

собственных частот, большая часть которых связана с резонансными процессами.



Рис.1. Конечно-элементная модель фундамента.

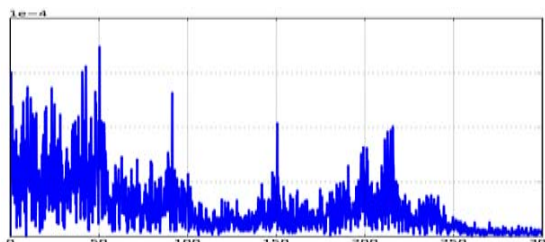


Рис.2. Амплитуды виброскорости (м/с) по значениям частот (Гц).

Одним из основных результатов расчетно-экспериментальных исследований было подтверждение правильности решения про остановку энергоблока на ремонтные работы и необходимость реконструкции фундамента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шульженко Н.Г., Воробьев Ю.С. Численный анализ колебаний систем турбоагрегат-фундамент. – Киев: Наук. думка, 1991. – 232 с.
2. Красніков С.В., Степченко О.С., Торянiк А.В. Комп'ютерне моделювання багатокорпусного турбоагрегату та аналіз його вібраційних характеристик // *Машинознавство*. – Львів: Кінпатрі, 2009. – № 2. – С.27–33.
3. Водка А.А., Трубаев А.И., Ульянов Ю.Н. Виброизмерительный комплекс на основе микроэлектромеханического сенсора // *Вісник Східноукраїнського Національного університету ім. В. Даля*. – Луганськ, 2012. – № 9 (180). Ч.1. – С. 140–147.

### НАДЕЖНОСТЬ БОЛТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ РАБОЧИХ КОЛЕС ГИДРОТУРБИН С УЧЕТОМ ДЕГРАДАЦИИ МАТЕРИАЛА

\*Водка А.А., Ларин А.А., Трубаев А.И.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина

Болтовые соединения являются одним из широко распространенных видов соединений элементов конструкций. Срок эксплуатации болтовых соединений гидротурбин составляет в среднем 40 лет. За этот период в материале происходят необратимые физико-химические

изменения. Эти изменения в значительной мере могут оказывать влияние на механические параметры материала. Учет влияния деградиационных процессов в материале при проектировании позволит в значительной степени уточнить проектный ресурс болтовых соединений находящихся в длительной эксплуатации.

Как известно, переходные процессы являются одними из наиболее опасных режимов работы, так как именно на них возникают наибольшие напряжения в элементах конструкции. Принимая во внимание тот факт, что гидротурбины часто используются для регулирования суточных пиков потребления, то число циклов пусков/остановок превышает проектные значения и, по сути, является случайным процессом.

В работе необходимо определить параметры напряженного состояния (НДС), которое возникает на переходных режимах, и дать оценку показателям надежности болтовых соединений, рассматривая деградацию материала и частоту возникновения переходного режима как случайные процессы.

НДС болтовых соединений было определено на основе построенных конечно-элементных моделей, учитывающих контактное взаимодействие головки болта и резьбы с сопрягаемыми деталями.

Моделирование деградации материала проводилось как постепенное снижение предела усталости. Для определения ресурса болтовых соединений предлагается ввести меру повреждаемости, уравнение кинетики которой может быть записано в виде:

$$\frac{d}{dt} D(t) = \left( \frac{\sigma_a}{1 - D(t)} \right)^m \cdot \frac{\omega(t)}{N_0 \cdot \sigma_{-1}^m(t) \cdot (m + 1)}, \quad (1)$$

где  $D(t)$  – функция меры повреждаемости,  $\omega(t)$  – частота процесса,  $N_0$  – базовое число циклов до разрушения,  $m$  – параметр кривой Веллера,  $\sigma_a$  – амплитудные значения напряжений цикла,  $\sigma_{-1}(t)$  – предел усталости,  $t$  – время.

Таким образом, в работе построены конечно-элементные модели болтового соединения, определены параметры НДС и дана оценка ресурса болтовых соединений в вероятностной постановке, принимая деградиационный процесс в материале и частоту нагружения случайными функциями времени. По результатам исследований предложена методика прогнозирования ресурса болтовых соединений рабочих колес гидротурбин.

### ОПИСАНИЕ ЧЕТЫРЕХ ТИПОВ ДВИЖЕНИЯ ГИРОСТАТА В ОДНОМ ОБОБЩЕНИИ СЛУЧАЯ СТЕКЛОВА

Волкова О.С.

Институт прикладной математики и механики НАНУ, Донецк

Вращение тяжелого гиристора вокруг неподвижной точки О в связанном с корпусом тела-носителя базисе описывается уравнениями