

УДК 532

Г.Л.Козинец (асп., каф СКиМ), В.В.Белов, д.т.н., проф.

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ БЕРЕГОВОГО ВОДОСБРОСА САЯНО-ШУШЕНСКОЙ ГЭС

Проектирование и расчет механического оборудования представляют собой исключительно сложную и в значительной мере уникальную техническую задачу. При выборе типа механического оборудования необходимо, прежде всего, учитывать надежность и долговечность предлагаемой конструкции. Это требование, обязательное вообще для любого сооружения, приобретает особое значение, когда речь идет о механическом оборудовании гидротехнических сооружений, разрушение которого может привести к катастрофическим последствиям.

Рассмотрим это на примере механического оборудования берегового водосброса Саяно-Шушенской ГЭС, проектирование и расчет которого был произведен в отделе ГМО №2 проектно-конструкторской организации «Ленгидросталь».

Водосбросная плотина Саяно-Шушенской ГЭС, справляясь с сезонными паводками, обрушивает мощный поток воды в нижний бьеф, который разрушает бетонное основание водобойного колодца. Разрушение бетона не было предусмотрено при проектировании гидроузла, поэтому встала задача построения двух обходных тоннелей по берегу р. Енисей, которые обеспечат пропуск паводковой воды.

Вновь запроектированное механическое оборудование берегового водосброса предназначено для поддержания горизонта воды в водохранилище и, в случае необходимости, сброса воды в нижний бьеф. Основными расчетными составляющими механического оборудования Саяно-Шушенской ГЭС являются:

1. Основной (рабочий) сегментный затвор.
2. Аварийно – ремонтный плоский колесный затвор.

Проектирование именно сегментного затвора, как основного, обусловлено тем, что при его маневрировании возможно плавное регулирование расхода воды при отсутствии кавитационных явлений, так как сегментный затвор не имеет пазов. Затраты на проектирование, расчет, изготовление и монтаж полностью окупятся надежной работой затвора.

Ввиду соблюдения необходимых требований безопасности перед глубинным основным сегментным затвором необходимо предусмотреть установку аварийно-ремонтного затвора на случай ремонта или аварии основного затвора.

Расчеты конструкций сегментного затвора и аварийно-ремонтного затвора были выполнены на ЭВМ методом конечных элементов. При расчете конструкций возникает задача определения их напряженно-деформированного, т.е. вычисления напряжений и перемещений в любых узлах и элементах конструкций и проверка выполнения условий прочности конструкций.

Современные методы расчета позволяют определить оптимальные весовые и конструктивные характеристики элементов конструкции, снизить вес, уменьшить стоимость конструкции, отвечая при этом всем требованиям прочности и надежности, предусмотренным для проектируемого механического оборудования. Эта задача решается с помощью геометрического моделирования и построения расчетной схемы, включающей в себя систему конечных элементов конструкции, связанных между собой в узлах, задания гидростатических, весовых нагрузок и нагрузок на подъем, а также условий опирания конструкции на закладные части (граничных условий).

Результаты расчета аварийно-ремонтного затвора по методу конечных элементов позволили создать конструкцию с оптимальными отверстиями в ригелях и диафрагмах, выполненными с обрамлениями, способствующими снятию местных напряжений вокруг отверстий и перераспределению их на элементы обрамлений.

Поставлено оптимальное количество диафрагм – 8 на каждую из 4-х секций затвора. Выдержаны допускаемые прогибы ригелей для секций затвора:

$$[f] = L/1000 \text{ – для верхней секции; } [f] = L/500 \text{ – для нижней секции,}$$

где L – расчетный пролет; $[f]$ – допускаемый прогиб ригеля.

Выдержаны допускаемые напряжения, возникающие в элементах конструкции:

$$[\sigma_{ст}] = \frac{R_n c \gamma_c}{\gamma_m \gamma_n},$$

где $[\sigma_{ст}]$ – допускаемое напряжение при статической нагрузке.

Однако в районе перехода стенок ригелей с больших размеров на меньшие, выявлены устойчивые концентраторы напряжений, но не превосходящие допускаемых:

$$[\sigma_{расч}] \leq [\sigma_{ст}],$$

где $[\sigma_{расч}]$ – расчетное (приведенное) напряжение, т.е. напряжение при линейном напряженном состоянии, эквивалентном объемному в отношении опасности для прочности материала.

При последующей доработке конструкций подобного профиля будет произведено скругление поясов ригелей по радиусу для снятия устойчивых концентраторов и подтверждено расчетом обоснование в изменении конструкции. Выбор более мелких размеров элементов при построении расчетной схемы позволит достаточно точно определить напряжения в опасных зонах конструкции. Учет гидродинамических нагрузок для затворов, работающих в потоке, позволит получить картину напряженного состояния конструкции наиболее приближенную к натурным условиям.

Задачей последующих расчетов конструкций, входящих в состав механического оборудования любого гидроузла, является обоснование внесения изменений в конструкцию, и улучшение ее работы на основании полученных результатов расчета.