СП 123.13330.2012 Подземные хранилища газа, нефти и продуктов их переработки. Актуализированная редакция СНиП 34-02-99 (с Изменением N 1)

СП 123.13330.2012

СВОД ПРАВИЛ

ПОДЗЕМНЫЕ ХРАНИЛИЩА ГАЗА, НЕФТИ И ПРОДУКТОВ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ

Underground storages of natural gas, oil and processing product

Актуализированная редакция

СНиП 34-02-99

ОКС 93.010

Дата введения 2013-07-01

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. N 184-ФЗ "О техническом регулировании", а правила разработки - постановлением Правительства Российской Федерации "О порядке разработки и утверждения сводов правил" от 19 ноября 2008 г. N 858

Сведения о своде правил

1 ИСПОЛНИТЕЛЬ ООО "Подземгазпром"

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 "Строительство"

3 ПОДГОТОВЛЕН к утверждению Управлением градостроительной политики

4 УТВЕРЖДЕН приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой России) от 10 декабря 2012 г. N 82/ГС и введен в действие с 1 июля 2013 г.

5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт). Пересмотр СП 123.13330.2011 "СНиП 34-02-99 Подземные хранилища газа, нефти и продуктов их переработки"

Информация об изменениях к настоящему своду правил публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе "Национальные стандарты", а текст изменений и поправок - в ежемесячно издаваемых

информационных указателях "Национальные стандарты". В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего свода правил соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе "Национальные стандарты". Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования - на официальном сайте разработчика (Минрегион России) в сети Интернет

ВНЕСЕНО Изменение N 1, утвержденное и введенное в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 10 июля 2017 г. N 984/пр с 11.01.2018

Введение

Настоящий документ содержит указания по проектированию подземных хранилищ газа, нефти и продуктов их переработки, сооружаемых в каменной соли и других горных породах.

Разработан ООО "Подземгазпром" (канд. техн. наук *В.Б.Сохранский*, гидрогеолог *В.Г.Грицаенко*, канд. физ.-мат. наук *А.И.Игошин*, д-р техн. наук *В.А.Казарян*, канд. техн. наук *М.К.Теплов*, канд. техн. наук *В.П.Шустров*, канд. техн. наук *В.Г.Хлопцов*, д-р техн. наук *А.С.Хрулев*).

Изменение N 1 к СП 123.13330.2012 выполнено ООО "Газпром геотехнологии" (канд. техн. наук В.Б.Сохранский, М.А.Бабаян, В.Г.Грицаенко, канд. физ.-мат. наук А.И.Игошин, Р.Б.Ильичев, д-р техн. наук В.А.Казарян, Е.А.Котова, канд. техн. наук М.К.Теплов, канд. техн. наук О.И.Савич, канд. техн. наук А.А.Скворцов, канд. техн. наук В.П.Шустров, канд. техн. наук В.Т.Хлопцов, д-р техн. наук А.С.Хрулев).

1 Область применения

Настоящий свод правил распространяется на проектирование подземных хранилищ газа, нефти, газового конденсата и продуктов их переработки (далее - подземные хранилища) с резервуарами, сооружаемыми в каменной соли и других горных породах (в том числе многолетнемерзлых).

Свод правил не распространяется на подземные хранилища газа, создаваемые в пористых пластах, а также на подземное хранение сжиженного природного газа.

2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения

СП 3.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности

СП 14.13330.2014 "СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах"

(с изменением N 1)

СП 18.13330.2011 "СНиП II-89-80* Генеральные планы промышленных предприятий" (с изменением N 1)

СП 20.13330.2016 "СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия"

СП 21.13330.2012 "СНиП 2.01.09-91 Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах"

СП 30.13330.2016 "СНиП 2.04.01-85* Внутренний водопровод и канализация зданий"

СП 31.13330.2012 "СНиП 2.04.02-84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения" (с изменениями N 1, N 2)

СП 44.13330.2011 "СНиП 2.09.04-87 Административные и бытовые здания"

СП 82.13330.2016 "СНиП III-10-75 Благоустройство территорий"

СП 91.13330.2012 "СНиП II-94-80 Подземные горные выработки"

СП 102.13330.2012 "СНиП 2.06.09-84 Туннели гидротехнические"

СП 110.13330.2011 "СНиП 2.11.03-93 Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы"

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов

Примечание - При пользовании настоящим сводом правил целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования - на официальном сайте федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя "Национальные стандарты" за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего свода правил в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем своде правил использованы следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **башмак подвесной колонны:** Нижний торец подвесной колонны.

3 . 2 **выработка вскрывающая:** Вертикальный или наклонный ствол, обеспечивающий строительный подход к интервалу заложения выработки-емкости и транспорт отбитой горной породы на земную поверхность, в период эксплуатации шахтного хранилища в отдельных случаях может частично или полностью использоваться для хранения продукта и пропуска эксплуатационных коммуникаций.

3.3 **выработка вспомогательная:** Подземная горная выработка на период строительства шахтного хранилища, предназначенная для удобства прохода людей, перемещений оборудования и транспорта, пропуска воздушной струи для вентиляции выработок. На период эксплуатации - либо ликвидируется, либо используется как часть резервуарной емкости.

3.4 **выработка-емкость:** Подземная горная выработка, часть подземного резервуара, предназначенная для хранения продукта.

3.5 **герметичная перемычка:** Преграда, отделяющая выработки от внешней среды или друг от друга, в эксплуатационных выработках оборудована устройствами для пропуска коммуникаций.

3.6 **горный отвод недр для подземных хранилищ:** Геометризованный блок недр, который предоставляется недропользователю для подземного хранения.

3.7 **зумпф:** В шахтных хранилищах - углубление в почве выработки-емкости для аккумуляции хранимого продукта и воды, где располагаются погружные насосы или всасывающие патрубки непогружных насосов.

3.8 **колонна основная обсадная:** Последняя зацементированная обсадная колонна труб.

3.9 **колонна подвесная:** Колонна труб, закрепленная на устье скважины и предназначенная для закачки и отбора жидкостей и газов при создании и эксплуатации бесшахтных резервуаров.

3.10 **кровля выработки-емкости:** Поверхность, ограничивающая выработку-емкость сверху, и прилегающий к ней массив горных пород.

3.11 **нерастворитель:** Газообразная или жидкая среда, предохраняющая поверхность каменной соли от растворения, применяемая для предотвращения неуправляемого развития выработки-емкости при ее сооружении.

3.12 **активный объем газа:** Разность между объемами газа общим и буферным в подземных резервуарах хранилища в каменной соли на любой заданный момент времени.

3.13 **буферный объем газа:** Минимально допустимое количество газа, неизвлекаемое в процессе эксплуатации из подземных резервуаров хранилища в каменной соли.

3.14 **объем буферного продукта:** Неизвлекаемое количество хранимого продукта, обеспечивающего температурный режим эксплуатации выработки-емкости шахтного хранилища в многолетнемерзлых породах.

3.15 **рассолохранилище:** Емкость для хранения рассола.

3.16 **резервуар подземный:** Система горных выработок в непроницаемых породах, оборудованная для закачки, хранения и выдачи жидкостей и газов и состоящая из вскрывающих, вспомогательных горных выработок и выработок-емкостей.

3.17 **резервуар бесшахтный в каменной соли и многолетнемерзлых породах:** Резервуар, выработка-емкость которого создается через обсаженную скважину, оборудованную подвесными колоннами, путем растворения или теплового разрушения вмещающих пород.

3.18 **резервуар шахтный:** Резервуар в породах, выработки которого сооружаются буровзрывным, комбайновым или щитовым способами проходки.

3.19 **реологические свойства горной породы:** Механические свойства, отражающие влияние длительного воздействия нагрузок на изменение напряженно-деформированного состояния горных пород.

3.20 **схема эксплуатации бесшахтного резервуара рассольная:** Технологическая схема, позволяющая осуществлять взаимозамещение продукта хранения и рассола при закачке/отборе.

3.21 **схема эксплуатации бесшахтного резервуара безрассольная:** Технологическая схема, позволяющая осуществлять компрессорную закачку газа и его выдачу за счет внутренней энергии в резервуаре, или взаимозамещение продукта хранения и газа при закачке/отборе, или отбор продукта хранения погружными насосами или другими техническими средствами.

3.22 **целик:** Часть массива горных пород, не извлекаемая при строительстве и предназначенная для обеспечения устойчивости и герметичности выработок и предотвращения прорыва в них подземных вод.

3.23 **целик барьерный:** Целик, разделяющий участки размещения выработок-емкостей хранилища и выработок соседнего горнодобывающего предприятия.

3.24 **целик охранный:** Целик, представленный каменной солью или другими непроницаемыми устойчивыми горными породами в кровле и почве выработки, обеспечивающий устойчивость и непроницаемость кровли и защиту от проникновения жидких и газообразных природных флюидов через почву в выработку-емкость.

3.25 **вместимость:** Максимально возможный объем заполнения подземного резервуара продуктом хранения.

3.26 **конвергенция выработки-емкости:** Уменьшение геометрического объема выработки в результате ползучести каменной соли под действием горного давления.

3.27 **общий объем газа:** Максимальное количество газа в подземном резервуаре хранилища в каменной соли.

4 Общие положения

4.1 В состав подземных хранилищ входят:

подземные сооружения, включающие подземные резервуары, вскрывающие и вспомогательные горные выработки, если они не являются частью резервуара, скважины и подземные рассолохранилища;

наземные сооружения, включающие здания и сооружения, технологическое оборудование открытых площадок, внутриплощадочные сети, наземные резервуары и рассолохранилища.

4.2 В качестве подземных резервуаров используются горные выработки (выработки-емкости), оборудованные для приема, хранения и выдачи продукта. Наряду со специально сооружаемыми выработками допускается использовать выработки, образовавшиеся при добыче полезного ископаемого, после проведения их специального обследования и обустройства.

4.3 При размещении подземного хранилища на границе предприятия по добыче полезного ископаемого следует предусматривать барьерные целики, обеспечивающие прочность и герметичность подземных и наземных сооружений хранилища. Размеры барьерных целиков следует определять расчетом в соответствии с требованиями СП 21.13330.

4.4 Здания и наземные сооружения (наземные резервуары и оборудование, железнодорожные и сливоналивные эстакады, причалы и пирсы, расфасовочные и раздаточные пункты, насосные и компрессорные станции, объекты осушки и очистки газа, производственные, административные и бытовые здания, вспомогательные, складские помещения и др.), инженерные системы (противопожарный водопровод, факелы и свечи, системы обнаружения и тушения пожаров, канализации, электроснабжения, связи, сигнализации и др.), а также благоустройство территории хранилищ (дорог, подъездов, проездов и др.) следует проектировать в соответствии с действующими нормативными документами, утвержденными в установленном порядке.

4.5 При проектировании мероприятий по противопожарной безопасности и при строительстве объектов необходимо руководствоваться противопожарными требованиями всех действующих сводов правил, относящихся к объекту и утвержденных в установленном порядке.

4.6 Проектом должен предусматриваться комплекс мероприятий, обеспечивающий пожарную безопасность хранилищ, зданий и сооружений на его территории и включающий устройства:

кольцевой сети противопожарного водопровода, противопожарный резервуар и насосную станцию с максимальным расходом воды на пожаротушение, определяемым реализуемыми на объекте техническими решениями и расчетом в соответствии с СП 31.13330 и СП 30.13330;

связи и оповещения;

контроля газопаровоздушной среды;

автоматизации процесса хранения углеводородов;

автоматических установок пожаротушения и пожарной сигнализации;

наружного освещения;

обвалования устьев скважин бесшахтных резервуаров;

подъездных автодорог к зданиям и сооружениям;

стоянок для пожарной техники;

инженерно-технических средств охраны, включая ограждение территории и контрольно-пропускные пункты.

4.7 Насосные, компрессорные и другие помещения, в которых может образовываться взрывоопасная концентрация газов и паров, следует оборудовать сигнализаторами взрывоопасных концентраций, срабатывающими при достижении их концентрации в воздухе не более 20% нижнего предела воспламеняемости.

4.8 Для подземных хранилищ необходимо предусматривать следующие виды связи и сигнализации:

административно-хозяйственную телевизионную или телефонную связь;

прямую связь диспетчера хранилищ с железнодорожным узлом и водным причалом;

громкоговорящую производственную связь из операторной хранилищ;

пожарную и охранную сигнализацию;

радиофикацию.

4.9 Систему оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре следует проектировать в соответствии с СП 3.13130.

4.10 Во взрывоопасных помещениях и сооружениях подземных хранилищ, а также на всех путях эвакуации следует предусматривать рабочее аварийное освещение, а у оголовков эксплуатационных колодцев и скважин - рабочее освещение, оборудованное светильниками во взрывозащищенном исполнении.

4.11 Категории электроприемников подземных хранилищ в отношении обеспечения надежности электроснабжения следует принимать:

для хранилищ нефти и нефтепродуктов - согласно требованиям СП 110.13330;

для противопожарных и продуктовых насосных станций подземных хранилищ сжиженных углеводородных газов (СУГ) - первой категории.

4.12 Молниезащиту наземных зданий и сооружений подземных хранилищ следует проектировать в соответствии с требованиями СО 153-34.21.122 [1] и ПУЭ [2].

4.13 Запорная арматура, устанавливаемая на трубопроводах, должна автоматически отключать отдельные звенья технологического комплекса в случае утечки продукта или понижения давления в трубопроводах.

5 Классификация

5.1 Подземные хранилища подразделяются по виду хранимого продукта на хранилища:

природного и других газов (далее - газ);

СУГ, этана, этилена, нестабильного газового конденсата (далее - СУГ);

нефти, нефтепродуктов, стабильного газового конденсата (далее - нефть и нефтепродукты).

5.2 В таблице 1 показаны типы подземных резервуаров и области их применения.

Таблица 1 - Области применения подземных резервуаров различного типа

Тип резервуара	Вид хранимого продукта		
	Газ	СУГ	Нефть и нефтепродукты
Бесшахтный в каменной соли	+	+	+
Бесшахтный в многолетнемерзлых породах	-	+	+
Шахтный в породах с положительной температурой	-	+	+
Шахтный в многолетнемерзлых породах	-	-	+

6 Генеральный план

6.1 Выбор площадки размещения хранилища, основные планировочные решения, ситуационный план размещения зданий и сооружений, инженерных сетей и др. необходимо производить в соответствии с требованиями природоохранных законов и нормативных актов Российской Федерации, СП 18.13330, СП 44.13330, СП 82.13330 и других нормативных документов.

6.2 При выборе мест размещения подземных хранилищ относительно населенных пунктов необходимо обеспечить в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200 возможность организации вокруг промплощадок и отдельно расположенных технологических установок, являющихся источниками негативного воздействия на окружающую среду, санитарно-защитной зоны.

6.3 Минимальные расстояния от устьев эксплуатационных скважин, шахтных стволов, эксплуатационных шурфов подземных резервуаров всех типов до различных зданий и сооружений следует принимать:

а) при хранении нефти и нефтепродуктов:

для объектов, не относящихся к хранилищу, - по таблице 2;

для объектов, входящих в состав хранилища, - в соответствии с требованиями СП 110.13330;

б) при хранении СУГ и газа:

для объектов, не относящихся к хранилищу, - по таблице 3;

для объектов, входящих в состав хранилища, - по таблице 4.

Таблица 2 - Минимальные расстояния от устьев эксплуатационных скважин, стволов и шурфов подземных резервуаров до зданий и сооружений, не входящих в состав хранилища нефти и нефтепродуктов

Здания и сооружения	Расстояние, м	
	от устьев скважин бесшахтных резервуаров в каменной соли	от устьев стволов, шурфов и скважин шахтных резервуаров в породах с положительной температурой, шахтных и бесшахтных резервуаров в многолетнемерзлых породах
Общественные и жилые здания	250	200
Здания и сооружения соседних предприятий	150	100
Лесные массивы:		
а) хвойных пород	100	100
б) лиственных пород	20	20
Железные дороги:		
а) станции	200	150
б) разъезды и платформы	100	80
в) перегоны	75	60
Автодороги:		
а) категорий I-III	100	75
б) категорий IV и V	50	40
Склады лесных материалов, торфа, сена, волокнистых веществ, соломы, а также участки открытого залегания торфа	125	100
Воздушные линии электропередачи	По [2]	

Таблица 3 - Минимальные расстояния от устьев эксплуатационных скважин и стволов подземных резервуаров до зданий и сооружений, не входящих в состав хранилища газа и СУГ

Здания и сооружения	Расстояние, м		
	от устьев скважин бесшахтных резервуаров в каменной соли		от устьев стволов и скважин шахтных резервуаров в породах с положительной температурой и бесшахтных резервуаров в вечномерзлых породах
	для газа	для СУГ	
Общественные и жилые здания	300	500	375
Здания и сооружения соседних предприятий	200	250	200
Лесные массивы:			
а) хвойных пород	50	100	75
б) лиственных пород	20	30	25
Железные дороги:			
а) станции	300	500	375
б) разъезды и платформы	100	100	75
в) перегоны	40	80	60
Автодороги:			
а) категории I-III	60	60	50
б) категории IV и V	25	50	40
Склады лесных материалов, торфа, сена, волокнистых веществ, соломы, а также участки открытого залегания торфа	100	100	100
Воздушные линии электропередачи	По [2]		
Примечания 1 Расстояния от стволов и скважин шахтных резервуаров необходимо отсчитывать от их центральных осей. 2 Расстояние от устья эксплуатационной скважины бесшахтных резервуаров в каменной соли следует отсчитывать от внутренней поверхности гребня обвалования вокруг оголовка скважины.			

Таблица 4 - Минимальные расстояния от устьев эксплуатационных скважин и стволов подземных резервуаров до зданий и сооружений, входящих в состав хранилища газа и СУГ

Здания и сооружения	Расстояние, м		
	от устьев скважин бесшахтных резервуаров в каменной соли		от устьев стволов и скважин шахтных резервуаров в породах с положительной температурой и бесшахтных резервуаров в многолетнемерзлых породах
	для газа	для СУГ	
Сливоналивные причалы и пирсы	50	100	75
Железнодорожные сливоналивные эстакады, складские здания для нефтепродуктов в таре	20	40	30
Сливоналивные устройства для автоцистерн, продуктовые насосные станции, компрессорные, канализационные насосные станции производственных сточных вод, разливочные, расфасовочные и раздаточные, установки для испарения и смешения газов	20	40	30
Водопроводные и противопожарные насосные станции, пожарное депо и посты, противопожарные водоемы (до люка резервуара или места забора воды из водоема)	40	40	30
Здания и сооружения I и II степеней огнестойкости с применением открытого огня	50	60	50
Прочие здания и сооружения	40	40	40
Рассолохранилища (открытые)	40	40	-
Ограждение резервуара	15	15	15
Воздушные линии электропередачи	По [2]		
Примечания 1 и 2 таблицы 3 распространяются и на данную таблицу.			

Расстояния между зданиями и сооружениями подземного хранилища должны обеспечивать при эксплуатации:

возможность обслуживания наземных и подземных объектов;

эвакуацию персонала.

Расстояние между устьями соседних скважин бесшахтных резервуаров должно определяться расчетом.

6.4 Вокруг устьев скважин бесшахтных резервуаров в каменной соли при хранении нефти, нефтепродуктов и СУГ следует предусматривать обвалование.

Вместимость пространства внутри обвалования определяется расчетом по

величине возможного аварийного выброса продукта.

6.5 Площадка, на которой предусматривается размещение подземных резервуаров в многолетнемерзлых породах, должна быть надежно защищена от временных поверхностных водотоков искусственными сооружениями (обвалования, водоотводы).

6.6 Устья эксплуатационных скважин, стволов и шурфов подземных резервуаров должны иметь продуваемое ограждение из негорючих материалов (решетки, сетки) высотой не менее 2 м. Размер ограждаемого участка следует назначать из условия возможности проведения профилактических и ремонтных работ.

Ограждение устьев скважин бесшахтных резервуаров допускается размещать как внутри обвалованной площадки, так и вне ее.

6.8* Для площадок подземных хранилищ (независимо от их вместимости) следует предусматривать два выезда на автомобильные дороги общей сети или на подъездные пути. Расстояния между зданиями и сооружениями подземного хранилища должны обеспечивать возможность подъездов пожарной техники непосредственно к устьям скважин, стволам и шурфам подземных хранилищ.

7 Требования к инженерно-геологическим и гидрогеологическим условиям площадок строительства

7.1 Общие положения

Выработки-емкости подземных резервуаров следует размещать в массивах горных пород, способных обеспечить устойчивость и герметичность выработок на весь срок службы резервуаров, а горные породы, в которых размещаются выработки-емкости подземных резервуаров, не должны содержать включений, ухудшающих качество хранимых продуктов. Срок службы резервуаров определяется проектом.

Не допускается размещать подземные и наземные сооружения хранилища без специального обоснования на территориях с сейсмичностью выше 9 баллов в соответствии с СП 14.13330, а также на участках развития физико-геологических и криогенных процессов (карст, оползни, сели, термокарст и пр.).

Минимально допустимая глубина залегания горных пород, пригодных для размещения выработок-емкостей, определяется расчетом исходя из типа резервуара, внутреннего давления в резервуаре, плотности пород, залегающих выше кровли выработки-емкости, и гидрогеологических условий.

7.2 Бесшахтные резервуары в каменной соли

7.2.1 Бесшахтные резервуары допускается сооружать в залежах каменной соли всех морфологических типов.

7.2.2 Площадь распространения соляной залежи в плане должна обеспечивать

размещение заданного количества резервуаров с оставлением целиков соли между выработками, а также между выработками и боковыми поверхностями соляной залежи.

7.2.3 В интервале отметок (по глубине) почвы и кровли резервуара соляная залежь, как правило, не должна содержать прослоев калийно-магниевых и других солей, легко растворяющихся в воде и хлоридно-натриевых рассолах.

7.2.4 Закачка строительного рассола допускается в водоносные горизонты с пластовыми водами, совместимыми с закачиваемым рассолом, изолированные надежными водоупорами от вышележащих водоносных горизонтов.

7.3 Шахтные резервуары в породах с положительной температурой

7.3.1 Шахтные резервуары следует размещать в горных породах ниже уровня грунтовых вод. Степень обводненности породных массивов и положение уровня грунтовых вод должны отвечать условию, при котором давление воды на поверхности выработок превышает внутреннее давление продукта в резервуаре при постоянно действующем водоотливе.

7.3.2 Выработки-емкости, как правило, следует размещать в горных породах с высокой экранирующей способностью по отношению к углеводородным жидкостям.

7.3.3 Прочностные свойства горных пород, в которых допускается размещение шахтных резервуаров, должны отвечать условию сооружения выработок-емкостей, как правило, без применения крепи.

Допускается сооружать выработки-емкости с применением крепи в породах категории устойчивости III в соответствии с СП 69.13330.

7.3.4 При создании хранилищ в отработанных горных выработках естественные породные массивы, в которых они пройдены, и глубина их заложения должны соответствовать требованиям 7.3.1-7.3.3 настоящего свода правил.

7.4 Бесшахтные и шахтные резервуары в многолетнемерзлых породах

7.4.1 Резервуары следует размещать в многолетнемерзлых породах, обладающих экранирующей способностью по отношению к хранимому продукту и обеспечивающих устойчивость пройденных в них выработок.

7.4.2 Исключен

7.4.3 Глубина заложения выработки-емкости подземных резервуаров должна превышать глубину сезонных колебаний температуры.

8 Нагрузки и воздействия

8.1 Напряженно-деформированное состояние породного массива, цементного камня, обсадной колонны и крепи выработок следует определять с учетом

действия постоянных и временных (длительных, кратковременных, особых) нагрузок.

8.2 К постоянным нагрузкам следует относить:

а) горное давление;

б) собственный вес конструкций;

в) давление подземных вод;

г) воздействие, вызываемое предварительным напряжением элементов крепи.

К длительным нагрузкам следует относить:

а) давление газа, жидкости в резервуаре;

б) температурные воздействия.

К кратковременным нагрузкам следует относить:

а) нагрузки от технологического оборудования;

б) давление тампонажного раствора, нагнетаемого за крепь.

К особым нагрузкам следует относить:

а) сейсмические воздействия;

б) взрывные воздействия.

8.3 Расчетное значение нагрузки следует определять как произведение ее нормативного значения на коэффициент надежности по нагрузке. При оценке прочности обсадных колонн значения коэффициента надежности принимают по нормам проектирования обсадных колонн.

При определении максимально допускаемого эксплуатационного давления в выработках-емкостях, эксплуатирующихся в условиях избыточного давления, коэффициент надежности по горному давлению следует принимать равным 0,85 - для бесшахтных резервуаров в каменной соли при спокойном или пластово-линзообразном залегании соли, когда надсолевая толща представлена непроницаемыми породами; 0,75 - в остальных случаях.

При определении минимально допускаемого давления в выработках-емкостях коэффициент надежности по горному давлению следует принимать равным единице.

Коэффициент надежности по ответственности принимается равным единице по ГОСТ 27751.

8.4 Величину горного давления следует устанавливать с учетом данных инженерно-геологических изысканий на площадке.

При отсутствии тектонических напряжений в породном массиве горное давление для незакрепленных выработок допускается определять по весу вышележащих пород.

Для закрепленных выработок величину горного давления следует определять в соответствии с СП 102.13330.

8.5 Расчет устойчивости подземных выработок-емкостей следует выполнять при наиболее неблагоприятных сочетаниях нагрузок в соответствии с классификацией сочетаний нагрузок и коэффициентами сочетаний, приведенными в СП 20.13330.

9 Эксплуатационные требования

9.1 Общие эксплуатационные требования при проектировании

9.1.1 Подземные и наземные сооружения, оборудование основного и вспомогательного назначения, внутриплощадочные инженерные сети и коммуникации должны обеспечивать надежное и безопасное выполнение технологических операций по приему, хранению и выдаче продуктов в соответствии с заданными режимами эксплуатации.

9.1.2 Подземные резервуары, входящие в состав хранилища, должны быть герметичными, а их выработки-емкости - устойчивыми на весь период эксплуатации.

9.1.3 Сроки хранения товарных нефтепродуктов в подземных резервуарах определяются типом подземных резервуаров и сохранностью товарных качеств топлив определенного вида.

9.1.4 Подземные хранилища должны быть оборудованы централизованными системами контроля и управления технологическими процессами эксплуатации.

9.1.5 Система контроля подземных резервуаров всех типов должна предусматривать измерение следующих эксплуатационных параметров:

количества поступающего и выдаваемого продукта;

давления и температуры в линиях закачки и отбора продукта;

качества продукта.

Дополнительно в бесшахтных резервуарах должен осуществляться контроль следующих параметров:

устьевого давления и температуры продукта;

давления, температуры, расхода, плотности и химсостава рассола в линиях закачки и отбора (последнее - для бесшахтных резервуаров в каменной соли);

уровня границы раздела фаз в выработке-емкости;

формы и размеров выработки-емкости.

Дополнительно в шахтных резервуарах должен осуществляться контроль следующих параметров:

давления и температуры продукта в резервуаре;

уровня продукта;

уровня границы раздела "продукт-вода" и давления в герметичных перемычках (в породах с положительной температурой);

температуры вмещающих пород, герметичных перемычек и закрепного пространства эксплуатационных скважин и шурфов (в многолетнемерзлых породах).

9.2 Бесшахтные резервуары в каменной соли

9.2.1 Конструктивные решения бесшахтных резервуаров для газа должны обеспечивать скорость течения газа по скважине не более 35 м/с и темп снижения давления в резервуаре при отборе газа в процессе эксплуатации не более 0,5 МПа/ч.

9.2.2 Вместимость бесшахтных резервуаров для газа должна определяться из расчета хранения активного и буферного объемов газа исходя из технологических параметров и горно-геологических условий размещения резервуаров.

9.2.3 Коэффициент использования вместимости резервуара при хранении жидких углеводородов следует принимать не более следующих значений:

а) при наличии внешней подвесной колонны (в долях вместимости подземного резервуара выше башмака внешней колонны):

для нефти и нефтепродуктов - 0,985;

для СУГ - 0,95;

б) при отсутствии внешней подвесной колонны (в долях вместимости подземного резервуара выше башмака центральной подвесной колонны):

для нефти и нефтепродуктов - 0,95;

для СУГ - 0,9.

9.2.4 При эксплуатации подземных резервуаров по рассольной схеме для вытеснения СУГ, нефти и нефтепродуктов следует применять, как правило, концентрированный рассол.

9.2.5 Допускается совмещать эксплуатацию хранилища с дальнейшим увеличением вместимости подземных резервуаров.

9.2.6 При вытеснении продукта хранения неконцентрированным рассолом или водой в проектных решениях необходимо учитывать изменение вместимости и конфигурации выработки-емкости за счет растворения соли. Количество циклов вытеснения должно определяться в зависимости от изменения концентрации рассола и предельно допустимых размеров резервуара по условию устойчивости.

9.3 Шахтные резервуары в породах с положительной температурой

9.3.1 В проектной документации следует предусматривать возможность смены насосов в процессе их эксплуатации, а также систему очистки подтоварной воды, откачиваемой из выработок при эксплуатации резервуаров.

9.3.2 При проектировании резервуаров для нефти и нефтепродуктов допускается предусматривать системы эксплуатации с постоянным и переменным уровнем подтоварной воды. При проектировании системы эксплуатации с переменным уровнем следует предусматривать одновременную работу водяных и продуктовых насосов с равной производительностью.

9.3.3 Коэффициент использования вместимости резервуара для нефти и нефтепродуктов следует принимать не более 0,97, для СУГ - не более 0,9.

9.4 Бесшахтные и шахтные резервуары в многолетнемерзлых породах

9.4.1 Для предотвращения растепления массива многолетнемерзлых пород при эксплуатации резервуара допускается предусматривать буферный объем холодного продукта в выработке-емкости.

9.4.2 Вместимость резервуара должна определяться из расчета хранения активного и буферного объемов продукта.

10 Проектирование

10.1 Общие требования к проектированию

10.1.1 Подземные хранилища проектируются на основании задания на проектирование, разработанного и выдаваемого заказчиком.

Строительство подземных хранилищ производится на основании проектной документации и проекта производства работ.

10.1.2 Техническое задание на проектирование должно содержать следующие сведения:

место размещения хранилища;

наименование подлежащих хранению продуктов, их физико-химические свойства;

содержание в подлежащих хранению продуктах токсичных и агрессивных веществ;

общие потребные объемы хранения по отдельным продуктам;

производительность закачки и выдачи продуктов;

сроки проектирования и строительства подземных хранилищ;

способ доставки и отгрузки продуктов для хранилищ СУГ, нефти и нефтепродуктов.

10.1.3 При выборе объемно-планировочной схемы должно быть обеспечено наилучшее использование вмещающей толщи горных пород (максимальное использование мощности и минимальное - площади), а для шахтных хранилищ также минимально возможный объем и число вскрывающих, вспомогательных, специальных выработок и наилучшие условия изоляции выработок-емкостей друг от друга в резервуаре на несколько видов продуктов.

10.1.4 В проектной документации следует предусматривать периодичность контроля объема и формы подземного резервуара во время его строительства и эксплуатации, а также его герметичности.

10.1.5 Напряженно-деформированное состояние породного массива и всех конструктивных элементов подземного резервуара следует определять с учетом основных закономерностей деформирования и прочности пород.

10.1.6 Устойчивость выработки-емкости оценивается согласно приложению А.

10.1.7 При проектировании следует предусмотреть способы определения мощности зоны повышенной проницаемости в окрестностях выработки и на участках возведения герметичной перемычки, а также геолого-маркшейдерские работы, геологические, гидрогеологические и геокриологические наблюдения в процессе проходки выработок.

10.1.8 Проектирование герметичных перемычек шахтных резервуаров следует выполнять по специальному проекту производства работ.

10.1.9 При проектировании следует предусмотреть необходимость испытаний подземных резервуаров на герметичность по окончании строительства. Испытания проводят при наличии исполнительной документации, приказа на проведение испытаний, а также согласованной и утвержденной программы испытаний.

10.2 Бесшахтные резервуары в каменной соли

10.2.1 Для создания выработок-емкостей бесшахтного резервуара следует предусматривать управляемое растворение соли пресной или минерализованной водой с одновременным вытеснением образующегося при этом рассола на поверхность земли.

При соответствующем обосновании допускается растворение соли промстоками.

10.2.2 Для управления процессом формообразования выработки-емкости следует применять жидкий или газообразный нерастворитель (нефтепродукты или газы, химически нейтральные к соли и хранимому продукту).

При соответствующем обосновании допускается применение технологии сооружения выработки-емкости без нерастворителя.

10.2.3 Выработки-емкости резервуаров следует создавать в соответствии с индивидуальными технологическими регламентами.

10.2.4 Конструкция эксплуатационной скважины должна обеспечивать:

закачку и отбор воды, рассола, жидкого и газообразного нерастворителя, продуктов хранения с проектной производительностью;

отбор проб рассола, нерастворителя и хранимого продукта;

ввод в скважину ингибиторов гидратообразования и коррозии;

расчетный срок службы скважины;

надежное разобщение и изоляцию вскрытых водоносных горизонтов;

защиту от коррозионного и термобарического воздействия на основную обсадную колонну;

спуск, подъем и смену подвесных колонн, установку и извлечение необходимого скважинного оборудования;

проведение геофизических, диагностических работ на скважине и в выработке-емкости, а также профилактических и ремонтных работ на скважине.

10.2.5 Башмак основной обсадной колонны эксплуатационной скважины должен располагаться в каменной соли или в вышележащих прочных и непроницаемых породах.

10.2.6 Испытания подземных резервуаров на герметичность проводят после окончания строительства, при проведении технического диагностирования в процессе эксплуатации, после проведения капитального ремонта. При испытаниях на герметичность проверяется герметичность выработки-емкости, эксплуатационной скважины, подвесных колонн, устьевого оборудования.

Испытание бесшахтных резервуаров на герметичность по окончании строительства проводят методами, изложенными в приложении Б.

10.2.7 Способы удаления рассола с площадок строительства необходимо предусматривать исходя из наличия солепотребляющих предприятий в районе строительства и местных гидрогеологических, гидрологических и географических условий.

10.2.8 При эксплуатации бесшахтных резервуаров по рассольной схеме в составе сооружений следует предусматривать рассолохранилища.

10.2.9 На рассолопроводах хранилищ СУГ, эксплуатируемых по рассольной схеме, следует предусматривать устройство для отделения и отвода на свечу растворенного в рассоле и попавшего в него сжиженного газа.

10.2.10 Исключен

10.2.11 При строительстве эксплуатационных скважин и выработок-емкостей бесшахтных резервуаров в каменной соли следует предусматривать в проекте производства работ особенности проходки и крепления скважин в интервалах залегания солей, соблюдение технологического регламента сооружения выработок и обеспечение систематического контроля строительных процессов.

10.2.12 При строительстве наземных рассолохранилищ следует

предусматривать мероприятия, обеспечивающие защиту водоемов и подземных вод от загрязнения строительным рассолом. При закачке строительного рассола в недра следует предусматривать мероприятия по поддержанию и восстановлению приемистости нагнетательных скважин.

10.2.13 Расстояние между стенками соседних подземных резервуаров должно быть не менее величины а, м, которая определяется по формуле

$$a = r\,(4 + n + k)$$, (1)

где r - размер полупролета выработки-емкости резервуара*, м;

_____

* Если соседние выработки-емкости имеют разные размеры, то значение r в формуле (1) принимают равным большему.

n - коэффициент, учитывающий погрешности формообразования в зависимости от принятой технологической схемы строительства, принимается равным для схемы растворения соли:

сверху вниз	0,1,
снизу вверх	0,5,
для комбинированных и иных схем	0,2;

k - коэффициент, учитывающий возможную асимметричность формы выработки-емкости по геологическим условиям, определяемый по таблице 5.

Таблица 5 - Значение коэффициента k

Морфологический тип месторождения	Значение коэффициента k при схеме растворения		
	сверху вниз	снизу вверх	комбинированной и иной
Пластовый и пластово-линзообразный	0,2	0,7	0,4
Куполо- и штокообразный	0,5	1,5	1

В мощных соляных залежах расстояние между устьями скважин допускается уменьшать за счет двух- или многоярусного расположения выработок-емкостей резервуаров. При этом величина целика между соседними выработками-емкостями по кратчайшему расстоянию между стенками должна соответствовать формуле (1), а расстояние от стенки выработки-емкости до соседних скважин должно быть не менее 50 м.

При необходимости вытеснения продукта из подземного резервуара ненасыщенным рассолом или водой следует провести расчет увеличения объема выработки-емкости в процессе эксплуатации и определение ее конечной конфигурации. Значение r в формуле (1) принимается в соответствии с конечной конфигурацией. Увеличение объема выработки-емкости должно быть запланировано на стадии проектирования резервуара в соответствии с потребностями в расширении объема хранения.

10.2.14 Проектировать подземный резервуар с заданной вместимостью

следует на основе расчета объема растворившейся соли, в котором надлежит учитывать:

значение конвергенции на время окончания сооружения выработки-емкости;

разрыхление остающихся в выработке-емкости нерастворимых включений, содержащихся в отрабатываемом интервале каменной соли;

объем рассола, который не может быть извлечен при первоначальном заполнении подземного резервуара хранимым продуктом;

коэффициент использования вместимости резервуара.

Проектный объем растворившейся соли для обеспечения требуемой вместимости следует определять в соответствии с приложением В.

Проектом должен предусматриваться контроль за процессами растворения соли и выноса на поверхность нерастворимых частиц, содержащихся в отрабатываемом интервале соли, вплоть до достижения необходимой вместимости подземного резервуара. Проектировать системы контроля следует в соответствии с методикой, приведенной в приложении Г.

10.3 Шахтные резервуары в породах с положительной температурой

10.3.1 В качестве выработок-емкостей следует предусматривать, как правило, подземные горизонтальные выработки камерного типа.

10.3.2 Размеры поперечного сечения выработок-емкостей должны приниматься максимальными для конкретных горно-геологических условий.

10.3.3 Выработки-емкости в устойчивых горных породах следует проектировать, как правило, без крепи или с применением анкерной крепи. Сплошную постоянную крепь следует предусматривать на участках геологических нарушений в комбинации с тампонажем породного массива в целях его укрепления и снижения проницаемости.

В неустойчивых горных породах выработки-емкости следует проектировать с применением сплошной постоянной крепи.

10.3.4 При расчете размеров и устойчивости незакрепленных выработок-емкостей следует руководствоваться требованиями СП 91.13330, СП 20.13330; при расчете выработок-емкостей с крепью следует руководствоваться требованиями СП 102.13330.

10.3.5 Расстояния между сбойками в спаренных выработках-емкостях должны приниматься в зависимости от технологии проходки, но не менее удвоенной ширины целиков между выработками-емкостями.

10.3.6 В хранилищах, предназначенных для одновременного хранения нескольких видов продуктов, следует предусматривать специальную околоствольную (коллекторную) выработку.

10.3.7 Заборные зумпфы подземного резервуара следует располагать в наиболее низких точках профиля выработок-емкостей.

10.3.8 На период эксплуатации шахтных резервуаров выработки и эксплуатационные скважины должны быть оборудованы трубопроводами для отбора и закачки продукта хранения, воды, выхода паровой фазы нефти и нефтепродуктов при "больших дыханиях" в процессе заполнения хранилища.

10.3.9 Для аварийного подъема людей при использовании эксплуатационных, вентиляционных или специальных скважин диаметр их должен определяться с учетом габаритов спасательной подъемной лестницы (или другого аналогичного устройства), но не менее 0,6 м в свету.

10.3.10 Для изоляции выработок-емкостей друг от друга или от внешней среды следует предусматривать герметичные перемычки.

Перемычки должны:

выдерживать давление, создаваемое хранимым продуктом;

быть непроницаемыми для хранимых продуктов, в том числе и в местах контакта с вмещающими породами;

обеспечивать пропуск необходимых технологических трубопроводов и коммуникаций;

сооружаться из материалов, не подвергающихся агрессивному воздействию со стороны хранимых продуктов и не оказывающих влияния на их товарные качества.

10.3.11 Для отбора хранимых продуктов и воды из шахтных резервуаров следует предусматривать подземные насосные станции или погружные насосы.

Подземные насосные станции, как правило, следует размещать в специальных камерах.

В резервуарах на один вид продукта насосные станции допускается размещать непосредственно во вскрывающих выработках.

Погружные насосы следует располагать непосредственно в стволах или эксплуатационных скважинах, пробуренных с поверхности земли в заборные зумпфы выработок-емкостей.

10.4 Бесшахтные и шахтные резервуары в многолетнемерзлых породах

10.4.1 В шахтном резервуаре следует предусматривать хранение, как правило, продукта одного вида. При необходимости хранения в резервуаре нескольких видов продуктов следует предусматривать возведение герметичных перемычек и объемно-планировочные решения, исключающие смешивание продуктов.

10.4.2 В качестве вскрывающей выработки следует предусматривать, как правило, один наклонный ствол. Допускается осуществлять вскрытие вертикальным стволом.

10.4.3 Выработки-емкости должны иметь уклоны не менее 0,002 по почве к

месту отбора продукта, а по кровле, как правило, в сторону от ближайшей дыхательной скважины.

10.4.4 Внутренняя поверхность выработок-емкостей, как правило, должна иметь ледяную облицовку толщиной не менее 0,05 м.

10.4.5 Эксплуатационные скважины для приема продукта следует оборудовать устройствами, исключающими тепловое и гидравлическое разрушение породы в месте слива.

Допускается использовать в качестве эксплуатационных вентиляционные скважины периода строительства резервуара.

10.4.6 Эксплуатационные скважины для приема продукта с положительной температурой следует оборудовать двумя колоннами труб, в межтрубном пространстве которых следует предусматривать теплоизоляцию. Толщину теплоизоляции следует определять по условию недопущения оттайки пород на контакте с внешней колонной.

10.4.7 Для размещения насосного оборудования и уровнемеров следует предусматривать эксплуатационный шурф или скважину диаметром не менее 500 мм.

10.4.8 Эксплуатационные шурфы и скважины должны быть закреплены на всю глубину, а закрепное пространство загерметизировано.

10.4.9 Допускается создание подземной насосной станции с непогружными насосами при соблюдении мер, не допускающих оттаивания пород при работающем двигателе.

10.4.10 Следует, как правило, предусматривать смотровой шурф для доступа людей в выработки.

10.4.11 Устья стволов, шурфов и скважин должны иметь превышение не менее 1 м над поверхностью земли для предотвращения поступления сезонно-талых и паводковых вод в выработки.

10.4.12 При строительстве шахтных резервуаров в многолетнемерзлых породах следует осуществлять контроль температуры при возведении герметичных перемычек и намораживании ледяной облицовки.

10.4.13 Расчет устойчивости подземных резервуаров в многолетнемерзлых породах следует проводить в соответствии с приложением А.

11 Охрана окружающей среды

11.1 При проектировании строительства, реконструкции, капитального ремонта, эксплуатации, аварийных мероприятий, консервации и ликвидации подземных хранилищ следует руководствоваться требованиями действующего законодательства Российской Федерации в области охраны окружающей среды и санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

11.2 Подземные хранилища должны располагаться в зонах, обеспечивающих минимальную степень воздействия на недра, почвы, атмосферу и воды.

11.3 Конструкция всех элементов подземного хранилища, технология его строительства и эксплуатации должны обеспечивать минимальное поступление загрязняющих веществ в окружающую среду, а также минимизацию вредных физических воздействий.

11.4 До начала сооружения подземных резервуаров и рассолохранилищ должны быть проведены базовая ландшафтно-геохимическая инвентаризация и выделение значимых для экологического мониторинга технологических и фоновых площадей и показателей.

11.5 Проектная документация на строительство и эксплуатацию подземных хранилищ должна содержать программу производственного экологического контроля (ПЭК). В рамках ПЭК контролируются:

соблюдение нормативов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;

соблюдение нормативов сбросов загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты либо в системы водоудаления;

соблюдение нормативов образования отходов и выполнения проектных решений по обращению с отходами;

выполнение природоохранных мероприятий, предусмотренных проектом и требованиями лицензий на недропользование.

11.6 Исключен

11.7 Для контроля гидрогеодинамических характеристик и химического состава подземных вод в рамках геолого-промыслового контроля при строительстве и эксплуатации подземных хранилищ необходимо предусмотреть организацию сети контрольно-наблюдательных скважин, которая должна охватывать (в общем случае):

водоносные горизонты, предназначенные для питьевого водоснабжения;

водоносные горизонты, предназначенные для технического водоснабжения;

водоносные горизонты, предназначенные для закачки рассола (пласты-коллекторы);

первый надсолевой водоносный горизонт.

11.8 Для осуществления контроля сдвижений земной поверхности при строительстве и эксплуатации подземных хранилищ необходимо предусмотреть организацию геодинамического полигона и проведение маркшейдерско-геодезических наблюдений.

11.9 Проектные решения должны обеспечивать отсутствие выбросов в атмосферу паровоздушной смеси нефти и нефтепродуктов при первоначальном заполнении и "больших дыханиях" шахтных резервуаров.

11.10 Проектные решения подземного хранилища, расположенного на площади развития многолетнемерзлых пород, должны обеспечивать минимальное нарушение почвенно-растительного покрова.

11.11 Исключен

11.12 Геологическое строение участков недр, в которых планируется разместить подземные резервуары, а также конструкция и технология строительства скважин должны обеспечивать надежную изоляцию подземных вод, используемых и пригодных для использования в хозяйственных целях от хранимого продукта.

11.13 При строительстве подземных хранилищ в каменной соли должна быть обеспечена надежная изоляция пласта-коллектора от вышележащих горизонтов подземных вод, пригодных для хозяйственного использования.

11.14 Проектная документация на строительство и эксплуатацию подземных хранилищ должна содержать мероприятия по рекультивации земель на участках временного землеотвода и благоустройству территории постоянного землеотвода.

11.15 Для проведения наблюдений за температурой породного массива в зоне расположения подземных резервуаров в многолетнемерзлых породах необходимо предусмотреть организацию сети термометрических скважин.

Приложение А. Оценка устойчивости подземных резервуаров

А.1 Под устойчивостью выработок-емкостей подземных резервуаров шахтного и бесшахтного типов понимается способность выработок-емкостей функционировать в определенных условиях с заданными параметрами в течение требуемого срока эксплуатации.

А.2 Оценку устойчивости выработки-емкости допускается выполнять:

а) с использованием численных методов расчета с применением одной программы (программного комплекса), реализующей метод конечных элементов (МКЭ) или конечных разностей (МКР), или граничных элементов (МГЭ) и соответствующей нормативным документам по проектированию, строительству и эксплуатации подземных горных выработок;

б) с использованием замкнутых аналитических решений и эмпирических зависимостей, прошедших апробацию.

А.3 В результате оценки устойчивости выработки-емкости определяются ее геометрическая форма и размеры, а также максимальное и минимальное значения давления хранимого продукта, обеспечивающие равновесное состояние окружающего массива в конкретных инженерно-геологических условиях.

А.4 Оценка устойчивости выработки-емкости выполняется в рамках геомеханической модели, построение которой включает:

- определение границ расчетного фрагмента (при использовании численных методов расчетов);

- определение силовых и кинематических граничных условий;

- выделение в пределах расчетного фрагмента инженерно-геологических элементов со статистически значимым различием в физико-механических

свойствах;

- выбор уравнения состояния пород, описывающих их механическое поведение, для каждого из инженерно-геологических элементов;

- формулировку критериев устойчивости выработок-емкостей.

Размер и границы расчетного фрагмента определяют из условия исключения влияния границ на напряженно-деформированное состояние примыкающего к контуру выработки-емкости породного массива с учетом наличия симметрии. При расчете устойчивости выработки-емкости бесшахтных подземных резервуаров допускается использовать осесимметричную расчетную схему при форме ее контура, близкой к фигуре вращения, а для протяженных выработок-емкостей - применять расчетную схему плоской деформации. При длине выработки-емкости, в пять раз и более превышающей ее поперечный размер, она считается протяженной. Для одиночной выработки-емкости границы расчетного фрагмента принимаются на удалении не менее пяти максимальных полупролетов выработки-емкости от ее контура.

Выбор уравнений состояния пород в выделенных инженерно-геологических элементах осуществляется с учетом закономерностей их деформирования и разрушения, определяемых в результате лабораторных исследований породных образцов.

В ходе лабораторных испытаний образцов горных пород выполняют:

- построение диаграмм деформирования в условиях одноосного и объемного нагружения, по которым определяются деформационные и прочностные характеристики горных пород;

- построение паспортов прочности горных пород, по которым определяются параметры уравнений предельного состояния горных пород, характеризующих условия перехода пород в запредельное деформирование и разрушение;

- построение кривых ползучести горных пород, по которым определяются реологические характеристики горных пород.

А.5 Оценку устойчивости выработки-емкости выполняют из условий:

- недопущения вывалообразования из кровли выработки-емкости, приводящего к разрушению горных пород и цементного камня в интервале башмака основной обсадной колонны, разрушению подвесных колонн и скважинного оборудования;

- недопущения миграции хранимого продукта в подстилающие и перекрывающие проницаемые породы;

- обеспечения максимально допустимого уменьшения геометрического объема выработки-емкости вследствие конвергенции.

А.6 Максимальное допустимое эксплуатационное давление $P_{max\ эксп}$ определяется делением максимального допустимого давления P_{max} в выработке-емкости на уровне башмака основной обсадной колонны на коэффициент надежности 1,05, где P_{max} определяют по формуле

$P_{max} = \gamma_f P_{г.д}$, (А.1)

где γ_f - коэффициент надежности по нагрузке, принимаемый в расчете:

0,85 - при спокойном или пластово-линзообразном залегании соли, когда надсолевая толща представлена непроницаемыми породами;

0,75 - в остальных случаях;

$P_{г.д}$ - горное давление, Па.

А.7 Горное давление допускается определять следующими методами:

а) расчет веса от вышележащих горных пород на башмаке основной обсадной колонны, используя результаты геофизических исследований, или по анализу литературных данных плотности горных пород в соответствии с геологическим строением массива по формуле

$P_{г.д} = \sum (\rho_{ri} g h_i)$, (А.2)

где ρ_{ri} - плотность *i*-й горной породы, кг/м3;

g - ускорение свободного падения;g =9,81 м/с2;

h_i - мощность *i*-го слоя горной породы, м;

б) экспериментальных исследований в открытом стволе скважины с применением технологии микрогидроразрыва до начала строительства выработки-емкости;

в) анализа наблюдений и испытаний на ранее построенных подземных сооружениях в пределах той же геологической формации.

А.8 Минимальное эксплуатационное давление в подземном резервуаре определяют исходя из следующих критериев устойчивости:

а) для бесшахтных резервуаров в каменной соли:

- область запредельных деформаций (ОЗД) в окрестности выработки-емкости не превышает размера охранного целика и не достигает башмака основной обсадной колонны, совпадающей с областью обобщенного растяжения;

- конвергенция выработки-емкости за весь срок эксплуатации не превышает 10%.

Под термином "область запредельных деформаций" понимают область породного массива, в пределах которой напряженное состояние не удовлетворяет условиям предельного состояния, определяемого паспортом прочности горных пород;

б) для бесшахтных резервуаров в многолетнемерзлых породах:

- размер области чрезмерных деформаций по нормали к контуру выработки в окрестности ее кровли не должен превышать Ω [см. формулу (А.4)];

- значение оседаний поверхности не превышает 0,025h (где h - глубина башмака основной обсадной колонны);

- зона растягивающих напряжений на контуре выработки не должна превышать Ω.

Под термином "чрезмерная деформация" подразумевается суммарная составляющая компонентов деформаций по характеру деформирования вмещающих горных пород, превышающая 20%, т.е.

$$\varepsilon_o = \varepsilon_{elastic} + \varepsilon_{plastic} + \varepsilon_{creep} > 20\%$$

, (А.3)

где $\varepsilon_{elastic}$ - упругая деформация, д. е;

$\varepsilon_{plastic}$ - пластическая деформация, д. е;

ε_{creep} - деформация ползучести, д. е.

Параметр Ω определяется выражением

$$\Omega = 0{,}04\frac{H}{R}h$$

, (А.4)

где H - глубина заложения башмака основной обсадной колонны, м;

R - максимальный полупролет выработки (радиус), м;

h - высота выработки, м.

Приложение Б. Методы испытания бесшахтных резервуаров в каменной соли и их эксплуатационных скважин на герметичность

Б.1 Испытание скважин

Б.1.1 Испытание на герметичность кондукторов и промежуточных колонн следует проводить в соответствии с [3].

Б.1.2 Испытания на герметичность основной обсадной колонны проводят по окончании времени ожидания затвердевания цемента (ОЗЦ) до разбуривания в ней цементного стакана, а ее затрубного пространства и незакрепленной части ствола эксплуатационной скважины проводят после разбуривания цементного стакана и ее проводки до конечной глубины.

Б.1.3 В качестве испытательной жидкости при испытании основной обсадной колонны следует использовать рассол, пресную или минерализованную воду.

При испытании основной обсадной колонны испытательное давление на устье должно быть равным 1,1 эксплуатационного давления. Основная обсадная колонна считается выдержавшей испытания, если по образцовому манометру в течение 1 ч не фиксируется падение давления после троекратной доводки

его до испытательного.

В скважинах подземных резервуаров, предназначенных для хранения газа, после завершения гидравлических испытаний приустьевую часть основной обсадной колонны вместе с колонной головкой следует испытать инертным газом на то же давление.

Б.1.4 Испытание на герметичность затрубного пространства основной обсадной колонны и незакрепленной части ствола скважины проводят в два этапа.

На первом этапе испытания проводят рассолом.

На втором этапе в качестве испытательной среды могут быть использованы, в зависимости от продукта, хранимого в резервуаре, жидкие нефтепродукты или газы.

Б.1.5 Скважины резервуаров для хранения нефтепродуктов допускается испытывать жидким нерастворителем или продуктом, подлежащим хранению.

Скважины резервуаров для хранения газа следует испытывать газом, подлежащим хранению, допускается проводить испытания газом, нейтральным по отношению к хранимому продукту.

Б.1.6 Испытательное давление на отметке башмака основной обсадной колонны определяется соотношением

$$P_{и.б} = 1{,}05 P_{э.б}$$, (Б.1)

где $P_{э.б}$ - максимальное эксплуатационное давление на отметке башмака основной обсадной колонны, которое не должно превышать максимального допустимого эксплуатационного давления , определяемого по А.6 приложения А.

Б.1.7 При испытаниях скважины жидкой испытательной средой (рассолом, жидким нерастворителем или продуктом, подлежащим хранению) определяют соответствующую величину соотношения e_c (м3/Па), характеризующую сжимаемость скважины, вычисляемую по формуле

$$e_c = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$, (Б.2)

где ΔV - объем порции закачанного в скважину или выпущенного из скважины при соответствующих испытаниях рассола, жидкого нерастворителя или продукта, подлежащего хранению, м3;

ΔР - соответствующее закачанной порции изменение давления, Па.

Соотношение e_c рекомендуется определять при давлении, близком к испытательному.

Б.1.8 После доведения давления до испытательного скважину выдерживают под этим давлением, после чего, при необходимости, через 1 ч и 2 ч проводят подкачку испытательной жидкости для восстановления испытательного

давления.

Затем скважину выдерживают под испытательным давлением в течение суток с регистрацией давления на устье скважины.

Если за последние сутки испытаний произошло падение давления на $\Delta P_{\text{сут.с}}$, Па, рассчитывают значение утечки из скважины за сутки $V_{\text{сут.ут.с}}$, м, по формуле

$V_{\text{сут.ут.с}} = \Delta P_{\text{сут.с}} e_{\text{с}}$. (Б.3)

Скважина считается выдержавшей испытание на герметичность, если значение утечки испытательной жидкости за сутки не превышает 0,02 м3.

Б.1.9 При проведении испытаний газом в межтрубное пространство основной обсадной и внешней подвесной колонн закачивают газ с одновременным вытеснением рассола из скважины по межтрубному пространству подвесных колонн и (или) по центральной подвесной колонне. Закачку газа в межтрубное пространство обсадной и внешней подвесной колонн продолжают до тех пор, пока граница раздела "газ - рассол" после увеличения давления до испытательного не окажется ниже отметки башмака основной обсадной колонны.

Момент достижения контактом "газ - рассол" необходимой отметки устанавливают по объему вытесненного рассола.

После этого систему выдерживают под испытательным давлением в течение 48 ч с ежечасной регистрацией давления на устье скважины.

Вычисляют темп изменения давления на устье скважины в межтрубном пространстве обсадной и внешней подвесной колонн, равный разности показаний манометра за 1 ч.

Скважина считается выдержавшей испытание на герметичность, если темп падения давления снижается, стремясь к постоянному значению, а среднее падение давления за 1 ч в течение последних 12 ч выдержки не превышает 0,05% испытательного давления.

Б.2 Испытания резервуаров

Б.2.1 Испытания проводят путем создания избыточного давления испытательной среды в два этапа.

На первом этапе испытания проводят рассолом.

На втором этапе в качестве испытательной среды могут быть использованы, в зависимости от продукта, хранимого в резервуаре, жидкие нефтепродукты или газы.

Б.2.2 Бесшахтные резервуары для хранения нефтепродуктов допускается испытывать жидким нерастворителем или продуктом, подлежащим хранению.

Бесшахтные резервуары для хранения СУГ следует испытывать бензином прямой гонки. Допускается проводить испытания хранимым продуктом.

Бесшахтные резервуары для хранения газа следует испытывать газом, подлежащим хранению. Допускается проводить испытания газом, нейтральным по отношению к хранимому продукту.

Б.2.3 При испытаниях бесшахтных резервуаров на герметичность величину испытательного давления в резервуаре на отметке башмака последней зацементированной обсадной колонны $P_{и.б}$ определяют соотношением по формуле (Б.1).

Б.2.4 Для измерения давления следует использовать манометры классом точности не менее 0,15.

Б.2.5 При испытаниях рассолом определяют значение соотношения $e_р$, м3/Па, характеризующего сжимаемость подземного резервуара, вычисляемого по формуле

$$e_р = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$, (Б.4)

где ΔV - объем порции закачанного в резервуар или выпущенного из резервуара рассола, м3;

ΔР - соответствующее закачанной порции рассола изменение давления, Па.

Соотношения $e_р$ рекомендуется определять при давлении, близком к испытательному.

Б.2.6 После доведения давления рассола до испытательного подземный резервуар выдерживают в течение суток, после чего, при необходимости, проводят подкачку рассола для восстановления испытательного давления.

Затем подземный резервуар выдерживают под испытательным давлением не менее 72 ч с регистрацией давления на устье скважины.

Если за последние сутки испытаний произошло падение давления на $\Delta P_{сут.р}$, Па, рассчитывают значение утечки рассола за сутки $V_{сут.ут.р}$, м3, по формуле

$$V_{сут.ут.р} = \Delta P_{сут.р} e_р$$. (Б.5)

Б.2.7 На втором этапе испытательную среду закачивают в таком количестве, чтобы уровень раздела "испытательная среда - рассол" при испытательном давлении был ниже отметки башмака последней зацементированной обсадной колонны. После доведения давления испытательной среды до испытательного подземный резервуар выдерживают в течение суток, после чего, при необходимости, проводят подкачку испытательной среды для восстановления испытательного давления.

Затем подземный резервуар выдерживают под испытательным давлением не менее 72 ч с регистрацией давления на устье скважины.

Если за последние сутки испытаний произошло падение давления на $\Delta P_{сут.и.с}$, Па, рассчитывают значение утечки испытательной среды за сутки.

Объем утечки жидкой испытательной среды $V_{\text{сут.ут.и.с}}$, м3, рассчитывают по формуле

$$V_{\text{сут.ут.и.с}} = \Delta P_{\text{сут.и.с}} e_{\text{р}}$$. (Б.6)

Массу утечки газообразной испытательной среды $M_{\text{сут.ут.и.с}}$, кг, рассчитывают по формуле

$$M_{\text{сут.ут.и.с}} = \Delta P_{\text{сут.и.с}} e_{\text{р}} \rho_{\text{и.с}}$$, (Б.7)

где $\rho_{\text{и.с}}$ - плотность газообразной испытательной среды при условиях, соответствующих отметке башмака последней зацементированной обсадной колонны, кг/м3.

Б.2.8 Критерием оценки герметичности подземного резервуара служит расчетное значение потери массы или объема испытательного флюида за период испытаний, устанавливаемое для конкретного подземного резервуара.

Подземный резервуар считается герметичным, если потеря испытательного флюида не превышает значения, установленного комиссией с учетом пожаровзрывоопасности, экологических последствий и экономического ущерба из-за возможных утечек хранимого продукта.

Комиссия создается организацией - заказчиком подземного резервуара с привлечением представителей территориальных контрольных органов.

Комиссия по результатам испытания на герметичность устанавливает допустимое значение потери испытательного флюида в случае, если расчетное значение потери испытательного флюида превышает рекомендуемые значения потерь.

Рекомендуются следующие значения потерь испытательного флюида на подземных резервуарах, признаваемых герметичными:

а) 50 кг/сут - для газообразного испытательного флюида;

б) 20 л/сут - для жидкого испытательного флюида.

Приложение В. Расчет проектного объема растворившейся соли, обеспечивающего заданную вместимость подземного резервуара

Проектный объем растворившейся соли $V_{\text{пр}}$, м3, определяют по соотношению

$$V_{\text{пр}} = \frac{V}{k_{\text{н.в}}} + V_{\text{р}} + V_{\text{к}} + (k_{\text{р.н.в}} - 1) V_{\text{н.в.в}} - V_{\text{н.в.п}}$$

, (В.1)

г д е V - максимально возможный геометрический объем, занимаемый хранимым продуктом в подземном резервуаре, м3;

$k_{и.в}$ - коэффициент использования вместимости резервуара, определяемый по 9.2.3;

$V_р$ - объем рассола, который не может быть извлечен при первоначальном заполнении подземного резервуара хранимым продуктом;

$V_к$ - уменьшение геометрического объема выработки-емкости вследствие конвергенции, м3, определяемое по приложению А;

$K_{р.н.в}$ - коэффициент разрыхления нерастворимых включений;

$V_{н.в.в}$ - объем содержащихся в отрабатываемом интервале и остающихся в выработке-емкости нерастворимых включений, м3;

$V_{н.в.п}$ - объем вынесенных на поверхность земли нерастворимых включений, м3.

Содержание нерастворимых включений в каменной соли, содержащихся в отрабатываемом интервале, и коэффициент их разрыхления определяют при исследовании керна.

Объемы нерастворимых включений, остающихся в выработке-емкости и выносимых на поверхность, определяют при проектировании.

Объем рассола, который не может быть извлечен при первоначальном заполнении подземного резервуара хранимым продуктом, принимают равным:

при хранении жидких углеводородов:

- объему рассола в выработке-емкости, находящегося ниже башмака центральной подвесной колонны, используемой для отбора рассола (при отсутствии внешней подвесной колонны);

- объему рассола в выработке-емкости, находящегося ниже башмака внешней подвесной колонны (при наличии внешней подвесной колонны);

при хранении природного и других газов:

- объему рассола в выработке-емкости, находящегося ниже башмака центральной подвесной колонны, используемой для отбора рассола.

Приложение Г. Методика расчета объема растворившейся соли и вынесенных на поверхность нерастворимых включений

Г.1 Расчет объема растворившейся соли

Г.1.1 Расчет объема растворившейся соли базируется на измерениях:

- содержания соли в подаваемой в выработку воде;

- содержания соли в извлекаемом из выработки рассоле;

- количества подаваемой в выработку воды.

Г.1.2 Расчет объема растворившейся соли за каждые сутки , м3, проводят по формуле

$$V_{с}^{сут} = V_{в} \frac{\rho_{в} C_{р} - \rho_{р} C_{в}}{\rho_{с} (\rho_{р} - C_{р})}$$, (Г.1)

где $V_{в}$ - объем закачанной воды за сутки, м3;

$\rho_{в}$ - среднесуточная плотность воды, кг/м3;

$C_{р}$ - среднесуточная концентрация соли в рассоле, кг/м3;

$\rho_{р}$ - среднесуточная плотность рассола, кг/м3;

$C_{в}$ - среднесуточная концентрация соли в воде, кг/м3;

$\rho_{с}$ - плотность каменной соли, кг/м3.

Г.1.3 Определение концентрации соли по измеренной плотности следует проводить по [4].

Г.1.4 Расчет общего объема растворенной соли , м3, через *n* суток с начала растворения проводят по формуле

$$V_{с}^{общ} = \sum_{1}^{n} V_{с}^{сут}$$. (Г.2)

Г.2 Расчет объема вынесенных на поверхность нерастворимых включений

Г.2.1 Расчет объема вынесенных на поверхность нерастворимых включений базируется на измерениях их содержания в извлекаемом из выработки рассоле.

Г.2.2 Расчет объема вынесенных на поверхность нерастворимых включений за каждые сутки , м3, проводят по формуле

$$V_{н.в.п}^{сут} = \frac{M_{н.в}^{сут}}{\rho_{н.в} \cdot V_{п}^{сут}} \left(V_{в} \frac{\rho_{в} - C_{в}}{\rho_{р} - C_{р}} - V_{с}^{сут} \right)$$
, (Г.3)

где - суммарная масса нерастворимых включений в пробах рассола, отобранных за сутки, кг;

$\rho_{н.в}$ - плотность нерастворимых включений, кг/м3;

- суммарный объем проб рассола, отобранных за сутки, м3.

Г.2.3 Расчет общего объема вынесенных на поверхность нерастворимых включений , м3, через *n* суток с начала растворения проводят по формуле

$$V_{\text{н.в.п}}^{\text{общ}} = \sum_{1}^{n} V_{\text{н.в.п}}^{\text{сут}}$$. (Г.4)

Г.2.4 Допускается определять общий объем вынесенных на поверхность нерастворимых включений непосредственным измерением в рассолоотстойнике или на очистных сооружениях.

Библиография

[1] СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений

[2] ПУЭ Правила устройства электроустановок (7-е изд.)

[3] Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 марта 2013 г. N 101 "Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности"(зарегистрирован в Министерстве юстиции Российской Федерации 19 апреля 2013 г., регистрационный N 28222)

[4] ГСССД 134-89 Растворы NaCl в воде. Удельный объем при температурах 273...873 K, давлениях 0,1...400,0 МПа, концентрациях 0,1...22,0 моль/1000 г H2O в области жидкой фазы