УДК 539.3

***ВОДКА А.А.*[1*], *ТРУБАЕВ А.И.*[2], *УЛЬЯНОВ Ю.Н.*[3]**

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕСУРСА РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ГИДРОТУРБИН С УЧЕТОМ КОРРОЗИОННО-ЭРОЗИОННОГО ИЗНОСА И ДЕГРАДАЦИИ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

[1] к.т.н., доц. кафедры динамики и прочности машин, НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина.
[2] к.т.н., доц. кафедры динамики и прочности машин, НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина.
[3] к.т.н., с.н.с. кафедры динамики и прочности машин, НТУ «ХПИ», г. Харьков, Украина.
[*] e-mail: oleksii.vodka@gmail.com

Введение. В конструкции гидравлических турбин широко используются резьбовые соединения различных видов и размеров. Ресурс резьбовых соединений во многом определяет надежность работы гидроагрегата, так как выход из строя одного резьбового соединения может приводить к выходу из строя всей конструкции.

Проблеме расчета на прочность, проектирования и использования резьбовых соединений резьбовых соединений уделяется достаточно большое внимание. Стоит отметить работу [1], в которой приведен обзор более чем 700 работ, опубликованных в период с 1990 по 2002 год по указанной тематике. Так же в практике конструирования широко используются рекомендации по проектированию болтовых соединений [2, 3]. Не смотря на широкий обхват вопросов связанных с проектированием и расчетом болтовых соединений, проблемы анализа прочности и прогноза надежности резьбовых соединений остаются актуальными [4]. Расчет усталостной прочности резьбовых соединений гидротурбин имеет ряд особенностей, среди которых необходимо отметить такие как влияние масштабного фактора на усталостную прочность, наличие коррозионной внешней среды [5, 6], а также деградацию материала как изменение его механических свойств во времени.

Цель работы. Создание расчетно-экспериментальной методики прогнозирования ресурса резьбовых соединений гидротурбин с учетом коррозионно-эрозионного износа и деградации свойств материалов.

Общая часть. Важной составной частью разработанной методики является расчетное или экспериментальное определение нагрузок, действующих на элементы конструкций на переходных режимах [7], что дает возможность получить информацию о напряженно-деформированном состоянии (НДС) резьбовых соединений на основе конечно-элементного моделирования [8].

Методика предполагает построение полной трехмерной конечно-элементной модели ротора гидроагрегата (ГА) без учета резьбовых соединений; определение собственных частот и форм колебаний ротора; проведение спектрального анализа зависимостей крутящего момента и осевого усилия на валу ГА и сопоставление их частот с собственными частотами ротора; построение модели фрагмента ротора ГА, содержащего исследуемое резьбовое соединение. Модель резьбового соединения выполняется с учетом предварительной затяжки и контактного взаимодействия сопрягаемых деталей в области головки болта и в резьбе.

В работе предлагается вероятностная модель накопления повреждаемости, учитывающая деградацию механических свойств материала и статистические данные об эксплуатации гидроагрегатов. Для определения деградации механических свойств материалов силового крепежа необходимо проведение усталостных испытаний образцов, изготовленных из деталей, эксплуатировавшихся длительное время (30–50 лет). В связи с тем, что количество различных переходных режимов, на которых работают гидроагрегаты является величиной случайной, предлагается внедрить систему мониторинга НДС резьбовых соединений, позволяющая контролировать их ресурс.

Выводы. Предлагаемая методика позволяет повысить надежность работы резьбовых соединений и разработать нормативно-техническую документацию для силового крепежа гидротурбин.

Список літератури:

1. Mackerle J. Finite element analysis of fastening and joining: A bibliography (1990–2002). *International Journal of Pressure Vessels and Piping*. 2003. Vol. 80. Issue 4. P. 253–271.

2. Kulak G.L., Fisher J.W., Struik J.H.A. *Guide to design criteria for bolted and riveted joints*. Wiley. 1987. 333 p.

3. Bickford J.H. *Introduction to the Design and Behavior of Bolted Joints*, Fourth Edition: Non-Gasketed Joints, Taylor & Francis, 2007, p. 568.

4. Casanova F. Failure analysis of the draft tube connecting bolts of a Francis-type hydroelectric power plant. *Engineering Failure Analysis.* 2009. Vol. 16. Issue 7. P. 2202–2208.

5. Cetin A., Härkegård G. Fatigue life prediction for large threaded components. *Procedia Engineering*. 2010. Vol. 2. Issue 1. P. 1225–1233.

6. Libin Z., Fengrui L., Jianyu Z. 3D Numerical Simulation and Fatigue life prediction of high strength threaded bolt. *Key Engineering Materials*. 2010. Vol. 417–418. P. 885–888.

7. Рябов А.В., Катасонов О.Ю., Бондаренко А.В., Водка А.А., Трубаев А.И., Ульянов Ю.М. Розрахунково-експериментальне дослідження вібраційного стану та параметрів пульсації рідини моделі поворотно-лопатевої гідротурбіни. *Гідроенергетика України.* 2013. № 3–4. С. 12–17.

8. Водка А.А., Трубаев А.И. Методика прогнозирования ресурса болтовых соединений рабочих колес гидротурбин. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування.* Харків: НТУ «ХПІ», 2013. № 13(987). С. 140–148. Бібліогр.: 11 назв. ISSN 2078-774X.