

УДК 621.185.2

А.М.Сапрыкина (5 курс, каф. ЭиПГС), Ю.В.Богданов, к.т.н. доц.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВИБРОИЗОЛИРОВАННЫХ ФУНДАМЕНТОВ ПОД МОЩНЫЕ ТУРБОАГРЕГАТЫ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

Турбоагрегаты по характеру динамического воздействия относятся к машинам периодического действия, как машина равномерного вращения. Турбоагрегат обеспечивает превращение тепловой энергии в электрическую.

Рассмотрим турбоагрегат мощностью 1000 МВт (Тяньваньская АЭС) при соответствующей статической нагрузке от турбоустановки общей массой более 3 тыс. тонн, ротор турбины, общей массой свыше 400 т, вращающийся со скоростью 3000 об/мин, оказывает дополнительно существенное динамическое воздействие на фундамент турбоагрегата.

По конструктивному признаку фундаменты под турбоагрегаты подразделяются на рамные, стеновые и массивные.

Наиболее распространенным способом вибрационной защиты строительных конструкций от периодических усилий, возбуждаемых турбоагрегатом, является виброизоляция.

Еще около 10 лет назад общепринятый в России метод установки крупных турбоагрегатов – мощностью до 1200 МВт с применением конструктивной виброизоляции в виде тонких стоек, соединявших верхнюю опорную плиту с нижней плитой – требовал устройства мощной нижней монолитной железобетонной плиты фундамента турбоагрегата, отделённой деформационными швами от фундаментов машинного зала. Допускаемый прогиб нижней плиты за межремонтный период, в зависимости от длины турбоагрегата, не должен превышать 1/10000-1/15000 длины плиты, в зависимости от длины турбоагрегата. В противном случае прогиб нижней плиты фундамента вызовет расцентровку роторов турбоагрегата и, как следствие, останов агрегата с последующими дорогостоящими ремонтными работами и потерей выработки электроэнергии (не говоря о таких экстремальных случаях, когда процесс осадок невозможно остановить, например, на вбронестойчивых грунтах или при суффозии грунтов).

Фундамент с упругим опиранием – качественно новый тип строительной конструкции. При этом верхнее строение фундамента представляет собой балочный ростерк, опирающийся через виброизоляторы на балки и колонны каркаса здания.

Преимущества использования виброизолированного фундамента:

- при правильном выборе жесткостных и демпфирующих характеристик значительное снижение амплитуды динамических нагрузок, передающихся на фундамент турбоагрегата;
- возможность динамического отсоединения несущей части механизма от поддерживающей – конструкции;
- возможность встраивания независимой от фундамента механизма поддерживающей конструкции в имеющееся здание;
- отказ от дорогостоящей опорной плиты;
- сокращение времени строительства;
- независимость от сроков сооружения окружающих зданий;
- возможность компенсации осадок грунта в промежуточной плоскости пружин;
- установка системы без нарушения производственного режима;

- возможность технического контроля (по параметрам) системы, например, с помощью системы мониторов фирмы «GERB»;
- защита турбин от воздействия землетрясений;
- значительное свободное пространство под турбиной для размещения конденсаторов и трубопроводов.

Фирма «GERB» уже несколько десятилетий совместно с ведущими производителями турбин Германии работает над проблемой виброизоляции турбоагрегатов. Впервые такая система виброизоляции была установлена в 1968 году для турбины мощностью 600 МВт. Сегодня системы фирмы «GERB» применяются во всем мире для самых разных турбоагрегатов мощностью до 1300 МВт.

В фундаментостроении турбогенераторов успешно применяются два типа виброизоляторов: управляемые вручную и гидравлически управляемый. Главным достоинством гидравлически управляемого виброизолятора является возможность приложения больших нагрузок на отдельные пружины.

Рассмотрим подробнее устройство виброизоляторов фирмы «GERB» (Германия) двух типов – ТК и TVEK различной несущей способности, от 48 кН до 1300 кН.

Каждый виброизолятор представляет собой сборную конструкцию, состоящую из пружинных элементов – по две пружины в каждом элементе, установленных параллельно между двумя сварными металлическими пластинами. В каждом элементе пара пружин устанавливается коаксиально, при этом наружная пружина имеет правое направление нарезки, а внутренняя – левое. Рабочая грузоподъемность (нагрузка) обеспечивается набором требуемого количества пружинных элементов. Высота блока (степень сжатия пружин) регулируется стяжными болтами, установленными по углам пластин, эти болты являются одновременно и ограничительными.

Виброизоляторы типа TVEK дополнительно укомплектованы демпферами вязкого трения «Visco», так же разработанными и выпускаемыми фирмой «GERB». Демпфер предназначен для поглощения энергии колебаний системы турбоагрегат-фундамент при сейсмическом воздействии или аварии (вылете лопатки ЦНД, моменте короткого замыкания на генераторе).

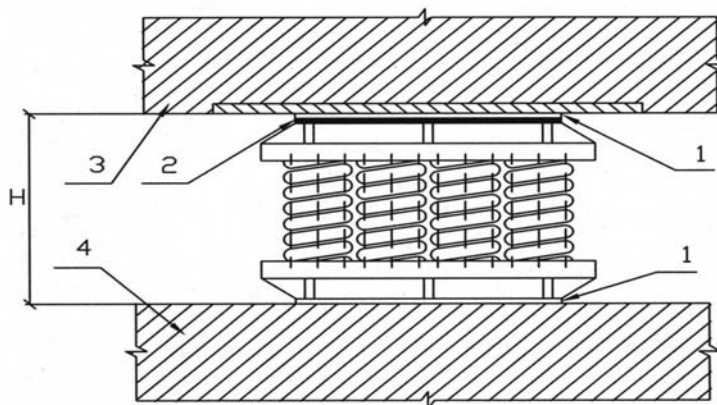


Рис. 1.

- 1 – строительные фиксирующие прокладки из минерального войлока;  
 2 – стальные компенсирующие прокладки; 3 – опорная платформа турбоагрегата;  
 4 – нижнее строение

Статическая нагрузка на виброизоляторы включает собственные веса турбоагрегата и опорной платформы фундамента.

При эксплуатации турбоагрегата нагрузка на виброизоляторы может быть повышена на 25 %. Этот резерв по несущей способности виброизоляторов учитывает:

- отклонения по габаритам и массе фундамента,

- отклонения по массам турбоагрегата и их распределения на фундаменте,
- компенсацию осадок основания,
- аварийное воздействие (вылет лопатки, короткое замыкание),
- влияние воздействия трубопроводов.

Пружинные виброизоляторы могут располагаться на несущих конструкциях виброизолированного фундамента с помощью двух способов: группами, когда виброизоляторы размещаются на верхних частях колонн (капителях) в пространстве между колоннами и плитой, и рядами, когда пружинные виброизоляторы ставятся на дополнительные балки, укладываемые на колонны вдоль длинных сторон.

Преимущество группового способа состоит в концентрации нагрузок в тех точках, в которых они передаются сверху или в которых возможно расположение пружинных виброизоляторов. При размещении виброизоляторов по второму способу дополнительные балки могут мешать прокладке трубопроводов. Расчеты для виброизолированных фундаментов на цилиндрических винтовых пружинах не имеют принципиальных отличий от расчетов традиционных низкочастотных фундаментов; необходимо учитывать характеристики стальных пружин вместо железобетонных колонн.

Выводы:

1. Опыт эксплуатации виброизолированных фундаментов для мощных турбоагрегатов зарубежных ТЭС и АЭС убедительно доказал их надежность и эффективность. Поэтому необходимо предусматривать применение таких виброизоляторов во всех проектируемых фундаментах для турбоагрегатов новых ТЭС и АЭС мощностью свыше 500 МВт.

2. Перед проектными организациями и строительными фирмами Санкт-Петербурга должна быть поставлена задача создания отечественных виброизоляторов, не уступающих по своим техническим и эксплуатационным показателям зарубежным аналогам.

#### *ЛИТЕРАТУРА:*

1. Байков В.Н. Железобетонные конструкции. М. 1985г.
2. Методы борьбы с вибрациями в строительстве (обзор) М 1978 г.
3. Инструкция по монтажу виброизоляторов ООО «Вибрам» СПб 2003 г.
4. Виброизолированные фундаменты турбоагрегатов (обзор). Шейкин И.С., Козлов А.Б., Литвин И.С., Свердлов П.М. –М. Информэнерго, 1983г.
5. Совершенствование конструкций фундаментов турбоагрегатов – М. Информэнерго, 1980 г.
6. [www.gerb-vibra.spb.ru/turbin.html](http://www.gerb-vibra.spb.ru/turbin.html)