

С.В. КРАСНИКОВ, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., НТУ «ХПИ»

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ФУНДАМЕНТА ПРИ ГИДРОИСПЫТАНИЯХ ТУРБОАГРЕГАТА

Наводятся результаты розрахунку напружено-деформованого стану фундаменту турбіни потужністю 200 МВт при гідростатичному навантаженні та порівняння з аналогічними характеристиками при стаціонарному навантаженні. Визначені найбільш небезпечні місця при даному навантаженні. Моделювання й розрахунки виконані за допомогою методу скінченних елементів.

Ключові слова: напружено-деформований стан, гідростатичне навантаження, метод скінченних елементів.

Приводятся результаты расчета напряженно-деформированного состояния фундамента турбины мощностью 200 МВт при гидростатическом нагружении и сравнение с аналогичными характеристиками при стационарном нагружении. Определены наиболее опасные места при рассматриваемом нагружении. Моделирование и расчеты выполнены с помощью метода конечных элементов.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, гидростатическое нагружение, метод конечных элементов.

Results of the calculation of the stress-strain state of the foundation of a 200 MW turbine under hydrostatic loading and compared with similar data for stationary are described. Identified the most dangerous places in the considered are given. Modelling and calculations were performed using the finite element method.

Keywords: stress-strain state, hydrostatic loading, finite element method.

Вступлення. Современная практика использования энергетического оборудования тепловых электростанций связана с наличием значительного износа и работой в нестандартных режимах. Надежность работы фундамента и оборудования в этих режимах в большинстве случаев проверяется экспериментально. В результате этого подтверждается высокая отказоустойчивость или появляются различные дефекты. Определение местоположения дефектов экспериментально часто требует проведения замеров в труднодоступных местах. Поэтому проведение расчетных исследований напряженно-деформированного состояния фундамента при нестандартных режимах является важной и актуальной задачей.

Цель работы. Определение напряженно-деформированного состояния фундамента при гидроиспытаниях и сравнение полученных характеристик с распределением напряжений и деформаций при стандартном стационарном нагружении.

Расчетная модель. Моделирование фундамента выполнено на основе метода конечных элементов [1, 2] и описано в статье [3].

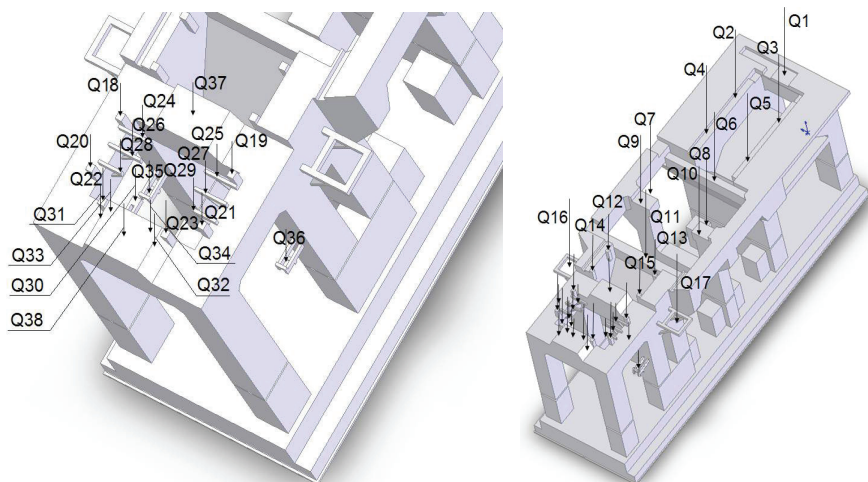


Рисунок 1 – Схема приложения вертикальных стационарных нагрузок

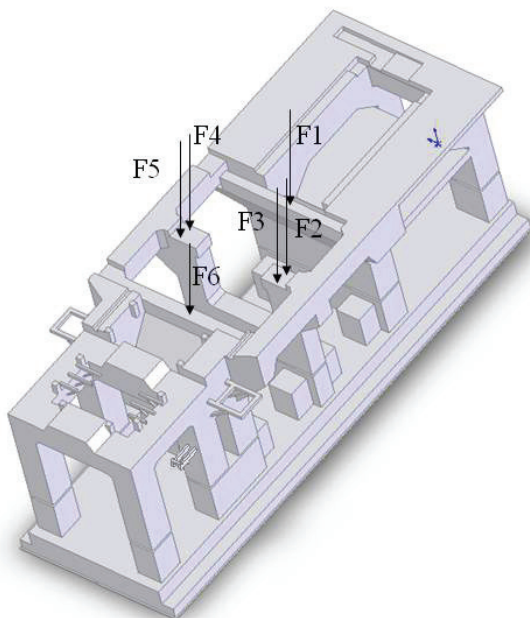


Рисунок 2 – Схема приложения временных нагрузок при гидроиспытаниях

При гидроиспытаниях вакуумной системы турбины к стационарным нагрузкам добавляются временные нагрузки. Они направлены преимущественно вертикально. Величина этих сил определяется в соответствии с весом

жидкости. Схема приложения на фундамент стационарных нагрузок показана на рис. 2, а временных при гидроиспытаниях на рис. 2. Коэффициент перегрузки от заполняющей жидкости при гидравлическом испытании в соответствии с рекомендациями РТМ 108.021.102-85 принят 1.0. Величины нагрузок для турбины 200 МВт следующие: F1 = 205 т, F6 = 230 т, остальные (F2, F3, F4, F5) по 82 т. Площадки с индексами нагрузки Q16-17, Q19- 29, Q35-36 изготовлены из стали марок Ст. 3 и Ст. 5. Материал для остальных площадок – железобетон.

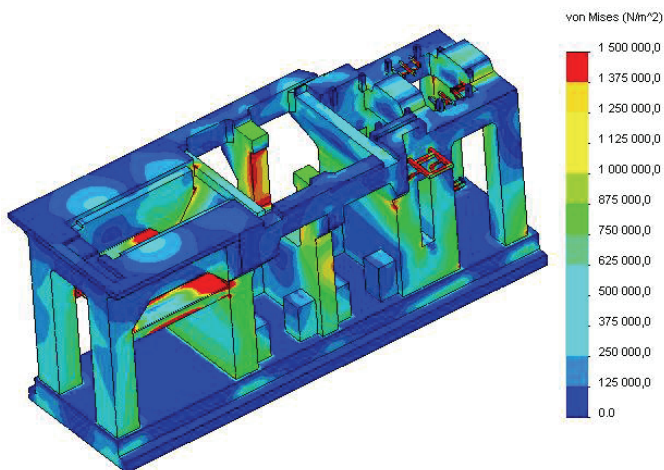


Рисунок 3 – Распределение напряжений при нагрузках гидроиспытания

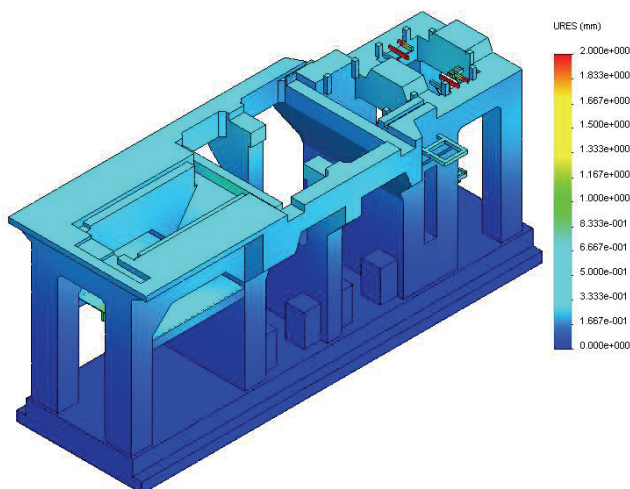


Рисунок 4 – Распределение перемещений при гидроиспытании

Результаты расчетов и анализ. На рис. 3-5 показано распределение напряжений и перемещений, а в таблице приведено сравнение напряжений при стационарных и временных (при гидроиспытаниях) нагрузках.

Сравнение максимальных напряжений при постоянных и временных нагрузках на площадках нагружения

Обозначение силы	Максимальное напряжение, МПа		Различие	
	Постоянные нагрузки	Временные нагрузки	МПа	%
Q1	0,136	0,137	0,001	0,7
Q2 - Q5	0,478	0,536	0,058	12,1
Q6	1,378	1,673	0,295	21,4
Q7 - Q10	0,480	0,894	0,414	86,3
Q11	0,595	0,569	0,026	4,4
Q12-Q15,Q18-Q23	0,076	0,076	0	0,0
Q37	0,526	0,528	0,002	0,4
Q16,Q17	8,870	9,910	1,04	11,7
Q38,Q31-Q34	0,650	0,651	0,001	0,2
Q24,Q25	0,640	0,750	0,11	17,2
Q28,Q29	33,140	33,810	0,67	2,0
Q26,Q27	24,200	24,500	0,3	1,2
Q30	19,700	19,900	0,2	1,0
Q35,Q36	12,700	12,150	0,55	4,3
Q39-Q46	1,143	1,215	0,072	6,3

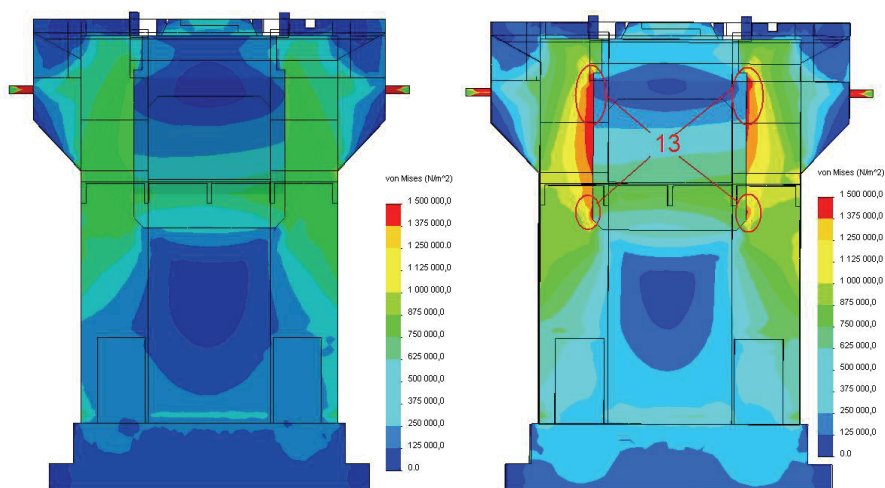


Рисунок 5 – Распределение напряжений при стационарном нагружении (слева) и гидроиспытании (справа)

Максимальные величины перемещений и деформаций при постоянных и

временных нагрузках одинаковы и равны 2 мм и 0,00005 соответственно. Картины распределений перемещений и деформаций одинаковы.

Максимальная величина напряжений на элементах фундамента: при стационарных нагрузках – 92,606 МПа, при временных нагрузках – 92,759 МПа. Отличие составляет 0,153 МПа или 0,17 % и является математической погрешностью расчета. Место максимальных значений напряжений не изменилось - стальные элементы фундамента, расположенные со стороны ЦВД (места нагрузок Q24-29).

Картина распределения напряжений имеет заметные отличия вблизи приложения временных нагрузок. Наибольшие изменения в местах расположения площадок Q6-10, Q16-17, Q24-25. Максимальные изменения в местах Q7-10 (опоры центральной части ЦНД) и составляют увеличение на 86 % (0,414 МПа).

Выводы. Проведенный анализ напряженно-деформированного состояния фундамента показал незначительное влияние нагрузок гидроиспытания на распределение и величины перемещений и деформаций. Этот тип нагружения не приводит к увеличению значений максимальных напряжений и оказывает влияние на распределение напряжений. Наибольшие изменения в области опор ЦНД (увеличение значений напряжений до 86 %).

Список литературы: 1. *Красніков С.В., Степченко О.С., Торянік А.В.* Комп'ютерне моделювання багатокорпусного турбоагрегату та аналіз його вібраційних характеристик // *Машинознавство*. – Л.: Кінпатрі, 2009. – № 2. – С. 27-33. 2. *Шульженко Н.Г., Воробьев Ю.С.* Численный анализ колебаний систем турбоагрегат-фундамент. – К.: Наукова думка, 1991. – 232 с. 3. *Красніков С.В.* Моделювання напружено-деформованого стану фундаменту турбоагрегату 200 МВт // *Вісник НТУ «ХП»*. – Х.: НТУ «ХП», 2011. – № 63. – С. 54-58.

Поступила до редколлегии 11.07.2012