

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЭФФЕКТИВНОСТИ

© 2016 С. А. Сазонова

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет»

Рассматриваются особенности оценки надежности гидравлических систем как сетевых объектов. Оцениваются показатели, характеризующие степень эффективности использования мощностей гидравлических систем. Показано, что необходимо реализовывать математическую модель надежности для гидравлических систем при решении эксплуатационных задачах с целью обеспечения безопасности.

Ключевые слова: резервирование, надежность, безопасность, гидравлическая система, математическое моделирование.

Обсудим вопрос об оценке надежности сетевого объекта, причем рассмотрим из множества известных показателей надежности только те, которые имеют непосредственное отношение к качеству снабжения потребителей целевым продуктом и фактически характеризуют эффективность работы гидравлической системы (ГС).

Обозначим через q – производственную мощность объекта, а через x – его загрузку. Как q , так и x являются случайными величинами. Мощность объекта может снижаться по сравнению с номинальным значением q_0 из-за отказов его отдельных элементов, равно как и загрузка не всегда совпадает с мощностью, например из-за неприема целевого продукта (ЦП) потребителями. С учетом сделанных обозначений будут иметь место следующие показатели, характеризующие степень эффективности и использования мощностей ГС:

$$\text{Средняя располагаемая мощность [1]} \\ q = \int_0^q u dF(u). \quad (1)$$

$$\text{Средняя загрузка} \\ x = \int_0^q u dH(u). \quad (2)$$

В (1), (2) $F(u)$ и $H(u)$ – функции распределения случайных величин q и x соответственно.

Коэффициент надежности (использования производительности объекта)

$$K_H = \frac{Mq}{q_0}, \quad (3)$$

где M – математическое ожидание соответствующей величины.

Коэффициент использования мощности

$$K_{\Pi} = Mx/Mq. \quad (4)$$

Для практического использования рассмотренных показателей необходимо также установить понятие отказа, полагая, что исследуемая система при функционировании может находиться только в двух состояниях: собственно работы и отказа. Отметим, что для сложных (многофункциональных) систем, к которым относятся и ГС, формализация понятия отказа является не тривиальной задачей [1], поскольку эти системы относятся к классу восстанавливаемых и кроме того для них широко используются различные способы резервирования. Таким образом, неработоспособное состояние одного или даже группы элементов вовсе не является признаком отказа. Поэтому обычно [1] устанавливается максимально допустимое снижение подачи ЦП потребителям, ниже которого считается, что система пребывает в состоянии отказа.

Очевидно, что величина предельного уровня снижения подачи ЦП при идентификации отказа должна нормироваться. Эти нормативные значения представляют собой в общем случае сочетание технологических и временных параметров [1, 2]. Так говоря о минимальном уровне подачи ЦП (или снижении давления) необходимо указывать продолжительность временного периода, к которому относится данное отклонение, а при необходимости – также частоту возможных отклонений, минимально допустимый интервал между отклонениями и т. д. Допустимые значения амплитуды, продолжительности и частоты снижения давления в сети для коммунально-бытового сектора определяются тепловой инерцией отопи-

Сазонова Светлана Анатольевна – Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, доцент кафедры пожарной и промышленной безопасности, к. т. н., доцент, e-mail: Sazonovapbb@vgasu.vrn.ru

ваемых зданий, а для промышленных объектов – характеристикой установленного оборудования и наличием резервных производственных мощностей.

Для потребителей свойственно избирательное отношение к отдельным показателям, характеризующим надежность снабжения ЦП. Поэтому оказывается целесообразным предъявление абонентам, входящим в состав структурных графов, всего набора проранжированных, то есть количественно оцененных, нормативных значений показателей надежности с обеспечением возможности выбора их в любой комбинации и последующим установлением категоричности по сумме количественных оценок отобранных показателей в баллах [1].

Существуют и упрощенные подходы к нормированию показателя качества снабжения целевым продуктом. Например в [3] вводится понятие коэффициента лимитированного газоснабжения $K_{лим}$ который зависит от категории потребителей. Через $K_{лим}$ устанавливается минимально допустимое количество ЦП – $q_{ав}$, которое должен получать потребитель в аварийном режиме как $q_{ав} = K_{лим} \times \hat{q}$ номинальное (расчетное) потребление абонента при нормальном функционировании системы. Если реальная подача ЦП хотя бы одному потребителю меньше соответствующей ему величины $q_{ав}$ то имеет место отказ системы. Что касается конкретных численных значений $K_{лим}$ то например для коммунально-бытовых потребителей он находится в диапазоне 0,8 – 0,85; для отопительных котельных – 0,7-0,75 и т.д. Аналогичный подход практикуется и для других систем [4 – 8].

По поводу отказов необходимо отметить еще два обстоятельства, играющих существенную роль. Во первых, при моделировании ГС постулируется условие независимости отказов отдельных элементов, в противном случае необходимы количественные характеристики, отражающие эту зависимость. Во-вторых, можно принять гипотезу об ординарности отказов отдельных элементов системы, поскольку время восстановления неработоспособного элемента, как правило, значительно меньше периода его эксплуатации (долговечности).

Рассмотрим теперь некоторые методологические аспекты построения моделей надежности, цель которых как раз и состоит в получении численных значений показателей надежности. Заметим, что из-за разнообразия отраслевых проблем математиче-

ские модели должны быть специфицированы по сравнительно узкому кругу задач, причем степень их агрегированности зависит масштабов объекта и периода упреждения. Иными словами модель обычно формируется либо для одного элемента объекта, либо для достаточно простой комбинации элементов, на которую накладываются условия по характеру отказа.

Модель надежности должна базироваться на информации двоякого рода: а) как возникают и устраняются отказы; б) как следует вычислять пропускную способность трубопроводной сети в условиях нормального функционирования и при аварийных ситуациях (в том числе плановых ремонтных работах). В соответствии с этим следует выделять вероятностную и гидравлическую составляющие модели.

Вероятностная составляющая содержит сведения по структурному составу системы и ее расчетной схеме, взаимосвязи отдельных элементов, перечень состояний каждого элемента и законы, по которым осуществляется переход из одного состояния в другое. Правила выделения элементов из системы сводятся лишь к единственному условию, состоящему в том, что элемент может быть отключен от системы (по мере необходимости). Руководствуясь этим правилом, например, для распределительных систем газоснабжения низкого давления элементом можно считать отдельно взятый участок трубопровода, поскольку технология его ремонта позволяет выполнять его индивидуальное отключение. Для систем среднего (высокого) давления элемент определяется секционированием и может включать уже комплекс участков. К индивидуальным элементам естественно будут относиться и различного рода нагнетающие (насосы, компрессоры) и регулирующие устройства. Более мелкие детали как бы «второго порядка малости» [1] включать в состав элементов объекта нет необходимости.

Информационное обеспечение вероятностной составляющей математической модели надежности исчерпывается законами распределения времени безотказной работы. В эксплуатационных задачах эти законы аппроксимируются по статистической информации, а при проектировании и прогнозировании приходится привлекать методы экспертного анализа, экстраполяции и т. д. [1].

Для трубопроводных гидравлических систем оценка надежности выполнена на

основе функционального эквивалентирования в соответствии с работами [9 – 13].

ЛИТЕРАТУРА

1. Сухарев М. Г. Модели надежности магистральных трубопроводов / М. Г. Сухарев и др. // Надежность систем энергетики и их оборудования: в 4 т. Т. 3. Надежность систем газо- и нефтеснабжения. Кн. 1; под ред. М.Г. Сухарева. – М.: Недра, 1994. – С. 45-78.
2. Пат. № 2415237 Российская Федерация МПК7 Е 04 G 11/04. Быстровозводимое сооружение на базе пневматической опалубки / Николенко С. Д., Казаков Д. А., Михневич И. В.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО ВГАСУ. – № 2009139731/03; заявл. 27.10.2009; опубл. 27.03.2011, бюл. № 9.
3. Розкин М. Я. Распределительные системы газоснабжения / М. Я. Розкин, В. Ф. Иродов, А. А. Ионин // Надежность систем энергетики и их оборудования: в 4 т. Т. 3. Надежность систем газо- и нефтеснабжения. Кн. 2; под ред. М. Г. Сухарева. – М.: Недра, 1994. – С. 90-150.
4. Жидко Е. А. Методология системного математического моделирования информационной безопасности / Е. А. Жидко // Интернет-журнал науковедение. – 2014. – № 3 (22). – С. 101.
5. Жидко Е. А. Совершенствование организации управления экологическими рисками промышленного предприятия / Е. А. Жидко, В. Я. Манохин // Научный вестник воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: высокие технологии. Экология. – 2010. – № 1. – С. 13-17.
6. Жидко Е. А. Разработка математической модели рассеивания в приземном слое атмосферы частиц пыли и технология ее утилизации в строительстве / Е. А. Жидко // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Воронеж, 2002.
7. Жидко Е. А. Концепция системного математического моделирования информационной безопасности / Е. А. Жидко, Л. Г. Попова // Интернет-журнал Науковедение. – 2014. – № 2 (21). – С. 33.
8. Манохин М. В. Геоэкологические факторы и нормы накопления твердых бытовых отходов / М. В. Манохин, В. Я. Манохин, С. А. Сазонова, Е. И. Головина // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 4 (34). – С. 370-376.
9. Квасов И. С. Анализ и параметрический синтез трубопроводных гидравлических систем на основе функционального эквивалентирования: автореф. дис. доктора технических наук: 05.13.16 / И. С. Квасов. – Воронеж, 1998. – 30 с.
10. Мезенцев А. Б. Результаты расширенного вычислительного эксперимента по оценке надежности и резервированию распределительных гидравлических систем / А. Б. Мезенцев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2015. – № 2. – С. 26-29.
11. Сазонова С.А. Математическое моделирование гидравлических систем в области управления функционированием и развитием / С. А. Сазонова, А. Б. Мезенцев // Моделирование систем и процессов. – 2015. – № 1. – С. 60-63.
12. Сазонова С. А. Решение вспомогательных задач диагностики утечек для обеспечения безопасности функционирующих трубопроводных систем / С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2015. – № 1. – С. 57-59.
13. Сазонова С. А. Математическое моделирование резервирования систем теплоснабжения в аварийных ситуациях / С. А. Сазонова, В. Я. Манохин, М. В. Манохин, С. Д. Николенко // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 4 (34). – С. 440-448.

ASSESSING THE RELIABILITY OF THE HYDRAULIC SYSTEMS IN TERMS OF EFFICIENCY

© 2016 S. A. Sazonova

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

The features of an estimation of reliability of hydraulic systems as the network objects. Evaluated indicators characterizing the degree of efficiency of use of power hydraulic systems. It has been shown that it is necessary to implement a mathematical model of reliability for hydraulic systems in solving operational problems in order to ensure safety.

Keywords: redundancy, reliability, safety, hydraulics, mathematical modeling.