

УДК 624.953.014.2.004.15

С.С. Насонова

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ СОСТОЯНИЕМ НЕФТЯНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

ГВУЗ „Украинский государственный химико-технологический университет”, г. Днепропетровск

В статье предлагается модель управления эксплуатационной надежностью стальных резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов. Посредством данной модели можно определить такую систему технических обследований, которая позволит обеспечить требуемый уровень надежности резервуара при минимизации эксплуатационных затрат.

Постановка проблемы

Стальные резервуары наземного типа для хранения нефти и нефтепродуктов в процессе эксплуатации испытывают воздействие не только механических и температурных нагрузок, но и сильных агрессивных сред. Эти факторы действуют совместно и нередко в самых неблагоприятных сочетаниях, что приводит к уменьшению несущей способности резервуаров, нарушению их герметичности, ухудшению других функциональных качеств. При эксплуатации этих сооружений в них объективно развиваются процессы деграда-

ции – физический износ, изменение прочностных свойств, накопление дефектов и повреждений. Если квалифицированно не управлять этими процессами, в частности периодически не восстанавливать работоспособность стальных конструкций резервуаров, находящихся в эксплуатации, то с течением времени их техническое состояние будет только ухудшаться. Рано или поздно нефтяные резервуары деградируют настолько, что дальнейшая их эксплуатация становится опасной или вообще невозможной. Игнорирование этого обстоятельства чревато значительными

экономическими, экологическими и другими потерями.

Основным способом управления эксплуатационной надежностью стальных резервуаров для хранения нефтепродуктов, обеспечения безопасной службы этих сооружений являются периодические ревизии их технического состояния, состоящие в проведении мероприятий системы технических обследований и ремонтов, направленных на восстановление технических кондиций РВС.

Содержание и периодичность проведения технических обследований нефтяных резервуаров регламентируются действующими нормативными документами. Рекомендуемые в правилах по технической эксплуатации нефтяных резервуаров планы-графики проведения частичных, полных и полных с дефектоскопией обследований РВС различного объема приведены в [1]. Однако при всей очевидной практической полезности этих общих рекомендаций обращает на себя внимание то, что они определены весьма ориентировочно, а с позиций экономической эффективности затрат на ревизию соответствующие вопросы применительно к конкретно взятому резервуару (или парку резервуаров) в условиях конкретной нефтебазы требуют своего дальнейшего исследования.

Такая ситуация, сложившаяся в практике диагностирования технического состояния РВС, находящихся в эксплуатации, требует разработки новых математических моделей и методов, адекватно отражающих сущность проблемы эффективного управления процессом эксплуатации рассматриваемых сооружений.

Сформулируем задачу управления эксплуатационной надежностью РВС. При этом сделаем ряд концептуальных допущений.

1. Относительная продолжительность производства ревизий технического состояния РВС (т.е. время проведения обследований и соответствующих ремонтно-восстановительных мероприятий) пренебрежимо мала по сравнению со сроками бесперебойной работы этих сооружений. Заметим, что данное допущение обычно справедливо, если резервуар грамотно запроектирован, изготовлен, смонтирован и правильно эксплуатируется.

2. Проведение ремонтных мероприятий обеспечивает необходимое восстановление эксплуатационной надежности РВС.

3. Стартовая точка t_0 рассматриваемого интервала эксплуатации $[t_0, T]$ является начальным моментом эксплуатации или моментом проведения ревизии технического состояния РВС, причем, считается, что после проведения ревизии сооружение находится в исправном или работоспособном состоянии. Отметим, что данное допущение, не снижая общности дальнейших рассуждений, позволяет математически строго и однозначно

определить стартовую точку рассматриваемого периода эксплуатации РВС.

4. После проведения любой ревизии технического состояния резервуар продолжает эксплуатироваться с проектным уровнем залива.

Заметим, что перечисленные выше допущения традиционны, достаточно очевидны (за исключением последнего) и, в основном, правильно отражают реальную картину проведения ремонтно-восстановительных мероприятий по поддержанию эксплуатационной надежности РВС, а, значит, приемлемы для ее идеализации. Что касается допущения 4, то его следует рассматривать как ограничение на область применения предлагаемой ниже модели оптимизации.

В дополнение к приведенным допущениям в дальнейшем будем учитывать, что общая стоимость денежных вложений, требуемых для эффективного управления надежностью РВС на рассматриваемом интервале эксплуатации должна определяться с учетом разновременности затрат [2,3]. Это объясняется тем, что стальные резервуары для хранения нефти и нефтепродуктов находятся в эксплуатации десятки лет, что означает разновременные вложения капитала, необходимые для обеспечения их безопасной работы. Для корректного экономического сопоставления разновременных затрат, имеющих место на протяжении заданного интервала времени $[t_0, T]$, эти затраты должны быть дисконтированы, т.е. приведены к единому моменту времени, например, к стартовому моменту времени t_0 .

Итак, рассмотрим стальной резервуар для хранения нефтепродуктов, находящийся в эксплуатации некоторое время t_0 ($t_0 \geq 0$). Известны проектные параметры и другие паспортные характеристики резервуара, условия и способ его эксплуатации, а также предыстория технических обследований и ремонтов резервуара. Требуется при заданном сроке эксплуатации T определить экономически рациональную периодичность технических обследований резервуара, позволяющую обеспечить требуемый уровень надежности сооружения на временном интервале $[t_0, T]$ его дальнейшей эксплуатации. Заметим, что отрезок времени длиной T , трактуемый здесь и далее как заданный срок эксплуатации резервуара, в общем случае может рассматриваться и как период эксплуатации этого сооружения между капитальными ремонтами (если этот период определен нормативными документами).

Сформулированная задача отражает экономический подход к принятию решений, когда оптимальная стратегия управления надежностью РВС в процессе эксплуатации выбирается по экономическим критериям.

Соответствующую модель управления надежностью нефтяных резервуаров, находящихся в эксплуатации, можно сформулировать следующим

образом

$$\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=1}^5 c_{ij} x_{ij} \exp[-r^*(t_i - t_0)] + \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=1}^m s_{ij} y_{ij} \exp[-r^*(t_i - t_0)] + \int_{t_0}^T \omega^* [1 - P_p(t)] \exp(-r^* t) dt \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$P(t) \geq P^*, \quad t \in [t_0, T], \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^5 x_{ij} = 1, \quad i = \overline{0, N-1}, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^m y_{ij} \in [0, m], \quad i = \overline{0, N-1}, \quad (4)$$

$$\sum c_{ij} x_{ij} + \sum s_{ij} y_{ij} \leq c_i^*, \quad i = \overline{0, N-1}. \quad (5)$$

Здесь C_3 – суммарные эксплуатационные затраты, необходимые для обеспечения безопасной работы РВС за период службы $[t_0, T]$, которые складываются из затрат на технические обследования, затрат на ремонты и убытков от гипотетических отказов сооружения за период службы; c_{ij} , s_{ij} – стоимости, соответственно, обследования и ремонта j -го вида в i -й момент времени; x_{ij} – элемент матрицы обследований – бинарная переменная, которая равна 1, если в i -й момент времени проводится обследование j -го вида и равна 0 – в противном случае; y_{ij} – элемент матрицы ремонтов, равный 1, если в i -й момент времени выполняет-

ся ремонт j -го вида и 0 – в противном случае; m – количество конструктивных элементов резервуара, учтенных в модели; r^* – параметр дисконтирования разновременных затрат; ω^* – средняя величина убытков от отказа резервуара; $P(t)$ – вероятность безотказной работы РВС; P^* – предельно допустимая оценка надежности, ниже которой эксплуатация резервуара должна быть прекращена; ограничение (2) – это условие безопасной эксплуатации резервуара; ограничение (5) – это условие финансовой обеспеченности обследований и ремонтов в момент времени t_i ; ограничения (3) и (4) определяют структуру матриц обследований и ремонтов.

С применением модели оптимизации (1)–(5) определяется такая система технических обследований, которая позволяет обеспечить требуемый уровень надежности РВС при минимизации суммарных эксплуатационных затрат. Причем данная модель может быть полезной на любом этапе эксплуатации как применительно к отдельным резервуарам для нефтепродуктов, так и паркам таких резервуаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Правила технічної експлуатації резервуарів та інструкції по їх ремонту // Доповнення та зміни.* – К.: Укрнафтопродукт, 1997. – 297 с.
2. *Насонова С.С., Семенец С.Н.* Экономическое обоснование требуемого уровня безотказности строительных конструкций // *Вісник Придніпровської державної академії будівн. та архитект.* – 2008. – № 1-2. – С.95-101.
3. *Насонова С.С., Семенец С.Н., Кривенкова Л.Ю.* Применение гипотезы «слабейшего звена» в задачах моделирования надежности строительных // *Вісник Придніпровської державної академії будівн. та архитект.* – 2009. – № 10. – С.25-32.

Поступила в редакцию 28.01.2013