

УДК 631.6:627.8

Планирование и предупреждение аварийных ситуаций на каналах

Курбатов Н.П.

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

После распада СССР существенно ухудшилось состояние объектов гидротехники, и они приблизились к критическому рубежу. Проектный срок эксплуатации гидротехнических сооружений в зависимости от их класса следующий: для объектов I и II класса - 100 лет; для объектов III и IV – 50 лет [1]. При проектировании соблюдаются условия недопущения наступления предельных состояний при строительстве и эксплуатации. В случае снижения значения основных характеристик происходит преждевременное прекращение эксплуатации объектов, т.е. неэффективное использование материальных средств.

Каналы, основной задачей которых является транспортирование водных потоков, снижают свой КПД или совсем не пропускают заданные расходы: если каналы расположены в гумидной зоне, то зачастую у них разрушены и оползли откосы, заилено дно, идет интенсивное зарастание по всему сечению водной растительностью; в аридной зоне - кроме обрушения откосов наблюдаются значительные потери воды за счет фильтрации через стенки и борта сооружения.

Долговременная эксплуатация водных объектов обусловлена большим количеством показателей. Объекты не могут не работать неограниченно долгое время. В процессе их функционирования из-за старения, износа постоянно происходит изменение сопротивляемости внешним воздействиям. Возрастание внешнего воздействия (нагрузок) приводит к авариям - неожиданный выход из строя конструкций, элементов или объекта в целом. Аварии могут происходить по различным причинам и зависят от множества факторов. Причинами разрушений на гидротехнических объектах являются низкое качество производства работ, а также бетона; механическое разрушение (разрыв и перенапряжение) и усталость; проницаемость наружных слоев бетона, приводящая к разрушению арматуры; попеременное замораживание и оттаивание поверхности конструкций и сооружений; невозможность свободных температурных деформаций сооружения, в результате чего в бетоне могут развиваться трещины; неравномерная осадка сооружения, которая может привести к чрезмерным напряжениям в швах; отсутствие дренажа на горизонтальных поверхностях сооружений; изменения кристаллической структуры бетона; температурные напряжения, вызванные действием солнечных лучей; усталость материала из-за динамических воздействий или из-за температурных напряжений и т.д.

Следует отметить, что даже незначительная авария или несущественные неисправности, неполадки, могут перерасти в крупную аварию, если не предпринимать неотложные адекватные меры по их устранению. Одним из подходов, позволяющих обосновать предотвращение аварий, считаются методы статистического анализа. Наиболее перспективный - метод эволюционного моделирования. Этот подход позволяет получать оценки времени появления интересующего события с некоторой вероятностью.

Обработка результатов наблюдений проводится следующим образом. Каждая реализация длительностью $t = 1$ год разбивается на участки $N = 100$ продолжительностью $t = 0,01$ с целью повышения информативности результатов наблюдений; на каждом участке определяются ординаты и составляется база

исходных данных для компьютерной обработки; анализ проводится на базе теории случайных процессов по специально разработанным программам [2,3].

Первоначально определяются следующие параметры:

математическое ожидание:
$$m = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$$

дисперсия:
$$D_x = \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^2 \frac{1}{(n-1)}$$

среднее квадратическое отклонение:
$$\sigma_x = D^{0,5}$$

коэффициент вариации:
$$v_x = \frac{\sigma_x}{m_x}$$

где x_i - результат измерения случайной величины маркерного параметра; n - количество независимых измерений случайной величины в процессе наблюдения.

Каждая полученная реализация проверяется на стационарность и эргодичность по однородности ряда математических ожиданий и наличию постоянства величины дисперсии. При проверке рассматриваются не все полученные эмпирические значения случайной величины, а определяется оптимальный шаг дискретности и составляется отредактированный объем использования информации.

Проверка стационарности по однородности ряда математических ожиданий с использованием критерия Стьюдента проводится из условия:

$$S_{m_x} = \sqrt{\frac{n_1 D_1^2}{n_1 + n_2 - 2}} \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}}$$

где n_1, n_2 - сравниваемые наблюдаемые значения математического ожидания; D_1^2 и D_2^2 - объемы выборок, по которым проводится сравнение, и выборочные дисперсии; t - характеристика распределения Стьюдента, определяемая в зависимости от доверительной вероятности и числа степеней свободы.

На основе наблюдений и анализа процессов выхода из строя водных объектов установлено, что их сохранение в требуемом надежном состоянии можно обеспечить лишь при заблаговременном обнаружении возникающих неисправностей. Однако оценка состояния надежности объекта, как правило, связана с большими затратами труда и средств. Для приближенной оценки вероятности безотказной работы отдельных частей гидротехнического сооружения предлагается использовать метод экспертной оценки. Например, оценивается канал, в два этапа. На первом этапе все части сооружения рассматриваются по качественным признакам в порядке убывания уровня их надежности (крепление, состояние откосов, состояние регулирующих сооружений, мостов). На втором этапе проводится оценка надежности элементов последовательности. Для этой цели выбирают эталон и оценивают его вероятность безотказной работы. Затем оценивается вероятность работы отдельных частей. При выборке и разделении состояния отдельных частей используют оценки экспертов, которые могут использовать данные о частоте появления повреждений или других инцидентов в течение единицы времени. Далее сравнивают полученные данные с эталоном.

Любые модели, применяемые для анализа надежности гидротехнических сооружений, будут неполными. С их помощью практически невозможно формализовать все множество факторов, определяющих надежность. Соответственно, количественные оценки, получаемые по этим моделям, недостаточно точны. Поэтому, результаты данных исследований необходимо сравнивать с данными, полученными с применением других методов. Например, для сравнения можно использовать стратегию намеченных ремонтов. По ним выявляются "слабые звенья" (отказы которых являются основными) в структуре сооружений. Кроме того, повышению надежности способствует принятие мер по устранению причин, а также неполадок и неисправностей в системе. Отмеченный процесс продолжается до тех пор, пока надежность всех компонентов не достигнет требуемого по техническим условиям уровня.

В процессе эксплуатации объектов любого класса необходимо решать задачи нахождения оптимальной стратегии его эксплуатации, отдаления времени выхода их из строя. Знание оптимальной продолжительности использования объекта необходимо, наряду с нормативной долговечностью, для разумного и оптимального распределения средств для содержания объекта в исправном состоянии.

Предложенный метод планирования и предупреждения аварийных ситуаций позволяет проводить периодическую проверку потенциально опасных объектов, не дожидаясь аварийных ситуаций и крупных повреждений. Зная надежность различных элементов канала, можно обеспечить дальнейшую эксплуатацию объекта с заданными проектными параметрами.

Литература

1. СНиП 33-01-2003 Гидротехнические сооружения. Основные положения. Госстрой России. Москва 2004.
2. Сотсков Б. С. Основы теории расчета надежности элементов автоматики и вычислительной техники. –М.: «Высшая школа», 1970. -272с.
3. Мирцхулава Ц.Е. Надежность гидромелиоративных сооружений. –М.: Колос,1974.-279с.