

УДК 621.67

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК

Бесчеров Д.Е., Куликов Д.А., Панов В.А., Патрушев В.Л.,  
Порфирьев М.С., Савчук Д.В., Соловьев С.А.

АО «ОКБМ Африкантов», Россия, г. Нижний Новгород, Российская Федерация,  
varanov@okbm.nnov.ru

*Ключевые слова: вибрация, динамика ротора, математическое моделирование, центробежный насос.*

К современным центробежным насосам реакторных установок предъявляются требования по низкому уровню вибрации и шума. Задача исследования вибрационных характеристик центробежных насосов актуальна для современных реакторных установок и требует комплекс связанных расчетов гидродинамики, вибрации и прочности. Методы расчетного компьютерного моделирования на основе современных программных средств и супер-ЭВМ позволяют проводить такие исследования, которые в дальнейшем подтверждаются испытаниями на стендах.

В качестве объекта исследования в данной работе рассматривается центробежный насос, обеспечивающий требуемые гидравлические характеристики: расход и напор.

В качестве источников вибрации насоса рассматриваются гидродинамические силы и остаточный дисбаланс ротора. Гидродинамические силы определяются расчетом по конечно-элементной модели с применением CFD кода. Остаточный дисбаланс ротора выбирается согласно требованиям ГОСТ.

Разработанная технология расчета вибрации насоса основана на компьютерном моделировании и предполагает создание трехмерных геометрических моделей корпуса и ротора насоса. Определение вибрации, передаваемой ротором на корпус насоса, проводится расчетом динамики вращения ротора.

При расчетном исследовании рассматриваются варианты проточной части насоса с выбранными гидравлическими характеристиками. Анализ влияния типа проточной части насоса проводится на основании проведенных гидродинамических расчетов по методике, прошедшей верификацию в АО «ОКБМ Африкантов» на насосе прототипе. Методика позволяет получать с использованием метода конечного элемента расчетные результаты хорошо совпадающие с экспериментальными.

Рассматривается два типа проточной части: полнопроточная и с кольцевой гидрокамерой. Вместе с этим рассматривается влияние количества ступеней (одна и две) на входе, что определяет скорость вращения ротора:

- 3000 об/мин для одноступенчатого ротора;
- 1500 об/мин для двухступенчатого ротора.

Для каждого варианта используются конечно-элементные модели корпуса насоса (рис. 1), по которым проводятся гидродинамические и вибрационные расчеты.

Расчет динамики вращения ротора проводится с использованием модели, состоящей из твердых тел, соединённых между собой упругими балками. При этом совокупность твердых

тел повторяет геометрические и массо-инерционные свойства ротора, а упругие балки придают модели необходимую жёсткость на изгиб и кручение.

Наименьшие уровни вибрации получены для полнопроточной одноступенчатой конструкции насоса. Наибольшие уровни вибрации в конструкции насоса с кольцевой гидрокамерой.



Рис. 1. Рассмотренные варианты конструкции насоса

Полученные результаты по вибрационным характеристикам для полнопроточной одноступенчатой конструкции насоса сравнивались с характеристиками насоса прототипа. Сравнение показало, что разрабатываемый насос обладает лучшими вибрационными характеристика, чем его прототип.

Для обеспечения вибрационных характеристик центробежных насосов реакторных установок необходимо так же провести анализ влияния электромагнитных сил, так как они могут стать дополнительным источником вибрации. Для этого необходимо использовать методические подходы по расчетному определению виброускорений от действующих электромагнитных сил.

Проведенное расчетное исследование с использованием методов компьютерного моделирования существенно повышает эффективность проектирования и позволяет проводить проработку различных конструкций центробежного насоса на этапе проектирования без дорогостоящих экспериментов.

## VIBRATION CHARACTERISTICS ASSURANCE OF REACTOR FACILITIES CENTRIFUGAL PUMPING EQUIPMENT

Bescherov D.E., Kulikov D.A., Panov V.A., Patrushev V.L.,  
Porfirief M.S., Savchuk D.V., Soloviev S.A.

JSC «OKBM Afrikantov» Russia Nizhny Novgorod, Russia, vapanov@okbm.nnov.ru

*Keywords: centrifugal pump, computational modeling, rotor dynamic, vibration.*

There are low vibration and low noise level requirements for reactor facilities centrifugal pumping equipment. Computational research of vibration characteristics is needed for low vibration and low noise level assurance and optimal design. Imposing and adequacy of computational research are provided with verified computational modeling research methods usage.

Paper presents the results of comparison of different design centrifugal pump setting with hydraulics master data. Hydrodynamic flow analysis was made and pump impeller loads was determined for rotor dynamic calculation. Computational analysis considers rotor residual unbalance. According to computational analysis the pumps vibration characteristics research was made. The comparison of all pumps vibration characteristics with prototype pumps low vibration characteristics was made.