

УДК 624.15

АКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННЫМ СОСТОЯНИЕМ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ

А.А. Землянский, К.А. Землянский

Представлены основные положения принципа автоматического управления напряженно-деформированным состоянием резервуаров для хранения углеводородов, без использования каких-либо внешних энергетических источников.

Ключевые слова: эксплуатационная надежность; металлический резервуар; свайный фундамент; преднапряжение по грунту; автоматическое управление НДС.

ACTIVE MANAGEMENT OF INTENSE DEFORMED CONDITION OF TANKS FOR STORAGE OF HYDROCARBONS

A.A. Zemlyansky, A.K. Zemlyansky

The article presents the basic provisions of the principle - automatic management of the intense deformed condition of tanks for storage of hydrocarbons, without use of any external power sources.

Keywords: operational reliability; the metal tank; the pile base; pretension on soil; automatic control of the VAT.

Вопросам управления эксплуатационной надежностью различных зданий и сооружений в последние годы уделяется все большее внимание, так как от их эффективного решения существенно зависят все эксплуатационные расходы и в целом безопасная эксплуатация объекта.

Даже беглый обзор специальной литературы, появившейся в конце XX и начале XXI в., свидетельствует о том, что все мы находимся в начале коренного перелома не только в области информационной глобализации, но и в области изменения всех существующих систем управления и автоматизации большинства функциональных, сервисных и эксплуатационных процессов, особенно у технически сложных и экологически опасных сооружений, к которым относятся и резервуары большого объема.

С целью повышения эксплуатационной надежности грунтовых оснований, кольцевых фундаментных конструкций и всего резервуара в целом авторами предложен нетрадиционный принцип автоматического управления напряженно-деформированным состоянием резервуара на основе использования новых фундаментных конструкций, несущей способностью которых можно управлять без каких-либо внешних энергетических затрат. При этом в одном из возможных вариантов испол-

нения резервуара большого объема с управляемой несущей способностью принципиально изменены конструктивные элементы днища, кольцевого ростверка и свайного фундамента.

Конструктивная схема предложенного резервуара с автоматическим управлением его напряженно-деформированным состоянием представлена на рисунке 1 [1, 2]. Днище резервуара и стволы рабочих свай выполнены полыми, с обеспечением возможности перемещений их боковых поверхностей. Рабочие полости в днище и в сваях заполнены малосжимаемой жидкостью, причем полости соединены между собой системой гибких малодеформируемых трубопроводов, оборудованных запорными клапанами, обеспечивающими прохождение рабочей жидкости только в одном направлении – из полости днища в рабочие полости свай.

Металлический резервуар работает следующим образом. Резервуар на половину высоты заполняется нефтепродуктом и днище занимает положение, показанное на рисунке 2. После стабилизации осадки грунта под днищем, рабочие полости днища и свай заполняются жидкостью под давлением около 0,1...0,12 МПа, и только после этого резервуар заполняется до проектной отметки, что приведет к полному преднапряжению кольцевого

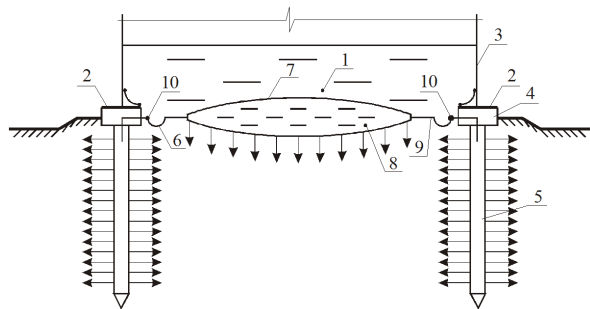


Рисунок 1 – Конструктивная схема кольцевого свайного фундамента с преднапряжением:

- 1 – нефтепродукт, 2 – окрайки, 3 – вертикальная стенка, 4 – кольцевой ростверк, 5 – свайный фундамент, 6 – кольцевой гофр, 7 – полое дноще, 8 – несжимаемая жидкость, 9 – трубопровод, 10 – запорный клапан

свайного фундамента относительно окружающего слабого водонасыщенного грунта, так как давление на дноще от гидростатического столба нефтепродуктов высотой 18 м для типового резервуара будет равно около 0,16 МПа.

В результате преднапряжения свай относительно окружающего грунта произойдет осушение грунта за счет миграции влаги от свай либо на поверхность грунта, либо в зону с меньшими напряжениями, а также повышение всех физико-механических характеристик грунта. При этом увеличивается в несколько раз несущая способность предлагаемого кольцевого свайного фундамента по сравнению с типовым кольцевым фундаментом с забивными сваями.

Последнее объясняется тем, что несущая способность “висячих” свайных фундаментов на 70–80 % обусловлена величиной касательных сил по боковой поверхности свай.

Несущая способность указанных свай зависит от площади боковой поверхности (A), интенсивности нормальных напряжений (s) или давления преднапряжения по боковой поверхности сваи, равного в данном случае 0,16 МПа, и коэффициента трения $f = tgj$, что отражено в формуле (1):

$$N = A s tgj, \quad (1)$$

где φ – угол внутреннего трения грунта; $\tau = \sigma tg \varphi$ – касательное напряжение по боковой поверхности сваи, препятствующее погружению рассматриваемой сваи в грунт.

На глубине, например, 5 м вертикальное давление от собственного веса песчаного грунта не превышает 0,09 МПа, соответственно горизонтальное давление на указанной глубине составляет

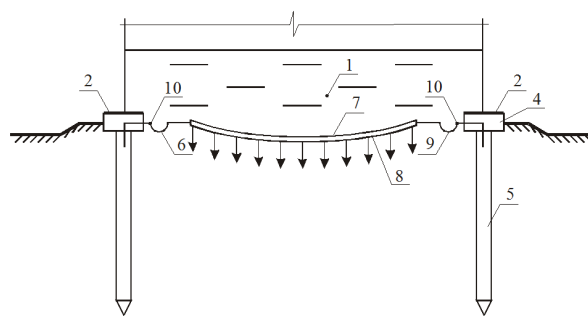


Рисунок 2 – Схема приведения фундаментных конструкций резервуара в рабочее состояние

лишь малую долю указанного вертикального давления – в зависимости от коэффициента бокового давления грунта, определяемого как функция коэффициента Пуассона, например, песчаного грунта. При этом коэффициент бокового давления песчаного грунта будет равен

$$\xi = \frac{\nu_0}{1 - \nu_0} = \frac{0,2}{0,8} = 0,25. \quad (2)$$

Нормальное горизонтальное давление от собственного веса песчаного грунта, обжимающее ствол сваи, в обычных условиях будет равно

$$\sigma_x = \sigma_z \cdot \xi = 0,09 \cdot 0,25 = 0,0225 \text{ МПа}, \quad (3)$$

что значительно меньше, чем в предлагаемом способе искусственного повышения горизонтального давления обжатия ствола полых свай до 0,16 МПа. Указанное преднапряжение боковой поверхности сваи относительно окружающего грунта в несколько раз увеличит несущую способность всего кольцевого свайного фундамента с одновременным увеличением физико-механических характеристик слабого переувлажненного грунта за счет его обжатия и частичного осушения в результате миграции влаги в менее нагруженные области грунтового основания.

Разработанное конструктивное решение позволяет поддерживать общее напряженное состояние системы “боковая поверхность сваи – окружающий грунт” относительно постоянным, даже несмотря на то, что любое потенциальное обжатие окружающего грунта будет уменьшать давление в рабочем стволе сваи за счет увеличения диаметра и объема рабочей полости сваи. Одновременно за счет перепада давления в полости днища и в полости сваи запорные клапаны 10 откроются, так как в рассматриваемом случае давление в полости днища при полностью заполненном резервуаре будет всегда больше, чем в полости свай, и жидкость переместится под давлением

из полости днища в полость сваи. Это приведет к выравниванию нормального бокового давления в сваях, и вся система займет первоначальное равновесное состояние.

Следует отметить, что указанный процесс протекает во времени очень медленно, поэтому никаких ощутимых абсолютных либо неравномерных относительных деформаций у рассматриваемого резервуара происходить не будет.

После опорожнения резервуара от нефтепродуктов кольцевой свайный фундамент будет оставаться под заданным давлением преднапряжения, равным 0,16 МПа, так как запорные клапаны 10 не позволят жидкости из полости свай перейти в полость днища, что сохранит несущую способность системы неизменной.

Наличие кольцевого гофра 6 на рисунке 1 у полого днища дает возможность свободно деформироваться как в радиальном, так и в вертикальном направлении без перенапряжения элементов сопряжения вертикальной стенки 3 с окрайками 2, и окрак с днищем 7.

Предлагаемое решение металлического резервуара для нефтепродуктов разработано на основе использования принципа автоматического управления напряженным состоянием грунта, которое автоматически поддерживается на расчетном уровне. При этом с увеличением времени эксплуатации сооружения окружающий грунт постоянно самоупрочняется, и вся рабочая система “резервуар-грунт” будет переходить во все более устойчивое и надежное состояние.

Выводы. Предложенный принцип автоматического управления напряженно-деформированным состоянием резервуара позволит на практике предотвратить любую потенциальную возможность возникновения каких-либо и внештатных, и аварийных ситуаций с резервуарами нового поколения.

Кроме отмеченного, разработанный принцип повышения эксплуатационной надежности крупногабаритных резервуаров позволит комплексно и с минимальными затратами, эффективно решить все технические и экологические проблемы, возникающие в ходе возведения и эксплуатации резервуаров большого объема.

Использование на практике предложенного принципа при строительстве и эксплуатации экологически опасных объектов, к которым относятся все федеральные и региональные хранилища различных углеводородов, позволит создать новое поколение интеллектуально-разумных строительных объектов с управляемой эксплуатационной надежностью.

Литература

1. Землянский А.А. Активное управление эксплуатационной надежностью современных зданий и сооружений / А.А. Землянский // Кибернетика и технологии XXI века. Сб. трудов 5-й межд. науч.-техн. конф. Воронеж, 2004. С. 48–53.
2. Пат. РФ №2228416 С2. Металлический резервуар для нефтепродуктов / А.А. Землянский, А.П. Денисова, С.В. Рашепкин // БИ. 2004. №13.