

УДК 628

Э.И.САЛИЕВ, канд. техн. наук

Национальная академия природоохранного и курортного строительства,
г. Симферополь

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Рассмотрены группа дополнительных показателей ремонтопригодности сетей, сооружений и агрегатов систем водоснабжения и водоотведения, их состав, а также характеристика и способы определения ремонтопригодности и надежности. Приведены расчетные формулы, которые позволяют определить коэффициенты дополнительных показателей ремонтопригодности систем водоснабжения и водоотведения.

Розглянуті група додаткових показників ремонтопридатності мереж, споруд і агрегатів систем водопостачання та водовідведення, їх склад, а також характеристика та способи визначення ремонтопридатності та надійності. Наведено розрахункові формули, які дозволяють визначити коефіцієнти додаткових показників ремонтопридатності систем водопостачання та водовідведення.

This article describes a group of additional indicators of maintainability of networks, structures and components of water and wastewater, their composition, and methods of determining the characteristics and maintainability, and reliability. The formulas that allow you to determine the coefficients of additional indicators of maintainability water and wastewater systems.

Ключевые слова: коэффициент применяемости, коэффициент унификации, коэффициент конструктивной преемственности, коэффициент взаимозаменяемости, коэффициент кратности сроков службы элементов, коэффициент общей контролепригодности, коэффициент приспособленности конструкции, коэффициент доступности, коэффициент доступности для машины в целом, коэффициент легкосъемности агрегатов, коэффициент восстановления ресурса, коэффициент затрат средств на техническое обслуживание и ремонт, коэффициент затрат на ЗИП, коэффициент технической оснащенности и работ при техническом обслуживании и ремонте, коэффициент технической вооруженности специалистов привлекаемых к техническому обслуживанию и ремонту, коэффициент средней квалификации специалистов привлекаемых к проведению технического обслуживания и ремонта.

Дополнительные показатели ремонтопригодности позволяют более полно охарактеризовать как экономическую, так и оперативную стороны ремонтопригодности, а также использовать их как управляемые переменные при обеспечении свойства ремонтопригодности [4].

В зависимости от типа конструкции системы водоснабжения и водоотведения и состава влияющих факторов, меняется состав дополнительных показателей ремонтопригодности. Рассмотрим один из примеров классификации дополнительных показателей [2]:

1 группа – показатели, характеризующие общее совершенство конструкции – здесь имеется в виду не только совершенство конструкции как объекта эксплуатации, обслуживания и ремонта, но и как

объекта производства;

2 группа – показатели, характеризующие преимущественно приспособленность конструкции машин к техническому обслуживанию и ремонту. К таким показателям относятся, в первую очередь, показатели доступности, легкосъемности и контролепригодности;

3 группа – показатели, характеризующие преимущественно совершенство конструкции с точки зрения ее приспособленности к применению прогрессивных организационно-технических форм и методов технического обслуживания и ремонта.

К показателям первой группы, характеризующим общее совершенство конструкции системы водоснабжения и водоотведения с точки зрения ее приспособленности к ремонту и техническому обслуживанию, относятся [1]:

а) коэффициент применяемости конструктивных элементов K_{np} – представляет собой отношение количества наименований типоразмеров стандартизованных, нормализованных, покупных и заимствованных сборочных единиц и деталей к общему количеству наименований типоразмеров сборочных единиц и деталей, применяемых в изделии.

Значение коэффициента применяемости определяется по формуле:

$$K_{np} = \frac{N_c + N_n + N_z + N_n}{N_c + N_n + N_z + N_n + N_o} = \frac{N_c + N_n + N_z + N_n}{N_o} \quad (1)$$

где N_c – количество наименований типоразмеров стандартизованных деталей в изделии; N_n – количество наименований типоразмеров нормализованных деталей; N_z – количество наименований типоразмеров заимствованных деталей; N_n – количество наименований типоразмеров покупных сборочных единиц и деталей; N_o – количество наименований типоразмеров оригинальных деталей, входящих в изделие.

При оценке коэффициентов применяемости, унификации и конструктивной преемственности из расчета исключаются стандартизованные крепежные детали (болты, винты, муфты, шпильки, шпонки и т. д.); заимствованные и нормализованные сборочные единицы комплексного изделия подсчитываются по количеству входящих в них деталей; покупные сборочные единицы (комплектующие изделия и элементы) – по сборочным единицам в целом.

При этом к заимствованным сборочным единицам относятся детали и сборочные единицы, ранее спроектированные как оригинальные для конкретного изделия или сборочной единицы и применяемые в двух и более изделиях (внешнее заимствование), а также в двух или более группах одного изделия (внутреннее заимствование) [3].

Коэффициент применяемости вместе с коэффициентами унификации и конструктивной преемственности, являются важнейшими показателями уровня стандартизации.

б) коэффициент унификации K_y – показывает, какая часть из использованных в изделии деталей является унифицированной, и определяется как отношение количества унифицированных деталей и сборочных единиц рассматриваемой конструкции к общему количеству деталей и сборочных единиц ($N_{об}$) в машине:

$$K_y = \frac{N_y}{N_{об}}, \quad (2)$$

где N_y – количество наименований типоразмеров унифицированных деталей; $N_{об}$ – общее число наименований конструктивных элементов изделия.

в) коэффициент конструктивной преемственности $K_{к, пр}$:

$$K_{к, пр} = \frac{N_p}{N_{об}}, \quad (3)$$

где N_p – количество наименований ранее освоенных сборочных единиц и деталей.

г) коэффициент взаимозаменяемости $K_{вз}$:

$$K_{вз} = \frac{N_{вз}}{N_{об}}, \quad (4)$$

где $N_{вз}$ – количество взаимозаменяемых элементов, деталей и сборочных единиц;

д) коэффициент кратности технического обслуживания и сроков службы конструктивных элементов $K_{кр.то}$:

$$K_{кр.то} = \frac{N_{кр.то}}{N_{об}}, \quad (5)$$

е) коэффициент кратности сроков службы элементов $K_{кр.с}$:

$$K_{кр.с} = \frac{N_{кр.с}}{N_{об}}, \quad (6)$$

где $N_{кр.то}$; $N_{кр.с}$ – число элементов конструкций системы водоснабжения и водоотведения, периодичность обслуживания и срок службы которых являются кратными периодичности технического обслуживания и ремонта базовых конструктивных элементов; $N_{об}$ – общее количество наименований конструктивных элементов системы водоснабжения и водоотведения.

Требование к кратности или равной периодичности обслуживания

и сроков службы конструктивных элементов системы водоснабжения и водоотведения является одним из важнейших требований ремонтно-пригодности. Рациональное решение этого вопроса позволяет повысить производительность труда работающих, сократить время простоя элементов системы водоснабжения и водоотведения и затраты на ее техническое обслуживание и ремонт [6]. Показателями второй группы являются контролепригодность, доступность и легкосъемность конструкций систем водоснабжения и водоотведения [4].

Возможны два способа установления показателей оценки контролепригодности. Первым способом устанавливаются некоторые комплексные показатели, охватывающие различные стороны этого свойства. В качестве таких показателей могут использоваться коэффициенты [2]:

а) коэффициент общей контролепригодности $K_{к,об}$:

$$K_{к,об} = \frac{N_k}{N_{к,об}} \quad (7)$$

где N_k – количество конструктивных элементов систем водоснабжения и водоотведения, приспособленных к контролю их технического состояния в процессе эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения различными способами; $N_{к,об}$ – общее число элементов, которые в процессе эксплуатации необходимо контролировать;

б) коэффициент приспособленности конструкции к *i*-методу контроля $K_{к,i}$ (визуально, с применением технических средств встроенного или сервисного контроля и т. п.):

$$K_{к,i} = \frac{N_{к,i}}{N_{к,o}} \quad (8)$$

здесь $N_{к,i}$ – число конструктивных элементов системы водоснабжения и водоотведения, приспособленных к контролю технического состояния *i*-ым методом;

в) коэффициент контролепригодности K'_k :

$$K'_k = 1 - \frac{N_{к,c}}{N_{к,c} + N_{к,бс}}, \quad (9)$$

где $N_{к,c}$ – количество элементов, узлов или агрегатов, требующих съемки с конструкций систем водоснабжения и водоотведения для контроля параметров; $N_{к,бс}$ – количество элементов, узлов или агрегатов, контролируемых без съемки с конструкций системы водоснабжения и водоотведения;

Доступность любого из объектов технического обслуживания и

ремонта может быть оценена коэффициентом доступности K_{∂} и рассчитана по формуле:

$$K_{\partial} = 1 - \frac{T_{\partial\partial n}}{T_{\partial\partial n} + T_{\partial\partial n}}, \quad (10)$$

где $T_{\partial\partial n}$ – трудоемкость дополнительных работ, чел/ч; $T_{\partial\partial n}$ – трудоемкость выполнения основной целевой работы, чел/ч.

Коэффициент доступности можно определять как для отдельных сборочных единиц, элементов конструкций (агрегатов) сетей и сооружений, так и для систем водоснабжения и водоотведения в целом.

К дополнительным работам относятся снятие и установка крышек люков, панелей, капотов, теплозвукоизоляции, демонтаж и монтаж рядом установленного и не подлежащего съему оборудования и т.п.

К основным целевым работам относятся контрольные, регулировочные, смазочные, заправочные операции, демонтаж и монтаж подлежащих замене сборочных единиц (агрегатов) и деталей конструкций систем водоснабжения и водоотведения [8].

Имея данные для отдельных узлов агрегатов, можно определить значение коэффициента доступности для машины в целом $K_{\partial m}$. Необходимая информация по агрегатам представляется в форме, удобной для определения величин, требуемых при расчете $K_{\partial m}$.

В соответствии с формулой, получаем [7]:

$$K_{\partial m} = 1 - \frac{\sum T_{\partial\partial n}}{\sum T_{\partial\partial n}} = 1 - \frac{3,5}{6,6} = 0,47. \quad (11)$$

Расчет коэффициента доступности для машины $K_{\partial m}$ (пример заполнения)

Наименование агрегата	Трудоемкость, чел./ч.			Коэффициент доступности K_{∂}
	$T_{\partial\partial n}$	$T_{\partial\partial n}$	$T_{\partial\partial n}$	
Узел № 1	0,9	0,6	1,5	0,4
Узел № 2	0,2	0,4	0,6	0,67
Узел № 3	0,3	0,5	0,8	0,63
Узел № 4	0,8	0,4	1,2	0,34
Узел № 5	1,3	1,2	2,5	0,48
Всего	3,5	3,1	6,6	0,47

г) коэффициент легкосъемности агрегатов и конструктивных элементов K_{∂} системы водоснабжения и водоотведения рассчитываемым по формуле [1]:

$$K_{\partial} = 1 - \frac{\Delta T_{\partial m}}{T_{\partial m}} \quad (12)$$

где $T_{\partial m}$ – трудоемкость демонтажно-монтажных работ по рассматриваемому элементу машины, чел/ч; $\Delta T_{\partial m}$ – отклонение трудоемкости демонтажно-монтажных работ по рассматриваемому элементу в срав-

нении с эталонным значением чел/ч.

За эталонные значения принимаются показатели легкоосъемности, заданные в требованиях, или аналогичного образца, принятого за эталон. Наиболее распространенными показателями третьей группы являются:

а) коэффициент восстановления ресурса при ремонте $K_{в,р}$:

$$K_{в,р} = \frac{T_{р,р}}{T_{р,н}}, \quad (13)$$

б) коэффициент применяемости $K_{р,i}$ i -го вида ремонта (ремонт регулировкой, ремонт заменой и т. д.): $K_{р,i} = \frac{N_{р,i}}{N_{р,об}}, \quad (14)$

где $T_{р,р}, T_{р,н}$ – соответственно ресурсы конструктивных элементов, оборудования и агрегатов систем водоснабжения и водоотведения, и новых и подвергнутых восстановлению; $N_{р,i}$ – количество конструктивных элементов, восстановление которых предполагается осуществить i -м методом (при текущем, среднем или капитальном ремонтах); $N_{р,об}$ – общее количество элементов, восстановление которых предполагается осуществлять в процессе эксплуатации, а также при среднем и капитальном ремонтах.

По причине конструктивных недостатков изделий, а также применяемых методов восстановления, коэффициент восстановления ресурса во многих случаях составляет 0,3-0,4 от первоначального. В то же время опыт ремонта некоторых видов конструктивных элементов, оборудования и агрегатов, а также проведение ремонта на специализированных ремонтных заводах показывает возможность увеличения вторичного ресурса до 0,8-1 от первичного, а при проведении модернизации может быть даже больше единицы.

Технико-экономическими показателями, характеризующими совершенство конструкции, являются показатели, характеризующие затраты труда и средств на техническое обслуживание и ремонт. Сюда относятся [9]:

а) коэффициент затрат средств (труда) $K_{мо,р}$ на техническое обслуживание и ремонт (или проведение i -го вида работ):

$$K_{мо,р} = \frac{C_{\Sigma}}{C_{н}}, \quad (15)$$

где C_{Σ} – суммарные затраты труда или денежных средств на техническое обслуживание и ремонт (или только на техническое обслуживание и только на ремонт) за рассматриваемый период эксплуатации;

C_n – начальная стоимость конструктивного элемента, оборудования или агрегата (или трудоемкость ее изготовления);

б) коэффициент затрат на ЗИП $K_{зип}$ [1]:

$$K_{зип} = \frac{C_{зип}}{C_n}. \quad (16)$$

К последней из рассматриваемых групп показателей можно отнести:

в) коэффициент технической оснащенности и работ при техническом обслуживании и ремонте $K_{o,mo}$ и $K_{o,p}$:

$$K_{o,mo} = \frac{C_{o,mo}}{C_n}, \quad (17)$$

$$K_{o,p} = \frac{C_{o,p}}{C_n}. \quad (18)$$

г) коэффициент технической вооруженности специалистов привлекаемых к техническому обслуживанию ($K_{e,mo}$) и ремонтам ($K_{e,p}$):

$$K_{e,mo} = \frac{C_{o,mo}}{N_{cn}}, \quad (19)$$

$$K_{e,p} = \frac{C_{o,p}}{N_{cn}}. \quad (20)$$

д) коэффициент средней квалификации специалистов, привлекаемых к проведению технического обслуживания $K_{кв,mo}$ и ремонта $K_{кв,p}$

$$K_{кр,mo} = \frac{\sum_{i=1}^{ко} n_{mo,i} + K_{кв,i}}{N_{cn,p}}, \quad (21)$$

$$K_{кв,p} = \frac{\sum_{j=1}^{кр} n_{p,j} + K_{кв,j}}{N_{cn,p}}, \quad (22)$$

где $C_{o,mo}$, $C_{o,p}$ – стоимость технологического оборудования, используемого при техническом обслуживании и ремонте, отнесенная к одной единице конструктивного элемента, оборудования или агрегата в системе водоснабжения и водоотведения; C_n – стоимость одной единицы конструктивного элемента, оборудования или агрегата; $N_{cn, mo}$; $N_{cn, p}$ – среднегодовое количество специалистов, привлекаемых к работам при техническом обслуживании конструктивных элементов, оборудования или агрегатов и ремонте; $n_{mo,i}$, $n_{p,j}$ – количество специалистов, привлекаемых для проведения технического обслуживания и ремонта i -го

(j -го) вида единицы конструктивного элемента, оборудования или агрегата; $K_{кв,i}$, $K_{кв,j}$ разряд работ при выполнении обслуживания i -го вида и ремонта j -го вида конструктивного элемента, оборудования или агрегата.

Выводы. Применение дополнительных показателей позволяет проводить: технико-экономический анализ конструкции на всех этапах ее создания и эксплуатации; оценку приспособленности конструкций сетей и сооружений водоснабжения и водоотведения к принятой системе технического обслуживания и ремонта; оценку влияния отдельных свойств конструкции и внешних факторов на ремонтпригодность системы водоснабжения и водоотведения; построение математической модели для управления свойств ремонтпригодности.

Применены рациональные пути решения вопросов позволяющие повысить производительность труда работающих, сократить время простоев элементов системы водоснабжения и водоотведения и затраты на ее техническое обслуживание и ремонт. Рассмотренные группы дополнительных показателей и их состав не исчерпывают всего многообразия показателей этих групп. В зависимости от особенностей систем водоснабжения и водоотведения и условий их эксплуатации, состав показателей и их классификация могут изменяться.

1. Салиев Э.И. Параметры надежности системы водоснабжения и канализации, ремонтпригодность как главное свойство надежности // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХНУСА. – ВАН № 70. – С. 285-297.

2. Ильин Ю. А. Показатели надежности трубопроводов водопроводной сети. В кн.: «Вопросы надежности систем водоснабжения» // Сб. трудов. – М.: МИСИ, 1978. – Вип. 170. – С. 61-69.

3. Бабаев В.М. Підвищення ефективності управління великим містом у структурі державного управління : автореф. дис. ... д-ра наук з держ. упр.: 25.00.04 / В.М. Бабаєв. – К., 2000. – 36 с.

4. Салиев Э.И. Влияние ремонтпригодности на надежность систем водоснабжения / Э.И. Салиев, И.В. Николенко, Э.У. Гаффарова // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета, технические науки. – Симферополь: НИЦ КИПУ, 2012. – № 36. – С. 43-49.

5. Бабаев В.М. Практика муніципального управління: навч. посіб. / В.М. Бабаєв. – Х.: ХДАМГ, 2002. – 311 с.

6. Евдокимов А.Г. Оптимальные задачи на инженерных сетях [Текст] / А.Г. Евдокимов. – Х.: Вища школа, 1976. – 153 с.

7. Салиев Э.И. Пуск, наладка и эксплуатация систем водоснабжения и водоотведения. – Симферополь: НАПКС, 2010. – 210 с.

8. Ильин Ю.А. Надежность водопроводного оборудования и сооружений. – М.: Стройиздат, 1985. – 240 с.

9. Салиев Э.И., Камышникова Е.В., Куртаметова Л.Х. Состояние систем водоснабжения и водоотведения в Украине // Международный конгресс «ЕТЕВК-2011»: сб. докл. – 2011. – С. 352-358.

Получено 25.10.2013