

7 підготовка і використання прісної та пластової мінералізованої води

Видобуток нафти тісно пов'язаний з необхідністю використання значної кількості технічної води. Вона потрібна при проведенні різних технологічних процесів охолодження, знесолення нафти, проведення підземних ремонтів свердловин, зачистки резервуарів, гідравлічного випробування трубопроводів і в багатьох інших, але основна кількість прісної води використовується в системі підтримання пластового тиску.

На початковій стадії розробки кожного нафтового родовища, технологічна схема розробки якого передбачає нагнітання води в пласт, використовують виключно прісну воду. Тільки пізніше, із збільшенням в продукції свердловин пластової мінералізованої води, переходять на поступове зменшення нагнітання в пласт прісної води, хоча повністю відмовитись від її використання в системі ППТ з різних причин вдається рідко.

7.1 Основні вимоги до фізико-хімічних властивостей води, яка нагнітається в пласт

Незалежно від того, яка вода застосовується для нагнітання в пласт, прісна чи пластова мінералізована, вимоги до якості їх є одними і тими ж. Така вода повинна відповідати наступним вимогам:

1 Володіти високою фільтраційною, нафтовитісняючою та нафтовідмиваючою здатністю.

2 Вміщувати різні сторонні домішки в таких межах, які не викликають помітного зменшення приймальності нагнітальних свердловин.

3 Бути сумісною з пластовою водою, не спричиняти при їх змішуванні утворення нерозчинних солей, які могли б знизити проникність продуктивного пласта.

4 Не порушувати екологічну рівновагу продуктивного пласта.

З аналізу вказаних вимог виходить, що прісна вода за своїми фізико-хімічними властивостями менш придатна для нагнітання в пласт, ніж пластова мінералізована вода. Прісна вода має меншу, ніж пластова мінералізована, густину та в'язкість, отже, і меншу нафтовитісняючу здатність. Вона може спричиняти набухання глинистих складових продуктивного пласта і значне зменшення його проникності. Крім того, в прісній воді можуть знаходитись небезпечні сульфатовідновні бактерії, в результаті життєдіяльності яких в пласті утворюється сірководень та погіршується якість нафти.

Пластова мінералізована вода, що відокремлюється в процесі підготовки нафти і використовується в системі підтримання пластового тиску, позбавлена в значній мірі вказаних недоліків і, крім того, містить в собі певну кількість поверхнево-активних речовин, має підвищену температуру. З іншої сторони, пластова мінералізована вода може мати значну кількість механічних домішок, рештків нафти, а, значить, вимагати більших витрат на її підготовку.

Важливою проблемою є визначення ступеню підготовки води перед нагнітанням її в пласт. В початковий період впровадження методів підтримання пластового тиску з використанням води допустимі норми вмісту механічних домішок визначались лабораторним методом, шляхом вивчення впливу води різної якості на фільтраційні властивості зразків (керна) продуктивного пласта. В результаті були розроблені правила та інструкції, які передбачали досить жорсткі норми підготовки води із

допустимим вмістом механічних домішок до 2 мг/л, солей заліза до 0,3 мг/л.

Практика нагнітання води в продуктивні пласти показала, що при вимушеному нагнітанні води в пласт значно гіршої якості, різкого зменшення приймальності нагнітальних свердловин не відбувається. Це пояснюється особливостями будови продуктивних пластів. При наявності тріщинного колектора, із значною розкритістю тріщин, вміст різного виду домішок в нагнітальній воді може бути значно більшим, ніж для гранульованого колектора.

Норми якості води, наведені в таблиці 7.1, мають якісний характер і повинні уточнятись шляхом дослідно-промислової експлуатації перших нагнітальних свердловин на кожному конкретному нафтовому родовищі.

Таблиця 7.1 - Норми граничного вмісту домішок

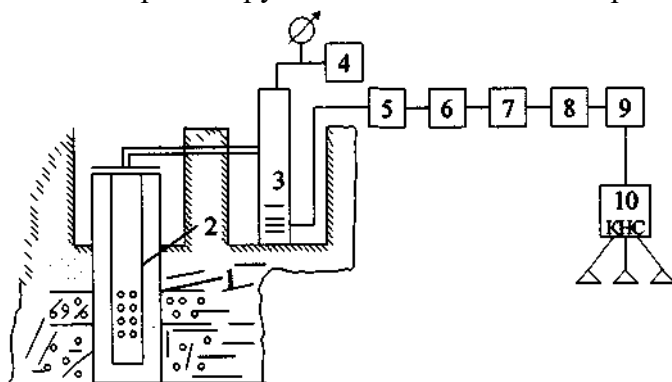
№ п/п	Тип колектора	нафти, мг/л	механічних домішок, мг/л	солей заліза, мг/л
1	тріщинний	25	30	2
2	слаботріщинний	15	10	1
3	гранулярний (поровий)	1	2	0,5

7.2 Технологічні схеми водовідбору, водопостачання та підготовки прісної води

Для заводнення нафтових пластів використовується переважно поверхнева вода річок та озер і в меншій мірі морська та підземна пластова. При виборі джерела водопостачання та місця водозабору керуються необхідністю забезпечення достатньої кількості води, її якістю, відстанню

до місця заводнення. Найбільш економічно доцільно використовувати підрусові свердловини, які відбирають воду з водоносних алювіальних відкладів, що залягають на глибині 10 - 50 м. Така вода, яка вже пройшла природну фільтрацію через гравій, пісок, містить мінімальну кількість домішок навіть в період повені.

Технологічна схема водопостачання системи ППТ з сифонним відбором підрусової води показана на рис. 7.1.



- 1-обсадна колона; 2- водопіднімальна колона; 3- вакуум-котел; 4-вакуум-насос ; 5- насосна станція 1-го підйому;
6,8 - буферні резервуари; 7 - водоочисна установка;
9 - насосна станція 2-го підйому; 10 - кущова насосна станція;
11- нагнітальні свердловини.

Рисунок 7.1 - Технологічна схема водопостачання з сифонним водозабором.

Водовідбірні свердловини бурять в безпечних на період розливу ріки місцях, на відстані 50 -100 м одна від другої, обладнують обсадними трубами 1 діаметром до 300 мм та водопідйомами 2 з фільтром діаметром до 200 мм. Група свердловин колекторною системою під'єднується до вакуумних котлів 3 . З допомогою вакуум-насосів 4 (РМК-2) в системі створюється вакуум до 85 кПа, що дозволяє

піднімати воду з порівняно невеликої глибини (до 8,0 м).

Вода при цьому спочатку поступає в вакуум-котел 3 і звідти насосами станції першого підйому 5 подається далі в технологічну схему її підготовки та використання.

При низькому рівні ґрунтової підруслової води необхідно використовувати індивідуальні водозабори, тобто опускати в кожен підруслову свердловину занурений відцентровий насос з електродвигуном.

Гирло водозабірних свердловин розміщують в колодязях, закритих герметичних люках, а вакуумні котли разом з електровідцентровими насосами станції першого підйому в бетонних шахтах глибиною 9 - 17м.

Підруслові води, як правило, можна використовувати для заводнення без підготовки. При використанні відкритих водозаборів така обробка обов'язкова і здійснюється на станціях очистки, типова схема яких показана на рис. 7.2.

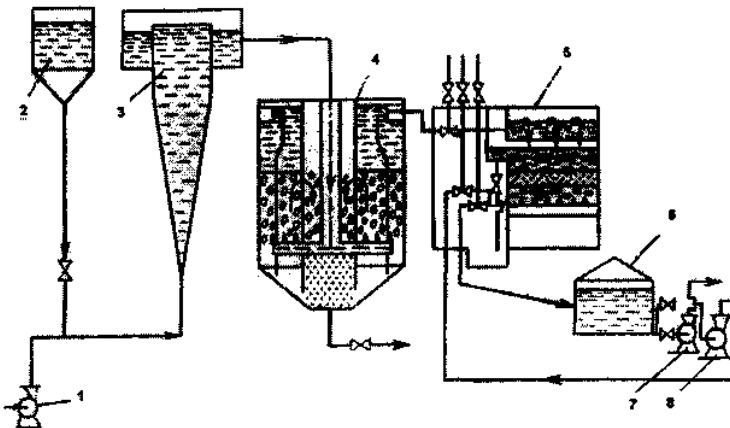


Рисунок 7.2 - Принципова схема водоочисної станції підготовки прісної води

Вода насосами 1 станції першого підйому подається в змішувач 3, куди дозується також певна кількість коагулянта.

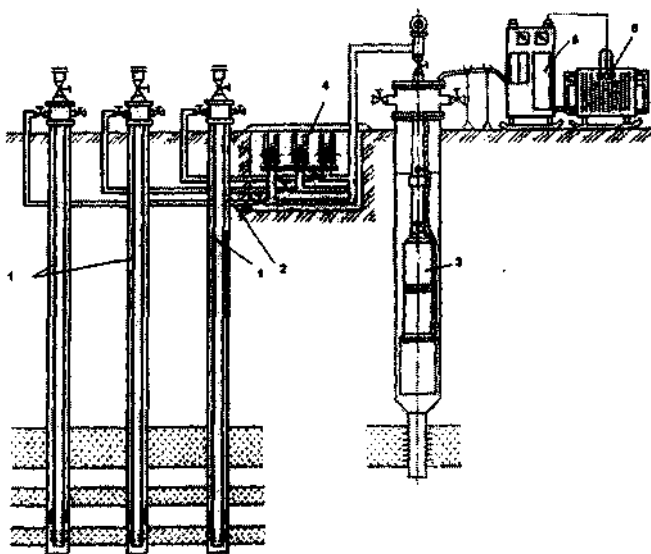
Коагуляція - це процес захоплення тонкодисперсних механічних домішок пластівцями коагулянтів (сірчано-кислого алюмінію, хлорного заліза або залізного купоросу), які в результаті відстою можуть бути легко виділені із води разом з вловленими домішками.

Після змішувача вода поступає в освітлювач 4, де і проходить осідання основної кількості механічних домішок і далі в гравійно-пісочні фільтри 5. Чиста вода нагромаджується в буферних резервуарах 6 і звідси насосами 7 станції другого підйому подається на кушові насосні станції. Насос 8 передбачає можливість періодичної промивки фільтрів шляхом створення зворотної циркуляції.

Якщо в воді знаходиться значна кількість бікарбонатів кальцію та магнію $[Ca(HCO_2)_2]$ і $Mg(HCO_2)_2]$, то, відкладаючись в пласті, їхні солі можуть привести до закупорки пор пласта.

Декарбонізацію води здійснюють шляхом її обробки розчином гашеного вапна $Ca(OH)_2$. Декарбонізація в певній мірі зменшує і вміст солей заліза в воді, які можуть сприяти особливо швидкому зменшенню приймальності нагнітальних свердловин. Додатково для зменшення солей заліза в воді застосовують також і її аерацію в градирнях чи відкритих басейнах, але збагачення води киснем підвищує її корозійну активність і є небажаною.

Перспективним напрямом застосування води в системі ППТ є її видобуток із відносно глибоких водоносних горизонтів з різною ступінню мінералізації (рис. 7.3).



1-нагнітальні свердловини ; 2- водопроводи високого тиску;
3- занурений електровідцентровий насос; 4- водорозподільчий
та вимірний вузол; 5- станція управління; 6- трансформатор

Рисунок 7.3 - Схема закритої закачки пластових вод
в нагнітальні свердловини.

Згідно з цією схемою, вода із водозабірної свердловини 3 насосом подається на розподільчу гребінку і після виміру витрати рідини закачується в нагнітальні свердловини .При використанні потужних занурених електровідцентрованих насосів типу УЕВН-16-3000-1000 з подачею $3000 \text{ м}^3/\text{д}$ одна водозабірна свердловина здатна забезпечити заплановану подачу води в кілька нагнітальних свердловин.

При сприятливих умовах на деяких родовищах можна здійснити внутрішньосвердловинний потік води із водоносного горизонту в продуктивний пласт без підйому води на поверхню.

7.3 Технологія підготовки пластової стічної води

Пластові стічні води складаються в основному (до 85 %) із попутної пластової води, яка відділяється від нафти в процесі її збору та підготовки, а також містить прісну воду (каналізаційна, дощові стоки).

Пластові води характеризуються різною мінералізацією або вмістом неорганічних солей від 1,0 до 3000 г/л. Відповідно, із збільшенням мінералізації зростає і густина води, яка може досягати 1500 кг/м³. В незначній мірі в такій воді розчинені вуглеводневі гази, азот, сірководень та інші. Пластові стічні води характеризуються значною корозійною активністю.

Частину стічних вод на деяких нафтогазопромислах нагнітають в водопоглинальні горизонти, оскільки це не потребує їх підготовки, а скидання в відкриті водойми заборонено.

Але деяка економія на підготовці стічних вод не може компенсувати тих недоліків та ускладнень, які характерні при використанні в системі ППТ прісної води. Крім того, скидування пластової води без її попередньої підготовки може спричиняти і відчутні втрати нафти.

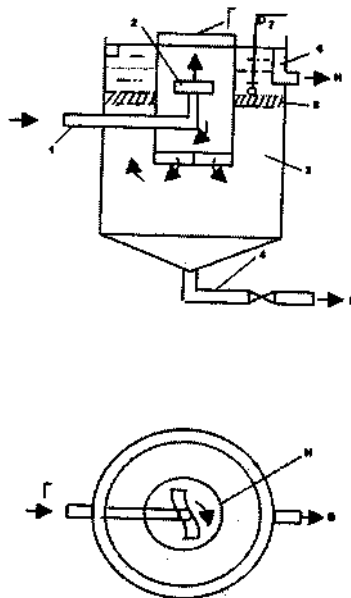
Як відмічалось в розділі 1, зневоднення нафти може починатись в установках попереднього скиду води УПС і продовжуватись на центральному збірному пункті в установках УПН. Промислова практика показує, що пластова вода, яка відділяється від нафти в установках УПС та на першій ступені зневоднення в установках УПН містить порівняно незначну кількість домішок, в тому числі і нафти. В деяких випадках, особливо при видобутку легкої малов'язкої нафти, яка не схильна до утворення стійких емульсій, таку воду можна використовувати в системі ППТ без попередньої

підготовки.

Якщо ж пластова вода не відповідає встановленим вимогам, що часто має місце при наявності слабопроникних колекторів, то її необхідно направляти на установку підготовки води (УПВ).

Перші такі установки були відкритого типу з використанням пісколовок, нафтопасток, земляних або залізобетонних амбарних установок.

Сучасні установки підготовки води є закритими, а принцип її підготовки ґрунтується в основному на відстої та фільтрації або тільки на відстої води. На рис.7.4 показана конструкція резервуара, як основного об'єкта підготовки води (гідрофобний фільтр).

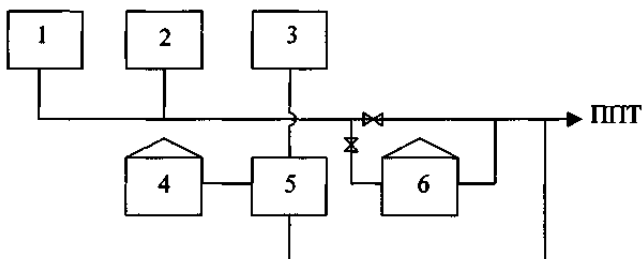


1- колектор; 2- камера переливу нафти; 3 - ємність збору води;
4-відводи; 5- плунжер; 6- відвідна труба; 7- поплавок; 8-шар
емульгованої нафти

Рисунок 7.4 - Резервуар-відстійник з гідрофобним фільтром

Принцип роботи такого відстійника полягає в наступному. Забруднена вода по колектору 1 поступає в ємність 3 і по спеціальних відводах 4 рівномірно стікає вниз. Проходячи через нафтову "подушку" 8, вода фільтрується. Краплі нафти контактують з навколишньою нафтою і переходять в її склад. Рівень гідрофобного фільтра підтримується постійним за рахунок переливу надлишку нафти в камеру 2 і звідти виводиться на повторну підготовку в установку УПН. Розміщення водонафтового рівня можна регулювати з допомогою пересуву плунжера 5 в водовідвідній трубі 6, а контроль за цим рівнем здійснюється з допомогою поплавка 7.

Вода, яка відділяється від нафти на другій ступені зневоднення та знесолення, а також і каналізаційна, характеризується підвищеним вмістом тонкодисперсних механічних домішок, залишками емульсії, тобто якість такої води значно гірша, а об'єм складає біля 15 - 20 % від загальної кількості видобувної води. Тому в деяких випадках підготовку такої води доцільно вести по окремій технологічній схемі (рис. 7.5)



1-установка попереднього скиду води; 2,3- перша та друга ступені зневоднення та знесолення; 4- резервуар збору технічної, каналізаційної води та дощових стоків; 5- установка підготовки води; 6- резервуар-гідрофобний фільтр

Рисунок 7.5 - Роздільна технологія підготовки пластової та стічної води

Як видно із схеми, попутна пластова вода, яка відділяється на перших ступенях підготовки нафти, не змішується з іншою водою, а поступає прямо в систему ППТ або проходить очистку в гідрофобному фільтрі. Решта води потребує більш складної підготовки, яка здійснюється з допомогою фільтрів-відстійників або гідроциклонних установок. Цю воду після підготовки можна використати аналогічно, як і в першому варіанті, а при низькій концентрації солей можна повторно подати на ступінь глибокого зневоднення. Роздільна технологія підготовки різної за своїми властивостями води, дозволяє знизити загальні витрати та уникнути ускладнень, які можуть виникати при їх об'єднанні.

Схема коалесцентного фільтра-відстійника показана на рис.7.6.

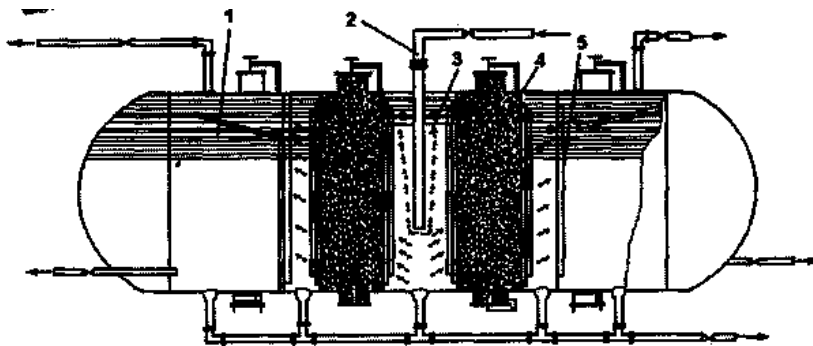


Рисунок 7.6 - Горизонтальний фільтр-відстійник підготовки води.

Подача рідини в фільтр здійснюється по трубі 2 в камеру попереднього відстою 3 і далі в фільтр 4. Гранульований матеріал фільтрів спричиняє руйнування плівок окремих глобул нафти, їх прилипання і з'єднання в більш масивні краплі. Ефективність таких фільтрів залежить, в першу чергу, від гідрофобної характеристики їх твердої поверхні. Високою

змочуваною здатністю до нафти володіють пластмасові речовини, типу поліетилен, в вигляді гранул 2-3 мм, кам'яне вугілля, оброблене спеціальними способами, природні матеріали (кварц, метал) та інші. Нафтові плівки, в складі яких є і затримані механічні домішки, при досягненні критичної довжини відділяються в вигляді великих крапель і виносяться потоком води через перегородку в шар нафти, де зливаються і залишаються там. Для забезпечення нормальної роботи фільтра-відстійника необхідна періодична його промивка. Така промивка може здійснюватися з допомогою розчинників (гас, бензин, толуол), поєднуючи і посилюючи їх дію пароводяною сумішшю. Допустимий і доцільний вміст нафтопродуктів в стічній воді при подачі в фільтр-відстійник не повинен перевищувати 2,0 г/л, а твердих домішок до 0,2 г/л. Поєднання в єдиному апараті процесів відстою, коалесценції та фільтрації дозволяє вести обробку води низької якості з мінімальними виробничими витратами.

Очищення стічної води в невеликих об'ємах від нафтопродуктів та механічних домішок доцільно проводити і з допомогою гідроциклонних апаратів типу НУР-3500 (рис.7.7).

Принцип роботи таких апаратів ґрунтується на розподілі гетерогенних систем під дією відцентрових зусиль швидкого обертowego руху потоку рідини.

Забруднена вода подається тангенціально в розподільну камеру 1. Тут проходить відділення відносно великих твердих домішок, які періодично з допомогою засувки 10 перепускаються в збірник шламу 4.

Вода з розподільної камери рівномірно подається на гідроциклони 2, де внаслідок інтенсивного обертowego руху і йде розподіл твердих домішок, нафти та води.

Тверді складові через отвори 3 гідроциклонів

відводяться в шламовісбірник, а рідина - в зливну камеру 5, де продовжується її обертання та розподіл на нафту і воду. Через зливні трубки 6 нафтопродукти відводяться в камеру їх збору 7, а вода проходить по радіальних отворах в стінках верхньої частини зливної камери і поступає в секцію збору 8 та відводиться з мультигідроциклону. Вловлені в шламовісбірнику механічні домішки періодично виводяться, а відстояна вода через всмоктуючі трубки 9 поступає знову в гідроциклони.

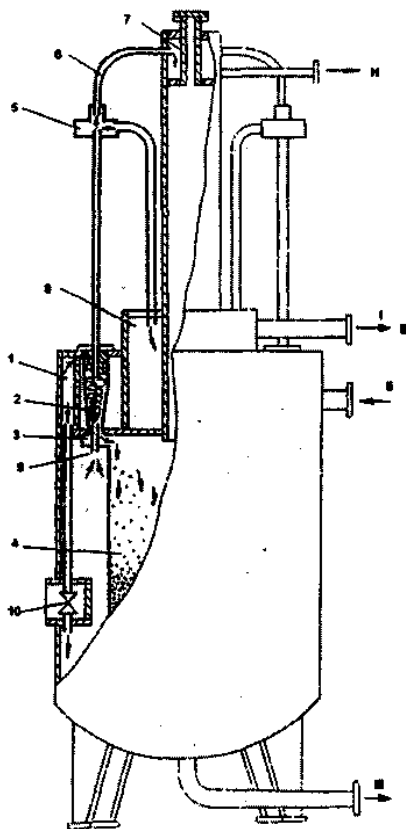
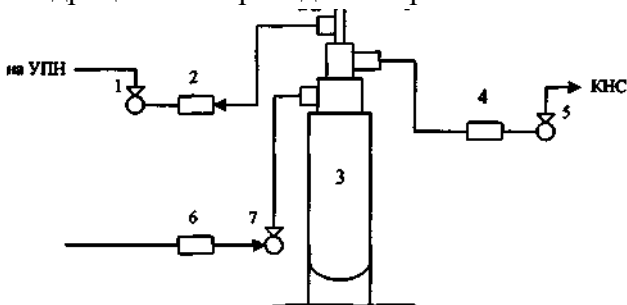


Рисунок 7.7 - Мультигідроциклон НУР – 3500

Технологічна схема очистки води з використанням мультигідроциклона приведена на рис.7.8.



1,5,7 - відцентрові насоси; 2,4,6 - буферні ємності;
3 - мультигідроциклон

Рисунок 7.8 - Принципова технологічна схема очистки стічної води з використанням мультигідроциклона

7.4 Обладнання системи підтримання пластового тиску

Основними об'єктами системи підтримання пластового тиску є численні насосні станції, основними з яких є кушові насосні станції, які здійснюють безпосередню закачку води в нагнітальні свердловини під високим тиском. Кількість кушових насосних станцій та їх розміщення на території нафтового родовища залежить від його розмірів, числа нагнітальних свердловин та об'ємів закачки.

Сучасні насосні станції споруджуються індустріальним способом, тобто являються блочними кушовими насосними станціями (БКНС). Технологічні схеми БКНС розраховані на одночасну сумісну або роздільну закачку прісної та пластової стічної води під тиском 10-18 МПа. Конструктивно окремі блоки являють собою металічну основу, на якій монтується

комплекс технологічного обладнання. Основними блоками являються насосний блок (НБ); блок низьковольтної апаратури та управління (БА); блок дренажних насосів (БД); блок напірної гребінки (БГ).

В залежності від типу БКНС вони можуть комплектуватись 1-4 окремими насосними блоками, основним обладнанням яких є відцентрові насоси типу ЦНС-180 або ЦНС-500. Кожен такий блок це окрема індивідуальна насосна установка (рис.7.9) з власним допоміжним обладнанням та системою управління.

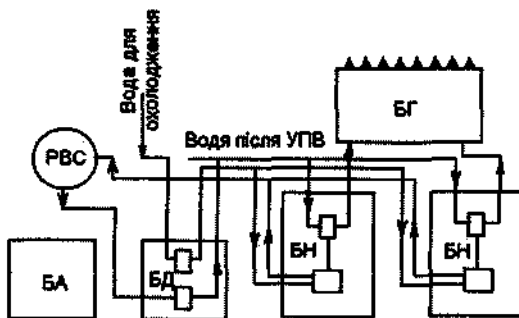


Рисунок 7.9 –Технологічна схема блочної кущової насосної станції

Це дозволяє легко нарощувати сумарну подачу БКНС за рахунок установки додаткового блоку або його відключення і наступне застосування в інших системах ППТ.

Контрольні питання

- 1 Сформулюйте основні вимоги до якості води, яка використовується в системі ППТ.
- 2 Які переваги використання пластової мінералізованої (дренажної) води перед прісною?
- 3 Поясніть, який може бути допустимий вміст домішок в

воді, яка нагнітається в пласт?

4 Дайте характеристику основним джерелам постачання прісної води для промислових потреб.

5 Поясніть принципову схему водоочисної станції підготовки прісної води.

6 Який принцип роботи резервуара – відстійника підготовки дренажної води?

7 Дайте загальну характеристику обладнання, яке використовується в системі підтримання пластового тиску.