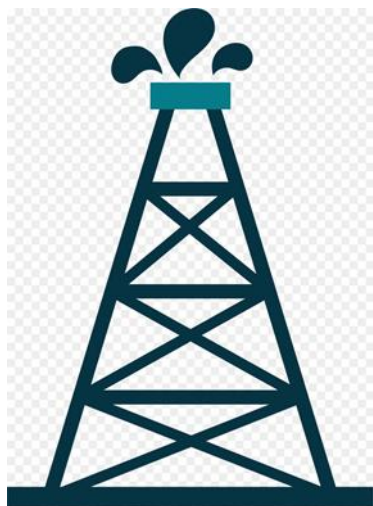


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**



МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання курсового проєкту
з навчальної дисципліни

«ТЕХНОЛОГІЯ ВИДОБУВАННЯ НАФТИ»

*(для здобувачів 3 курсу першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної форми навчання зі спеціальності 185 – Нафтогазова інженерія
та технології)*

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2025**

Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту з навчальної дисципліни «Технологія видобування нафти» (для здобувачів 3 курсу першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 185 – Нафтогазова інженерія та технології) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : В. М. Орловський, І. О. Худяков, К. М. Палеева. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 44 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. В. М. Орловський,
канд. техн. наук, асист. І. О. Худяков,
ст. викл. К. М. Палеева

Рецензент

В. С. Білецький, доктор технічних наук, професор, професор кафедри видобування нафти, газу і газоконденсату НТУ «ХП»

Рекомендовано кафедрою нафтогазової інженерії і технологій, протокол № 1 від 30.08.2024.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	4
Вступ	5
1 Загальні положення	6
2 Реферат	7
3 Рекомендації до виконання курсового проєкту	8
4 Рекомендації щодо оформлення курсового проєкту	13
4.1 Титульний аркуш.....	13
4.2 Завдання на курсовий проєкт.....	13
4.3 Зміст.....	13
4.4 Основна частина.....	13
4.5 Основні висновки.....	13
4.6 Перелік літературних джерел.....	14
4.7 Загальні вимоги до оформлення курсового проєкту.....	14
4.8 Вимоги до викладу тексту.....	15
4.9 Оформлення таблиць.....	15
4.10 Оформлення рисунка.....	15
4.11 Формули та рівняння.....	16
4.12 Посилання.....	16
4.13 Одиниці фізичних величин.....	16
5 Перелік креслень до курсового проєкту	17
6 Захист курсового проєкту та його оцінювання.....	18
Список рекомендованих джерел	19
Додатки	21

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АСПВ – асфальтосмолистопарафінові відкладення

ВНЗ – водонафтова зона

ВНК – водонафтовий контакт

ВНФ – водонафтовий фактор

ГДС – геофізичні дослідження свердловин

ГДДС – гідродинамічні дослідження пластів і свердловин

НКТ – насосно-компресорні труби

ШГН – штанговий насос

ШСНУ – штангова свердловинна насосна установка

ВСТУП

Методичні рекомендації встановлюють регламентування вимог, структуру та правила оформлення курсових проєктів із дисципліни «Технологія видобування нафти», що виконуються студентами, які навчаються за профілем «Нафтогазова інженерія та технології».

Метою методичних рекомендацій є формування у студентів комплексу знань з питань розробки курсових проєктів та інших навчальних і наукових робіт.

Завдання методичних рекомендацій – навчити студентів викладати і оформлювати курсові проєкти, технічну документацію та інші завдання згідно з вимогами відповідних стандартів.

Ці методичні рекомендації можуть бути корисними при виконанні суміжних курсових проєктів (робіт) та магістерських робіт за фахом «Нафтогазова інженерія та технології».

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Метою курсового проєкту (далі – КП) є закріплення знань, отриманих студентами в процесі навчання з цього предмета, навчитися користуватися технічною літературою, проєктними документами, таблицями, фактичним матеріалом нафтогазовидобувних організацій.

Основним завданням курсового проєкту є підготовка студентів до виконання кваліфікаційної дипломної роботи.

Курсовий проєкт складається із *пояснювальної записки* з розрахунками і *графічної частини*. Пояснювальна записка складається з двох основних частин – *геологічної* і *технологічної*.

Виклад пояснювальної записки має бути технічно грамотним, чітким і стислим та будуватися на фактичному матеріалі. Графічна частина виконується в комп'ютерному виконанні у *форматі А4 або А3*.

Основні вимоги до оформлення пояснювальної записки наведено в розділі 4.

Порядок оформлення КП такий:

1. Титульний аркуш.
2. Завдання для виконання курсового проєкту.
3. Реферат (*повинен розміщуватися на одному аркуші*).
4. Зміст.
5. Вступ.
6. Геологічна частина.
7. Технологічна частина.
8. Техніка безпеки та протипожежні заходи.
9. Загальні висновки.
10. Список джерел.

2 РЕФЕРАТ

Курсовий проєкт містить ... с., ... табл., ... рис.

Ключові слова: пласт, свердловина, нафтовіддача, поклад, обводненість, проникність, пластовий тиск, нафтонасиченість.

У методичних рекомендаціях розглянуто геолого-промисловий матеріал за темою «Проектування режимних параметрів роботи свердловини».

Розглянуто характеристики сучасного обладнання насосних свердловин: обладнання гирла, схеми і принцип роботи та характеристики штангового насосного устаткування.

На підставі розрахунків параметрів роботи свердловини – технологічних, гідравліко-технологічних, механіко-технологічних для штангової насосної установки проведено проектування режимних параметрів роботи свердловини.

Виконано розрахунки *(вказати які і для чого)*.

З РЕКОМЕНДАЦІЙ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Курсовий проєкт складається з розрахунково-пояснювальної записки і графічної частини у вигляді кінематичних схем обладнання, що застосовується.

Розрахунково-пояснювальна записка

Вступ

Це вступна частина курсового проєкту. Найважливіше завдання запровадження аргументованого обґрунтування актуальності (ступеня важливості) обраної теми курсового проєкту. Обґрунтування актуальності має бути повним. Необхідно обґрунтовано показати головну суть проблемної ситуації в нафтовидобувному виробництві.

У вступі потрібно зазначити, який математичний апарат та які методики розрахунків застосовані в курсовому проєкті.

Відомо, що родовище може складатися з одного або кількох покладів. Геологічна будова покладів може мати ту чи іншу складність, тому родовище зазвичай ділять на кілька об'єктів розробки (експлуатаційних об'єктів). У зв'язку з цим курсовий проєкт може виконуватися за одним або декількома об'єктами. Це право вибору студента за погодженням із керівником курсового проєкту.

Інформацію, за яким об'єктом родовища буде виконано тему курсового проєкту, потрібно розмістити у вступі.

1 Геологічна частина

Містить такі пункти:

1.1 Загальні відомості про родовище

Вказується географічне та адміністративне положення родовища, найближчі населені пункти, залізничні станції, автомобільні дороги і відстані до них. Характеризуються природно-кліматичні умови. Долучається *оглядова*

карта-схема розташування проєктованого і оточуючих його родовищ.

1.2 Стратиграфія

Проводиться літолого-стратиграфічний опис усього розрізу відкладень по цьому родовищу – від кристалічного фундаменту до сучасних утворень, із наведенням товщини і складу пластів.

1.3 Тектоніка

Висвітлюються тектонічні особливості окремої структури: її тип, протяжність, крутизна крил, тектонічні порушення, виклинювання тощо.

1.4 Нафтогазоводоносність

На початку розділу наводяться всі пласти, які були розкриті при бурінні свердловин на родовищі. *Характеризується і описується лише розглянутий пласт по нафті, газу й воді.*

1.5 Колекторські властивості пласта

На початку розділу колекторські властивості вивчаються за керном, геофізичними дослідженнями свердловин (далі – ГДС) та гідродинамічними дослідженнями пластів і свердловин (далі – ГДДС).

Розділ включає характеристики колекторських властивостей порід, їх мінливість по розрізу і площі покладу (поруватість, проникність) – за даними аналізу зразків керну, матеріалами ГДС і даними гідродинамічних досліджень пластів і свердловин. Наводяться дані щодо кількості визначень і надійності отриманих даних, середні величини показників колекторських властивостей і прийняті значення для проєктування. За наявності додаються таблиці (дод. Д).

Характеризується неоднорідність пласта. Наводяться коефіцієнти піскуватості та розчленованості (вибірково табл. дод. Д).

1.6 Фізико-хімічні властивості нафти, газу і води

На початку розділу вивчаються дані досліджень глибинних і поверхневих проб.

Наводяться короткі відомості про кількість глибинних і поверхневих проб нафти, газу і води, відібраних зі свердловин на різних ділянках покладу і

використаних для визначення властивостей і складу пластових флюїдів.

Як результат аналізу нафти, наводяться дані про тиск насичення, газовмісність, об'ємний коефіцієнт, в'язкість нафти тощо.

За результатами аналізу проб визначається також вміст у нафті парафіну, асфальтенів, смол, сірки.

Оскільки одночасно з нафтою видобувається газ, то наводиться його компонентний склад – як вуглеводнів (метан, етан, пропан) так і неуглеводнів (N_2 , CO_2 , H_2S тощо), густина газу за повітрям. Крім нафти і газу, продуктивні пласти містять пластову воду. Наводиться її густина, кількість солей з метою її сумісності з водою, що закачується в пласт при використанні заводнення пластів.

Бажано навести таблиці хімічних аналізів нафти, газу і води по пласту, що аналізується (дод. Д).

Висновки (до геологічної частини)

У висновках повинні бути зібрані всі геологічні відомості про пласт, що аналізується:

- на початку: вказати місце розташування родовища;
- тип нафтового покладу: пластовий, масивний, з наявністю газової шапки, великої чи малої наявності водонафтових зон, тектонічно-екранований тощо;
- літологічний склад покладу: теригенний, складений в основному з пісків, пісковиків, і карбонатний, що складається із щільних непроникних порід, таких як вапняки, доломіт;
- типи порід-колекторів: поровий, кавернозний, тріщинуватий і різне їх поєднання;
- колекторські властивості пластів: найбільш важливими є поруватість, проникність, нафтонасиченість;
- фізико-хімічні властивості нафти, газу, води.

Важливими характеристиками є такі: в'язкість нафти, на яку витрачається основна частина енергії при русі рідин по пласту, наявність парафіну,

асфальтенів, смол, що осаджуються у привибійній зоні, на обладнанні і трубопроводах, які мають загальну назву асфальтосмолистопарафінові відкладення (далі – АСПВ).

2 Технологічна частина

2.1 Характеристика застосовуваного обладнання

У розділі дається характеристика сучасного обладнання насосних свердловин; наземного обладнання (обладнання гирла, схема і принцип роботи та характеристика штангового насосного устаткування); підземного обладнання (НКТ, насосних штанг, штангових свердловинних насосів).

2.2 Проєктування режимних параметрів роботи свердловини

2.2.1. Розрахунок технологічних параметрів роботи свердловини

У цьому підрозділі проводиться розрахунок технологічних параметрів роботи свердловини на основі матеріалів геологічної частини та вихідних даних (дод. Е).

2.2.2. Гідравліко-технологічні розрахунки параметрів роботи свердловини

У цьому підрозділі проводиться розрахунок гідравліко-технологічних параметрів роботи свердловини та механіко-технологічних розрахунків штангової насосної установки (дод. Ж, И).

Висновки (до другого розділу)

У висновках наводиться коротка інформація про сучасне обладнання насосних свердловин.

Подається інформація щодо проєктування режимних параметрів роботи свердловини та результати технологічних, гідравліко-технологічних, механіко-технологічних (для штангової насосної установки) розрахунків параметрів роботи свердловини.

3 Техніка безпеки та протипожежні заходи

3.1 Техніка безпеки при експлуатації свердловин штанговими насосами

У цьому розділі необхідно передбачити основні заходи з техніки безпеки при експлуатації свердловин штанговими насосами. У розділі наводяться короткі характеристики об'єктів з точки зору безпеки для людини, а також заходи, що забезпечують безпечні умови праці персоналу та безпеку людини при надзвичайних ситуаціях (орієнтовний обсяг розділу – 2–3 сторінки).

3.2 Протипожежні заходи

У цьому розділі необхідно передбачити основні протипожежні заходи при експлуатації нафтових свердловин. У розділі наводяться короткі характеристики об'єктів з точки зору протипожежної безпеки (орієнтовний обсяг розділу – 2–3 сторінки).

Висновки (до третього розділу)

У висновках наводиться коротка інформація про сучасну систему техніки безпеки при експлуатації свердловин штанговими насосами та протипожежні заходи на нафтових свердловинах.

Загальні висновки

Рекомендується на двох-трьох аркушах у вигляді тез охарактеризувати всі розділи курсового проєкту. Особливу увагу варто приділити результатам аналізу, виконаним розрахункам, проєктним рішенням, тобто другому розділу з його висновками та рекомендаціями.

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Пояснювальна записка (далі – ПЗ) курсового проєкту повинна включати:

- титульний аркуш;
- завдання на курсовий проєкт;
- зміст;
- основну частину;
- висновки;
- перелік посилань на джерела.

4.1 Титульний аркуш

Титульний аркуш оформляється на бланку формату А4 і заповнюється комп'ютерним набором (або чорною тушшю) креслярським шрифтом.

4.2 Завдання на курсовий проєкт

Завдання на курсовий проєкт оформляється на бланку, виданому керівником курсового проєкту, чітким розбірливим почерком.

4.3 Зміст

Зміст курсового проєкту виконується на окремому аркуші і розташовується після завдання.

Напис «Зміст» розміщують посередині сторінки з великої літери.

У змісті повинні бути вказані порядкові номери і назви розділів, із зазначенням номера аркуша, на якому вони наведені.

4.4 Основна частина

Зміст розрахунково-пояснювальної записки курсового проєкту повинен відповідати виданому завданню.

4.5 Основні висновки

Рекомендується на двох-трьох аркушах у вигляді тез охарактеризувати всі розділи курсового проєкту. Особливу увагу потрібно приділити результатам аналізу, виконаним розрахункам, проєктним рішенням, тобто другому розділу з його висновками та рекомендаціями.

4.6 Перелік літературних джерел

Список повинен містити перелік джерел, використаних при виконанні курсового проєкту, на які є посилання в ПЗ.

Список використаних джерел розпочинають із нового аркуша заголовком зверху посередині рядка «Перелік використаних джерел».

Відомості про джерело потрібно подавати відповідно до вимог стандарту ДСТУ 7.1:2006 Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання [2].

4.7 Загальні вимоги до оформлення курсового проєкту

4.7.1. ПЗ повинна бути надрукована на принтері чорним кольором на білому папері формату А4 (210 мм × 297 мм) з рамкою. Рядки тексту не повинні виходити за рамку.

Кожну частину необхідно починати з нового аркуша. Назви частин потрібно розташовувати посередині рядка і виділяти основним креслярським шрифтом (прописними буквами), з єдиною для всіх заголовків висотою букв і цифр.

Назви розділів і підрозділів потрібно починати з абзацного відступу і друкувати з великої літери.

Не допускається розміщувати назви розділів на окремих аркушах, підкреслювати і ставити в кінці назви крапку.

Кожен пункт тексту або закінчену думку необхідно записувати з абзацу.

Неохайно оформлений проєкт повертається автору без перевірки!

4.7.2. Пояснювальна записка до курсового проєкту повинна мати м'яку палітурку (з паперу більш щільного, ніж аркуші ПЗ).

На палітурці креслярським шрифтом вказують скорочену назву спеціальності, дві останні цифри залікової книжки, групу, ім'я та прізвище студента, рік виконання проєкту.

Не допускається скріплювати аркуші ПЗ за допомогою швидкозшивачів, тасьми тощо. Частини скріплюючих елементів (скоби, нитки), які виступають на зовнішню поверхню обкладинки, повинні бути акуратно заклеєні смужкою паперу кольору обкладинки.

4.8 Вимоги до викладу тексту

Текст записки повинен бути стислим, точним, не допускати різних тлумачень, логічно послідовним, необхідним і достатнім для повноти викладу змісту. У тексті не допускається:

- вживати звороти розмовної мови, техніцизми та практицизми;
- вживати для пояснення одного поняття різні науково-технічні терміни;
- вживати скорочення слів, окрім встановлених правилами української орфографії та чинними стандартами (с. – сторінка; р. – рік; рр. – роки; мін. – мінімальний; макс. – максимальний; абс. – абсолютний; відн. – відносний та ін.).

Текст поділяється на розділи і підрозділи згідно зі змістом курсового проекту і повинен мати заголовки. Переноси слів у заголовках неприпустимі, а крапка в кінці не ставиться.

Нумерація аркушів – наскрізна. Першим є титульний аркуш, другим – завдання. Вони не нумеруються.

4.9 Оформлення таблиць

Кожна таблиця повинна мати назву та номер. Найменування «Таблиця» та її номер пишуться зліва над таблицею, у цьому ж рядку – її назва через тире. Назва таблиці повинна відображати її зміст. При перенесенні частини таблиці на іншу сторінку її назву розміщують лише над першою частиною, а над іншими пишуть: «Продовження таблиці» або «Закінчення таблиці», якщо сторінок більше двох, із зазначенням її номера. Нумерують таблиці арабськими цифрами за розділами. На всі таблиці ПЗ повинні бути посилання в тексті. При посиланні пишуть слово «Таблиця» і зазначають її номер.

4.10 Оформлення рисунка

Рисунки (графіки, розрахункові та технологічні схеми) розміщують у тексті ПЗ безпосередньо після тексту, в якому про них згадується вперше, або на наступному аркуші.

Рисунки виконуються на комп'ютері (або олівцем) на аркушах ПЗ.

Нумерація рисунків здійснюється арабськими цифрами за розділами. Внизу під рисунком пишуть слово «Рисунок», проставляють його номер та

назву, наприклад: «Рисунок 1.1 – Структурна карта продуктивних горизонтів родовища».

4.11 Формули та рівняння

Для написання розрахункових формул потрібно використовувати символи, прийняті в курсі «Технологія видобування нафти». Пояснення символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули, потрібно навести безпосередньо під нею. Пояснення подаються в тій же послідовності, у якій символи подані у формулі. У формулу значення величин потрібно підставляти без одиниць вимірювання і в такій послідовності, у якій подані відповідні символи.

Нумерація формул здійснюється арабськими цифрами за розділами. Номер формули записується в круглих дужках праворуч, на її рівні.

4.12 Посилання

У тексті ПЗ подають посилання на текст ПЗ і використані джерела. При посиланні на текст ПЗ зазначають номер розділу, підрозділу, пункту, формули, рисунка, таблиці. При посиланні потрібно писати: «... відповідно до розділу 1.1» або «... згідно з розділом 1.1» тощо.

При посиланні на джерело в тексті ПЗ потрібно вказати його порядковий номер за списком джерел і виділити двома квадратними дужками, наприклад: «... відповідно до [1]».

4.13 Одиниці фізичних величин

У тексті ПЗ потрібно використовувати лише стандартизовані одиниці фізичних величин, їх назви і позначення відповідно до ДСТУ 3651.0.

5 ПЕРЕЛІК КРЕСЛЕНЬ ДО КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Графічні додатки

Як графічні додатки до розрахунково-пояснювальної записки додаються:

- структурна карта продуктивних горизонтів родовища;
- геологічний профіль родовища (за розрізом свердловини);
- схема обладнання гирла свердловини;
- схема штангової свердловинної насосної установки;
- схеми свердловинних штангових насосів.

Додатки розміщують на аркуші формату А3 або А4.

6 ЗАХИСТ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ ТА ЙОГО ОЦІНЮВАННЯ

Захист курсового проєкту відбувається при комісії у складі не менше двох викладачів при безпосередній участі керівника проєкту і в присутності студентів групи. Під час захисту проєкту студент робить коротку доповідь про виконану ним роботу (5–10 хв) і відповідає на запитання членів комісії.

Курсовий проєкт оцінюється в балах рейтингової системи за поданою нижче схемою:

1. Виконання допущеного до захисту курсового проєкту в повному обсязі та без помилок – 50 балів.
2. Акуратність оформлення курсового проєкту – 10 балів.
3. Відповіді на всі запитання під час захисту курсового проєкту – 40 балів.

Максимально можлива кількість балів за виконання та захист курсового проєкту – 100.

Таблиця 6.1 – Національна та ECTS-шкала оцінювання курсового проєкту

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проєкту (роботи), практики	для заліку
90–100	A	відмінно	зараховано
82–89	B	добре	
74–81	C		
64–73	D	задовільно	
60–63	E		
35–59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0–34	F	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

Якщо студент отримав незадовільну оцінку, видається нове завдання для виконання нового курсового проєкту.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технологія видобування, зберігання і транспортування нафти і газу : навч. посіб. / О. І. Акульшин, О. О. Акульшин, В. С. Бойко та ін. – Івано-Франківськ : Факел, 2003. – 434 с.
2. Бібліографічний опис документів відповідно до ДСТУ ГОСТ 7.1:2006, запровадженого в дію в Україні 01.07.2007 : метод. рек. / Наук. б-ка Харків. нац. ун-ту міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : В. О. Статкус, Н. Б. Давидова. – 5-те вид., перероб. і допов. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 28 с.
3. Білецький В. С. Основи нафтогазової інженерії : підручник / В. С. Білецький, В. М. Орловський, В. Г. Вітрик. – Полтава : ТОВ АСМІ, 2018. – 415 с.
4. Бойко В. С. Розробка та експлуатація нафтових родовищ / В. С. Бойко. – Київ : Міжнародна економічна фундація, 2008. – 488 с.
5. Бойко В. С. Тлумачно-термінологічний словник-довідник з нафти і газу / В. С. Бойко, Р. В. Бойко. – Київ : Міжнародна економічна фундація, 2006. – Т. 1. – 560 с; Т. 2 – 800 с.
6. Довідник з нафтогазової справи / За ред. В. С. Бойко, Р. М. Кондрата, Р. С. Яремійчука. – Львів, 1996. – 620 с.
7. Технологія видобування нафти : навч. посіб. / В. М. Орловський, В. С. Білецький, В. Г. Вітрик, В. І. Сіренко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, НТУ «ХП», ТОВ НТП «Бурова техніка». – Львів : Новий Світ – 2000, 2022. – 308 с.
8. Орловський В. М. Технологія розробки нафтових родовищ : навч. посіб. / В. М. Орловський, В. С. Білецький, В. Г. Вітрик. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, НТУ «ХП», Полтава : ТОВ Техсервіс, 2020. – 243 с.
9. Правила безпеки у нафтогазодобувній промисловості України : ДНАОП 11.1-1.20-03 : затв. Держнаглядохоронпраці України : чинний від 19-12-2003. – Київ, 2003. – 14 с.

10. Суярко В. Г. Загальна та нафтогазова геологія : навч. посіб. / В. Г. Суярко, О. О. Сердюкова, В. В. Сухов. – Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2013. – 212 с. – Існує електрон. версія. (Режим доступу: <https://karazinbook.com/sites/default/files/books/suyarko.pdf>, вільний).

11. Видобування нафти і газу : конспект лекцій / Я. Я. Якимечко, С. О. Овецький, Я. М. Фем'як, В. Р. Возний. – Івано-Франківськ, 2018. – 180 с.

ДОДАТОК А

Зразок оформлення титульної сторінки курсового проєкту

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

Кафедра нафтогазової інженерії і технологій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до курсового проєкту

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

з дисципліни

«ТЕХНОЛОГІЯ ВИДОБУВАННЯ НАФТИ»

Виконав: студент 3 курсу,
група НІТ 2021-1
спеціальність 185 – Нафтогазова інженерія та технології

(прізвище та ініціали)

№ залікової книжки _____

Перевірив: _____
(прізвище та ініціали)

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2025**

ДОДАТОК Б

Зразок завдання зі збору інформації для курсового проєкту

ЗАВДАННЯ № ____

зі збору інформації для курсового проєкту
з дисципліни «Технологія видобування нафти»

Для студента _____
по родовищу _____
свердловина _____

Курсовий проєкт складається з трьох частин: геологічної, технологічної і техніки безпеки та протипожежних заходів.

1 ГЕОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Включає такі пункти:

- 1.1 Загальні відомості про родовище
- 1.2 Стратиграфія
- 1.3 Тектоніка
- 1.4 Нафтогазоводоносність
- 1.5 Колекторські властивості пласта
- 1.6 Фізико-хімічні властивості нафти, газу і води

Ці дані брати в проєктних документах «Технологічна схема», «Проект розробки» та ін.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Для виконання курсового проєкту потрібні такі дані:

- 2.1 Характеристика застосовуваного обладнання.
- 2.2 Режимні параметри роботи свердловини.

3 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ПРОТИПОЖЕЖНІ ЗАХОДИ

- 3.1 Техніка безпеки при експлуатації свердловин штанговими насосами.
- 3.2 Протипожежні заходи.

ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ

1. Структурна карта продуктивних горизонтів родовища.
2. Геологічний профіль родовища (по розрізу свердловини).
3. Схема обладнання гирла свердловини.
4. Схема штангової свердловинної насосної установки.
5. Схема свердловинних штангових насосів.

ДОДАТОК В

Зразок реферату курсового проєкту

Реферат

Прізвище та ініціали студента _____

Назва роботи _____

Спеціальність (шифр і назва) _____

Місто, рік _____

С. _____ таблиць _____ рисунків _____ графічних креслень _____

Ключові слова (заголовними літерами) _____

Мета роботи _____

Основний зміст _____

Практичне значення роботи полягає _____

ДОДАТОК Г

Зразок оформлення змісту курсового проєкту

ЗМІСТ

Вступ	
Розділ 1 Геологічна частина	
1.1 Загальні відомості про родовище	
1.2 Стратиграфія	
1.3 Тектоніка	
1.4 Нафтогазоводоносність	
1.5 Колекторські властивості пласта	
1.6 Фізико-хімічні властивості нафти, газу і води	
Висновки	
Розділ 2 Технологічна частина	
2.1 Характеристика застосовуваного обладнання	
2.2 Проєктування режимних параметрів роботи свердловини	
2.2.1 Розрахунок технологічних параметрів	
2.2.2 Гідравліко-технологічні розрахунки	
2.2.3 Механіко-технологічні розрахунки штангової насосної установки	
Висновки	
Розділ 3 Техніка безпеки та протипожежні заходи	
3.1 Техніка безпеки при експлуатації свердловин штанговими насосами	
3.2 Протипожежні заходи	
Висновки	
Загальні висновки	
Графічні додатки	

ДОДАТОК Д

Шаблони таблиць вихідних даних для геологічної частини

Таблиця Д.1 – Товщина пластів _____

№ з/п	Товщина	Найменування	Зони пласта		По пласту в цілому
			нафтова	водонафтова	
1	Загальна	Середньозважені значення, м. Коефіцієнт варіації. Інтервал змінювання, м			
2	Нафтонасичена	Середньозважені значення, м. Коефіцієнт варіації. Інтервал змінювання, м			
3	Ефективна	Середньозважені значення, м. Коефіцієнт варіації. Інтервал змінювання, м			

Таблиця Д.2 – Статистичні показники характеристик неоднорідності горизонту

Пласт	Коефіцієнт піскуватості, K_p		Коефіцієнт розчленованості, K_r	
	Середнє значення	Коефіцієнт варіації	Середнє значення	Коефіцієнт варіації

Таблиця Д.3 – Характеристика колекторських властивостей

Показники	Параметри	Проникність, мкм^2	Поруваність, %	Початкова нафтонасиченість, %
За даними дослідження керну	Кількість свердловин			
	Кількість визначень			
	Середнє значення			
	Коефіцієнт варіації			
	Інтервал змінювання			
За геофізичними дослідженнями	Кількість свердловин			
	Кількість визначень			
	Середнє значення			
	Коефіцієнт варіації			
	Інтервал змінювання			
За гідро-динамічними дослідженнями	Кількість свердловин			
	Кількість визначень			
	Середнє значення			
	Коефіцієнт варіації			
	Інтервал змінювання			
Прийняті значення				

Таблиці фізико-хімічних властивостей пластової і розгазованої нафти

Таблиця Д.4 – Компонентний склад нафтового газу, розгазованої і пластової нафти, % (мольні)

Найменування	Газ, що виділився з нафти при одноразовому розгазовуванні в стандартних умовах	Нафта, розгазована одноразово в стандартних умовах	Пластова нафта
1 Сірководень			
2 Вуглекислий газ			
3 Азот + рідкісні			
4 Метан			
5 Етан			
6 Пропан			
7 Изобутан			
8 Н-бутан			
9 Изопентан			
10 Н-пентан			
11 Залишок (C ₆ + вищі)			
12 Залишок (C ₇ + вищі)			
13 Густина при стандартних умовах нафти, г/см ³ газу, г/л			

Обов'язково!

Таблиця Д.5 – Геолого-фізична характеристика продуктивного пласта

Параметри	Одиниці виміру	Значення
1	2	3
Середня глибина залягання	м	
Тип покладу		
Тип колектора		
Площа нафтогазоносності	тис. м ²	
Середня загальна товщина	м	
Середня нафтонасичена товщина	м	

Поруватість		%	
Проникність	За керном	мкм ²	
	За гідродослідженнями	мкм ²	
Початкова нафтонасиченість	частки од.		
Початкова водонасиченість	частки од.		
Коефіцієнт пісчанистості	частки од.		
Коефіцієнт розчленованості	частки од.		
Коефіцієнт витіснення	частки од.		

Продовження таблиці Д.5

1	2	3
Коефіцієнт варіації проникності	частки од.	
Тип змочуваності породи		
Початкова пластова температура	°С	
Початковий пластовий тиск	МПа	
В'язкість нафти в пластових умовах	мПа·с	
Густина нафти в пластових умовах	т/м ³	
Густина нафти в поверхневих умовах	т/м ³	
Абсолютна відмітка ВНК	м	
Об'ємний коефіцієнт нафти	частки од.	
Вміст сірки в нафті		
Вміст смол селікагенових у нафті	%	
Вміст асфальтенів у нафті	%	
Вміст парафіну в нафті	%	
Температура випадіння АСПВ	°С	
Тиск насичення нафти	МПа	
Газовміст нафти	м ³ /т	
В'язкість води в пластових умовах	мПа·с	
Густина води в пластових умовах	т/м ³	
Мінералізація пластової води	г/л	
Початкові балансові запаси нафти	млн т	
Початкові видобувні запаси нафти	млн т	
Коефіцієнт нафтовилучення	частки од.	
Схема розміщення свердловин (5-точкова, 7-точкова, лінійна, шахова)		

ДОДАТОК Е

Приклад розрахунку технологічних параметрів роботи свердловини

Таблиця Е.1 – Вихідні дані

Параметри	Одиниці виміру	Показники
Глибина свердловини (H)	м	2 642
Діаметр експлуатаційної колони (D)	м	0,154
Пластовий тиск ($P_{пл}$)	МПа	22,0
Тиск насичення нафти газом (P_n)	МПа	5,0
Густина дегазованої нафти (ρ_n)	кг/м ³	832,0
Густина пластової води (ρ_v)	кг/м ³	1 130,0
Прогнозований дебіт рідини (Q_p)	т/добу	20,0
Обводненість продукції (n_v)		0,2
Динамічний рівень рідини (h_d)	м	1 260
Занурення насоса під динамічний рівень рідини (h)	м	30
Середній газовий фактор (G_0)	м ³ /м ³	$108,16 \cdot 0,832 = 90,0$
В'язкість дегазованої нафти ($\mu_{нд}$)	Па·с	$4,63 \cdot 10^{-3}$
Густина газу (ρ_r)	кг/м ³	0,768
Пластова температура ($T_{пл}$)	К	$75 + 273 = 348$
Густина повітря при нормальних умовах (ρ_n)	кг/м ³	1,293
Температура нейтрального шару ($T_{нш}$)	К	280
Глибина нейтрального шару ($L_{нш}$)	м	20
Температура при стандартних умовах ($T_{ст}$)	К	293
Температура при нормальних умовах (T_0)	К	273
Атмосферний тиск (P_0)	МПа	0,1
Коефіцієнт пружності (модуль Юнга) ($E_{пр}$)	Па	$2 \cdot 10^{11}$

Вибір обладнання та режиму роботи свердловини проводимо за допомогою діаграм А. Н. Адоніна:

1. Визначаємо густину рідини, кг/м³:

$$\rho_p = \rho_n \cdot (1 - n_v) + \rho_v \cdot n_v = 832 \cdot (1 - 0,20) + 1130 \cdot 0,2 = 891,6 \text{ кг/м}^3.$$

2. Визначаємо коефіцієнт продуктивності свердловини:

$$K = \frac{Q_p}{P_{пл} - [\rho_p \cdot g \cdot (H - h_d) \cdot 10^{-6}]} \text{ т/добу} \cdot \text{МПа},$$

$$K = \frac{20,0}{22,0 - [832,0 \cdot (1 - 0,2) + 1130 \cdot 0,2] \cdot 9,81 \cdot (2642 - 1260) 10^{-6}} = 2,018 \text{ т/добу}.$$

3. Визначаємо глибину спуску насоса:

$$L = H - \frac{P_{пл} \cdot 10^6 - \frac{Q_p \cdot 10^6}{K}}{\rho_p \cdot g} + h = 2642 - \frac{22 \cdot 10^6 - \frac{20}{2,018} \cdot 10^6}{891,6 \cdot 9,81} + 30 = 1290 \text{ м}.$$

4. При заданому проєктному дебіті рідини 20 т/добу і глибині підвіски

насоса 1 290 м за діаграмою Адоніна вибираємо насос діаметром 32 мм. Нормальна робота глибинного насоса забезпечується при коефіцієнті подачі насоса $\alpha_n = 0,6$, тому вибираємо верстат-качалку типу 5СК-6-1,5-1600 з максимальною довжиною ходу полірованого штока 1,5 м.

$$S = 1,5 \text{ м}; \quad d_{\text{пл}} = 0,032 \text{ м}; \quad \alpha_n = 0,6; \quad n = 15.$$

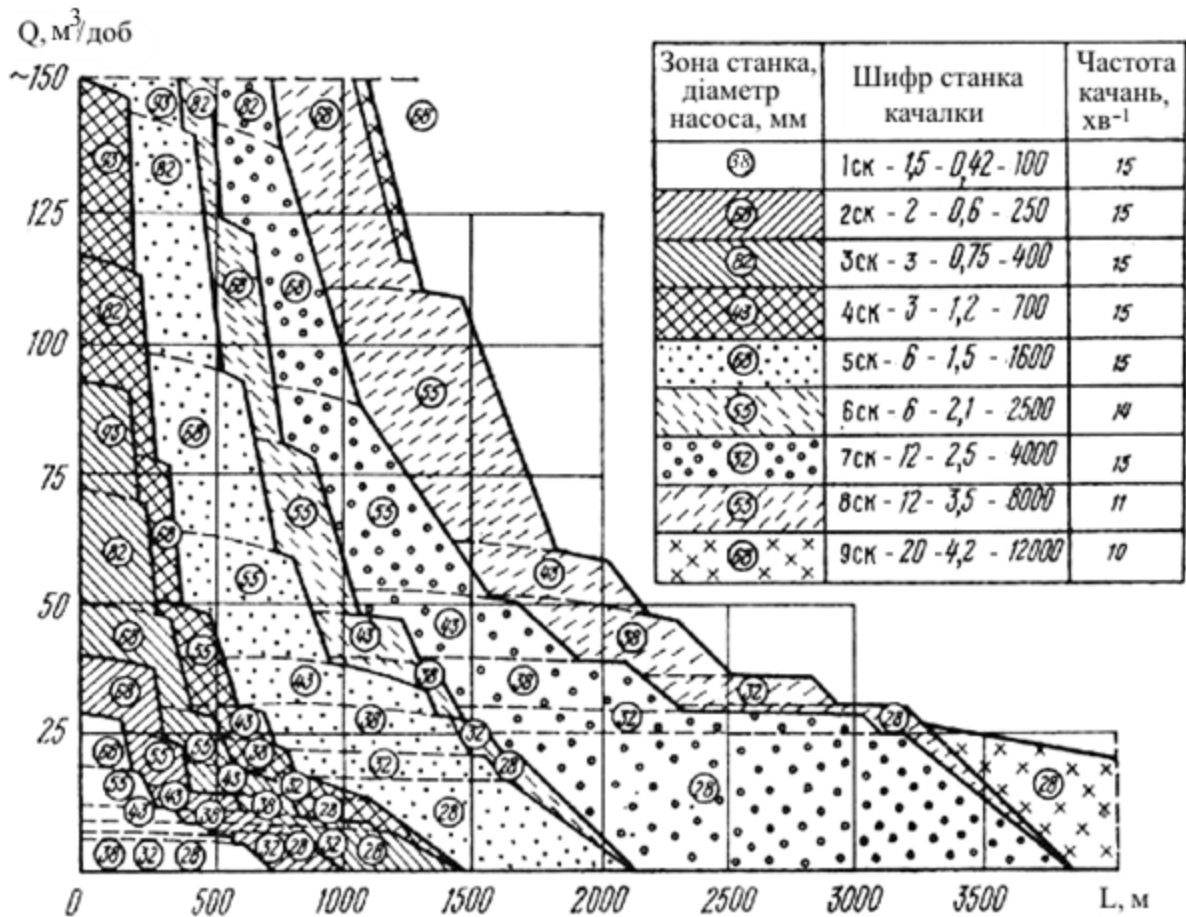


Рисунок Е.1 – Діаграма А. Н. Адоніна для вибору обладнання штангової насосної установки при використанні базових моделей СК

Примітка. Суцільні ламані лінії вказують межі зон застосування верстата-гойдалки одного типу, а пунктирні – межі областей у цих зонах; кожній зоні області відповідає насос (плунжер) певного діаметра (на діаграмі показаний цифрою в кружку).

5. Динамічність роботи установки характеризується критерієм Коші:

$$\psi = \frac{\pi \cdot n \cdot L}{30 \cdot a} = \frac{3,14 \cdot 15 \cdot 1290}{30 \cdot 5300} = 0,382,$$

де ψ – критерій Коші;

a – швидкість розповсюдження звуку в колоні штанг $a = 5\,300 \text{ м/с}$.

6. Уточнене число качань визначаємо з умови забезпечення відкачування рідини:

$$n = \frac{Q_T}{1440 \cdot F \cdot S},$$

де Q_T – теоретична подача насоса, т/добу;

F – площа поперечного перерізу плунжера насоса, м²;

$$Q_T = 1440 \cdot F \cdot S \cdot n = 1440 \cdot \frac{\pi \cdot d_{пл}^2}{4} \cdot S \cdot n = 1440 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,032^2}{4} \cdot 1,5 \cdot 15 = 26,05 \text{ т/добу.}$$

$$F = 8,04 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$$n_\phi = \frac{n \cdot Q_p}{Q_T} = \frac{15 \cdot 20}{26,05} = 11,6.$$

Приймаємо 12 ходів за хвилину, $n_\phi = 12$.

Для заданої глибини спуску насоса приймаємо вставний насос типу НВ1Б-32-30-15, для якого потрібні НКТ діаметром 60 мм.

Приймаємо двоступеневу колону штанг $\varnothing 22$ мм та $\varnothing 19$ мм.

$$d_{шт1} = 0,022 \text{ м}; L_1 = 0,31 \cdot L = 0,31 \cdot 1290 = 400 \text{ м};$$

$$d_{шт2} = 0,019 \text{ м}; L_2 = 0,69 \cdot L = 0,69 \cdot 1290 = 890 \text{ м}.$$

ДОДАТОК Ж

Приклад гідравліко-технологічних розрахунків параметрів роботи свердловини

1. Густина рідини на прийомі насоса приймемо, як середню густина рідини у свердловині, умовно прийнявши незмінною густина води по стовбуру свердловини:

$$\rho_{\text{пр}} = \frac{[\rho_{\text{н}} \cdot (1 - n_{\text{в}}) + \rho_{\text{в}} \cdot n_{\text{в}}] + [\rho_{\text{пл}} \cdot (1 - n_{\text{в}}) + \rho_{\text{в}} \cdot n_{\text{в}}]}{2}, \text{ кг/м}^3.$$

2. Спочатку визначимо густина нафти при пластових умовах:

$$\rho_{\text{пл}} = \frac{1}{\beta} \cdot (\rho_{\text{н}} + \rho_{\text{г}} \cdot G_0),$$

де $\beta = 1 + 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot G_0$;

β – об’ємний коефіцієнт нафти, $\beta = 1 + 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot 90 = 1,274$;

$$\rho_{\text{пл}} = 1/1,274 \cdot (832 + 0,768 \cdot 90) = 707,04 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{пр}} = \frac{[832 \cdot (1 - 0,2) + 1130 \cdot 0,2] + [707,04 \cdot (1 - 0,2) + 1130 \cdot 0,2]}{2} = 841,61 \text{ кг/м}^3.$$

3. Знайдемо тиск на прийомі насоса за формулою І. Т. Міщенко:

$$P_{\text{пр}} = 0,5 \cdot 10^6 + 0,3 \cdot P_{\text{н}} \cdot (1 - n_{\text{в}}) = 0,5 \cdot 10^6 + 0,3 \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,2) = 1,7 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

4. Знайдемо відносну густина газу:

$$\rho_{\text{ГВ}} = \frac{\rho_{\text{г}}}{\rho_{\text{н}}} = \frac{0,768}{1,293} = 0,594.$$

5. Розраховуємо температурний градієнт потоку $W_{\text{п}}$, попередньо визначивши середній градієнт W і дебіт Q в м³/с:

$$W = \frac{T_{\text{пл}} - T_{\text{нш}}}{H - L_{\text{нш}}} = \frac{348 - 280}{2642 - 20} = 0,028 \text{ К/м};$$

$$Q = \frac{Q_{\text{р}} \cdot 1000}{86400 \cdot \rho_{\text{пр}}} = \frac{20 \cdot 1000}{86400 \cdot 841,61} = 27,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$W_{\text{п}} = \frac{0,0034 + 0,79 \cdot W}{\frac{Q}{10^{20 \cdot D^{2,67}}}} = \frac{0,0034 + 0,79 \cdot 0,028}{\frac{27,5 \cdot 10^{-5}}{10^{20 \cdot 0,154^{2,67}}}} = 0,0254.$$

6. Температура на гирлі свердловини

$$T_{\text{г}} = T_{\text{пл}} - W_{\text{п}} \cdot H = 348 - 0,0254 \cdot 2642 = 280,89 \text{ К}.$$

7. Розраховуємо псевдокритичні параметри – тиск і температуру:

$$P_{\text{ср.кр}} = 4,892 - 0,4048 \cdot \rho_{\text{ГВ}} = 4,892 - 0,4048 \cdot 0,594 = 4,65;$$

$$T_{\text{ср.кр}} = 94,717 + 170,8 \rho_{\text{ГВ}} = 94,717 + 170,8 \cdot 0,594 = 196,17.$$

8. Приведений тиск

$$P_{\text{прив}} = \frac{P_{\text{пр}}}{P_{\text{ср.кр}}} = \frac{1,7}{4,65} = 0,366.$$

9. Температура на глибині спуску насоса

$$T_{Ln} = T_{\text{пл}} - W_{\text{п}} \cdot L = 348 - 0,0254 \cdot 1290 = 315,23 \text{ К.}$$

10. Приведена температура

$$T_{\text{прив}} = \frac{T_{Ln}}{T_{\text{ср.кр}}} = \frac{315,23}{196,17} = 1,607.$$

11. Коефіцієнт розчинності газу в нафті

$$\alpha_{\text{н}} = \frac{G_0}{P_{\text{н}} \cdot 10^6} = \frac{90}{5 \cdot 10^6} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{м}^3 \cdot \text{Па.}$$

12. Газонасиченість при тиску на прийомі насоса

$$G'_0 = G_0 \cdot \left(\frac{P_{\text{пр}} - P_0}{P_{\text{н}} - P_0} \right)^{0,5} \text{ м}^3/\text{м}^3, \text{ якщо } P_{\text{пр}} < P_{\text{н}},$$

$$G'_0 = 90 \cdot \left(\frac{1,7 - 0,1}{5 - 0,1} \right)^{0,5} = 51,43 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

13. Об'ємний коефіцієнт нафти та рідини при тиску на прийомі насоса

$$\beta_{\text{н}} = 1 + 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot G'_0 = 1 + 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot 51,43 = 1,157;$$

$$\beta_{\text{р}} = \beta_{\text{н}}(1 - n_{\text{в}}) + n_{\text{в}} = 1,157 \cdot (1 - 0,2) + 0,2 = 1,125.$$

14. Об'ємна витрата рідини при тиску $P_{\text{пр}}$

$$Q_{\text{рпр}} = Q \cdot \beta_{\text{р}} = 27,5 \cdot 10^{-5} \cdot 1,125 = 30,95 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с.}$$

15. Коефіцієнт надстисливості газу при $P_{\text{пр}}$ і T_{Ln}

$$Z = (0,4 \cdot \log T_{\text{прив}} + 0,73)^{P_{\text{прив}}} + 0,1 \cdot P_{\text{прив}} = (0,4 \cdot \log 1,607 + 0,73)^{0,366} + 0,1 \cdot 0,366 = 0,963.$$

16. Об'ємна витрата вільного газу в свердловині при $P_{\text{пр}}$ і T_{Ln} , зведених до нормальних умов,

$$V_{\text{г}} = (G_0 - G'_0) \frac{Z \cdot T_{Ln} \cdot P_0}{T_0 \cdot P_{\text{пр}}} \cdot Q \cdot (1 - n_{\text{в}}),$$

$$V_{\text{г}} = (90 - 51,43) \cdot \frac{0,963 \cdot 315,23 \cdot 0,1}{273 \cdot 1,7} \cdot 27,5 \cdot 10^{-5} \cdot (1 - 0,2) = 55,52 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с.}$$

17. Газове число

$$R_{\Gamma} = \frac{V_{\Gamma}}{Q_{\text{рпр}}} = \frac{55,52 \cdot 10^{-5}}{30,95 \cdot 10^{-5}} = 1,8 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

18. Коефіцієнт сепарації вільного газу при режимі нульової витрати рідини

$$\sigma_0 = 1 - \left(\frac{d_3}{D}\right)^2 = 1 - \left(\frac{0,0498}{0,154}\right)^2 = 0,89,$$

де d_3 – зовнішній діаметр насоса, м.

19. Відносна швидкість газових пухирців (зумовлена дією архімедової сили)

$$W_{\text{арх}} = 0,02 \text{ м/с, якщо } n_{\text{в}} < 0,5; \quad W_{\text{арх}} = 0,17 \text{ м/с, якщо } n_{\text{в}} > 0,5.$$

Приймаємо: $W_{\text{арх}} = 0,02 \text{ м/с}$.

20. Коефіцієнт сепарації на прийомі штангового насоса

$$\sigma_{\text{шт}} = \frac{\sigma_0}{1 + 1,05 \cdot \frac{Q_{\text{рпр}}}{W_{\text{арх}} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}}} = \frac{0,89}{1 + 1,05 \cdot \frac{30,95 \cdot 10^{-5}}{0,02 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,154^2}{4}}} = 0,475.$$

21. Трубне газове число

$$R_{1\Gamma} = R_{\Gamma} \cdot (1 - \sigma_{\text{шт}}) = 1,8 \cdot (1 - 0,475) = 0,945 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

22. Максимальна швидкість газорідинної суміші

$$V_{\text{max}} = \frac{4 \cdot (Q_{\text{рпр}} + V_{\Gamma})}{\pi \cdot d_{\text{вкл}}^2} = \frac{4 \cdot (30,95 + 55,52) \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 0,02^2} = 2,754 \text{ м/с};$$

$d_{\text{вкл}}$ – діаметр отвору сидла клапана, $d_{\text{вкл}} = 0,02 \text{ м}$.

23. Кінематична в'язкість рідини

$$\gamma_{\text{р}} = \frac{\mu_{\text{нд}}}{\rho_{\text{р}}} = \frac{4,63 \cdot 10^{-3}}{891,6} = 5,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

24. Число Рейнольдса

$$Re_{\text{кл}} = \frac{V_{\text{max}} \cdot d_{\text{вкл}}}{\gamma_{\text{р}}} = \frac{2,754 \cdot 0,02}{4,63 \cdot 10^{-6}} = 11\,896,32.$$

25. Залежно від числа Рейнольдса за графіком шукаємо коефіцієнт витрати для клапана:

$$\mu_{\text{кл}} = 0,4.$$

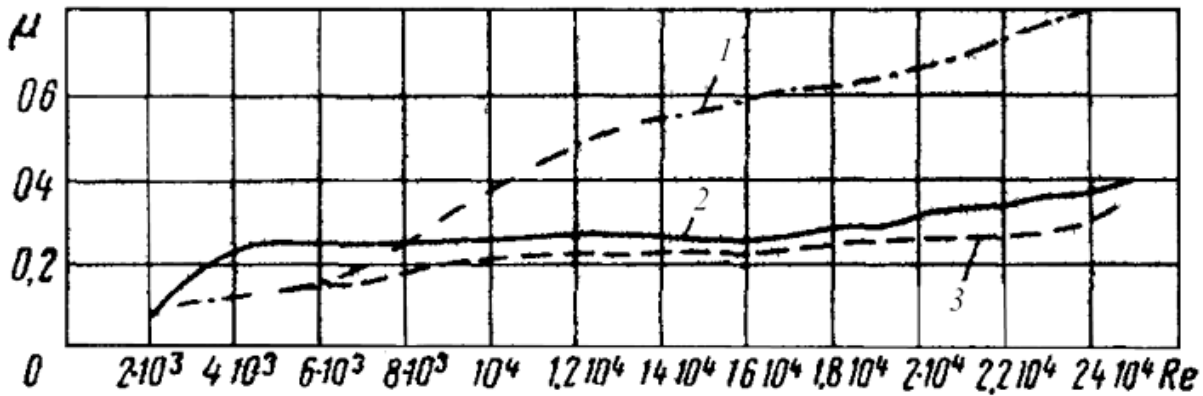


Рисунок Ж.1 – Графік для визначення коефіцієнта витрати для різних клапанів штангових насосів:

- 1 – клапани заводу Д.; 2 – клапани нормального виконання відкритого типу;
3 – клапани нормального виконання закритого типу

26. Перепад тиску в клапані штангового насоса визначаємо за формулою:

$$\Delta P_{\text{кл}} = \frac{V_{\text{max}}^2}{2 \cdot \mu_{\text{кл}}^2} \cdot \rho_p = \frac{2,754^2}{2 \cdot 0,4^2} \cdot 891,6 = 21\,132 \text{ Па.}$$

27. Тиск в циліндрі насоса при всмоктуванні

$$P_{\text{цв}} = P_{\text{пр}} - \Delta P_{\text{кл}} = 1,7 \cdot 10^6 - 21\,132 = 1,678\,8 \cdot 10^6 \text{ Па,}$$

де $P_{\text{пр}}$ – тиск на прийомі насоса;

$\Delta P_{\text{кл}}$ – втрати тиску у всмоктувальному клапані.

28. Знаходимо трубне газове число, приведене до нормальних умов:

$$R_{1\Gamma'} = R_{1\Gamma} \cdot \frac{T_0 \cdot P_{\text{пр}}}{Z \cdot P_0 \cdot T_{\text{ЛН}}} = 0,945 \cdot \frac{273 \cdot 1,8}{0,963 \cdot 0,1 \cdot 315,23} = 15,3 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

29. Визначаємо новий тиск насичення нафти газом з урахуванням сепарації, який відповідає трубному газовому числу:

$$P_{\text{Н'}} = R_{1\Gamma'} / \alpha_{\text{Н}} = 15,3 / 1,8 \cdot 10^{-5} = 8,5 \cdot 10^5 \text{ Па,}$$

де $\alpha_{\text{Н}}$ – коефіцієнт розчинності газу в нафті, $\text{м}^3/\text{м}^3 \cdot \text{Па}$.

30. Визначаємо газонасиченість при тиску на гирлі свердловини, прийнявши тиск на гирлі $P_{\Gamma} = 10^5 \text{ Па}$:

$$G_{\text{огир}} = \alpha_{\text{Н}} \cdot P_{\Gamma} = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 10^5 = 1,8 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

31. Визначаємо газонасиченість при новому тиску насичення нафти газом:

$$G_{\text{оРН'}} = \alpha_{\text{Н}} \cdot P_{\text{Н'}} = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 8,5 \cdot 10^5 = 15,3 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

32. Знаходимо тиск розвантаження за формулою Щурова (ккд газу $\eta = 0,45$):

$$P_{\text{роз}} = 0,45 \cdot \left(G_0 - \frac{G_{\text{орн}} + G_{\text{огир}}}{2} \right) \cdot P_0 \cdot 10^6 \cdot (1 - n_{\text{в}}) \cdot \ln \frac{P_{\text{н}}}{P_{\text{г}}},$$

$$P_{\text{роз}} = 0,45 \cdot \left(90 - \frac{15,3+1,8}{2} \right) \cdot 0,1 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,2) \cdot \ln \frac{8,5 \cdot 10^5}{10^5} = 6,275 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

33. Гідравлічні втрати на тертя ΔP при русі рідини в трубах визначаємо за формулою Дарсі – Вейсбаха.

Коефіцієнт гідравлічних опорів є функцією числа Рейнольдса:

$$V = \frac{d_{\text{пл}}^2 - d_{\text{шт}}^2}{d_{\text{нктв}}^2 - d_{\text{шт}}^2} \cdot \frac{S \cdot n_{\text{ф}}}{60} = \frac{0,032^2 - 0,022^2}{0,05^2 - 0,022^2} \cdot \frac{1,5 \cdot 12}{60} = 80,36 \cdot 10^{-3},$$

де $d_{\text{нктв}}$ – внутрішній діаметр НКТ;

V – швидкість руху рідини у трубах при русі плунжера ввєрх;

$$R_e = \frac{V \cdot d_{\text{нктв}}}{\gamma_p} = \frac{80,36 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05}{5,2 \cdot 10^{-6}} = 772,66.$$

При $0 < R_e < 2320$ – ламінарний режим руху рідини.

Коефіцієнт гідравлічного опору визначаємо за формулою Стокса:

$$\lambda = \frac{64}{R_e} = \frac{64}{772,66} = 0,083.$$

Гідравлічні втрати на тертя при русі рідини:

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{V^2 \cdot L \cdot \rho_p}{2 \cdot d_{\text{нктв}}} = 0,083 \cdot \frac{0,08036^2 \cdot 1290 \cdot 891,6}{2 \cdot 0,05} = 6152,17 \text{ Па.}$$

34. Тоді тиск у трубах над плунжером буде становити:

$$P_{\text{т}} = \rho_p \cdot g \cdot L + P_{\text{г}} + \Delta P - P_{\text{роз}} = 891,6 \cdot 9,81 \cdot 1290 + 10^5 + 6152,17 - 6,275 \cdot 10^6 = 5,114 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

35. Об'ємна витрата витікання рідини через зазор плунжерної пари $q_{\text{в}}$:

– зазор між плунжером і циліндром $\delta = 22,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}$;

– відносний ексцентриситет $c_e = 0,5$ м;

– довжина плунжера $L_{\text{пл}} = 1,2 \text{ м}$;

$$q_{\text{в}} = (1 + 1,5 \cdot c_e^2) \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{пл}} \cdot \delta^3 \cdot (P_{\text{т}} - P_{\text{цв}})}{12 \cdot \gamma_p \cdot \rho_p \cdot L_{\text{пл}}},$$

$$q_{\text{в}} = (1 + 1,5 \cdot 0,5^2) \cdot \frac{3,14 \cdot 0,032^2 \cdot (22,5 \cdot 10^{-6})^3 \cdot (5,114 \cdot 10^6 - 1,6788 \cdot 10^6)}{12 \cdot 5,2 \cdot 10^{-6} \cdot 891,6 \cdot 1,2} = 0,26 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{с.}$$

36. Коефіцієнт витікання рідини

$$l_{\text{в}} = \frac{q_{\text{в}}}{2Q_{\text{р,цв}}} = \frac{0,26 \cdot 10^{-8}}{2 \cdot 30,95 \cdot 10^{-5}} = 4,186 \cdot 10^{-6}.$$

37. Коефіцієнт наповнення насоса:

$$\alpha_{\text{нап}} = \frac{1 - \kappa \cdot R_{1r}}{1 + R_{1r}} - l_{\text{в}} = \frac{1 - 0,15 \cdot 0,945}{1 + 0,945} - 4,186 \cdot 10^{-6} = 0,441,$$

де $\kappa = 0,15$ – коефіцієнт, який характеризує частку шкідливого простору в насосі.

38. Коефіцієнт усадки рідини $\alpha_{\text{ус}} = 1/\beta_{\text{р}} = 1/1,125 = 0,889$.

ДОДАТОК И

Приклад механіко-технологічних розрахунків штангової насосної установки

Для визначення коефіцієнта деформації штанг і труб треба спочатку визначити статичні навантаження.

1. Статичні навантаження під час руху вверх:

$$P_{\text{ств}} = P_{\text{шт1}} + P_{\text{рід}},$$

де $P_{\text{шт1}}$ – навантаження, зумовлені вагою штанг у рідині;

$P_{\text{рід}}$ – навантаження, зумовлені вагою стовпа рідини;

$$P_{\text{шт1}} = P_{\text{шт}} \cdot K_{\text{арх}},$$

де $P_{\text{шт}}$ – вага штанг у повітрі;

$K_{\text{арх}}$ – коефіцієнт плавучості штанг;

$\rho_{\text{шт}} = 7850 \text{ кг/м}^3$ – густина матеріалу, з якого виготовлені насосні штанги.

$$K_{\text{арх}} = 1 - \frac{\rho_{\text{р}}}{\rho_{\text{шт}}} = 1 - \frac{891,6}{7850} = 0,886,$$

де $\rho_{\text{р}}$ – густина рідини.

$$P_{\text{шт}} = (L_1 \cdot q_1) + (L_2 \cdot q_2) = (890 \cdot 23,5) + (400 \cdot 31,4) = 3,347 \cdot 10^4 \text{ Н},$$

q – вага 1 м штанг з муфтою заданого діаметра, Н;

$$L_{\text{шт1}} = L_1 = 400 \text{ м}; \quad q_1 = 31,4 \text{ Н};$$

$$L_{\text{шт2}} = L_2 = 890 \text{ м}; \quad q_2 = 23,5 \text{ Н}.$$

$$P_{\text{шт1}} = P_{\text{шт}} \cdot K_{\text{арх}} = 3,347 \cdot 10^4 \cdot 0,886 = 2,966 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

Розраховуємо навантаження стовпа рідини:

$$P_{\text{р}} = F \cdot (P_{\text{т}} - P_{\text{цв}}) = 8,04 \cdot 10^{-4} \cdot (5,114 - 1,6788) \cdot 10^6 = 2,762 \cdot 10^3 \text{ Н};$$

$$P_{\text{ств}} = P_{\text{шт1}} + P_{\text{рід}} = 2,966 \cdot 10^4 + 2,762 \cdot 10^3 = 3,242 \cdot 10^4 \text{ Н};$$

$$F = \frac{\pi \cdot d_{\text{пл}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,032^2}{4} = 8,04 \cdot 10^{-4}.$$

2. Знаходимо коефіцієнти деформації штанг і труб.

Спочатку розрахуємо площу поперечного перерізу штанг:

$$d_{\text{шт1}} = 0,022 \text{ м}, \quad d_{\text{шт2}} = 0,019 \text{ м},$$

$$f_{шт1} = \frac{\pi \cdot d_{шт1}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,022^2}{4} = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2,$$

$$f_{шт2} = \frac{\pi \cdot d_{шт2}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,019^2}{4} = 2,83 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2,$$

$$f_{шт} = f_{шт1} + f_{шт2} = (3,8 + 2,83) \cdot 10^{-4} = 6,63 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Пружна деформація штанг і труб зумовлена гідростатичним навантаженням і визначається законом Гука.

Пружна деформація штанг

$$\lambda_{ш} = \frac{P_p}{E_{пр}} \cdot \left(\frac{L_1}{f_{шт1}} + \frac{L_2}{f_{шт2}} \right) = \frac{2762}{2 \cdot 10^{11}} \cdot \left(\frac{400}{3,8 \cdot 10^{-4}} + \frac{890}{2,83 \cdot 10^{-4}} \right) = 0,058 \text{ м.}$$

Пружна деформація труб

$$\lambda_{т} = \frac{P_p \cdot L}{E_{пр}} \cdot \frac{1}{f_{ш}},$$

де $f_{т}$ – площа поперечного перерізу (по металу) труб, м^2 ,

$$f_{т} = \frac{\pi \cdot (d_{нкт3}^2 - d_{нктв}^2)}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,06^2 - 0,05^2)}{4} = 0,863 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

$$\lambda_{т} = \frac{P_p \cdot L}{E_{пр}} \cdot \frac{1}{f_{ш}} = \frac{2762 \cdot 1290}{2 \cdot 10^{11}} \cdot \frac{1}{0,863 \cdot 10^{-3}} = 0,02 \text{ м,}$$

$$\lambda = \lambda_{ш} + \lambda_{т} = 0,058 + 0,02 = 0,078 \text{ м.}$$

Дійсну довжину плунжера обчислюємо за формулою

$$S_{пл} = S - \lambda = 1,5 - 0,078 = 1,422 \text{ м.}$$

Коефіцієнт деформації штанг і труб

$$\alpha_d = S_{пл} / S = 1,422 / 1,5 = 0,948.$$

3. Знаходимо коефіцієнт подачі штангової насосної установки:

$$\alpha_{п} = \alpha_d \cdot \alpha_{нап} \cdot \alpha_{ус} = 0,948 \cdot 0,441 \cdot 0,889 = 0,372.$$

ДОДАТОК К

Приклади оформлення використаних джерел

Основні вимоги

1. Після прізвища та ініціалів автора ставиться кома та пробіл, а також пробіл між складовими ініціалів: В. М. Мельник, Ю. І. Фещенко.
2. Усі елементи в описі пишуться з прописної літери.
3. Після заголовка вид матеріалу пишуть у квадратних дужках без пропусків і без скорочення: [Електрон. ресурс].
4. У квадратних дужках пишуть запозичення з інших джерел або за даними аналізу матеріалу.
5. Прізвище першого автора при описі одного автора повторюють в області відповідальності (за скісною рисою), при описі двох і трьох авторів прізвище першого автора пишуть перед заголовком, а після скісної риски пишуть усіх авторів.
6. За наявності більше трьох авторів у сфері відповідальності (за скісною рисою) пишуть лише першого автора (за бажанням можна писати всіх авторів) та ін.: [та ін.].
7. У дисертації та авторефераті в області відповідальності пишуть повністю прізвище, ім'я та по батькові.
8. У патентних документах у сфері відповідальності, на відміну від інших документів, пишуть спочатку прізвище, а потім ініціали.
9. Знаки ; та : розділяють пробілами з обох боків.
10. Реєстраційний номер книги (ISBN) пишуть, якщо він є.
11. Відсутні пробіли в нумерації сторінок: 8–10.
12. У кінці опису ставиться крапка.

Приклади

Монографії

Один автор

Голікова Т. В. Державне управління територіальним економічним розвитком: теорія і практика : монографія / Т. В. Голікова ; Нац. акад. держ. упр. при Президентові України. – Київ : НАДУ, 2007. – 294 с.

Два або три автори

Фещенко Ю. І. Менеджмент у фтизіатрії / Ю. І. Фещенко, В. М. Мельник, А. В. Лірник. – Київ : Здоров'я, 2007. – 680 с. – ISBN 978-966-463-001-3.

Чотири і більше авторів

Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Круглороті (Cyclostomata). Риби (Pisces) / В. Л. Булахов, Р. О. Новіцький, О. Є. Пахомов, О. О. Христов ; Дніпропетров. нац. ун-т ім. Олеся Гончара. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2009. – 303 с.

Багатотомне видання

Вибрані наукові праці академіка В. І. Вернадського : у 10 т. / НАН України. – Т. 7 : Праці з геології та радіології. – Київ : 2012. – 668 с.

Перекладні видання

Сміт Г. Дорогоцінне каміння : пер. з англ. / Г. Сміт. – Київ : 2014. – 558 с.

Довідники

Готуючись до захисту дисертації. Медичні науки : довідник / [упоряд. Ю. І. Цеков] ; ред. Ю. Б. Чайковський. – Київ : Бюл. Вищ. атестац. коміс. України : Толока, 2005. – 112 с.

Словники

Міжнародні фінанси : термінол. слов. / С. Я. Єлецьких, С. Є. Борисова, Ю. О. Гетьманенко, О. В. Свідрак ; Донбас. держ. машинобудів. акад. – Краматорськ : ДДМА, 2007. – 63 с.

Стандарти

Матеріали металеві. Випробування на розтяг. Частина 5. Метод випробування за підвищених температур (EN 10002-5:1991, IDT) : ДСТУ EN 10002-5:2006. – [На заміну ДСТУ 4130–2002 ; чинний від 2007–07–01]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2008. – IV, 22 с.

Збірники наукових праць

Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України, 2012. – Вип. 5. – 280 с.

Складники книги

Нестеровський В. А. Керченські мандри В. І. Вернадського : у двох томах / В. А. Нестеровський, М. А. Деяк // Мінералогічна спадщина В. І. Вернадського. – Київ : 2012. – Т. 5. – С. 824–826.

Складники збірника

Хоронжий А. Соціальний контроль в умовах ринкових відносин / А. Хоронжий ; за ред. З. Г. Ватаманюка // Трансформація економічної системи в Україні : зб. наук. праць. – Львів, 2000. – С. 382–384.

Складник журналу

Хтема А. В. Часові параметри водонафтогазоносних осадових товщ за результатами створення і застосування реперного геохронографа. Ст. II / А. В. Хтема, В. М. Хтема // Геоінформатика. – 2016. – № 3 (59). – С. 5–13.

Тези доповідей

Збірник тез доповідей Третьої міжнародної науково-практичної конференції «Маркетинг інновацій і інновації у маркетингу», 1–3 жовт. 2009 р. – Суми : Мрія-1, 2009. – 281 с.

Наукові звіти

Вивчити діагностичні можливості шатл-тесту і лазерної агрегометрії у хворих із хронічним легенеvim серцем : звіт про НДР (закл.) 1.05.03 / Інститут фтизіатрії і пульмонології ім. Ф. Г. Яновського АМН України ; керівн. В. М. Петренко ; викон. : В. К. Гаврисюк [та ін.]. – Київ, 2005. – 51 с. – Інв. № 0205U006924.

Електронний ресурс

Електронний каталог ХДНБ ім. В. Г. Короленка [Електрон. ресурс] / Харків. держ. наук. б-ка ім. В. Г. Короленка : сайт. – Електрон. текст. дані. – Харків, 1991 –. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <http://korolenko.kharkov.com/cgi-bin/wcatalog/irbisLNG=uk&C21COM=F&I21DBN>, вільний (дата звернення: 29.03.2024). – Назва з титул. екрана.

ДОДАТОК Л

Зразок оформлення кутового штампу

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова				
Навчально-науковий інститут будівельної та цивільної інженерії				
Кафедра нафтогазової інженерії і технологій				
Курсовий проєкт				
Тема «Проектування режимних параметрів роботи свердловини Прилуцького нафтового родовища»				
Керівник	<i>підпис</i>	Орловський В. М.	Рисунок 1	2025
Студент	<i>підпис</i>	Швець Н. С.		

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації
до виконання курсового проєкту
з навчальної дисципліни

«ТЕХНОЛОГІЯ ВИДОБУВАННЯ НАФТИ»

*(для здобувачів 3 курсу першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної форми навчання зі спеціальності 185 – Нафтогазова інженерія
та технології)*

Укладачі: **ОРЛОВСЬКИЙ** Віталій Миколайович,
ХУДЯКОВ Ілля Олександрович,
ПАЛЕЄВА Катерина Миколаївна

Відповідальний за випуск *О. В. Ромашко*
Редактор *О. А. Норик*
Комп'ютерне верстання *В. М. Орловський*

План 2025, поз. 269М

Підп. до друку 20.02.2025. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 2,6.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Чорноглазівська (Маршала Бажанова), 17, Харків, 61002.
Електронна адреса office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.