

Аспирант С.Е. Петренко

## Параметры надежности эксплуатации насосных станций и мероприятия по их повышению.

Бесперебойность подачи и обеспечение необходимых уровней давления на всех участках системы водоснабжения в значительной мере определяются надежностью работы насосной станции. Нарушение нормальной работы станции обуславливается различными случайными событиями, в результате которых выходят из работы отдельные элементы ее схемы (сооружения, насосы, приводные двигатели, участки трубопроводов и др.). Анализ и изучение вероятностных характеристик таких событий, а также оценка надежности действия технических систем относительно теории надежности. Обычно под надежностью понимается способность изделия (элемента, сооружения, системы) выполнять в определенных условиях эксплуатации все заданные функции, сохраняя рабочие параметры в пределах установленных допусков, в течение требуемого интервала времени. Применительно к таким сложным гидротехническим объектам, как насосная станция, надежность является показателем качества в самом широком смысле этого понятия. Она определяется качеством проектирования, строительства и эксплуатации.

В процессе эксплуатации выявляются ошибки и просчеты, допущенные при разработке проекта станции, а также качество изготовления строительных конструкций и монтажа оборудования. Поэтому на персонале насосной станции лежит большая ответственность, заключающаяся не только в правильной эксплуатации сооружений, механизмов и машин, но и в своевременном выявлении и устранении возможных строительных, заводских и монтажных дефектов.

При вводе насосной станции в эксплуатацию необходимо количественно оценить ее надежность, определить продолжительность работы оборудования до вывода в ремонт, продолжительность сохранения оптимальных параметров и др. Особенно острой является проблема обеспечения надежности всех элементов системы после ремонтных работ, проводимых, как правило, в трудных условиях на месте.

Следует также иметь в виду что отказы, вызывающие нарушение работоспособности насосной станции, могут наблюдаться не только в результате различных повреждений и аварий отдельных элементов самой станции (внутренние отказы), но и в результате внешних причин (внешние отказы), как например, прекращение подачи электроэнергии в энергосистеме,

непредвиденное повышение или снижение уровней воды и расходов водоисточника, резкое ухудшение качества воды, ледовые помехи и т.п.

Используя некоторые положения математической статистики и теории вероятностей, каждое определение можно выразить количественными показателями. Основными показателями надежности для насосных станций систем водоснабжения и канализации являются: вероятность безотказной работы, частота и интенсивность отказов, средняя наработка на отказ и коэффициент готовности.

Вероятность безотказной работы  $P(t_p)$  есть вероятность того, что при эксплуатации насосной станции за определенный заданный промежуток времени  $t_p$  не произойдет ни одного отказа. При практических расчетах вероятность безотказной работы может быть определена по формуле

$$P(t_p) \approx [N_0 - n(t_p)]/N_0, \quad (1)$$

где  $N_0$  - число узлов (агрегатов) насосной станции в начале эксплуатации;  $n(t_p)$  - число узлов (агрегатов), отказавших в течение времени  $t_p$ .

Функция  $P(t_p)$  является убывающей функцией (рис.1). При  $t_p = 0$   $P(0)=1$ , а при времени работы  $t=\infty$   $P(\infty)=0$ . Таким образом,  $P(t_p)$  изменяется в пределах  $0 \leq P(t_p) \leq 1$ .

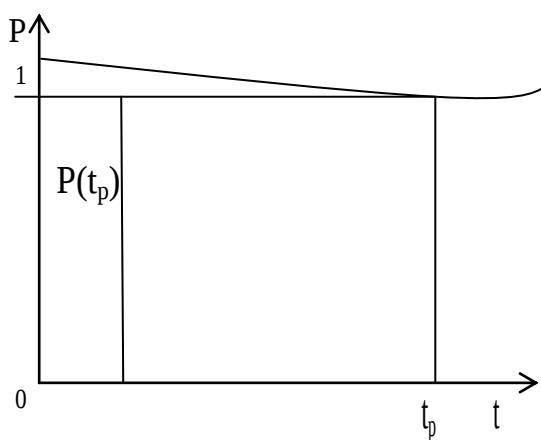


рис. 1

По ГОСТ 27.002-89 надежность – это свойство устройств, сооружений, систем и объектов в целом, а также изделий (продуктов) выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения нормируемых (расчетных) эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования. Для оценки надежности

технических систем применяют также комплексные показатели надежности, в число которых входят: коэффициент готовности, коэффициент оперативной готовности, коэффициент технического использования, коэффициент планируемого применения, коэффициент сохранения эффективности.

Система водоотведения и ее каждый иерархически подчиненный элемент, в т.ч. и очистные сооружения сточных вод, также характеризуются рядом показателей надежности. При этом надежность ее достаточно полно может быть охарактеризована каким-то одним показателем, например, – модифицированным коэффициентом готовности.

Одной из важнейших задач на этапе проектирования является правильный выбор номенклатуры нормируемых показателей надежности. Необоснованный выбор этих показателей может привести к неправильным решениям при проектировании системы. Поэтому при выборе показателей надежности необходимо учитывать назначение системы, условия и режимы ее работы, а также ее ремонтпригодность. Количественные значения этих показателей являются исходными данными для расчета надежности элементов, узлов и всей системы в целом. Все показатели надежности проектируемой системы должны обеспечивать нормальное ее функционирование в течение заданного срока эксплуатации. Надежность всей системы равна произведению надежностей элементов и узлов, из которых она состоит.

Для очистных установок систем водоотведения в любой момент времени при длительной эксплуатации требуется оценка состояния, в котором она будет находиться по истечении времени  $t$  с учетом ее ремонтпригодности и восстанавливаемости, а также вывода на рабочий режим, что может быть описано комплексными показателями надежности (таблица 1).

Таблица 1

### Комплексные показатели надежности очистной установки (ОУ)

| Название показателя                          | Расчетная формула                                                | Характеристика                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Коэффициент технологической готовности       | $K_{\text{тг}} = T_o / (T_o + T_{\text{п}})$                     | Вероятность того, что ОУ окажется работоспособной в произвольный момент времени, включая период $T_{\text{п}}$ , в течение которого ведется пуск ОУ при поступлении сточных вод.                                                                                       |
| Коэффициент технического использования       | $K_{\text{ти}} = T_o / (T_o + T_{\text{п}} + T_{\text{р}})$      | Отношение математического ожидания времени обеспечения нормативной очистки сточных вод ОУ за некоторый период эксплуатации $T_o$ к сумме математических ожиданий $T_o$ , времени пуска $T_{\text{п}}$ и времени ремонтов $T_{\text{р}}$ за тот же период эксплуатации. |
| Коэффициент сохранения эффективности очистки | $K_{\text{э}} = Q_{\text{т}} / Q_{\text{д}}$                     | Характеризует степень влияния отказов элементов ОУ на эффективность очистки сточных вод. Определяется отношением объема нормативно очищенных сточных вод $Q_{\text{т}}$ к общему объему ( $Q_{\text{д}}$ ) обработанных сточных вод.                                   |
| Коэффициент полезной работы                  | $K_{\text{пр}} = (T_{\text{рб}} - T_{\text{в}}) / T_{\text{рб}}$ | Отношение разности времени работы $T_{\text{рб}}$ и вывода на режим $T_{\text{в}}$ ОУ ко времени очистки сточных вод $T_{\text{р}}$ за один и тот же период.                                                                                                           |
| Коэффициент экологической эффективности ОУ   | $K_{\text{эл}} = П_{\text{н}} / (П_{\text{н}} + П_{\text{д}})$   | Отношение платы за сброс нормативно очищенной сточной воды $П_{\text{н}}$ (1 тариф) к сумме $П_{\text{н}}$ и дополнительной платы за сверхнормативный сброс недостаточно очищенных сточных вод $П_{\text{д}}$ (5 тарифов).                                             |

Наименьшую продолжительность пуско-наладочных работ имеют физико-химические технологии и для условий периодического сброса сточных вод они становятся предпочтительными. Тогда, учитывая случайный характер образования сточных вод и неравномерность водоотведения, выбор технологий очистки следует вести по модифицированному коэффициенту

готовности, учитывающему вероятностные технические, экономические и экологические составляющие:

$$K_{\text{мг}} = \sqrt[5]{K_{\text{тг}} \cdot K_{\text{ти}} \cdot K_{\text{э}} \cdot K_{\text{пп}} \cdot K_{\text{эл}}} \quad (2).$$

Значения составляющих модифицированного коэффициента готовности могут быть получены экспериментально-теоретическими исследованиями.

Предлагается для уточнения вероятности безотказной работы насосных станций в формулу 1 ввести модификационный коэффициент готовности.

Тогда формула 1 примет вид:

$$P(t_p) \approx \frac{[N_0 - n(t_p)]}{N_0} \times K_{\text{мг}}$$

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Strategic Planning for Energy and the Environment of the Association of Energy Engineers. Vol.16, № 4, 1997. Atlanta, Georgia, USA.
2. Насосы и насосные станции. В.Я. Карелин., А.В. Минаев. М.Стройиздат, 1986.
3. Сизов, А.А. Надежность очистки периодических сбросов сточных вод [Текст] / А.А. Сизов, Н. С. Серпокрылов // Вестн. Волгогр. гос. арх.-строит. ун-та. Сер.: Строительство и архитектура. – 2010. №17. – С. 123 -127.