

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

**з навчальної дисципліни
«Засоби транспортування, зберігання та застосування ПММ»
вибіркових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
Технології робіт та технологічне обладнання аеропортів**

**за темою – Зберігання ПММ. Запобігання забрудненню навколишнього
середовища**

Харків 2021

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 23.09.2021 №8

СХВАЛЕНО

Методичною радою Кременчуцького
льотного коледжу
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 22.09.2021 №2

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 22.09.2021 №8

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки протокол від 30.08.2021 № 1.

Розробники:

1. викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Панченко В. І.
2. викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії Давітая О.В.

Рецензент:

1. викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ, канд. хім. наук Козловська Т. Ф.

План лекції

1. Зберігання ПММ у відкладеннях кам'яної солі.
2. Зберігання ПММ у шахтових сховищах.

Рекомендована література:

Основна

1. Лісафін В.П., Лісафін Д.В. Проектування та експлуатація складів нафти і нафтопродуктів: [підруч. для студ. вищ. навч. закл.]. Івано-Франківськ: Факел, 2006. 597 с.
2. Технологічні операції з ПММ: навч.посіб./Н.І. Нальотова та ін. Горішні плавні: ПП Олексієнко В.В., 2019.101с.
3. Срібнюк С.М. Насоси і насосні установки. Розрахунок, застосування і випробування: навч.посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2017. 312 с.
4. Ніконов К.В. Розрахунок та проектування складу пально-мастильних матеріалів: навчальний посібник. Київ: НАУ, 2001. 240 с.
5. Ніконов К.В. Конструкція технологічного обладнання складів пально-мастильних матеріалів: навч.посіб. Київ: КМУГА, 1996. 392с.
6. Зберігання та дистрибуція нафти, нафтопродуктів і газу : навч. посіб. / Л. Н. Ширін та ін. Дніпро, 2019. 306 с.
7. Ларичева Л. П., Волошин М. Д., Луценко О. П. Контроль та автоматичне регулювання хіміко-технологічних процесів : навч.посіб. Дніпродзержинськ, 2015. 291с.
8. Транспортування нафти, нафтопродуктів і газу : навч. посіб. / Л. Н. Ширін та ін. Дніпро, 2019. 203с.

Додаткова

9. Чабанний В. Я., Магопєць С. О., Осипов І. М. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення : навч. посібн. Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. ч.2. 500 с.
10. Технологічне обладнання для АЗС і нафтобаз.: навч. посіб./ Ю. Н. Безбородов та ін. Красноярск: СФТУ, 2015. 168 с.
11. Резервуари для зберігання нафти та нафтопродуктів: навч.посіб. / Ю. Н. Безбородов, та ін. Красноярск: СФТУ, 2015. 110 с.
12. Проектування складів нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа : затв. наказом Держнафтогазпрому України від 24 груд.1999 р. №136а ВБН В.2.2-58.1-94. 2000. 151 с.
13. Технологічні процеси з пально-мастильними матеріалами / Пузік С. О., Баканов Є. О., Терьохін В.І., Опанасенко В.Ф. Київ : НАУ, 2002. 256 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

14. Офіційний сайт Державної Авіаційної Служби України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://avia.gov.ua/>

15. Офіційний сайт аеропорту «Бориспіль» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kbp.aero/>
16. Офіційний сайт Верховної Ради України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0594-19/>

Текст лекції

1. Зберігання ПММ у відкладеннях кам'яної солі.

У практиці підземного зберігання найбільшого поширення набули безшахтні підземні сховища (ПС) у відкладах кам'яної солі. Їх використовують для різних цілей, у тому числі для розміщення стратегічних запасів сирої нафти і світлих нафтопродуктів як товарно-сировинних баз для нафтохімічного і хімічного виробництва, для створення пікових і аварійних сховищ природного газу. У підземних резервуарах (ПР) відкладів кам'яної солі може зберігатися практично вся гамма рідких і газоподібних вуглеводневих продуктів.

Перспективно використання підземних резервуарів у кам'яній солі як технологічних апаратів для підготовки нафти і газу. ПС можуть бути також використані для зберігання гелію, азоту та інших газів, для поховання або депонування промислових відходів.

Ідея будівництва підземних сховищ вуглеводнів у кам'яній солі була вперше сформульована в період першої світової війни в Німеччині, однак відповідна технологія розроблена тільки в 40-х роках в Канаді. В Європі перші підземні сховища в кам'яній солі (спочатку зрідженого газу, а потім і природного) вступили в експлуатацію на початку 50-х років у Франції, Великобританії, Німеччині та інших країнах. На відміну від підземних сховищ шахтного типу, що зводяться гірничо-прохідницьким способом, безшахтні підземні резервуари будують методом підземного розчинення кам'яної солі через свердловини.

Підземний резервуар складається з виробки-місткості, що використовується для розміщення і збереження продукту, та експлуатаційної свердловини, обладнаної для закачування і видачі продукту. Виробка-місткість має, як правило, симетричну форму і склепінчасту покрівлю, причому вісю симетрії є свердловина, проліт до 80 м, висоту до декількох сотень метрів і місткість від десятків тисяч до мільйона кубометрів. Підземні резервуари можуть мати одну або кілька експлуатаційних свердловин, у яких розміщують колони труб, які використовуються спочатку для спорудження, а потім для експлуатації резервуарів.

Широке застосування безшахтних підземних сховищ у кам'яній солі зумовлено в першу чергу фізичними, фізико-хімічними та хімічними властивостями кам'яної солі як гірської вміщувальної породи виробки-місткості. Здатність кам'яної солі до розчинення прісною або слабомінералізованою водою робить можливим застосування дешевої,

безпечної та ефективної свердловинної гідротехнології для спорудження виробок. Концентрований розчин хлориду натрію, який отримують при спорудженні підземного резервуара, є цінною хімічною сировиною, практично готовою до утилізації.

Хімічна інертність кам'яної солі по відношенню до вуглеводнів в сукупності з відсутністю кисню і стабільністю температури і тиску забезпечують збереження якості товарних вуглеводневих продуктів. Тріщини у виробках-місткостях ПС в кам'яній солі, які з'явилися з тієї чи іншої причини, здатні самоликвідуватися внаслідок в'язкопластичних деформацій солі, що забезпечує практичну непроникність соляних масивів і герметичність підземних резервуарів. Технологія спорудження безшахтних резервуарів не передбачає їх кріплення, тому для забезпечення стійкості при великих глибинах закладення виробки-місткості експлуатують під надлишковим тиском, що є перевагою при зберіганні вуглеводневих продуктів.

Підземні сховища в кам'яній солі ідеально підходять для зберігання таких вуглеводнів, як бутан, пропан, пропілен, бутилен та інші, які в термобаричних умовах підземного резервуара здатні перебувати в зрідженому стані. Зберігання природного та інших газів під високим тиском забезпечує високу ефективність використання геометричного обсягу сховища. Підземні резервуари в кам'яній солі будують у соляних покладах усіх морфологічних типів і різного віку (від кембрію до неогену).

З точки зору технології будівництва велике значення мають склад соленосних відкладів, глибина їх залягання і температура порід. Так, серйозні труднощі виникають при наявності в розрізі калійних солей, які відрізняються високою швидкістю розчинення, що має місце в Печоро-Камському, Прикарпатському і багатьох інших басейнах. Вміст нерозчинних включень у кам'яній солі змінюється також у широкому діапазоні навіть у межах одного родовища (наприклад, у тому ж Печоро-Камському басейні), а на основі світового досвіду не повинен перевищувати 35 %. Усі існуючі в світі підземні резервуари розташовані в соляних товщах, що залягають, як правило, в діапазоні глибин 300 – 1400 м.

Теоретичні розрахунки показують, що максимально можлива глибина закладення підземних резервуарів (з точки зору забезпечення їх стійкості) не перевищує 3000 м. При створенні резервуарів малої місткості, коли їх висота не перевищує 10 м, мінімально допустима потужність соляного покладу становить 20 м.

Важливим аспектом при виборі майданчиків будівництва ПС у кам'яній солі є наявність джерел водопостачання для подачі води при створенні виробок-місткостей і умов видалення розсолу, що утворюється при будівництві. Для водозабезпечення використовують слабомінералізовані промислові стоки або здійснюють водозабір з поверхневих водойм і водотоків. У ряді випадків застосовують водозабір з підземних вод, у тому числі мінералізованих. Технологія створення підземних резервуарів у кам'яній солі пов'язана з необхідністю утилізації великої кількості

будівельного розсолу – при створенні 1 м³ геометричного обсягу виробки-місткості утворюється до 10 м³ розсолу.

При проектуванні таких сховищ основними технологічними параметрами, що визначають їх об'ємно-планувальні схеми, є: призначення резервуарного парку, номенклатура продуктів, необхідна місткість, діапазон зміни експлуатаційного тиску в підземних резервуарах, продуктивності закачування і видачі збережених продуктів, схема експлуатації, можливі продуктивності систем водопостачання та утилізації розсолу.

Основні гірничо-геологічними чинники, що впливають на вибір проектних рішень: потужність пласта кам'яної солі, у якому можливе спорудження підземних резервуарів, глибина розташування соляного тіла і пов'язаний з глибиною його напружено-деформований стан, тип соляної структури, її неоднорідність і анізотропія, хімічний склад солей в інтервалі закладення підземних резервуарів, наявність пропластків нерозчинних порід і розсіяних нерозчинних включень, а також проникних або ослаблених зон вище і нижче інтервалу закладення ПР. Значущим може також бути наявність сусідніх гірничо-видобувних підприємств і наземних об'єктів або споруд у межах зони впливу підземного комплексу ПС.

Залежно від призначення підземного сховища і номенклатури продуктів, які зберігаються, слід враховувати, що в сховищі, призначеному для пікового, аварійного або стратегічного резервування, передбачають не менше двох резервуарів для одного продукту, а при використанні ПС в технологічному циклі спільно з наземними резервуарами допускається наявність одного резервуара для кожного продукту. Місткість одиничного резервуара тісно пов'язана з гірничо-геологічними умовами. З метою здешевлення сховища доцільно споруджувати ПР максимального одиничного обсягу. У той же час розміри виробки-місткості обмежуються межовим прогоном, що визначається на підставі розрахунку її стійкості з урахуванням діапазону змін експлуатаційного тиску в резервуарі. Крім того, геометричні розміри виробок-місткостей залежать від обов'язкової наявності ціликів у покрівлі та ґрунті виробок, а також між сусідніми резервуарами. Продуктивність закачування і видачі продукту впливають на діаметр обсадних і підвісних колон експлуатаційних свердловин. У деяких випадках для забезпечення високих темпів закачування (відбору) потрібно спорудження двох або навіть трьох свердловин на один резервуар. При цьому слід враховувати, що можливе одночасне закачування або видача з декількох резервуарів.

Кількість подачі води та утилізації розсолу обмежують темпи розчинення солі та відповідно темпи приросту обсягу виробництва. При великій подачі можливе одночасне створення групи резервуарів. Чим більше потужність соляного тіла, тим більшу місткість можуть мати одиночні підземні резервуари. При великій потужності можливо багаторівневе розташування резервуарів, а також спорудження на одній свердловині двох резервуарів гірляндного типу. При збільшенні глибини закладення ростуть навантаження

на масив солі навколо підземних резервуарів. З їх збільшенням для підтримки стійкості резервуара слід зменшити прогін виробки-місткості або збільшити мінімальний експлуатаційний тиск у резервуарі.

Тип соляної структури і пов'язані з цим неоднорідність і анізотропія проявляються таким чином: при пластовому заляганні кам'яна сіль і вищезалягаючі породи характеризуються спокійним заляганням і практично ізотропні в горизонтальній площині, а при розташуванні резервуарів у соляних куполах, штоках і подібних структурах істотно проявляється неоднорідність і анізотропія масиву. Внаслідок цього при розрахунках слід збільшити коефіцієнт запасу на асиметричність виробки-місткості при визначенні мінімальної відстані між підземними резервуарами, а також зменшити коефіцієнт надійності за навантаженням при визначенні максимально допустимого тиску в резервуарі.

Хімічний склад кам'яної солі має істотне значення при передачі розсолу як хімічної сировини для переробки. Для отримання розсолу необхідного складу може виникнути необхідність пошарового розчинення солі таким чином, щоб склад одержуваного кондиційного розсолу не виходив за допустимі межі. Наявність пропластків нерозчинних порід в інтервалі закладення підземних резервуарів може істотно ускладнити процес їх спорудження і подальшу експлуатацію. Для запобігання негативного впливу пропластків (ускладнення при розчиненні солі в процесі будівництва й обвалення їх при експлуатації) необхідно передбачати спеціальні заходи щодо їх знеміцнення й обвалення в процесі будівництва.

Наявність нерозчинних включень, що випадають на дно виробки-місткості під час її спорудження, призводить до втрати потрібної місткості резервуара і збільшення капітальних витрат. У той же час при винесенні великої кількості тонких фракцій нерозчинних включень розсолом виникає проблема його очищення, яка особливо актуальна в разі необхідності поховання будівельного розсолу. Проникні пропластки й ослаблені зони в покрівлі й підшві соляного тіла вимагають наявності ціликів, необхідних для забезпечення стійкості та герметичності підземних резервуарів.

Із вищевикладеного випливає, що при проектуванні підземних сховищ слід одночасно враховувати всю сукупність технологічних і гірничо-геологічних факторів.

Взаємне розташування підземних резервуарів залежить в основному від розмірів і форми соляного тіла. Принципові об'ємно-планувальні схеми підземних сховищ наведені на рис. 3.18.

Вертикальні ПР мають розташування на одному рівні, як правило, в умовах пластового залягання кам'яної солі (рис. 3.18, а). У соляних куполах та інших структурах великої потужності зазвичай розташовують вертикальні резервуари на різних рівнях (рис. 3.18, б).

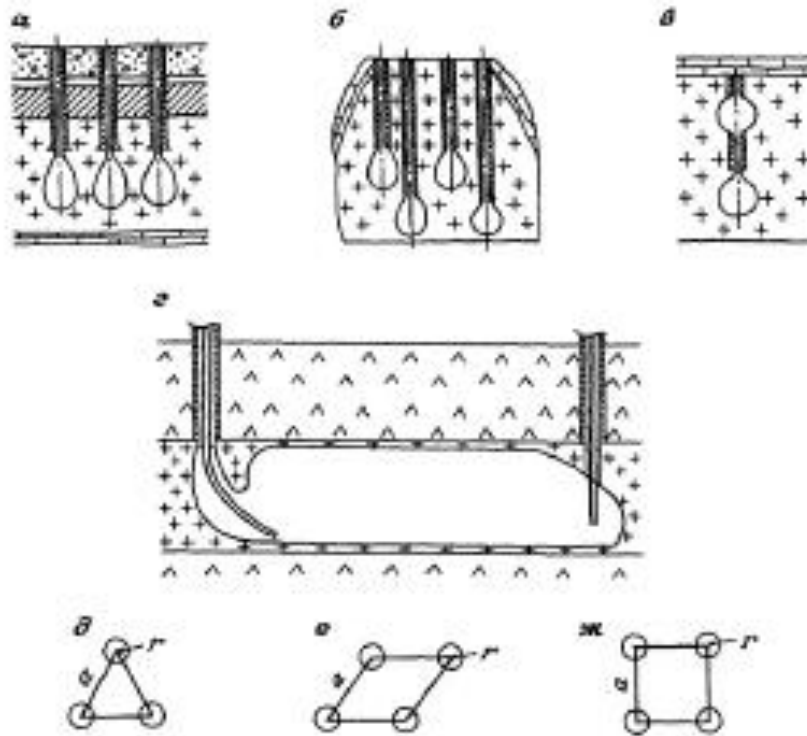


Рис. 3.18. Принципові об'ємно-планувальні схеми безшахтних резервуарів у кам'яній солі (а-г) і плани розташування виробок-ємностей за трикутною (д), ромбічною (е) і квадратною (ж) сітками

Таке розташування резервуарів дозволяє зробити ПС більш компактим, скоротити земельний відвід і врахувати індивідуальні вимоги за величиною експлуатаційного тиску для різних продуктів. Двох'ярусне розташування ПР на одній вертикальній свердловині (рис. 3.18, в) може застосовуватися при великій потужності соляного тіла або при наявності в розрізі двох соляних пластів, розділених нерозчинними породами. При цьому нижню виробку-місткість можна використовувати для зберігання рідких вуглеводнів або зрідженого газу, а верхню – як сховище розсолу. В такому випадку витіснення продукту, що зберігається, проводять перепуском розсолу під дією власної ваги в нижню виробку. Виробки-місткості тунельного типу (рис. 3.18, г) застосовують на малопотужних пластах кам'яної солі, коли виробка-місткість вертикального типу може мати лише малу місткість, що різко погіршує техніко-економічні показники ПС.

Розташування виробок-місткостей у плані (рис. 3.18, д – ж) здійснюють, виходячи з місцевих умов, зручності прокладки комунікацій і т. п. При цьому обов'язкова наявність бар'єрних ціликів між ПР і сусідніми гірничодобувними підприємствами, а також ціликів між підземними резервуарами.

У потужних соляних покладах відстань між устями свердловин може бути зменшена за рахунок двох- або багаторярусного розташування виробок-місткостей.

Технологічні схеми будівництва підземних резервуарів у кам'яній солі засновані на принципі циркуляційного впливу води на поверхню солі. Визначальним фактором інтенсивності процесу масообміну у виробці в період її будівництва є коефіцієнт швидкості розчинення кам'яної солі. Його величина залежить від фізико-хімічних властивостей речовини, що розчиняється (коефіцієнта дифузії), властивостей розчинника (в'язкості, температури, концентраційного напору), швидкості руху розчинника (продуктивності його подачі й швидкості руху внаслідок природної і вимушеної конвекції), геометрії поверхні, що розчиняється. Одним з важливих факторів, що впливають на швидкість розчинення солі, є кут нахилу поверхні, що розчиняється, до горизонту. Зокрема, горизонтальна покрівля виробки розчиняється значно швидше, ніж бічні стінки. В реальних умовах концентрація рідини неоднакова за висотою й максимальна в нижній частині виробки. При неконтрольованому розчиненні виробка може набутися форми усіченого конуса з розвиненою покрівлею, нестійкою до проявів гірського тиску при певній площі її оголення.

Для створення виробки-місткості заданої форми і розмірів процесом розчинення керують шляхом закачування в неї нерозчинника в поєднанні з різними варіантами розташування відносно висоти рівнів введення води та відбору розсолу.

Нерозчинник служить для ізоляції покрівлі й інших ділянок поверхні кам'яної солі в верхній частині виробки, розчинення яких на даному етапі споруди небажано. Як нерозчинник використовують гази або рідини з питомою вагою, меншою ніж у води, інертні по відношенню до кам'яної солі, практично не розчинні у воді, вартість яких відносно невелика. Як рідкий нерозчинник зазвичай використовуються нафтопродукти, а як газоподібний – повітря, природний або інертний газ.

Поверхня солі, що розчиняється нижче рівня розчинника, називається активною поверхнею. Частина виробки-місткості, яка розташована нижче черевика центральної підвісної колони, заповнена насиченим розсолом. Вона практично не бере участі в масообмінних процесах і називається зоною консервації. Існують два основні режими подачі розчинника в свердловину: прямоточний (рис. 3.19, а), при якому розчинник (воду) подають по центральній підвісній колоні труб, а розсол відбирають по міжтрубному просторі підвісних колон, і протиточний (рис. 3.19, б), коли вода надходить у свердловину по міжтрубному просторі зовнішньої і центральної підвісних колон, а розсол видають по центральній колоні.

Прямоточний режим сприяє максимальному примусовому перемішуванню рідини у виробленні та при його використанні зростання виробки по висоті найбільш рівномірне. Недоліком прямоточного режиму є невисока концентрація розсолу, що видається з виробки. Протиточний режим ефективний для виносу з виробки розсіяних нерозчинних включень і його застосування забезпечує отримання розсолу максимальної концентрації. Недоліком цього режиму є збільшене розчинення верхньої частини

виробки. Окрім того, виділяють режим так званої «зближеної протитечної» (рис. 3.19, в), що являє собою протитечію з подачею розчинника в нижню частину створюваного контуру виробки, невисоко над черевиком центральної підвісної колони. Застосування зближеної протитечії поєднує в собі переваги двох інших режимів і дозволяє отримувати концентрований розсол при рівномірному розвитку виробки за висотою.

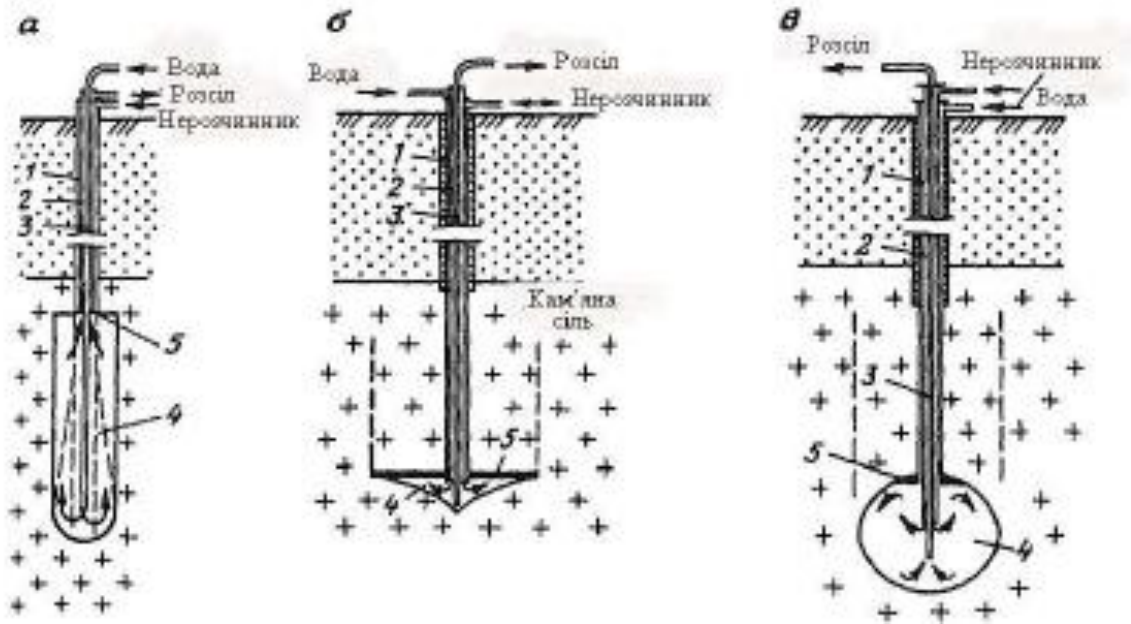


Рис. 3.19. Схеми основних технічних режимів подачі розчинника:

1 – обсадна колона; 2, 3 – відповідно зовнішня і центральна підвісні колони труб; 4 – виробка-місткість; 5 – нерозчинник

2. Зберігання ПММ у шахтових сховищах.

У даний час найбільш поширеною технологією створення підземних резервуарів є пошарова, що застосовується зазвичай при обмеженій потужності пласта і для отримання розсолу високої концентрації. Розчинення масиву кам'яної солі здійснюють ступенями від низу до верху при подачі води в зону покрівлі виробки і протитечному відборі розсолу в її нижній частині з переміщенням зовнішньої робочої колони на кожному етапі (рис. 3.20). При наявності потужної товщі кам'яної солі використовують зближену протитечію з накопиченням нерозчинника. Цю технологію застосовують при спорудженні резервуарів у пластах кам'яної солі різної потужності. Розчинення кам'яної солі здійснюють зверху вниз без переміщення зовнішньої робочої колони на зближеній протитечії з поступовим накопиченням нерозчинника у верхній частині виробки-місткості (рис. 3.21). На першому етапі (рис. 3.21, а) передбачається створення початкової прямої

виробки в чистій солі (в забрудненій створюють гідровруб). Другий етап (рис. 3.21, б) полягає в ступінчастій I і безступінчастій II підкачуванні нерозчинника.

Технологія дозволяє формувати покрівлю виробки заданої форми. Існує також комбінована технологія, при якій нижню частину виробки створюють за пошаровою технологією, а верхню – за технологією з накопиченням нерозчинника (рис. 3.22). Ця технологія дозволяє надійно формувати виробки-місткості проектних розмірів і отримувати висококонцентрований розсол із застосуванням енергії затоплених струменів – різновид прямоточного режиму. При цьому розчинник подають у виробки за допомогою спеціальних насадок, які формують струмені заданої геометрії, що забезпечує турбулізацію потоку рідини в нижній частині виробки. Це дозволяє скоротити терміни будівництва, кількість нерозчинника і число операцій спуску-підйому робочих колон. Застосовується при спорудженні виробок-місткостей порівняно невеликого об'єму.

При проектуванні регламенту спорудження виробки-місткості слід виходити з того, що вибір технологічної схеми споруди залежить від геологічної будови інтервалу кам'яної солі, що відпрацьовується, а також призначення підземного сховища. Наприклад, застосування технологій з накопиченням нерозчинника або комбінованої доцільно при створенні стратегічних резервів, коли будівництво поєднується зі зберіганням, введення сховища в експлуатацію прискорюється, а швидкого обороту застосовуваного нерозчинника не планується.

Використання технологій, які передбачають протиточну подачу розчинника, переважають при необхідності отримання концентрованого розсолу, призначеного для переробки. Прямоточні методи кращі при необхідності якнайшвидшого спорудження виробки-місткості. На першому етапі спорудження виробки-місткості створюється гідровруб, призначений для збору нерозчинних включень, що випадають в осад, і максимально можливого оголення поверхні солі для подальшого інтенсивного розчинення.

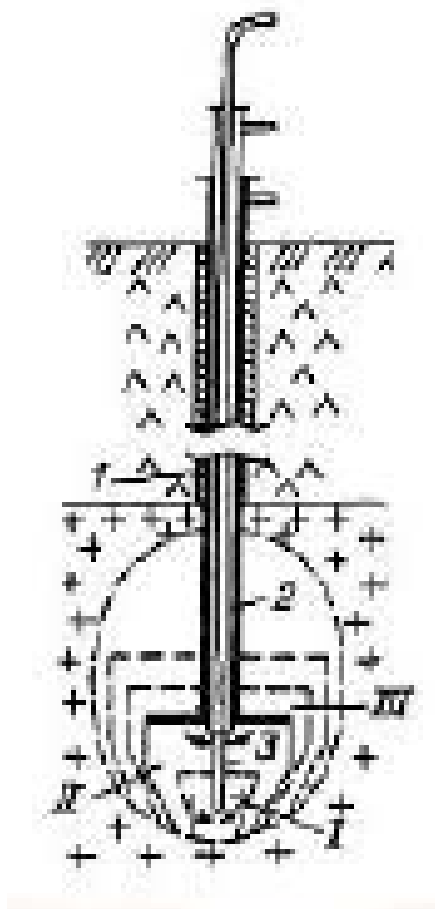


Рис. 3.20. Схема споруди підземної виробки-місткості ступенями від низу до верху:

1 – обсадна колона труб; 2, 3 – відповідно зовнішня і центральна підвісні колони труб; I, II, III – ступені

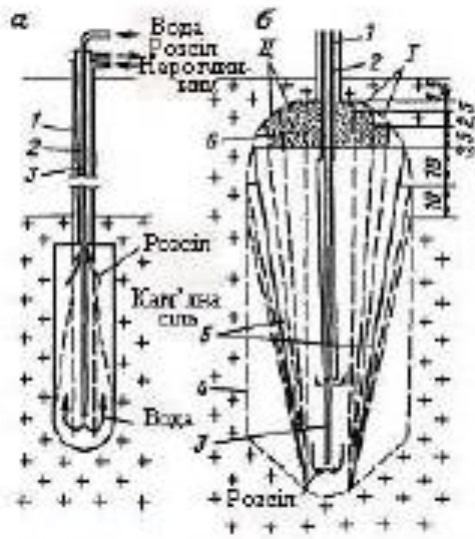


Рис. 3.21. Схема споруди підземної виробки-місткості зверху вниз: 1, 2, 3 – відповідно обсадна, зовнішня і центральна колони труб; 4 – проекційний профіль; 5 – ступені; 6 – нерозчинник

Необхідна величина (обсяг) гідровруба визначається як вмістом нерозчинних включень, так і технологією спорудження виробки на наступних етапах. Загальне число ступенів (етапів) споруди виробки-місткості визначається виходячи з її проектних розмірів та ймовірних термінів її роботи. При переході з рівня на рівень у загальному випадку можлива зміна режиму подачі розчинника, положення черевиків підвісних колон, рівня нерозчинника. У конкретних умовах залежно від прийнятої технологічної схеми число змінних параметрів може бути меншим. Наприклад, при використанні пошарової технології з режимом зближеного протитока при переході на наступний ступінь піднімають позначку кордону розділу розчинника і нерозчинника, а також черевик проміжної підвісної колони (вкорочують колону). При необхідності центральну підвісну колону піднімають у міру зашламування дна виробки нерозчинними включеннями.

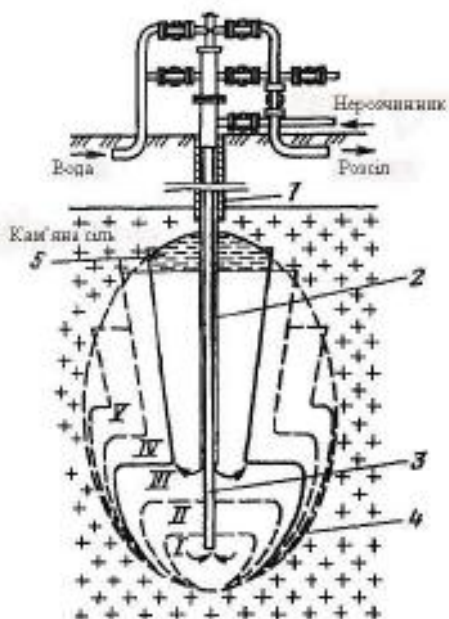


Рис. 3.22. Схема комбінованого методу спорудження підземної виробки-ємності: 1 – обсадна колону труб; 2, 3 – відповідно зовнішня і центральна підвісні колони; 4 – контур проекційної виробки-ємності; 5 – нерозчинник; I, II, III, IV, V – ступені

Будівництво виробки-місткості та подальше використання підземного резервуара здійснюють через експлуатаційну свердловину. Ці свердловини бурять звичайними методами із застосуванням обладнання, що використовується при бурінні нафтових і газових свердловин.

Конструкцію експлуатаційної свердловини слід вибирати з урахуванням конкретних гірничо-геологічних умов для забезпечення: умов безпечного ведення робіт на всіх етапах будівництва та експлуатації резервуара; охорони надр і навколишнього середовища, міцності й довговічності свердловини; необхідних продуктивностей із закачування і видачі продукту при експлуатації та для розміщення в свердловині необхідного для експлуатації резервуара обладнання.

Типова конструкція свердловини підземного резервуара показана на рис. 3.23. В процесі будівництва місткості ведеться безперервний контроль технологічних параметрів. Періодично фіксуються параметри розчинника і розсолу (концентрація, витрата, температура, тиск), а також нерозчинника (тиск, кількість у резервуарі).

За концентраціями і витратою розраховують масу піднятої на земну поверхню солі, збільшення обсягу виробництва і досягнутий нею обсяг. Основним параметром, за яким приймають рішення про перехід на наступний ступінь, є досягнутий обсяг виробки. Значні відхилення параметрів, що фіксуються, від розрахункових (проектних) можуть служити попередженням про вихід процесу вилуговування з-під контролю. Зниження витрати і тиску розсолу вказує на зашламування розсільної колони, а зростання тиску і зниження витрати води свідчать про закупорку водоподавальної колони або завал її башмака при прямоточному режимі. Різке підвищення концентрації розсолу може вказувати на оголення покрівлі через підйом рівня нерозчинника внаслідок його витоку. Для контролю положення рівня нерозчинника при необхідності слід застосовувати геофізичні методи, які дозволяють визначити рівень без підйому підвісних колон.

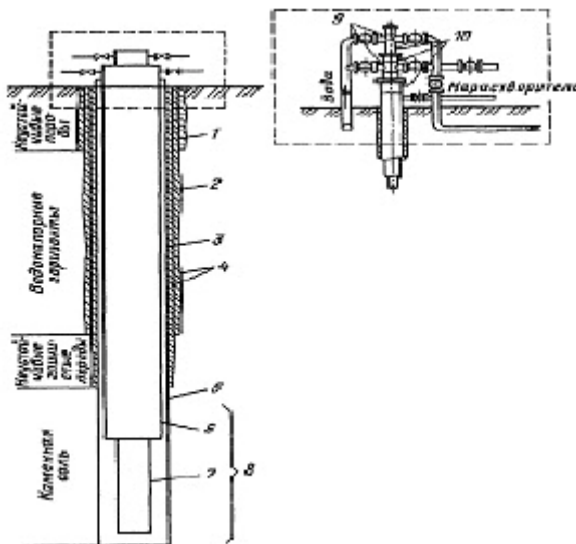


Рис. 3.23. Конструкція свердловини, підготовленої до спорудження безшахтного резервуара: 1 – напірник; 2 – кондуктор; 3 – основна обсадна колона; 4 – цементний камінь; 5 – необсаджена частина свердловини; 6, 7 – відповідно зовнішня і центральна підвісні колони; 8 – інтервал залягання підземного резервуара; 9 – термоізоляція; 10 – пробовідвідні крани

Для контролю форми виробки-місткості використовують звуколокацію, яку проводять за допомогою приладу, що спускається в свердловину, і є випромінювачем-приймачем ультразвукових коливань. Прилад генерує вузький промінь і фіксує його відображення від стінок виробки. За рахунок повороту випромінювача на певний кут і його азимутальній прив'язці фіксується горизонтальний переріз для будь-якої заданої позначки по висоті виробки. Форму виробки визначають за сукупністю горизонтальних перерізів, а її об'єм розраховують як суму елементарних об'ємів між перерізами. Є звуколокатори, що фіксують і вертикальні перерізи. При звуколокації через підвісні колони без їх підйому визначення форми виробки здійснюється з дещо меншою точністю і без азимутальної прив'язки. За результатами звуколокації визначають форму та об'єм виробки і, в разі необхідності, коригують регламент її будівництва.

Після закінчення будівництва підземного резервуара проводять його випробування на герметичність шляхом створення надлишкового тиску випробувального середовища. Залежно від продукту, що зберігається, таке середовище можна зробити з рідких нафтопродуктів, газів або розсолу. При випробуваннях перевіряють окремо герметичність підвісної колони труб, гирлової обв'язки свердловини із зацементованою обсадною колоною і виробки-місткості.

Після випробувань проводиться переобладнання підземного резервуара на експлуатацію, однак у ряді випадків цього не потрібно. Наприклад, при створенні підземного резервуара для рідких продуктів за технологією накопичення нерозчинника до моменту закінчення спорудження виробки резервуар виявляється заповненим збереженим продуктом. Тоді гирлове обладнання та підвісні колони, що залишилися від періоду будівництва, використовують і при експлуатації. Переобладнання на експлуатацію в загальному випадку включає: випуск нерозчинника; підйом підвісних колон; демонтаж устаткування; монтаж свердловинного і устаткування і підвісних колон на експлуатацію; відмивання підземного резервуара від нерозчинника; перше заповнення резервуара. Випуск нерозчинника необхідний, щоб уникнути його змішування з новим продуктом і для виконання будь-яких монтажних робіт на устаткуванні свердловини, оскільки для цього потрібно знизити надмірний тиск у свердловині. Підйом підвісних колон і демонтаж устаткування необхідні в разі, коли вони не можуть бути використані в період експлуатації або їх компонування вимагає зміни.

При монтажі обладнання на експлуатацію в свердловині можуть бути розташовані зйомна захисна колона з пакером, клапани-відсікачі для запобігання аварійній розгерметизації резервуара, одна або дві підвісні колони з необхідними пристроями. При зберіганні рідких продуктів по висоті підвісної колони можуть бути встановлені пристрої для відбору проб. На башмаку підвісної колони можливе розміщення демпфуючого

пристрою для запобігання її розгойдуванню при закачуванні та відборі продукту. При зберіганні газів за безрозсільною схемою на підвісній колоні може бути встановлений хвостовик, що забезпечує максимальний відбір розсолу з виробки-місткості. Як приклад на рис. 3.24 показана схема обладнання підземного резервуара для зберігання світлих нафтопродуктів.

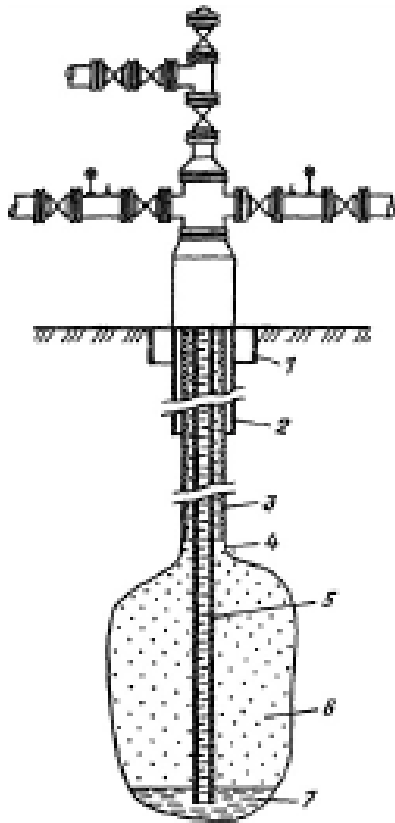


Рис. 3.24. Схема обладнання підземного резервуара для зберігання світлих нафтопродуктів: 1 – напрямок; 2 – кондуктор; 3 – обсадна колона; 4 – незакріплена ділянка свердловини; 5 – експлуатаційна колона; 6 – рідкі вуглеводні; 7 – розсіл

Відмивання підземного резервуара від нерозчинника необхідне при зберіганні товарних і особливо чистих хімічних продуктів. Це викликано тим, що деяка кількість нерозчинника може бути залишена в нерівностях бічних поверхонь і найчастіше покрівлі виробки (в так званих «кишенях»). Тому при закачуванні нового продукту відбувається його змішування із залишками нерозчинника, що погіршує якість товарного продукту. Для відмивання виробки-місткості в її верхню частину закачують прісну воду, яка слабо розчиняє стінки і покрівлю, що призводить до вивільнення і відтоку нерозчинника в свердловину. Щоб усунути залишки після цієї операції в верхню частину резервуара закачують порцію товарного продукту (або сумісної з ним рідини), яку потім випускають і утилізують.

Перше заповнення підземних резервуарів, що експлуатуються по розсільним схемами, аналогічно підкачці нерозчинника при спорудженні виробки-місткості. При безрозсільній схемі експлуатації при першому заповненні потрібно витягти з виробки максимальну кількість розсолу, а вивільнений простір і визначить корисну місткість резервуара.

Перше заповнення підземного резервуара для зберігання газу за безрозсільною схемою має свої особливості. Підвісна колона, по якій витісняється розсіл, у принципі не потрібна при експлуатації. Навіть в тому випадку, коли закачування і відбір газу ведуться як по міжтрубному просторі, так і по цій колоні, вона чинить додатковий опір руху газу, а її наявність призводить до ускладнення устевов'язки. Для усунення зазначених недоліків та підвищення експлуатаційної надійності резервуара після витіснення розсолу цю колону видаляють, не знижуючи тиск газу в резервуарі нижче допустимого.

Склад наземного комплексу підземного сховища залежить від призначення ПС, номенклатури продуктів, які зберігаються, і схеми експлуатації. Наземний комплекс підземного сховища рідких вуглеводнів, наприклад, світлих нафтопродуктів, який експлуатується за розсільною схемою, включає насосне обладнання для закачування в резервуари нафтопродуктів і розсолу, трубопроводи, буферні наземні резервуари, наземні й підземні розсолосховища, інженерні мережі та термінали (рис. 3.25).

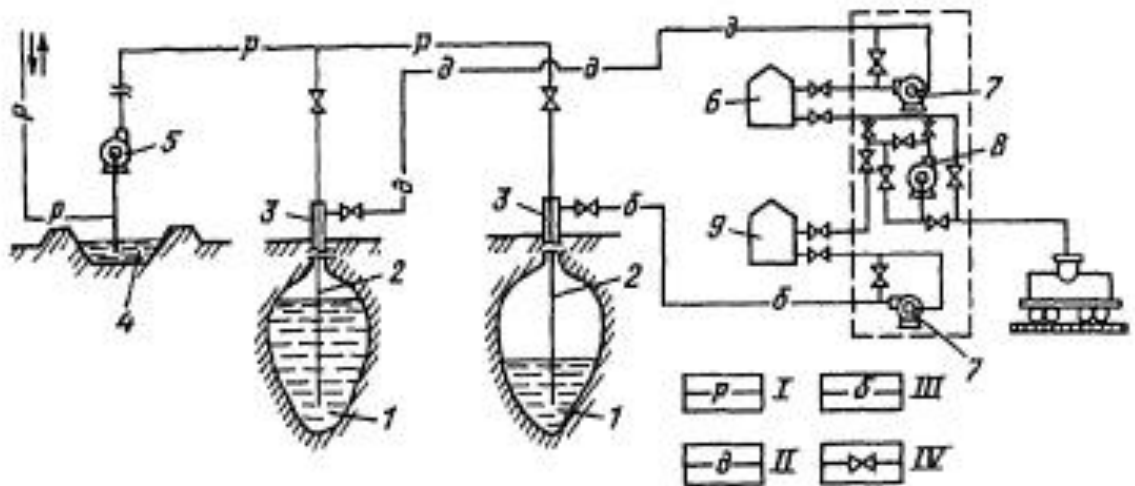


Рис. 3.25. Принципова технологічна схема підземного сховища нафтопродуктів: 1 – підземний резервуар; 2 – розсільна колона; 3 – свердловина; 4 – розсолосховище; 5 – насос для розсолу; 6 – буферний резервуар для дизельного палива; 7,8 – насоси відповідно високого і низького тиску; 9 – буферний резервуар для бензину; I – розсіл; II – дизельне паливо; III – бензин; IV – запірний пристрій

При розсільній експлуатації витіснення товарного продукту здійснюється розсоллом, а при закачуванні продукту в резервуар на земну поверхню видавлюється розсіл. Для функціонування такого підземного сховища створюють систему оперативного розсоллопостачання. Призначення системи полягає: з одного боку, у постачанні сховища розсоллом, тобто накопиченні, виробництві або отриманні необхідної кількості розсолу

певної концентрації і його закачуванні в підземні резервуари; з іншого боку, ця система повинна забезпечувати прийом розсолу при його видачі з резервуарів і подальше складування або утилізацію. Схема системи оперативного розсолостачання наведена на рис. 3.26.

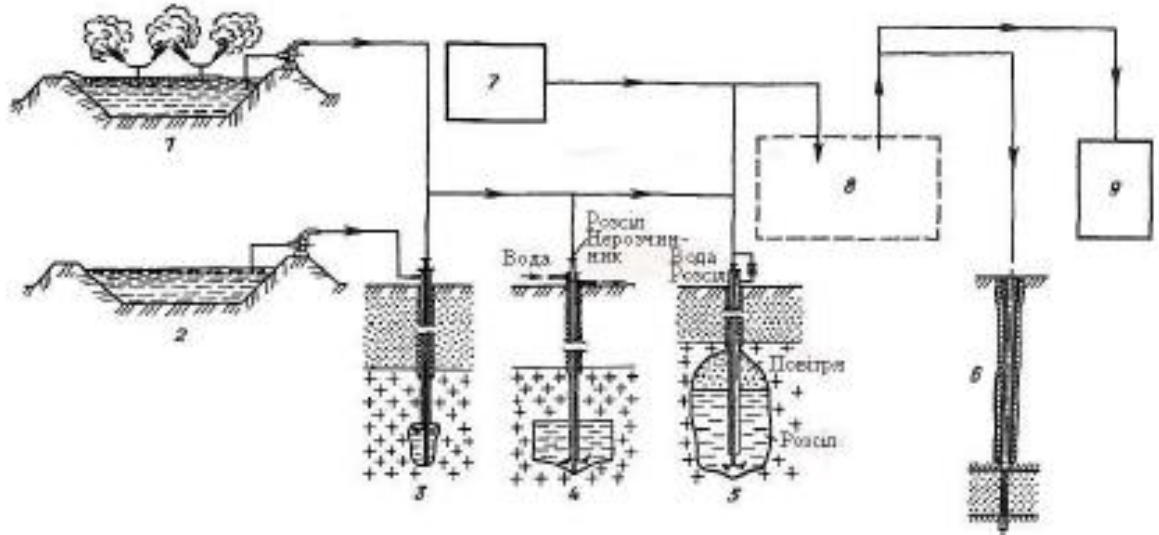


Рис. 3.26. Схема оперативного розсолостачання:

1 – розсолосховище із системою підтримки концентрації розсолу; 2 – розсолосховище зі свердловиною донасичення розсолу; 3 – свердловина донасичення розсолу; 4 – підземне розсолосховище; 5 – підземне розсолосховище з пружною газовою подушкою; 6 – нагнітальна свердловина для поховання розсолу в глибокі водоносні горизонти; 7 – розсолодобувне підприємство; 8 – підземні резервуари; 9 – розсолоспоживаюче підприємство

Система розсолостачання включає: наземні розсолосховища, що являють собою відкриті, екрановані по внутрішній поверхні басейни. До складу наземних розсолосховищ можуть входити системи підтримки концентрації розсолу. Такі системи здійснюють, наприклад, збір поверхневого опрісненого шару і його змішання з основною масою розсолу або випаровування. До складу системи також входять свердловини донасичення, що використовуються для збільшення концентрації розсолу, і підземні розсолосховища. Існують різні їх типи, але найбільш поширені такі, що являють собою аналог камер розсолодобутку. Їх експлуатація проводиться шляхом закачування води протитоком і вилучення насиченого розсолу. Така експлуатація можлива при досить великій місткості розсолосховища.

Другий тип підземних розсолосховищ – аналог підземних сховищ. При такій експлуатації розсіл зберігають у виробках-місткостях і вилучають звідти самопливом (верхня виробка-місткість резервуара гірляндного типу) або видавлюванням стисненим газом (розсолосховище з пружною газовою подушкою).

До технологічного комплексу включено насосну установку для перекачування розсолів, свердловини для закачування розсолу в глибокі водоносні горизонти, систему комунікацій, яка зв'язує систему оперативного розсолопостачання із сусідніми розсолодобувними підприємствами, систему комунікацій, що зв'язана із сусідніми розсолоспоживаючими підприємствами.

Завдання для самоконтролю

1. Навести переваги і недоліки підземних сховищ для зберігання нафти і нафтопродуктів.
2. Класифікувати підземні сховища залежно від гірських порід, у яких вони розташовуються.
3. Визначити елементи, з яких складається система підземного сховища у відкладеннях кам'яної солі.
4. Окреслити основні типи, на які поділяються планувальні схеми підземних сховищ для зберігання нафти і нафтопродуктів.
5. Обґрунтувати призначення герметичних перемичок у підземних сховищах для зберігання нафти і нафтопродуктів.
6. Навести основні способи спорудження підземних сховищ у відкладах кам'яної солі.
7. Класифікувати виробки, які проводяться під час будівництва підземних сховищ у гірських породах.
8. Окреслити основні складові комплексу системи розсолопостачання підземних сховищ у відкладах кам'яної солі.