

Ю.С. Вороб'єв,

К.Н. Ровний

Институт проблем машиностроения им. А.Н.
Подгорного НАН Украины

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ СТАТОР
СПИРАЛЬНАЯ КАМЕРА ГИДРОМАШИН

УДК 534.1:539.4

На основе трехмерной конечно-элементной модели рассматривается НДС систем статор спиральная камера гидромашин. Проведены исследования распределения и локализации напряжений в системах несущего типа и ненесущего. Показано, что основные зоны локализации напряжений находятся в местах соединений колец статора и меридиональных ребер жесткости с оболочкой спиральной камеры. Результаты исследований выполнены для реальных объектов, что позволяет дать рекомендации по обеспечению их прочности.

Ключевые слова: гидромашины, спиральная камера, статор, НДС, МКЭ, трехмерная модель.

Введение. Для бесперебойного снабжения электроэнергией предприятий народного хозяйства, в том числе и сельскохозяйственной техники, нужны источники дешевой электроэнергии. К таким источникам относятся гидроэлектростанции, использующие гидротурбины различных типов. Одной из наиболее ответственных систем в конструкции гидротурбины является система статор-спиральная камера, которая воспринимает максимальное гидростатическое давление воды на всю внутреннюю поверхность камеры. В настоящее время в области средних и высоких напоров спиральные камеры выполняются в виде металлической оболочки, полностью или частично воспринимающей нагрузку от потока воды, подводимой к турбине. Для обеспечения прочности систем гидротурбинных установок необходимо детальное изучение их НДС. Система статор спиральная камера является одной из наиболее сложных и включает элементы различной конфигурации. Поэтому методы расчета на прочность системы статор спиральная камера постоянно совершенствовались. Одним из первых методов включал упрощенную расчетную схему [1]. Развитие вычислительной техники позволило впервые использовать трехмерные модели [2-4], в результате чего возникла возможность выявить особенности трехмерного НДС системы и возникновения локализации напряжений. Однако ограниченные возможности вычислительной техники на первых этапах ее использования требовали разбивки модели на крупные конечные элементы. Современный уровень развития вычислительной техники позволил уточнить математическую модель конструкции, разбивать ее регулярной конечно-элементной сеткой, что дало возможность создать расчетную модель любой геометрически сложной конструкции, с учетом всех подробностей геометрии. Например, учет влияния меридиональных ребер и соединения элементов системы позволили выявить новые места локализации напряжений [5,6].

Постановка задачи и результаты исследований. При исследовании НДС систем статор – спиральная камера несущего и ненесущего типов, было выполнено построение расчетных схем для каждой модели, а также выполнен статический анализ систем под действием гидростатического напора. Давление на все внутренние поверхности спиральной камеры и на колонны статора принято равномерным. Краевыми условиями для данной задачи является жесткое закрепление отверстий под крепеж на фланце входного патрубка спиральной камеры и нижнего кольца статора.

Было проведено ряд исследований систем статор-спиральная камера при действии на внутренние поверхности постоянного давления. На рис. 1-3 показаны поля интенсивностей напряжений для системы статор-спиральная камера несущего и ненесущего типа, с отдельно увеличенной зоной максимальных напряжений. Конструкции

имеет сложное напряженно-деформированное состояние, максимальные напряжения возникают в местах соединения статорного кольца и колонн статора (рис. 1, 3). На рис. 2 показаны места локализации напряжений в области соединения оболочки спиральной камеры с меридиональными ребрами (слева) и с кольцами статора (справа).

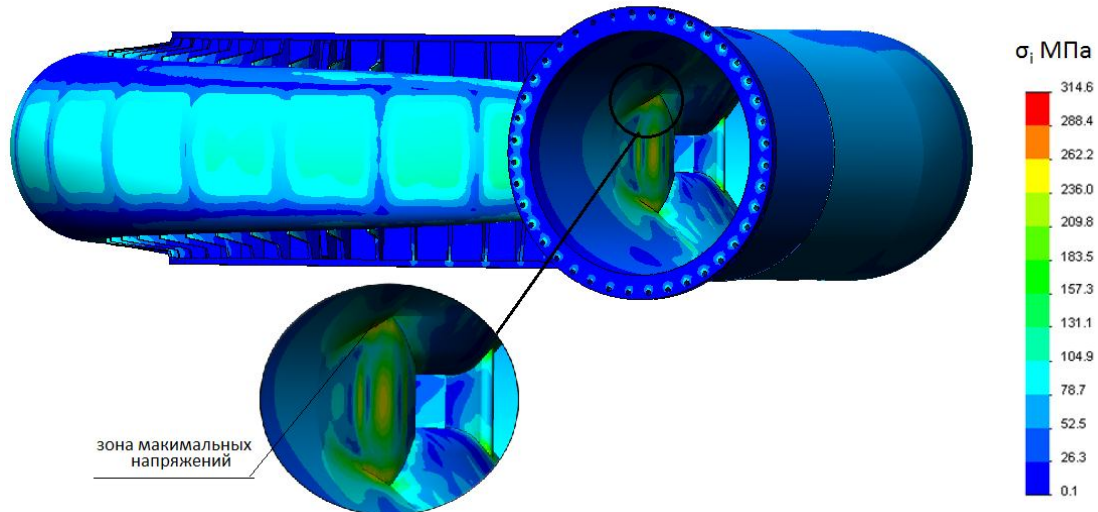


Рис 1 – Поля интенсивностей напряжений системы статор-спиральная камера с несущей типом конструкции

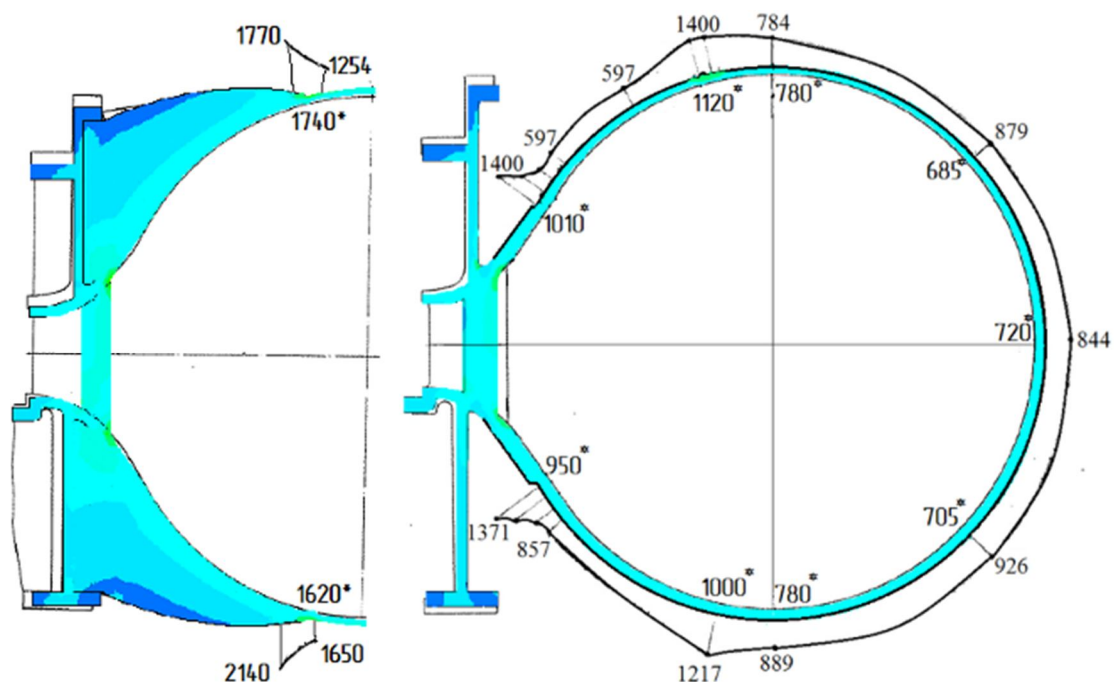


Рис 2 – Распределение меридиональных напряжений на наружной поверхности оболочки второго звена спирали гидротурбины(кг/см²)

Выводы. Полученные результаты позволили выявить особенности напряженно-деформированного состояния системы статор-спиральная камера, уточнить распределение напряжений и зоны локализации максимальных напряжений.

Однако необходимо отметить, что зоны локализации напряжений у различных моделей с одинаковой схемой нагружения находятся в разных местах, поэтому чтобы судить о характере НДС необходимо проводить исследования для каждой из расчетных

схем. Выполненные исследования реальных объектов показывают, что необходимо уделить особое внимание НДС в местах соединения спиральной камеры с кольцами статора и меридиональными ребрами, а также в местах соединений колец и колонн статора.

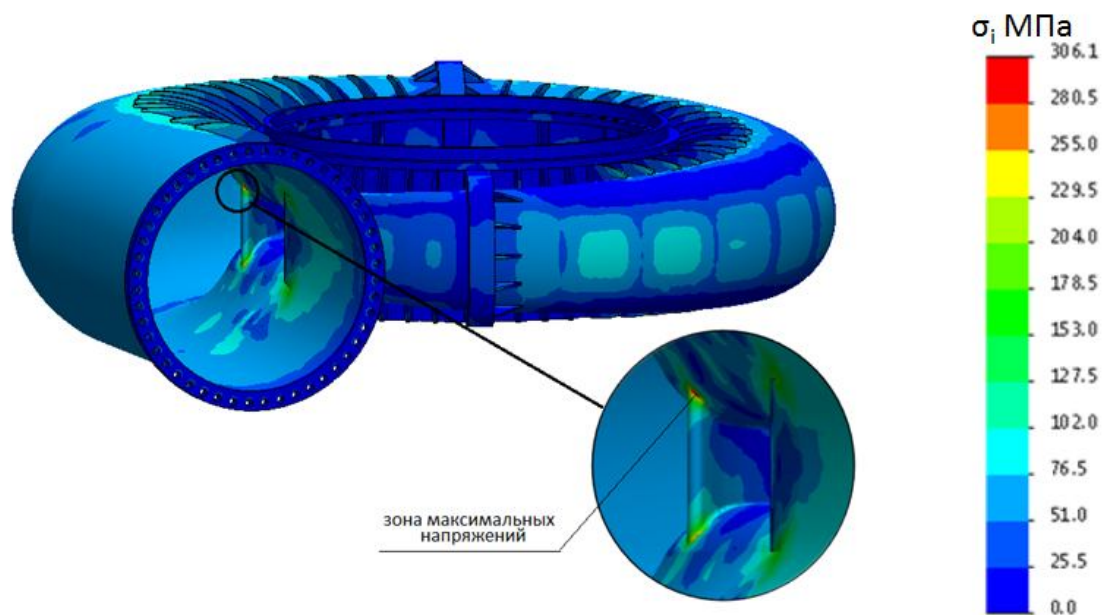


Рис 3 – Поля интенсивностей напряжений системы статор-спиральная камера с несущей типом конструкции

Литература

1. Ковалев Н. Н. Проектирование гидротурбин / Н. Н. Ковалев. – Л: Машиностроение, 1974. – 278 с.
2. Веремеенко И. С. Метод расчета НДС узла «статор-спиральная камера» гидротурбин [Текст] / И. С. Веремеенко, Ю. С. Воробьев, В. Н. Романенко, С. П. Канило, И. И. Йосевич // Совершенствование турбоустановок методами математического и физического моделирования [Текст]: сб. науч. трудов. – Харьков: ИПМаш НАН Украины, – С. 498–501.
3. Воробьев Ю. С. Анализ прочности элементов системы «статор-корпус» турбомашин [Текст] / Ю. С. Воробьев, В. Н. Романенко, Л. Г. Романенко // Вібрації в техніці та технологіях: зб. наук. праць. – 2004. – №6. – С. 45–48.
4. Воробьев Ю. С. Анализ локализации напряжений в системе «статор-спиральная камера» [Текст] / Ю. С. Воробьев, В. Н. Романенко, Л. Г. Романенко // Проблемы прочности. – 2007. – №1. – С. 132–137.
5. Ровный, К. Н. Исследование возможности использования существующего узла статор-спиральная камера турбины РО230/821 для условий эксплуатации насос-турбины ОРО230-В-221 / К. Н. Ровный Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків : НТУ «ХП», 2015.– №15. – С.146 – 150.
6. Ровный, К. Н. Комплексное исследование напряженно-деформированного состояния натурной спиральной камеры гидротурбины РО400-В-450 в необетонированном состоянии [Текст] / К.Н. Ровный, О.Н. Зеленская // Проблемы прочности. – 2015. – №18. – С. 49–54

Summary

Iu.S. Vorobiov, K.N. Rovnyi. Analysis of stress-strain state features of stator - spiral chamber system of the hydraulic machines

The stress- strain state of stator - spiral chamber systems of the hydraulic machines are considered on the basis of three-dimensional finite element model. Investigations of the distribution and localization of the stress in the systems types carrier and non-carrier are considered. The main stress localization zones are places in compounds of stator rings and meridional stiffeners with spiral chamber shell are shown. The results of research are carried out for the real objects, which allows to make recommendations to ensure their strength.

Keywords: hydraulic machine, spiral chamber, stator, stress-strain state, FEM, three-dimensional model.

References

1. Kovalev N. N. Proektirovanie gidroturbin / N. N. Kovalev. – L: Mashinostroenie, 1974. – 278 s.
2. Veremeenko I. S. Metod rascheta NDS uzla «stator-spiral'naja kamera» gidroturbin [Tekst] / I. S. Veremeenko, Ju. S. Vorob'ev, V. N. Romanenko, S. P. Kanilo, I. I. Iosevich // Sovershenstvovanie turboustanovok metodami matematicheskogo i fizicheskogo modelirovaniya [Tekst]: sb. nauch. trudov. – Har'kov: IPMash NAN Ukrainy, – S. 498–501.
3. Vorob'ev Ju. S. Analiz prochnosti jelementov sistemy «stator-korpus» turbomashin [Tekst] / Ju. S. Vorob'ev, V. N. Romanenko, L. G. Romanenko // Vibracii v tehnicii ta tehnologijah: zb. nauk. prac'. – 2004. – №6. – S. 45–48.
4. Vorob'ev Ju. S. Analiz lokalizacii naprjazhenij v sisteme «stator-spiral'naja kamera» [Tekst] / Ju. S. Vorob'ev, V. N. Romanenko, L. G. Romanenko // Problemy prochnosti. – 2007. – №1. – S. 132–137.
5. Rovnyj, K. N. Issledovanie vozmozhnosti ispol'zovanija sushhestvujushhego uzla stator-spiral'naja kamera turbiny RO230/821 dlja uslovij jekspluatacii nasos-turbiny ORO230-V-221 / K. N. Rovnyj Visnik NTU «HPI». Serija: Energetichni ta teplotehnichni procesi j ustatkuvannja. – Harkiv : NTU «HPI», 2015. – № 15. – S.146 – 150.