

ХОЛОДНАЯ ЗАТЯЖКА КРУПНОГО РЕЗЬБОВОГО КРЕПЕЖА РАБОЧИХ КОЛЕС ОСЕВЫХ ГИДРОТУРБИН – АЛЬТЕРНАТИВА ТЕПЛОЙ ЗАТЯЖКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАГРЕВАТЕЛЯ ГТИ-334

**Гапонов В.С., докт. тех. наук, Музыкин Ю.Д., канд. техн. наук,
Столбовой А.С., канд. техн. наук**
(*Национальный технический университет “ХПИ”*)

Показана возможность использования холодной затяжки крупного резьбового крепежа взамен тепловой затяжки применительно к рабочим колесам осевых гидротурбин

Введение. Крупные резьбовые соединения для рабочих колес осевых гидротурбин устанавливаются со строго контролируемой предварительной затяжкой, обеспечивающей существенное повышение несущей способности ответственных узлов [1,2]. Напряжения предварительной затяжки устанавливаются из условия плотности стыка для обеспечения прочности соединений при переменных нагрузках. Предварительная затяжка, определяющая упругое взаимодействие частей соединения, должна обеспечивать надёжность работы резьбового крепежа при произвольном характере изменения внешних нагрузок. Структура напряженного состояния от предварительной затяжки предполагает перераспределение силовых потоков в соединении.

Анализ методов затяжки крепежа рабочих колес гидравлических турбин. Технологически возможны два способа получения предварительной затяжки: тепловая и холодная. Тепловая затяжка крупного крепежа гидротурбин при очевидных достоинствах, главным из которых является отсутствие силового воздействия на крепёж в момент затяжки, имеет существенные недостатки, ограничивающие область её использования.

Недостатками тепловой затяжки являются:

- необходимость использования крепежа специальной конструкции, а также специальных нагревателей ГТИ-334;
- обеспечение на сборочном участке повышенных требований к пожаробезопасности и санитарным условиям;
- принятие необходимых мер регламентирующих скорость нагрева и охлаждения резьбового соединения, а также обеспечение стандартных методов контроля температурных и линейных параметров.

Выполнение всех этих требований в условиях действующей ГЭС является проблематичным, а часто, просто невозможным. Поэтому, в таких случаях, целесообразно применение холодной затяжки, которая связана с вращением гайки постоянным моментом и с использованием вибрационных и гидравлических устройств. Наиболее распространенные методы контроля силы затяжки при холодном способе основаны на замерах:

- а) удлинения болта (шпильки),

- б) угла поворота гайки,
- в) крутящего момента при затяжке гайки.

Более точно сила затяжки контролируется по удлинению болта, которая определяется по разности величины базы измерения до и после затяжки Δl :

$$\Delta_s = \frac{\Delta l}{\lambda_b},$$

где λ_b – коэффициент податливости стержня болта.

Для коротких и средних болтов ($l < 6d$), у которых удлинение не превышает 20-60 мкм, во избежание значительных погрешностей измерения, следует учитывать деформацию болта в пределах резьбы путем добавления к расчетной длине 1/3 высоты гайки, а для коротких шпилек добавляют деформацию стержня шпильки в пределах длины свинчивания.

При контроле силы затяжки по углу поворота гайки определяют фиксированный угол, при котором обеспечивается необходимое контактное напряжение в стыке

$$\varphi^\circ = 360 \frac{Q}{S} \sum_{i=1}^n \lambda_i,$$

где $\sum_{i=1}^n \lambda_i$ – суммарная податливость болта и стягиваемых деталей; n – число деталей в соединении; S – шаг резьбы; Q – сила, действующая на винт.

Метод затяжки по углу поворота прост, не связан с силами трения и не зависит от индивидуальных особенностей резьбового соединения, однако, сложность вычисления податливости стягиваемых деталей, определения начального угла φ° , при котором полностью выбираются зазоры в соединении, делает этот метод малоэффективным. Точность обеспечения заданного усилия затяжки при контроле по углу поворота гайки не более $\pm 22\%$.

Наиболее прост для практики, а поэтому и широко распространен контроль силы затяжки, основанный на замере момента затяжки с помощью тарированных ключей: динамометрических и предельных. Применение тарированных ключей основано на связи крутящего момента на ключе и усилия затяжки. Момент, приложенный к гайке, уравнивается моментами от сил трения в резьбе и на торце гайки, определение которых строится в предположении равномерного нагружения в сопряженных поверхностях. В действительности, контактные напряжения зависят от многих конструктивных и эксплуатационных факторов, учет которых представляет сложную техническую задачу. Коэффициенты трения зависят от удельного давления, наличия и вида покрытия, шероховатости поверхности, смазки, повторяемости сборки, скорости завинчивания, жесткости соединения и ряда других факторов. Связь между моментом и силой затяжки не остается постоянной. Анализ экспериментальных данных показывает, что эта зависимость не является устойчивой и обеспечивает точность получения усилия затяжки не более $\pm 30\%$.

Лучшие по сравнению с контролем по моменту на ключе результаты могут быть получены при затяжке резьбовых соединений комбинированным мето-

дом. При этом первоначальная затяжка до «нулевого» положения проводится тарированным инструментом, дальнейшая затяжка контролируется по углу поворота. При указанном методе исключается произвольность отсчета нулевого положения угла поворота, а усилие затяжки не зависит от трения.

Однако при затяжке ответственных соединений желательно перейти на метод непосредственного контроля удлинения или усилия. Перед затяжкой на расчетную величину целесообразно произвести осадку соединения силой, превышающей расчетную. Силовая осадка вызывает пластическую деформацию металла на участках точечного контакта и увеличивает релаксационную стойкость соединения. Силу осадки выбирают так, чтобы создать напряжение, равное 0,6-0,8 предела текучести материала болтов.

Гайки закручивают в несколько приемов в определенной последовательности. Соединение выдерживают под затяжкой не менее 2-3 часов, после чего гайки отпускают и закручивают снова на расчетную величину. Наиболее эффективным способом затяжки является применение гидравлических ключей. Один из способов применения гидравлического ключа, а также характер перераспределения силовых потоков в месте установки резьбового крепежа показан на рис. 1.

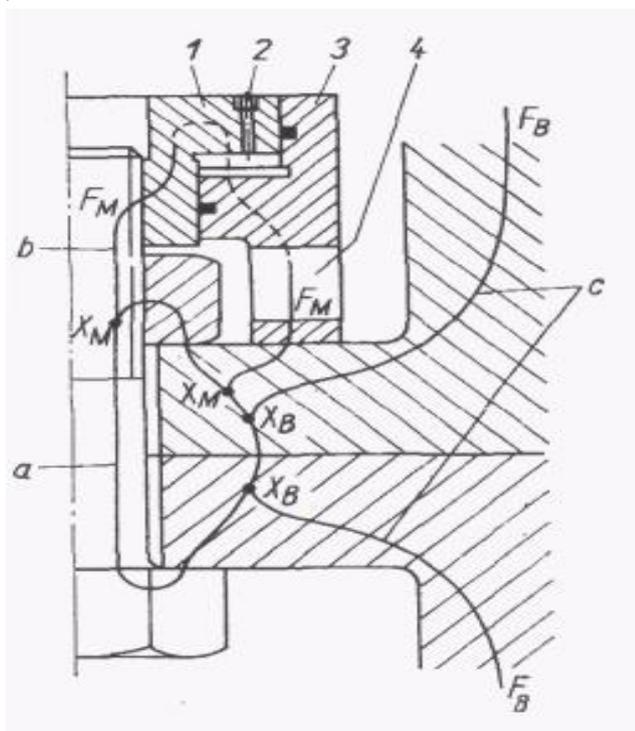


Рис. 1. Затяжка с использованием гидравлической гайки: 1 – гайка гидросистемы; 2 – подвод давления из гидросистемы; 3 – корпус гидросистемы; 4 – монтажное окно.

На рис.1 показано начало силового потока X_B и X_M от силы предварительной затяжки F_B и силы затяжки F_M ; a, b, c - соответственно силовые потоки от предварительной затяжки, монтажного натяга и внешней силы.

Выводы. 1. Гидравлический ключ обеспечивает удлинение болта под действием осевой силы, величина которой регулируется гидроцилиндром при из-

менении давления на входе.

2. Простота такого технического решения обеспечивает высокую точность предварительной затяжки при возможности варьирования типоразмеров соединений в широком диапазоне и безопасную работу для обслуживающего персонала. Контроль удлинения болтов осуществляется традиционным мерительным инструментом.

3. В условиях действующей ГЭС метод затяжки болтовых соединений рабочих колес осевых гидротурбин с использованием гидравлической гайки следует признать безальтернативным, поскольку при надлежащем мониторинге состояния контролируемых параметров может быть обеспечена надежная работоспособность резьбовых соединений.

Список литературы

1. Биргер И.А. Резьбовые соединения / И.А. Биргер, Г.Б. Йосилевич. – М.: Машиностроение, 1973. – 256 с.
2. Орлов П.И. Основы конструирования / П.И. Орлов.– Кн.2. – М.: Машиностроение, 1988. – 544 с.

Анотація

Холодне затягування великого різьбового кріплення робочих коліс осьових гідротурбін – альтернатива тепловому затягуванню з використанням нагрівача ГТІ - 334

Показано можливість використання холодного затягування великого різьбового кріплення замість теплового затягування стосовно до робочих коліс осьових гідротурбін

Abstract

Cold inhaling of large carving fixture of driving wheels of axial water-wheels – alternative to a thermal inhaling with use of heater “ГТИ – 334”

Possibility of use of a cold inhaling of large carving fixture instead of a thermal inhaling with reference to driving wheels of axial water-wheels is shown