ния, а также трудоемкой подготовки образцов. Также метод индентирования позволяет проводить экспресс анализ упругих свойств горных пород на частицах шлама в скважинах, где отбор керна не предусмотрен.

Работа выполнялась при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь (грант №ГР 20240634 от 22.04.2024 г.).

Литература

1. Специализированные лабораторные исследования керна для решения задач бурения, ГРП и разработки нефтегазовых месторождений / М. Д. Субботин, В. А. Павлов, Д. О. Кроль [и др.] // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2020. – №. 10. – С. 84–92.
2. Использование предварительной 1D геомеханической модели для планирования исследований керна / В. А. Фадеева [и др.] // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2020. – № 7. – С. 29–35.
3. Oliver, W. C. An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments / W. C. Oliver, G. M. Pharr // Journal of materials research. – 1992. – Vol. 7, N 6. – P. 1564–1583.

УДК 641.642

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗИМНЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ СВЕРХБОЛЬШИХ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СЫРОЙ НЕФТИ

Янян Юй

Чжэцзянская нефтехимическая компания с ограниченной ответственностью, Китайская Народная Республика

А. Б. Невзорова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Отмечено, что большие незакрепленные резервуары для хранения нефти являются одними из передовых устройств нефтяных запасов, и исследованиям их безопасности уделено большое внимание. В качестве объекта исследования выбран недавно построенный большой резервуар с плавающей крышей размером 15 × 10^4 $м^3$ в Китае. С использованием методом конечных элементов ANSYS Workbence проведен анализ стрессовых условий, напряжений и деформаций резервуаров под воздействием температуры при различных уровнях заполнения (от 0 до 20 м). Даны рекомендации по улучшению условий эксплуатации.

Ключевые слова: топливные емкости, температурное поле, анализ напряжений, ограниченный элемент, ANSYS.

WINTER SAFETY STUDY OF ULTRA-LARGE CRUDE OIL STORAGE TANKS

Yu Yangyang

A refining and chemical integration project of Zhejiang Petrochemical Co., Ltd, China

A. Nevzorova

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

Large loose oil storage tanks are one of the advanced devices of oil reserves, and research on their safety has attracted a lot of attention. In this article, a newly built large tank with a float-

ing roof measuring 15×10^4 m^3 in China has been selected as the object of research. Stress conditions, stresses and deformations of reservoirs under the influence of temperature at various filling levels (from 0 to 20 m) were analyzed using the ANSYS Workbence finite element method. Recommendations for improving the operating conditions are given.

Keywords: tank, temperature field, stress analysis, finite element, ANSYS.

Резервуар для хранения сырой нефти размером 15 × 10^4 м^3 представляет собой очень большой нефтяной резервуар. В настоящее время отсутствуют международные технические стандарты для анализа напряжений и расчета конструкции его ключевых частей. Чтобы убедиться в рациональности конструкции некоторых ключевых частей большого резервуара и обеспечить безопасность и надежность его эксплуатации, необходимо провести комплексное нагрузочное испытание и анализ резервуара, а также оценить безопасность резервуар для хранения. Особенно следует изучить изменения напряжений в различных частях резервуара из-за влияния изменений температуры в очень больших резервуарах для хранения сырой нефти в зимний период [1–3].

Учитывая большую разницу температур зимой и летом в определенной области, а также разницу температур внутри и снаружи больших резервуаров для хранения, в этом проекте изучается влияние температуры на резервуары для хранения.

На сегодняшний день в мире сравнительно мало анализируется температурное поле больших резервуаров для хранения по сравнению с другим оборудованием, а в данной работе приведен анализ температурного поля резервуаров для хранения сырой нефти объемом 150 000 м^3 [4]. До настоящего времени в Китае не проводился комплексный температурный анализ сверхбольших резервуаров для хранения сырой нефти [5].

Цель работы – провести оценку прочности резервуаров-хранилищ, отключаемых в зимний период, и путем анализа влияния различных температур сырой нефти на нагрузку в резервуарах хранения в зимний период построить модель по распределению напряжений по конструктивным частях резурвуара.

Методы исследований. Для проведения расчетов использовалась версия программы ANSIS 11.0 [6]. Структурная схема резервуара для хранения масла показана на рис. 1.

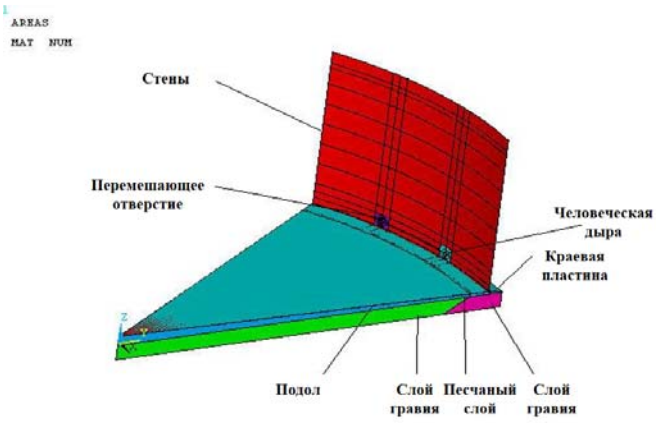

Рис. 1. Краткая схема конструкции резервуара

Согласно теории анализа стационарного температурного поля, закон распределения температуры каждого компонента не имеет ничего общего со временем и связан только с размером конструкции, материалом и термическими граничными условиями каждого компонента. С этой целью в соответствии со структурой резервуара для хранения масла мы всесторонне рассмотрели стеновую пластину, нижнюю пластину, краевую пластину, большой угловой сварной шов, войлок из минеральной ваты изоляционного слоя и материалы фундамента, выбрали плоскость всего резервуара в качестве объекта исследования.

Результаты. Для анализа напряжений в резервуаре для хранения нефти построена упрощенная осесимметричная и пространственная модели резервуара. Используя метод конечных элементов, проанализированы температурное поле и поля напряжений резервуара.

Представим основные выводы данной работы, которые включают в себя следующие аспекты:

1. Установлено, что расчетная модель конечных элементов осесимметричного температурного поля и пространственного поля напряжений резервуара позволяет точно рассчитать температуру и распределение напряжений, а также получить состояние распределения напряжений в резервуаре при различных температурах и разных уровнях жидкости.

2. В зимних температурных условиях распределение температуры всей трубной пластины резервуара для хранения, нижней и краевой пластины является относительно приемлемым. Эти температуры и разница температур – основные нагрузки, которые вызывают смещение и напряжение резервуара для хранения.

3. В зимних температурных условиях от 0 до минус 50 °С напряжения каждой детали накопительной емкости, не запущенной в производство, изменяются, однако это не влияет на соответствие требованиям прочности.

4. Нагрузка каждого компонента резервуара для хранения, введенного в эксплуатацию, относительно велика под воздействием зимних температур. Это происходит главным образом из-за низкой температуры наружного воздуха зимой и большой разницы температур с сырой нефтью в резервуаре. При этом увеличивается термическая нагрузка накопительного бака.

Моделирование позволило установить, что зимой более высокая температура масла увеличивает радиальную деформацию стенки резервуара, в то время как более низкая внешняя температура уменьшает радиальную деформацию каждой части резервуара. Этот вид положительной и отрицательной деформации может соответствующим образом уменьшить нагрузку на каждую часть резервуара для хранения. Показано, что нагрузка на стенку резервуара зимой значительно выше. Летом нагрузка на стенку резервуара в основном вызвана большой разницей между температурой окружающей среды и температурой сырой нефти.

Подводя итог, можно сказать, что в условиях подготовки к зиме все детали резервуаров, не запущенные в производство и запущенные в производство, соответствуют требованиям по прочности и работают безопасно.

Таким образом, в результате анализа подготовки к зиме пустых резервуаров и резервуаров для хранения, введенных в производство, основные предложения заключаются в следующем:

– температура сырой нефти зимой не должна быть слишком высокой при условии обеспечения нормальной температуры подачи, а рекомендуемая температура масла составляет 40–50 °С;

– толщина усиливающих колец смесительных отверстий и люков может быть соответствующим образом увеличена для снижения концентрации напряжений в отверстиях.

Авторы выражают признательность китайской компании «Daqing Petroleum» за оказанную помощь при проведении данного исследования.

Литература

1. Тунчжу, У. Обзор разработки больших вертикальных нефтяных резервуаров / У Тунчжу // Технология нефтехимического оборудования. – 2004. – № 25 (3). – С. 56–58.
2. Чжоу Шуся Знакомство с химическими контейнерами / Чжоу Шуся, Чжан Хуцзе, Лу Чуньцин // Нефтехимическая промышленность Внутренней Монголии. – 2006. – № 17 (8). – С. 63–64.
3. Ши Минсянь. Развитие и перспективы технологии химического технологического оборудования в моей стране / Ши Минсянь // Современная нефтехимическая промышленность. – 2005. – № 13 (12). – С. 3–7.
4. Ван Тунъюань. Вопросы классификации сосудов под давлением / Ван Тунъюань // Qilu Petrochemical Industry. – 1995. – № 5. – С. 51–52.
5. Ши Юцинь Текущее состояние и прогресс в проектировании больших резервуаров для хранения нефти / Ши Юцинь, Чжоу Хунмей // Нефтяные машины. – 2006. – № 7 (1). – С. 41–42.
6. Шимановский, А. Моделирование перетекания жидкости в резервуаре с использованием программных комплексов ANSYS и STAR-CD / А. Шимановский, А. Путято // Вестник Уральского государственного технического университета. – 2005. – № 11. – С. 130–110.

УДК 681.5:553.98:622.24:543.06

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗА АВАРИЙ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

О. В. Захаров, И. В. Захаров

Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное объединение «Союзнефтегазсервис», г. Москва, Российская Федерация

Н. В. Бочаров

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Приведен опыт применения предиктивной аналитики и глубокого обучения для выявления и предотвращения осложнений и аварийных ситуаций при строительстве нефтяных и газовых скважин. Представлены разработанные программные продукты для формирования наборов данных и обучения моделей по Методике прогнозирования аварийности. На примерах показаны шаги, анализ которых позволил разработать и опробовать на реальных примерах Методику версии 2.0. Исходя из результатов установлено, что использование таких технологий увеличивает уровень безопасности и сокращает объем непроизводительного времени при строительстве нефтяных и газовых скважин.

Ключевые слова: машинное обучение, прогнозирование аварийных ситуаций, геолого-технологические исследования, цифровая платформа «Унофактор®».