

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

А.Л. Кожанов, А.С.Штанько
ФГНУ «РосНИИПМ»

В последнее десятилетие сложились условия, когда гидротехнические сооружения оросительных систем находятся в изношенном состоянии, с недостаточной эффективностью и низкой эксплуатационной надежностью. В период с 1994 по 2004 годы потребность в ремонте сооружений по основным экономическим районам увеличилась: в Нечерноземной зоне с 15 до 32 %; в Центрально-Черноземном р-не с 16 до 36 %; в Поволжском р-не с 22 до 38 %; в Северо-Кавказском р-не с 40 до 45 %; в Восточно-Сибирском р-не с 28 до 33 %. Таким образом, проблема оценки надежности элементов гидротехнических сооружений является актуальной в современной мелиорации.

Для рассмотрения данного вопроса необходимо дать некоторые определения. Оросительная система – это совокупность гидротехнических и других сооружений, обеспечивающих орошение земель. Надежность оросительной системы – это способность системы обеспечивать в конкретных условиях эксплуатации в течение заданного интервала времени (нормального срока службы) все заданные функции, то есть система должна работать в течение всего срока эксплуатации в границах установленных допусков [1]. Вопросами надежности оросительных систем занимались многие ученые: Ц.Е. Мирцхулава, В.Н. Щедрин, Ю.М. Косиченко, А.В. Колганов, В.И. Ольгаренко, Г.А. Сенчуков, И.И. Наumenко и другие.

Оценка надежности оросительных систем состоит в определении следующих показателей надежности: вероятность безотказной работы в течение определенного времени и вероятность отказа, среднее время наработки до отказа, наработка на отказ, интенсивность отказов, частота отказов и др.

[1, 2]. Показатели надежности количественно характеризуют, в какой степени конкретному объекту присущи определенные свойства, обуславливающие его надежность. Они бывают размерные (например, наработка на отказ) и безразмерные (например, вероятность безотказной работы) [3].

Вероятность безотказной работы объекта $P(t)$ есть вероятность того, что в интервале времени $0 \leq t < t_1$ сохраняется его работоспособность. Тогда вероятность того, что в пределах заданной продолжительности работы отказа не произойдет, запишется так [1]:

$$P(t) = \text{Вер.}(t_1 > t).$$

Функция $P(t)$ является монотонно убывающей непрерывной функцией времени, когда $0 < P(t) < 1$, $P(0) = 1$ и $P(\infty) = 0$.

Согласно И.И. Науменко, вероятность безотказной работы [3]:

$$P(t) = P(T \geq t) = 1 - F(t),$$

где T – случайная наработка; $F(t)$ – функция распределения наработки до отказа.

Вероятность отказа [1]

$$Q(t) = 1 - P(t).$$

В отличие от $P(t)$, функция $Q(t)$ является монотонно возрастающей непрерывной функцией времени в диапазоне значений t от 0 до ∞ . При $t = 0$ $Q(0) = 0$, при $t = \infty$ $Q(\infty) = 1$.

Частота отказов – это отношение числа отказавших образцов в единицу времени к первоначальному количеству образцов при условии, что отказавшие образцы не восстанавливаются:

$$a(t) = f(t) = Q'(t) = -P'(t).$$

Наработкой на отказ t_{cp} называется среднее значение времени работы оборудования между соседними отказами при условии, что отказавшие образцы восстанавливаются [1, 2]:

$$t_{cp} = \sum_{i=1}^n t_i / n,$$

где n – число участков системы, отказавших за время t ;

t_i – время исправной работы элементов между $i-1$ и i -м отказами.

Средняя наработка до отказа – это математическое ожидание наработки объекта до первого отказа [3]:

$$T_c = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} t dF(t) = \int_0^{\infty} [1 - F(t)] dt,$$

где T_c – средняя наработка до отказа;

$F(t)$ – функция распределения наработки до отказа;

$f(t)$ – плотность распределения наработки до отказа.

Интенсивность отказов $\lambda(t)$ элемента есть условная вероятность его отказа в интервале времени $(t, t+\Delta t)$ при условии, что до момента времени t элемент работал безотказно [2, 3].

На практике для определения вероятности безотказной работы $P(t)$ или вероятности отказа $Q(t)$ по результатам статистических данных об отказах объектов при их эксплуатации используют метод непосредственного подсчета вероятностей [1, 2]:

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0};$$
$$Q(t) = \frac{n(t)}{N_0},$$

где N_0 – число однородных наблюдаемых элементов;

$n(t)$ – число элементов, отказавших за время работы.

Для определения $a(t)$ по результатам статистических данных об отказах объектов используют зависимость [1, 2]:

$$a(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_0 \Delta t},$$

где $n(\Delta t)$ – число отказавших образцов в интервале времени Δt ;

Δt – величина временных интервалов, на которые разделен период, в течение которого ведется наблюдение за объектом.

Для определения $\lambda(t)$ по результатам статистических данных об отказах объектов используют зависимость [1, 2]:

$$\lambda(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_{cp}(\Delta t) \Delta t},$$

где $N_{cp}(\Delta t)$ – среднее число исправно работающих образцов в интервале Δt ,

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = \frac{a(t)}{P(t)}.$$

Таким образом, вероятность безотказной работы и вероятность отказа являются функциями времени. Показатель времени для крупных гидротехнических сооружений составляет 30 и более лет, что затрудняет проведение наблюдений с целью оценки интенсивности отказов. Поэтому необходимо провести дифференциацию сооружений по длительности эксплуатации. Оценку сооружений с малым сроком эксплуатации проводить по предложенной методике. Сооружения с большим сроком эксплуатации будет целесообразно характеризовать по другим критериям, не являющимися функциями времени. Также необходимо отметить, что для объективной оценки надежности оросительной системы в целом необходимо проводить ее структуризацию, разбивая ее на отдельно исследуемые части.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щедрин В.Н., Косиченко Ю.М., Колганов А.В. Эксплуатационная надежность оросительных систем. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2004. – 388 с.
2. Мирцхулава Ц.Е. Надежность гидромелиоративных сооружений. - М.: Колос, 1974. – 280 с.
3. Наumenко И.И., Подласов А.В., Сидоренко А.М. Повышение надежности оросительных систем. – Киев: Урожай, 1989. – 96 с.