**СЕЙСМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ОТВЕТСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ: СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И ПРИМЕРЫ РЕАЛИЗАЦИИ**

**Г.Н. Антоновская**, канд. техн. наук

(ФГБУН ФИЦКИА РАН)

**Е.А.** **Рогожин**, д-р геол.-минерал. наук, проф.

(ИФЗ РАН)

**Н.К. Капустян** д-р физ. -мат. наук, гл. науч. сотр.

(ИФЗ РАН, ФГБУН ФИЦКИА РАН)

**Аннотация.** В докладе обосновывается необходимость расширения нормативных требований к системам мониторинга, выделяются существующие прогрессивные методики сейсмического мониторинга.

**Ключевые слова**: системы мониторинга, сейсмический мониторинг, технический прогресс.

В России действует ряд федеральных и отраслевых нормативных документов, регламентирующих проведение различных изысканий и мониторинга, нацеленных на безопасное функционирование сложных технических систем. Тем не менее, количество аварий не сокращается, что говорит о необходимости расширения представлений о процессах и явлениях, описывающих состояние объекта мониторинга и места его расположения. Созданная в советский период и уникальная для того времени технологическая инфраструктура неизбежно стареет, ее нельзя эксплуатировать бесконечно, избегая внедрения новейших научно-технических достижений. Показаны возможные современные решения на основании сейсмических методов.

Путь к решению многих проблем лежит в расширении нормативных требований к системам мониторинга. Ключевым моментом является объединение сейсмических сетей различного уровня и использование одного типа сейсмического оборудования, что позволяет отличить признаки появления опасных изменений в состоянии объекта от свойственных ему характерных вариаций во времени (например, сезонные вариации, температурные изменения). Такой подход повышает эффективность работы системы мониторинга в целом.

Современные системы сейсмического мониторинга должны:

- обеспечивать сейсмобезопасность строящихся и реконструируемых антропогенных объектов;

- выявлять аномальные (ослабленные) участки в теле сооружения;

- предотвращать аварии природного и природно-техногенного характера на ранней стадии их возникновения.

Для этого системы мониторинга должны обеспечивать:

1. надежность по результатам комплексного анализа данных различных контрольных измерений (сейсмологических, сейсмометрических, вибрационных));
2. адекватность (способность отражать заданные и/или наиболее значимые для безопасного функционирования объекта параметры с заданной погрешностью);
3. точность (разрешающая способность разных систем мониторинга обеспечивать измерение заданных значений, определяемых в нормативных документах для данного объекта или условиями безопасной работы по результатам испытаний);
4. универсальность (возможность использовать предложенную схему для широкого класса ответственных объектов с возможностью модификации для конкретного объекта);
5. экономичность (характеризуется снижением затрат на реализацию системы комплексной сейсмобезопасности путем оптимизации количества пунктов наблюдения, объема анализируемого материала, использования единого типа оборудования для сейсмических наблюдений разных типов);
6. технологичность (удобство и простота выполнения наблюдений, взаимозаменяемость типов датчиков и гибкость схем наблюдений, простые эксплуатационные свойства системы).

Системы мониторинга должны опираться на следующие принципы:

1. соответствия наблюдаемых параметров тем величинам, изменения которых свидетельствуют о состоянии основных несущих конструкции и о процессах в грунтовом массиве основания объекта. Это означает, что выбираемые сейсмические методы проведения натурных наблюдений должны позволять фиксировать параметры, изменяющиеся при эксплуатации.
2. принцип соответствия циклов измерений и изменений во времени параметров объекта – задаваемого ритма натурных сейсмических наблюдений режиму инженерно-геологических и техногенных процессов. Это означает, что выбор ритма опроса датчиков и/или проведения циклов сейсмических наблюдений должен позволять регистрировать вариации параметров, характеризующих состояние объекта, а также в интервалах изменяющихся нагрузок.
3. принцип представительности информации об объекте. Это означает, что, например, для выявления опасного явления данные по состоянию тела объекта и по грунтам оснований должны давать картины одинаковой информативности, что определяется пространственным размещением пунктов наблюдения. При этом количественная информация должна обеспечить разработку математических моделей (в перспективе создание постоянно действующих математических моделей объектов).

Система сейсмического мониторинга, удовлетворяющая вышеперечисленным требованиям была установлена на Чиркейской ГЭС, Республика Дагестан, а в декабре 2015 г. введена в промышленную эксплуатацию. Система позволяет:

- вести сейсмический мониторинг района размещения плотины,

- выполнять оценку состояния плотины в любое время путем использования: записей местных землетрясений, зарегистрированных датчиками, установленными в бортовых примыканиях, собственных частот колебаний плотины, пусков гидроагрегатов,

- выполнять контроль работы гидроагрегатов: мониторинг допустимой мощности, выявлять отклонения от штатной работы, аномальные пульсации давления и кавитационные явления,

- получать реальную расчетную модель плотины в любой момент времени,

- определять природу ударных явлений (пуски гидроагрегатов или местное землетрясение).

Выводы. Технический прогресс в области приборостроения и информационных технологий позволяет расширить знания об особенностях функционирования ответственных объектов и повысить требования к система мониторинга, что неизбежно должно привести к снижению количества чрезвычайный ситуаций.

**Seismic protection of unique objects: modern requirements and implementation examples**

**Antonovskaya G.N.**, PhD, Head of the Laboratory of Seismology of the FCIARctic

**Rogozhin E.A.**, DSc, Vice Director of the IPE RAS

**Kapustian N.K**., DSc, Chief Researcher of the IPE RAS and FCIARctic