

Результат анализа показывает, что наиболее эффективным является одновременное нанесение покрытий на вал и втулку, чем покрытие только одной из деталей (рис. 1, 2). Выявлено, что существенное увеличение усталостной прочности наблюдается при толщине прослоек 6 мкм.

Проведенные исследования показывают, что наиболее рационально одновременное нанесение тонких металлических прослоек (Zn, Cu) в прессовых соединениях (увеличение усталостной прочности охватываемых деталей на 20...25%).

### **Библиографический список**

1. Турыгин, А.Б. Испытания предварительно деформированных деталей, применяемых в машиностроении и строительстве при чистом изгибе / А.Б. Турыгин, С.Н. Разин, Н.А. Скворцова // Труды Костромской государственной сельскохозяйственной академии Кострома, 2018. – С. 74-81.

УДК 621.9.02-229

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ РЕЗОНАНСА В КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА**

*Назаров Асрор Алланазарович, доцент, Каршинский инженерно-экономический институт*

*Аннотация.* В статье скорости машины и уменьшение веса деталей вызывают различные вибрации. Вибрация, в свою очередь, вызывает утомление деталей. Вибрации не только создают дополнительные силы, но и негативно влияют на нормальную работу машины.

*Ключевые слова:* скорость, вибрация, сил, машина, долговечность, термостойкость.

Прочность, долговечность, термостойкость, устойчивость к вибрации и истиранию – основные характеристики, определяющие технологичность деталей.

Устойчивость к вибрации – это способность машины работать с частями и компонентами в диапазоне от заданной угловой скорости до угловой частоты. Из теории машин и механизмов известно, что любая машина является источником ускорения вибрации, то есть движение любой машины вызывает состояние вибрации.

Это положение учитывается при проектировании деталей и их комбинаций. Примером этого является летательный аппарат, в котором корпус из алюминия и покрывающие его части сделаны из неразъемных соединений, а не склепанных, а склепанных гвоздями. Небольшие трещины,

вызванные вибрацией, могут быстро развиваться в алюминиевом сварном шве и распространяться по всей длине сварного шва. Заклепочное соединение работает надежно, потому что небольшие трещины, которые образуются в сварном шве, образуются только в сварном шве вокруг заклепанного гвоздя, что не влияет на всю длину сварного шва, таким образом сохраняя характеристики конструкции.

Увеличение скорости машины и уменьшение веса деталей вызывают различные вибрации. Вибрация, в свою очередь, вызывает утомление деталей.

Вибрации не только создают дополнительные силы, но и негативно влияют на нормальную работу машины [1].

В этой связи особенно опасно явление резонанса, которое напрямую связано с вибрацией. Обычно предпринимаются усилия по устранению факторов, вызывающих явление резонанса, для увеличения вибростойкой деталей. В этом случае частота определенных колебаний, создаваемых самой деталью, не должна быть равна частоте колебаний, создаваемых внешней силой. Статическая и динамическая балансировка, гасители вибрации, т.е. специальные упругие элементы, используются для уменьшения вибрации.

На основе этого автор разработал защищенный авторским правом программный продукт и использовал язык программирования Borland Delphi7 для научного объяснения студентам явления резонанса, вызванного вибрациями в деталях машин. Была разработана методика электронного обучения, чтобы помочь студентам освоить тему и повысить их известность. Вот как пользоваться этой программой [2].

Известно, что колебания системы под действием внешней периодической силы называются вынужденными колебаниями, а действующая сила – вынуждающей силой. Обычно эта сила изменяется по гармоническим законам:

$$F = F_0 \sin \omega t \quad (1)$$

где:  $F_0$  - амплитуда вынуждающей силы, которая представляет собой циклическую частоту этого изменения силы.

Вынужденные колебания выражаются дифференциальным уравнением, которое имеет следующий вид:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + 2\beta \frac{dy}{dt} + \omega_0^2 y = f_0 \sin \omega t \quad (2)$$

где:  $f_0 = \frac{F_0}{m}$ ,  $\beta = \frac{r}{2m}$  – коэффициент экстинкции  
 $m$  – масса тела,

$r$  – коэффициент сопротивления. (1) является линейным неоднородным дифференциальным уравнением второго порядка.

Решение уравнения состоит из комбинации двух функций (общего решения и специального решения):

$$y = A_0 e^{-\beta t} \sin(\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}) t + A \sin(\omega t + \phi) \quad (3)$$

Отсюда следующее уравнение в методе векторных диаграмм:

$$A^2 (\omega_0^2 - \omega^2) + 4\beta^2 A^2 \omega^2 = f_0^2 \quad (4)$$

Из этого выражения можно найти значение амплитуды вынужденных колебаний:

$$A = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}} \quad (5)$$

$\omega \rightarrow \omega_{рез}$  Явление резкого увеличения амплитуды вынужденных колебаний называется явлением резонанса.

Резонансная частота  $\beta$ - зависит от коэффициента угасания  $\beta \rightarrow 0$  и стремится  $\omega_{рез} = \omega_0$ ,  $A \rightarrow \infty$ .  $\beta$  когда чем меньше, тем выше кривая. В результате резонансная частота приближается к  $\omega_0$  частоте системы [3].

Программа Phet (Physics Education Technology) лауреат Нобелевской премии С.Сайт, поддерживающий дистанционное обучение, созданный виманом ([www.фет.колорадо.еду](http://www.фет.колорадо.еду)) модели, созданные на Java и HTML-приложениях, которые имеют различные темы. Модели, предлагаемые на сайте FET, могут быть использованы ipulat-gancha в качестве открытого источника (Open Source). От симуляторов, представленных на сайте FET, до систем дистанционного обучения было улучшено путем создания электронной программы.

В процессе обучения все еще существуют сложности в выполнении, передаче и приеме виртуальных лабораторных работ. Положительно оценивается, когда студент выполняет работу виртуальной лаборатории под наблюдением преподавателя, а доказать учителю работу, сделанную дистанционно, - трудная задача. В целях решения данной проблемы мы используем инновационную среду объектно-ориентированного языка программирования. Borland Delphi7 – объектно-ориентированный язык программирования с высокой пропускной способностью.

Запускаем язык программирования Borland Delphi7:

Borland Delphi7->Файл->Новый - >Применение.

В форму вставляем следующие компоненты из палитры компонентов:

1. Main Menu, String Grid, Shockwave Flash, Chart, Panel;
2. В состав Main Menu входят инструкция, лабораторная работа, графика, печать, о программе, вывод из программы;
3. На панели размещены компоненты Edit;
4. Компонент String Grid используется в табличных расчетах;
5. Используется при создании графики из компонента диаграммы;
6. Используется при загрузке виртуальной лабораторной работы из компонента Shockwave Flash [4, 5].

С помощью данной программы студенты, обучающиеся по очной, заочной и заочной форме обучения с использованием дистанционной системы образования высших образовательных учреждений, могут эффективно применять в разьяснении принципа работы виброустойчивости, пружин и рессор по предметам” детали машины“, ”механика“.

### **Библиографический список**

1. Nazarov, A.A. Principles of education that develop an innovative approach to engineering professional activities / A.A. Nazarov // European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences. 2020. – Vol. – No. 8. – 8.
2. Khankelov, T. Domestic Solid Waste Crusher / T Khankelov, S Tursunov, Z Maksudov // International Journal of Psychological Rehabilitation 24 (issue 07). – 2020. – p. 8090-8096.
3. Nazarov, A.A. Role of Discipline “Machine Parts” in Forming Professional Qualifications Engineer / A.A. Nazarov // Eastern European Scientific Journal (ISSN: 2199-7977) Ausgabe 3. – 2018. – Pp. 330-333.
4. Nazarov, A.A. Fundamental research general professional process disciplines on the basis of general scientific disciplines / A.A. Nazarov // European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences (ISSN 2056-5852). – 2019. – Vol.7. – No. 1. – p. 38-40.
5. Назаров А.А. Методика использования языка программирования при подготовке студентов к инновационной инженерной деятельности. Физика, математика и информатика. – 2019. – № 1. – С. 3-5.