

# АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

**Землянский А.А.**, д.т.н., профессор  
(Балаковский инженерно-технологический институт филиал  
Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»)

**Улыбин А.В.**, к.т.н., доцент  
(ФГАОУ ВПО Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого)

## АННОТАЦИЯ

Эксплуатация технически сложных, уникальных объектов, а также объектов повышенной опасности, к которым относятся нефтеналивные резервуары, требует своевременного предотвращения аварийных и иных внештатных ситуаций. На практике решение данной задачи как правило сводится к периодическим осмотрам, инструментальным обследованиям и ремонтам. Статья посвящена вопросам создания и внедрения систем активного управления надежностью строительных конструкций. Данные системы позволяют не только своевременно оценить изменение состояния конструкций, но и откорректировать напряженно-деформированное состояние несущих элементов в автоматическом режиме.

Надежность, долговечность и безопасность эксплуатации резервуаров различного типа определяются как качеством их проектирования и монтажа, так и имеющимся техническим уровнем развития строительного производства и культурой эксплуатации сложных инженерных объектов.

Проблема совершенствования системы управления эксплуатацией стальных резервуаров приобрела сегодня повышенную актуальность. Над ней в настоящее время работают ряд научных организаций: ОАО ВНИИмонтажспецстрой, ЗАО ЦНИИпроектстальконструкция им. Н.П. Мельникова, ГУНГ им. И.М. Губкина и другие. Проводятся международные конгрессы, Международные конференции и симпозиумы, посвященные проблемам резервуаростроения. В 1995 г. Международный

симпозиум «Производство и качество конструкций резервуаров» проводился в г. Саратове, в 2001 г. в Польше, в 2005 в г. Уфе, в 2010 в Москве.

Стремление управлять конструкциями исторически присуще искусству строительства. Но методы пассивного управления использовались, главным образом, на стадии создания и возведения конструкций (например, заложением в строительную конструкцию расчетного строительного подъема, предварительным напряжением как железобетонных так и металлических строительных конструкций, поиском эффективной формы у различных многопролетных систем покрытия и перекрытия и т. д.) и почти не использовались на стадии их эксплуатации.

В большинстве работ последующих лет по организации мониторинга и управления надежностью инженерных сооружений выполненных как отечественными, так и зарубежными учеными (Е.А. Егоров, С.С. Семенец, Н.В. Дворянчиков, А.А. Шейн, D. Dietrich, W. Kastner, T. Sauter, H. Kranz) [1, 2, 4, 6, 8, 9], авторы предлагают практически однотипные варианты организационной структуры создания технических систем управления надежностью резервуаров, основанных на рациональной системе обследования и эффективной системе опережающего ремонта.

При этом структура предлагаемых упрощенных и элементарных систем «управления» состоит из четырех основных элементов, в состав которых входят:

- блок визуального и инструментального обследования строительных конструкций РВС;
- блок аналитических расчетов и оценки НДС резервуара;
- блок планирования и выполнения необходимых ремонтных работ, направленных на повышение эксплуатационной надежности РВС;
- блок оценки качества и экономической эффективности выполненных ремонтных работ.

Все рассмотренные системы управления, по мнению авторов, являются только «пассивными», так как в большинстве случаев они лишь частично оптимизируют традиционные системы плановых обследований и ремонта объекта, что позволило авторам настоящей работы предложить так называемые «активные» методы управления эксплуатационной надежностью и напряженно-деформированным состоянием нефтеналивных резервуаров на основе организации активного мониторинга НДС несущих и ограждающих конструкций

РВС и создания специальных строительных конструкций с управляемой несущей способностью. По мнению авторов настоящей работы проблема активного управления строительными конструкциями должна охватывать все этапы существования строительного объекта, включая этап проектирования, возведения и эксплуатации.

С позиций эволюции техники переход строительных конструкций на уровень управляемости, в том числе и в автоматическом режиме, следует рассматривать как закономерный и более совершенный этап их развития. В технике, например, в авиа-, судо-, ракетостроении активное управление уровнем эксплуатационной надежности различных несущих элементов или наиболее ответственных конструкций, либо всего объекта в целом в процессе его эксплуатации давно стало практически возможным и очень эффективным.

На современном этапе развития идеи активного управления все глубже проникают и в строительное конструирование. В начале 60-х годов Е. Фрейсине (1960), а затем Л. Цейтлин (1965) высказали идею создания систем автоматически управляемых строительных конструкций САУ и предложили ряд примеров рабочих проектов уникальных зданий и сооружений с их применением.

Разработке теории автоматического управления и решению прикладных задач посвящены работы Н.П. Абовского, Я.М. Айзенберга, Г.А. Амирьянца, А.И. Власова, Ю.А. Воловика, А.А. Воронова, Г.В. Воронцова, Ю.В. Гайдарова., К.В. Егорова, М.А. Ковырягина, М.З. Коловского, А.А. Красовского, В.М. Овсянко, И.Г. Овчинникова, Б.И. Петрова, Я.З. Цыпкина, В.Ф.Мушанова, А.С. Шаталова, Ю.В. Шубина и др. [1- 3, 5, 7-10].

Среди иностранных ученых, занимающихся вопросами теории и практической реализации активного управления различными системами, необходимо отметить К. Острема и Б. Виттенмарка, Т.Т. Soong, G.R. Manolis, J.N. Yang, L.L. Chung, A.M. Reinhorn, W. Zuk, J.T.R. Yao, R.G. White, D. Karnopp, H.S. Tzon, S.I. Tseng, G.P. Gibbs, C.R. Fullz, N. Tanaka и др. [4].

Разработка проекта управления НДС строительных конструкций требует привлечения качественно новых подходов и углубления системных принципов в деятельности проектировщика. В настоящее время практически отсутствует методология создания и проектирования САУ НДС объектов и конструкций в

их составе. Существуют лишь отдельные предложения для такой методики, хотя в ряде работ накоплен богатый практический опыт создания типовых САУ, который обобщен и положен в основу теории автоматического управления, но не переработан на САУ НДС строительных конструкций.

В работах Е.И. Беленя, А.А. Воеводина, Ю.В. Гайдарова, Н.Н. Стрелецкого изложены методы проектирования преднапряженных строительных конструкций, которые после внесения корректив могут быть положены в основу разработки САУ НДС. В работах В.В. Бирюлева в неразрезных балочных конструкциях и фермах напряжения регулируются заданием вынужденного смещения опор в процессе монтажа.

Принципы создания САУ НДС строительных конструкций в научной литературе практически не освещены, кроме таких единичных работ как работы Абовского А.П., Балагушкина В.Н., Совченкова В.И. и Маргук Н.И. [1, 2, 4], поэтому данный вопрос особенно применительно к таким экологически опасным объектам, как нефтеналивные резервуары большого объема являются актуальными и требующими серьезных экспериментально-теоретических исследований как в области создания специальных строительных конструкций с управляемой несущей способностью, так и в области создания всей архитектуры активной системы управления НДС и эксплуатационной надежностью крупных резервуаров.

В настоящее время у авторов данной работы имеется положительный опыт проектирования системы активного управления эксплуатационной надежностью строительных объектов на примере крупногабаритных резервуаров для хранения углеводородов, который представлен в работе [11]. При этом в основу созданной системы активного управления РВС положены инновационные строительные конструкции с управляемой эксплуатационной надежностью, новая система активного мониторинга НДС объекта и так называемая динамическая экспертная система, которая способна сама активно синтезировать и корректировать рабочие цели управления, прогнозировать значение параметров результата действия управляющих сигналов и сопоставлять их с реально необходимыми действиями со стороны системы управления напряженно-деформируемым состоянием исследуемого объекта, образуя гибкую обратную связь, обеспечивающую высокую надежность работы всей системы управления. В целом направление создания активных систем

управления эксплуатационной надежностью ответственных и уникальных зданий и сооружений является актуальным и востребованным, так как рассмотренный подход позволяет надежно предотвратить любую потенциальную возможность возникновения какой-либо аварийной ситуации при эксплуатации указанных экологически опасных инженерных объектов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абовский Н.П. Управление конструкциями с использованием ЭВМ: Учебное пособие / Н.П. Абовский, Г.А. Залялеева, В.И. Палагушкин / КИСИ. Красноярск, 1995. 94 с.
2. Абовский Н.П. Разработка конструкций нового типа с автоматическим управлением напряженно-деформированного состояния / Н.П. Абовский, В.И. Палагушкин // Пространственные конструкции в Красноярском крае: Сб. науч. тр. / Крас ГАСА. Красноярск, 1998. С. 35-47.
3. Бесекерский В.А. Руководство по проектированию систем автоматического управления / В.А. Бесекерский. – М.: Высшая школа, 1983.- 293с.
4. Дитрих Д. Система автоматизации зданий / Д. Дитрих, В. Кастнер, Т. Саутер, О.Е. Назамутдинов; Пер. с нем под ред. О.Б. Низамутдинова, М.В. Гордеева. – Пермь: Изд-во Пермского гос. техн. ун-та. Пермь, 2001. – 378 с.
5. Землянский А.А. Мониторинг и управление надежностью зданий и сооружений различного назначения / А.А. Землянский // Промышленное и гражданское строительство. – М., 2004. №9. – С. 39.
6. Овчинников И.Г. Прочностной мониторинг инженерных конструкций / И.Г. Овчинников // Архитектура и строительство Беларуси. – 1994. №5-6. – С. 21-25.
7. Овчинников И.Г. Прочностной мониторинг металлических резервуарных конструкций и его информационное сопровождение / И.Г. Овчинников, А.П. Денисова, А.А. Шеин // Проблемы прогнозирования надёжности и долговечности металлических конструкций и методы их решения. – СПб., 1995. – С. 173-176.
8. Палагушкин В.И. Активное управление строительными конструкциями при статических и вибростатических воздействиях / В.И. Палагушкин. – Красноярск, 2002. – 198 с.
9. Палагушкин В.И. Разработка систем автоматического управления напряженно-деформированным состоянием строительной конструкции / В.И. Палагушкин // Проблемы архитектуры и строительства: Сб. матер. XX региональной научн.-техн. конф. / КрасГАСА. Красноярск, 2002. С. 47-48.
10. Горохов Е.В. и др. Мониторинг сложных технических систем // Металлические конструкции. 2008. Т14. №4. С.299-313.

11. Землянский А.А. Принципы конструирования и экспериментально-теоретические исследования крупногабаритных резервуаров нового поколения / Землянский А.А. – г. Саратов: Изд-во СГТУ, 2005. – 320 с.

## THE MANAGEMENT EFFICIENCY ANALYSIS OF THE RELIABILITY LEVEL FOR COMPLEX ENGINEERING OBJECTS

**Zemlyanskiy A.A.**, Doctor of Technical Science, Professor  
(Balakovo Institute of Engineering and Technology of the National Research Nuclear University MEPHI (Moscow Engineering Physics Institute))

**Ulybin A.V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
(Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)

### ABSTRACT

Technically complex structures having high risk facilities such as petroleum reservoirs require to be protected from accidents and emergency situations. In practice, this prevention is ensured by periodical visual and instrumental assessments as well as repairing. This article discusses the design and implementation of active management systems for detecting the reliability of those structures. These systems not only allow users to assess the technical state changes from time to time, but also give the possibility of adjusting stress-strain state of bearing elements in automated mode.