. Mutanov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **S.Zh. Praliyev**, Doctor of Education, prof., academician of NAS RK; **I.V. Seversky**, Doctor of Geography, prof., academician of NAS RK; **Ye.B. Sydykov**, Doctor of Historical Sciences, prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **M.Kh. Abuseitova**, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **I.K. Beisembetov**, Doctor of Economics, prof., corr. member of NAS RK; **K.Zh. Zhambakin**, Doctor of Biological Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **B.B. Karibayev**, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Lokshin**, Doctor of Medicine, prof., corr. member of NAS RK; **M.Sh. Omirserikov**, Doctor of Geology and Mineralogy, prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; **M.A. Sadybekov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; **M.I. Satayev**, Doctor of Chemistry, prof., corr. member of NAS RK; **A.M. Ombayev**, Doctor of Agriculture, prof.

Editorial staff:

V.V. Goncharuk, NAS Ukraine academician (Ukraine); **I.M. Neklyudov**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.I. Gordienko**, NAS RB academician (Belarus); **G. Duca**, NAS Moldova academician (Moldova); **M.I. Iolov**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **A.E. Erkebayev**, NAS Kyrgyzstan academician (Kyrgyzstan); **V.I. Velichkin**, RAS corr.member (Russia); **Marek Sikorski**, Doctor of Chemistry, prof. (Poland); **V.A. Potapov**, Doctor of Engineering, prof. (Ukraine); **Harun Parlar**, Doctor of Biological Sciences, prof. (Germany); **Gao Endzhun**, prof. (PRC); **Stefano Perni**, Doctor of Philosophy, prof. (UK); **Boguslava Leska**, dr, prof. (Poland); **Pauline Prokopovich**, Doctor of Philosophy, prof. (UK); **Wójcik Waldemar**, prof. (Poland), **Nur Izura Udzir**, prof. (Malaysia), **V.N. Narayev**, Doctor of Chemistry, prof. (Russia)

Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

ISSN 2224-5227

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5540-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 3000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of.219-220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz/> reports-science.kz

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

Research of dynamics of a centrifugal pendulum absorber of torsional vibration

Ualiyev G., Jomartov A.A.

Institute of Mechanics & Mechanical Engineering named after U.A. Dzholdasbekov, Almaty
dgpimmash@mail.ru, legsert@mail.ru

Key words: pendulum, vibration, dynamics, SimulationX.

Abstract. The paper considers the dynamic research of the centrifugal pendulum absorber of torsional vibration. Centrifugal pendulum absorber of torsional vibration is used in modern machines for reduce vibration. The centrifugal pendulum absorber of torsional vibration reduces the vibrations in a wide frequency range. For the simulation of the dynamics of the centrifugal pendulum absorber of torsional vibration was used software package SimulationX. The analysis of the model of the elastic transmission driven by an internal combustion engine with a centrifugal pendulum absorber of torsional vibration on complex software SimulationX was performed.

УДК 621.01

Исследование динамики центробежного маятникового виброгасителя крутильных колебаний

Уалиев Г., Джомартов А.А.

Институт механики и машиноведения имени У.А. Джолдасбекова, МОН РК Алматы
dgpimmash@mail.ru, legsert@mail.ru

Ключевые слова: маятник, виброгаситель, динамика, SimulationX

Аннотация. В работе рассматривается динамическое исследование центробежного маятникового виброгасителя крутильных колебаний. Центробежные маятниковые виброгасители применяются в современных машинах для снижения вибрации. Центробежный маятниковый виброгаситель позволяет снизить колебания в широком диапазоне частот. Для моделирования динамики центробежного маятникового виброгасителя крутильных колебаний используется программный комплекс SimulationX. Проведен анализ модели упругой трансмиссии с приводом от двигателя внутреннего сгорания с центробежным маятниковым виброгасителем на программном комплекс SimulationX.

Машины и механизмы подвергаются воздействию колебаний (вибрации), которые возникают как при работе самой машины, так и при воздействии различных внешних сил. Разработка и исследование различных устройств защиты от вибраций является одной из актуальных задач в данное время. Снижение амплитуды колебаний машины или отдельных ее узлов достигается за счет установки специальных виброгасителей. Установка виброгасителей является наиболее эффективным способом, иногда даже единственно возможным, обеспечивающим необходимое снижение вибраций. Использование виброгасителей может быть предусмотрено не только на стадии

проектирования и создания машины, но и в тех случаях, когда вибрации выявлены уже в процессе ее эксплуатации. Принцип работы виброгасителя состоит в том, что, присоединенное определенным способом дополнительное тело (или система тел), своими колебаниями уменьшает колебания узлов машины на частоте (или в каком-то частотном диапазоне) внешнего возбуждения.

В современных машинах, для снижения вибрации, часто применяют центробежные маятниковые виброгасители. Основное достоинство центробежного маятникового виброгасителя состоит в широком диапазоне частот гашения колебаний, Расширение диапазона достигается за счет того, что собственная частота маятника в поле центробежных сил пропорциональна скорости вращения [1].

На рис. 1 показана схема центробежного маятникового виброгасителя крутильных колебаний вала, вызываемых гармоническим возбуждением $M = M_0 \sin \omega t$. Для гашения колебаний к диску вала на расстоянии r от его оси шарнирно прикреплен маятник с массой m_r , сосредоточенной на конце невесомого стержня длиной l .

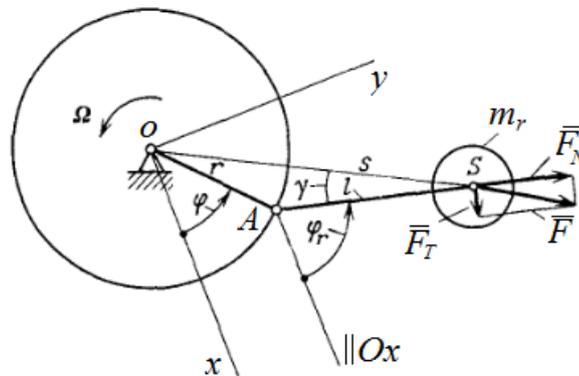


Рисунок 1 - Схема центробежного маятникового гасителя крутильных колебаний вала

Уравнения движения составляем в системе координат Oxy , вращающейся со средней угловой скоростью вала Ω . За обобщенные координаты принимаем угол поворота диска φ , отсчитываемый от оси Ox , и угол качания маятника φ_r отсчитываемый от направления той же оси. При составлении уравнений движения [1] по кинетостатическому методу учитываем силу инерции массы m_r , в абсолютном движении по приближенной формуле $F = m_r s \Omega^2$, где расстояние от центра масс маятника до оси вращения диска. Раскладывая эту силу на две составляющие F_N и F_τ вдоль стержня AS и перпендикулярно к нему, получаем:

$$F_N = m_r \Omega^2 s \cos \gamma, F_\tau = m_r \Omega^2 s \sin \gamma.$$

Из треугольника OAS находим:

$$s \cos \gamma = l + r \cos \psi, s \sin \gamma = l + r \sin \psi,$$

где $\psi = \varphi_r - \varphi$. При малых колебаниях маятника, считая $\cos \psi = 1, \sin \psi \approx \psi$, имеем:

$$F_N \approx m_r \Omega^2 (l + r), F_\tau \approx m_r \Omega^2 r \psi.$$

Уравнение кинетостатического равновесия диска имеет вид

$$J \ddot{\varphi} - F_N r \sin \psi = M_0 \sin \omega t - c \varphi,$$

где J - момент инерции диска, c - коэффициент крутильной жесткости участка вала между двигателем и диском.

Подставляя приближенное значение условие, получаем первое дифференциальное уравнение движения системы

$$J \ddot{\varphi} + c \varphi - m_r \Omega^2 r (l + r) (\varphi_r - \varphi) = M_0 \sin \omega t.$$

При составлении второго дифференциального уравнения пренебрегаем малыми кориолисовыми силами. Силу инерции в переносном движении учитываем по приближенной формуле $F_k \approx m_r r \ddot{\varphi}$, а момент составляющей F_T относительно точки подвеса маятника равен $m_r \Omega^2 r (\varphi_r - \varphi) l$

$$m_r l^2 \ddot{\varphi}_r + m_r \Omega^2 r l (\varphi_r - \varphi) + m_r \varphi r l = 0.$$

Установившиеся вынужденные колебания с частотой вынуждающей силы описываются решением

$$\varphi = A \sin \omega t, \varphi_r = A_r \sin \omega t.$$

Подставляя это решение в систему уравнений движения, получаем два уравнения с двумя неизвестными A и A_r :

$$\begin{aligned} [c - J\omega^2 + m_r \Omega^2 r (l + r)] A - m_r \Omega^2 r (l + r) &= M_0, \\ -m_r r l (\Omega^2 + \omega^2) A + m_r l (r \Omega^2 - l \omega^2) A_r &= 0. \end{aligned}$$

Отсюда

$$A = \frac{M_0}{\Delta} m_r l (r \Omega^2 - l \omega^2), A_r = \frac{M_0}{\Delta} m_r r l (\Omega^2 + \omega^2),$$

где Δ – определитель, который составлен из коэффициентов при A и A_r в системе уравнений движения.

Если $\Delta \neq 0$, то из выражения для амплитуды A можно найти антирезонансную частоту ω_* , при которой $A = 0$

$$\omega_* = \Omega \sqrt{\frac{r}{l}} \quad (1)$$

Следовательно, в центробежном маятниковом виброгасителе в отличие от пружинного виброгасителя антирезонансная частота пропорциональна угловой скорости вращения вала.

Обозначая через n отношение частоты вынуждающей силы ω к средней угловой скорости вала Ω , получаем из (1) условие для выбора параметров виброгасителя

$$\frac{r}{l} = n^2 \quad (2)$$

т. е. гашение колебаний, вызываемых n -й гармоникой вынуждающего момента, обеспечивается единой настройкой виброгасителя при любой скорости вращения вала.

При гашении крутильных колебаний для компенсации изгибающего действия составляющей силы F_N устанавливают два маятника в диаметрально противоположных точках диска (рис. 2, а) [1].

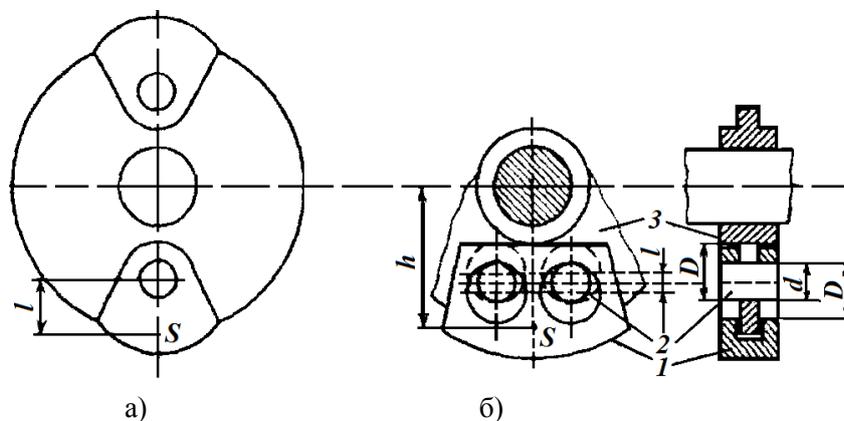


Рисунок 2 - Конструкция центробежного маятникового виброгасителя крутильных колебаний вала

Создаваемый ими эффект снижения колебаний имеет суммарное действие. Однако эта схема

конструктивно удобна, как правило, лишь при $n = 1$. С увеличением n длина маятника l существенно уменьшается. При малом l применяется бифилярный подвес (рис. 2, б), при котором в качестве маятника используется противовес 1, укрепленный с помощью роликов 2 на щеке 3 коленчатого вала. Диаметр d роликов меньше, чем диаметр D сверлений в щеке. Указанное крепление обеспечивает поступательное движение противовеса, при котором все его точки движутся по дугам окружностей равных радиусов $l = D - d$. Радиус крепления маятника противовеса в этом случае $r = h - l$, где h - расстояние от оси вала до центра масс противовеса, и условие (2) для выбора параметров гасителя принимает вид

$$\frac{h - D + d}{D - d} = n^2$$

Массу виброгасителя m_r выбирают из условия, чтобы при допустимых амплитудах качания создаваемый им момент разнялся n -й гармонике вынуждающего момента.

Моделирование центробежного маятникового виброгасителя крутильных колебаний.

Для моделирования работы центробежного маятникового виброгасителя крутильных колебаний используем программный комплекс SimulationX. SimulationX – это междисциплинарный программный комплекс для моделирования физико-технических объектов и систем, который разработан и продаётся на коммерческой основе фирмой IPT GmbH, Дрезден [2]. Ученые и инженеры, работающие в промышленности и сфере образования, используют этот инструмент для разработки, моделирования, симулирования, анализа и виртуального тестирования сложных мехатронных систем.

Мы будем использовать модель «Маятниковый гаситель» (Pendulum Absorber) на программном комплексе SimulationX. Это модель центробежного маятникового виброгасителя, которая используется в приводах машин. Центробежный маятниковый виброгаситель является эффективным и адаптивным средством для устранения опасных резонансов во вращающихся валах, в которых частоты возбуждения пропорциональны скорости вращения. На рис. 3 показана схема центробежного маятникового виброгасителя.

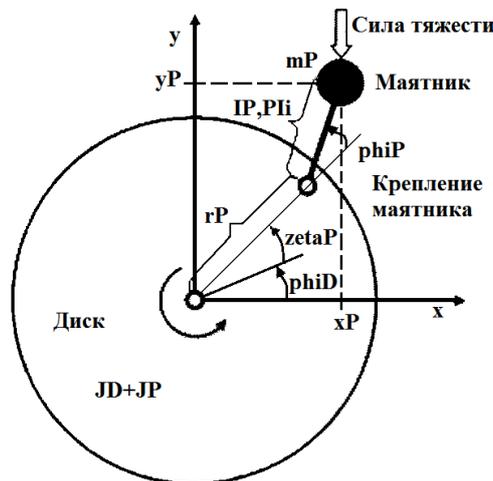


Рисунок 3 - Схема центробежного маятникового виброгасителя

Модель учитывает момент инерции диска и массу маятника. Сила тяжести действует в направлении оси y маятника. Модель может учитывать переменную длину маятника (параметр l_P). Модель учитывает трение во вращательной паре крепления маятника.

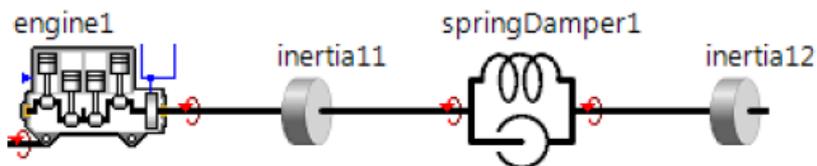
Входные параметры модели: Длина маятника l_P , радиус маятника r_P (рис.3) могут быть постоянными или переменными величинами. $zeta_P$ - угол крепления маятника при сборке. По умолчанию он равен нулю. В случае установки более чем одного маятника на диске или вале,

например для гашения более чем одного резонанса, маятники устанавливаются под разными углами, что может быть учтено в модели. Масса маятника mP . Момент инерции маятника JP . Диск моделируется элементом инерции библиотеки механики вращательных тел. Момент инерции этого элемента представляет собой сумму дискового момента инерции JD и момента инерции маятника JP . Начальный угол диска $phiD0$ и начальная скорость диска $omD0$. Коэффициент трения покоя маятника $mu0$, коэффициент трения скольжения маятника mu . Диаметр оси вращения маятника $dPin$.

Выходные параметры модели: $phiP$ - угловое перемещение маятника, omP - угловая скорость маятника, $alpP$ - угловое ускорение маятника, xP - перемещение маятника по оси X, yP - перемещение маятника по оси Y, vxP - скорость маятника по оси X, vyP - скорость маятника по оси Y, IPi - текущая длина маятника, TaD – крутящий момент диска, $phiD$ - угловое перемещение диска, omD – угловая скорость диска, $alpD$ - угловое ускорение диска, FxD – реакция в опоре диска по оси X, FyD – реакция в опоре диска по оси Y, Pk – кинетическая энергия, PI – потери энергии от трения.

Пример. Модель упругой трансмиссии с приводом от двигателя внутреннего сгорания с маятниковым виброгасителем. На рис. 4 а,б показаны две модели упругой трансмиссии с приводом от двигателя внутреннего сгорания. Модель упругой трансмиссии с приводом от двигателя внутреннего сгорания, показанная на рис. 4б оснащена центробежным маятниковым виброгасителем. Собственная частота упругой трансмиссии равна 58 Гц, и при достижении двигателем 1740 оборотов в минуту появляются резонансные колебания вызванные второй гармоникой крутящего момента двигателя внутреннего сгорания.

а)



б)

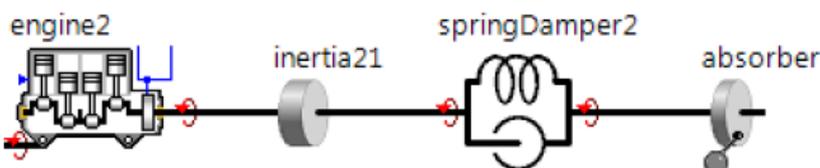


Рисунок 4 - Модели упругой трансмиссии с приводом от двигателя внутреннего сгорания:
а) обычная, б) с маятниковым виброгасителем

Входные параметры модели упругой трансмиссии с приводом от двигателя внутреннего сгорания: мощность дизельного двигателя $Pn = 44$ кВт, номинальные обороты двигателя $omn = 5000$ об/мин, момент инерции двигателя $J=0.1$ кг·м², момент инерции трансмиссии $J21=0.2$ кг·м², коэффициент жесткости трансмиссии $k=10^4$ нм/рад, коэффициент диссипации трансмиссии $v=1$ н·м·с/рад, масса маятника $mP=1$ кг, момент инерции маятника $JP=0$ кг·м², момент инерции диска $JD=0,1$ кг·м², длина маятника $IP=20$ мм, радиус маятника $rP=80$ мм, угол крепления маятника при сборке $zetaP=0$ рад.

Результаты моделирования. Собственная частота трансмиссии равна 58 гц. Центробежный маятниковый виброгаситель был настроен для гашения резонанса трансмиссии вызванного второй гармоникой крутящего момента двигателя внутреннего сгорания. Как видно из диаграммы Кемпбела (рис. 5) резонанс, вызываемый второй гармоникой крутящего момента двигателя внутреннего сгорания, происходит при числе оборотов двигателя 1740 об/мин.

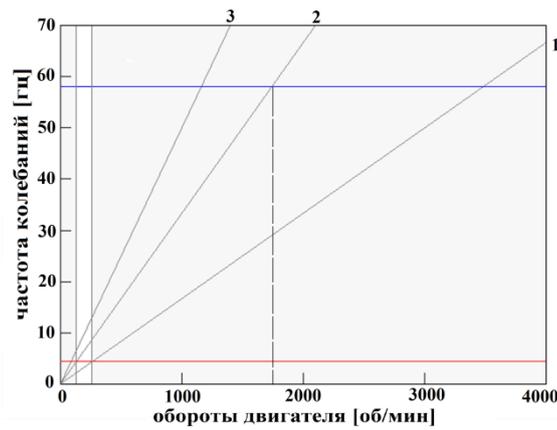


Рисунок 5 - Диаграмма Кемпбела трансмиссии

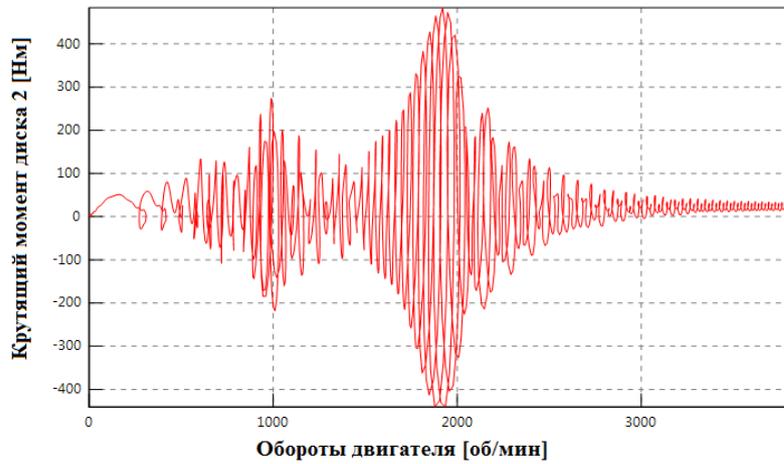


Рисунок 6 - Крутящий момент трансмиссии

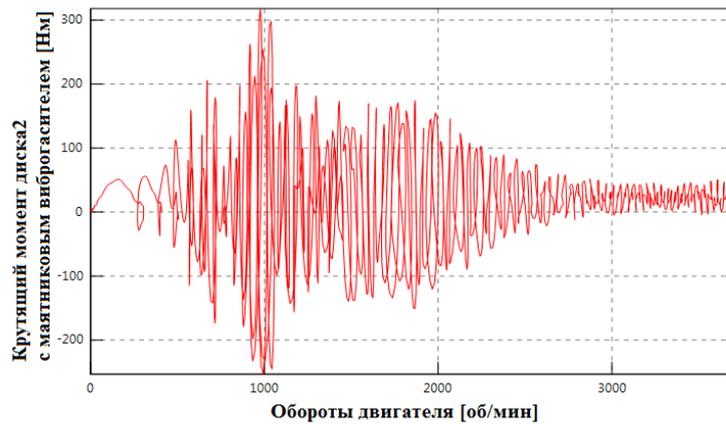


Рисунок 7 - Крутящий момент трансмиссии с центробежным маятниковым виброгасителем

Как видно из рис.6 максимальная амплитуда крутящего момента равна 486 Нм при числе оборотов двигателя 1900 об/мин. На рис. 7 показан график крутящего момента трансмиссии с центробежным маятниковым виброгасителем. В результате применения центробежного маятникового виброгасителя амплитуда крутящего момента трансмиссии снижена до 175 Нм при числе оборотов двигателя 1900 об/мин.

Выводы. Модель «Маятниковый гаситель» (Pendulum Absorber) на программном комплексе SimulationX может применяться как в учебном процессе так и при исследовании существующих

трансмиссий двигателей внутреннего сгорания и проектировании новых. Программный комплекс SimulationX позволяет применять модель «Маятниковый гаситель» (Pendulum Absorber) при моделировании динамики широкого класса электро-механических систем

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Левитский Н.И. Колебания в механизмах. М.: Наука, 1988, 336 с.
 [2] ITI GmbH <http://www.simulationx.com/>

REFERENCES

- [1] Levitskij N.I. *Kolebanija v mehanizmah*. М.: Nauka, 1988, 336 с. (in Russ.)
 [2] ITI GmbH <http://www.simulationx.com/>

Бұрау тербелістерді сыртқа тепкіш маятниктік діріл сөндіргіштің динамикасын зерттеу Уәліев Г., Жомартов А.

(Академик Ө.А. Жолдасбеков атындағы механика және машинатану институты, Алматы қ.)
dgpimmash@mail.ru, legsert@mail.ru

Кілт сөздер: маятник, діріл сөндіргіштің, динамика, SimulationX

Жұмыста бұрау терделістерді сыртқа тепкіш маятниктік діріл сөндіргіштің динамикалық зерттеулері қарастырылған. Сыртқа тепкіш маятниктік діріл сөндіргіштері заманауи машиналарда дірілді азайту үшін қолданылады. Сыртқа тепкіш маятниктік діріл сөндіргіш тербелістерді жиіліктің кең диапазонында төмендетуге мүмкіндік береді. Бұрау терделістерді сыртқа тепкіш маятниктік діріл сөндіргіштің динамикасын модельдеу үшін SimulationX бағдарламалық пакеті қолданылады. SimulationX бағдарламалық пакетінде сыртқа тепкіш маятниктік діріл сөндіргіші бар іштен жану қозғалтқыштан жетегі бар серпімді трансмиссияның моделіне талдау жасалды.

Сведения об авторе статьи

Исследование динамики центробежного маятникового виброгасителя крутильных колебаний

Фамилия, Имя, Отчество **Уәліев Гахип**

Ученая степень и ученое звание **д.т.н., академик. НАН РК**

Место работы и должность **Институт механики и машиноведения им. академика У.А. Жолдасбекова, зав. лабораторией.**

Электронная почта dgpimmash@mail.ru

Контактный телефон **(727) 2723426**

Сведения об авторе статьи

Исследование динамики центробежного маятникового виброгасителя крутильных колебаний

Фамилия, Имя, Отчество **Жомартов Асылбек Абдразақович**

Ученая степень и ученое звание **д.т.н., член-корр. НИИ РК**

Место работы и должность **Институт механики и машиноведения им. академика У.А. Жолдасбекова, зам. генерального директора директора. Электронная почта legsert@mail.ru**

Контактный телефон **(727) 2723426, 7773295999**

Поступила 16.02.2015 г.