

ПОДЗЕМНЫЕ ХРАНИЛИЩА ПРИРОДНОГО ГАЗА В ПОРИСТЫХ И ПРОНИЦАЕМЫХ ПОРОДАХ

И.В. Гладков¹, Ю.В. Колотилов², М.А. Стукалова³, С.В. Сельвесюк⁴

¹РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, Россия

²ООО «Промышленно-коммерческая фирма "Вертикаль"», Москва, Россия

³Калининградский государственный технический университет, Россия

⁴МГОУ имени В.С. Черномырдина, Москва, Россия

Система подземных хранилищ природного газа в пористых и проницаемых породах на территории Российской Федерации начала создаваться достаточно давно. Новый импульс развитию подземного хранения газа был дан разработанной для условий страны концепцией создания базовых хранилищ как в истощенных газовых, газоконденсатных и нефтяных месторождениях, так и в водоносных пластах. Эти хранилища имеют высокие технико-экономические показатели и позволяют создать долгосрочный и оперативный резерв газа.

Выбор глубины залегания пласта для строительства подземного хранилища газа, если в геологическом разрезе имеется несколько пластов, определяется на основе сравнительного анализа их технико-экономических показателей. Наиболее благоприятный интервал глубин залегания пласта с учетом существующих параметров ЕСГ страны составляет от 600 до 1100 м. Максимально допустимое давление в подземном хранилище в целом зависит от глубины залегания, структурных и тектонических особенностей пласта и размеров площади газоносности, прочности, плотности и пластичности его кровли.

Вечномерзлые породы весьма разнообразны по гранулометрическому составу, криогенной текстуре, сложению и т.д. Прочностные и деформационные свойства таких пород зависят от температуры, содержания незамерзшей воды, засоленности, льдистости. Все это обуславливает большой разброс значений показателей прочностных и деформационных свойств пород.

Определяющим показателем пригодности мерзлой породы для строительства в ней устойчивых резервуаров является предел длительной прочности на одноосное сжатие [1; 2]. Площадка является пригодной, если в толще мерзлых пород может быть выделена рабочая толща мощностью, определяемой в зависимости от глубины заложения почвы пласта с учетом усредненной плотности вышележащих пород.

Математическая модель, прогнозирующая поведение мерзлой породы и описывающая ее деформативно-прочностные свойства, учитывает нелинейную связь напряжений и деформаций, разрыхление при действии напряжений сдвига, упрочняющее влияние объемного напряженного состояния на протекание процесса ползучести при действии постоянных напряжений [3].

Уравнение состояния мерзлых пород по аналогии с каменной солью записывается с учетом параметров, которые определяются путем обработки результатов испытаний образцов мерзлых пород, отобранных с площадки строительства, при сжатии в условиях ползучести.

На основании исследований с учетом опыта эксплуатации подземных хранилищ нефтепродуктов были разработаны и приняты следующие критерии устойчивости резервуаров в вечномерзлых породах:

1) деформации породного массива в окрестности резервуара не должны превышать величин, соответствующих максимальному значению интенсивности деформации сдвига, за исключением локальных областей запредельного деформирования (ОЗД) в окрестности угловых точек сечения, размеры которых по нормали к контуру выработки ограничены;

2) допустимые перемещения кровли резервуара за весь период эксплуатации не должны превышать установленной нормативными документами величины;

3) растягивающие напряжения в приконтурной зоне резервуара не должны превышать предел длительной прочности породы при растяжении, принимаемый равным 0,3 МПа.

Сопоставление результатов расчетов с натурными наблюдениями за деформированием и устойчивостью выработок различного назначения, сооружаемых в вечномерзлых породах, показало, что методика достаточно точно прогнозирует фактическое состояние эксплуатируемых выработок подземных хранилищ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казарян В.А. Подземное хранение газов и жидкостей. Проектирование. Строительство / В.А. Казарян. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, т. 1, 2019. – 844 с.
2. Казарян В.А. Подземное хранение газов и жидкостей. Эксплуатация. Ремонт. Консервация. Ликвидация. Применение хранилищ газов и жидкостей в различных отраслях экономики / В.А. Казарян. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, т. 2, 2019. – 660 с.
3. Катунин М.В. Газодинамический мониторинг добывающих скважин Инчукалнского ПХГ с использованием датчиков-сигнализаторов ДСП-АКЭ-2М / М.В. Катунин, А.С. Гарайшин, Д.М. Леднев, С.И. Назаров, И. Карвонен, Э. Биргерс. – Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2019. – № 12. – С. 35–41.