

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Косенок Сергей Михайлович
Должность: ректор
Дата подписания: 15.06.2026 11:07:42
Уникальный программный ключ:
e3a68f3eaa1e62674b54f4998099d3d6bfdcf836

Оценочные материалы для промежуточной аттестации по дисциплине

Нефтегазовое дело

Код, направление подготовки	01.03.02 Прикладная математика и информатика
Направленность (профиль)	Технологии программирования и анализ данных
Форма обучения	Очная
Кафедра-разработчик	Прикладной математики
Выпускающая кафедра	Прикладной математики

Типовые задания для контрольной работы

Перед проведением зачёта проводится контрольная работа с целью контроля усвоения обучающимися знаний лекционного курса, умений и навыков, приобретенных в ходе практических занятий, развивающие профессиональные способности в соответствии с требованиями квалификационной характеристики специалиста.

Контрольная работа – основной вид самостоятельной межсессионной работы, выполняемый очно или дистанционно. Проводится в виде комплекта практических заданий (выбранного варианта из 10 задач), рецензируемых преподавателем. Результат оценивается «зачтено / не зачтено».

Язык и технологии выполнения контрольной работы. Допускаются языки программирования Python ≥ 3.9 , R ≥ 4.2 , SQL (PostgreSQL), Jupyter / VS Code. Обязательные библиотеки: pandas, numpy, scipy, matplotlib/seaborn, scikit-learn, fluids, gstools, ecl, pytables, welly. Форматы сохранения: HDF5, NetCDF, .grd, .vtk, .csv, .json. Весь код должен быть воспроизводим: requirements.txt или environment.yml прилагается.

Оформление работы. Отчёт – один PDF файл (≤ 15 страниц в электронном виде) + архив исходников. Каждая задача начинается с нового раздела: постановка (в 2–3 предложениях); методика (ключевая формула / алгоритм); код (fenced code-block, monospace 10 pt); результат (график / таблица / скриншот); вывод (≤ 5 строк).

Критерии оценки. Для получения «зачтено»: ≥ 8 из 10 задач выполнены без критических ошибок (ошибка $> 5\%$ по численному ответу или $R^2 <$ порог считается критичной). Код запускается без ошибок на Python 3.9 (Linux / Windows). Все рисунки и таблицы подписаны (текст для рисунка + единицы измерения).

Порядок защиты. Обучающийся должен показать, что код запускается и объяснить физический смысл полученного результата, а также продемонстрировать git-log с таймстемпами.

Варианты контрольной работы

Вариант 1.

1. Постройте цифровую модель проницаемости пласта J-параметрами (k , ϕ , S_w). Исходные точки: 10 ячеек с $k=50-500$ mD, $\phi=0.12-0.22$, $S_w=0.15-0.45$. Сохраните результат как HDF5 и напишите 3-строчный фрагмент Python (pandas + pytables).
2. Рассчитайте пористость пласта, если образец породы объемом 100 см^3 содержит 25 см^3 порового пространства.
3. Определите коэффициент сжимаемости нефти β_o при $45 \text{ }^\circ\text{C}$, если при давлении $15 \rightarrow 20$ МПа объём уменьшился на 2.3% .
4. Определите эффективную мощность пласта по данным каротажа, если вскрытая толщина составляет 30 м, а проницаемая часть — 18 м.
5. Для пласта $k=200$ mD, $h=8$ м, $\mu=4$ сП, сделайте ручной расчёт продуктивности по закону Дарси (Q при $\Delta P=3$ МПа).
6. Составьте материальный баланс: запас 1.2 млн т, $\rho_o=850$ кг/м³, $Vo_i=1.15$; переведите в м³ и баррели.
7. Напишите SQL-запрос к таблице WELL_TEST: выберите скважины с $Q_{liq}>50$ м³/сут и $F_w<10 \%$ за последний год.
8. Рассчитайте плотность бурового раствора, необходимую для предотвращения флюидопроявлений, если пластовое давление равно 300 атм, а глубина скважины — 3000 м.
9. Определите скорость бурения, если за 8 часов пробурено 120 метров породы.
10. Подготовьте структуру отчёта по месторождению: перечень разделов (data sources \rightarrow QC \rightarrow modelling \rightarrow results) и примерную объёмность страниц.

Вариант 2.

1. Рассчитайте дебит нефти (в м³/сут) при депрессии 50 атм, если коэффициент продуктивности скважины равен 2 м³/сут/атм.
2. По кривой PVT (экспорт из PROSPER) рассчитайте коэффициент сверхсжимаемости газа c_g при 35 МПа.
3. Оцените погрешность определения k при 8% ошибке измерения ΔP в формуле Дарси (вывести дифференциал dk/k).
4. Определите газовый фактор (GOR) по данным исследования пластовой жидкости.
5. Постройте профиль давления вдоль горизонтального участка скважины длиной 800 м при постоянном дебите 120 м³/сут; учтите трение и изменение вязкости нефти от 4 до 7 сП по длине вследствие снижения температуры. Отобразите график $\Delta P(x)$ и укажите точку, где давление падает до $P_{\min} = 5$ МПа.
6. Составьте блок-схему алгоритма «автоматического выявления неэффективных скважин» (input \rightarrow KPI \rightarrow clustering \rightarrow action).

7. Рассчитайте время прорыва воды в добывающую скважину, если вода поднимается равномерно со скоростью 1,8 м/сут, а начальное расстояние от WOC до перфорации равно 22 м. Учтите, что после достижения отметки перфорации ($h = 15$ м) критическая скорость подъёма возрастает в 2 раза. Через сколько суток произойдёт водопроявление?
8. Рассчитайте фазовую проницаемость для нефти при водонасыщенности 30%, если абсолютная проницаемость пласта — 200 мД.
9. Постройте кривую падения давления в нефтяной скважине за 6 месяцев эксплуатации.
10. Подготовьте презентацию «Digital Core: от микро-СТ до 3-D модели» (структура, рисунки, выводы).

Вариант 3.

1. Рассчитайте потери давления в нефтепроводе длиной 100 км и диаметром 500 мм при расходе 1 млн т/год.
2. Определите минимальное каротажное давление, при котором не начнётся обратная фильтрация (гравитационный градиент 0.23 бар/м).
3. Постройте ROC-кривую для модели ML-классификации «перспективный / неперспективный» пласт (данные seismic_attributes.csv).
4. Рассчитайте гидравлическое сопротивление трубопровода $L=8$ км, $D=0.3$ м, $Q=1200$ м³/сут, нефть 32 °API (использовать модель Darcy-Weisbach).
5. Определите оптимальную толщину стенки трубопровода для транспортировки газа под давлением 75 атм.
6. Рассчитайте выход бензиновой фракции (в %) при перегонке нефти с температурой кипения до 180 °C.
7. Определите количество сероводорода (в %), которое необходимо удалить из природного газа до товарного качества.
8. Постройте 3-D траекторию скважины по MD, INC, AZIM в .vtk для ParaView.
9. Рассчитайте тепловые потери в трубопроводе при транспортировке горячей нефти (80 °C) в условиях низких температур (−20 °C).
10. Сформулируйте техническое задание на «цифрового двойника» месторождения (разделы, границы, ответственные).

Вариант 4.

1. Рассчитайте тепловые потери в трубопроводе при транспортировке горячей нефти (80 °C) в условиях низких температур (−20 °C).
2. Рассчитайте давление гидроразрыва для глубины 2800 м ($\rho=2400$ кг/м³, коэффициент трещиноватости 0.8).
3. Проведите корреляционный анализ зависимости проницаемости от пористости по данным кернa.
4. Напишите код Python для расчёта корреляционной матрицы по 30 параметрам кернa и выделите 3 главных фактора (PCA).

5. Рассчитайте объём сорбента для локализации нефтяного пятна площадью 100 м².
6. Пластовое давление 28 МПа, забойное 22 МПа, коэффициент продуктивности 2 м³/(сут·МПа). Определите дебит нефти, м³/сут.
7. Пласт: $k=0,1$ мкм², $h=8$ м, $\mu_0=5$ сП, $r_e=250$ м, $r_w=0,1$ м, $\Delta P=4$ МПа. Найдите дебит по закону Дарси (м³/сут) для вертикальной скважины.
8. Модель капиллярного давления: $P_c(30\%)=0,5$ МПа, $\sigma=30$ мН/м, $\theta=0^\circ$. Найдите J-функцию при этой насыщенности.
9. Произведите сейсмическую инверсию: свернитесь с воллетом и получите Acoustic Impedance (numpy, scipy.signal).
10. Подготовьте чек-лист данных перед загрузкой в «цифровой двойник» (10 пунктов).

Типовые вопросы к зачёту

**

Задание для показателя оценивания дескрипторов: «Знает»	Вид задания
<ol style="list-style-type: none"> 1. Какие три параметра J-функции используются при построении цифровой модели проницаемости и как они связаны с капиллярным давлением? 2. Какие факторы влияют на выбор типа бурового раствора при строительстве скважины? 3. Запишите закон Дарси в дифференциальной форме для одномерного линейного потока и укажите размерность каждого параметра. 4. Как работают методы увеличения нефтеотдачи и какие из них наиболее эффективны для карбонатных коллекторов? 5. Опишите основные этапы первичной переработки нефти и их назначение. 6. Какие технологии используются для предотвращения гидратообразования в газопроводах? 7. Как интерпретируются данные сейсморазведки для поиска нефтегазовых месторождений? 8. Чем отличается коэффициент сжимаемости нефти β_0 от сверхсжимаемости газа c_g? Приведите формулы. 9. Опишите последовательность операций при переводе запасов нефти из тонн в баррели при известной плотности и объёмном коэффициенте. 10. Какой SQL-оператор позволяет отфильтровать скважины с дебитом жидкости > 50 м³/сут и обводнёностью $< 10\%$ за последний год? 11. Как рассчитывается рентабельность разработки месторождения с учетом налоговой нагрузки? 	теоретический

12. Какие типы насосов используются для добычи высоковязкой нефти и в чем их преимущества?
13. Как в Python реализовать автоматическое масштабирование признаков StandardScaler для признаков ϕ , Sw, Vsh?
14. В чём разница между R^2 и adjusted R^2 при оценке качества регрессии проницаемости?
15. Назовите метрику, используемую для ROC-кривой, и покажите, как её вычислить в sklearn.
16. Какие два метода кластеризации применимы для выявления неэффективных скважин и чем они различаются?
17. Приведите пример использования API «Роснефть-Data» для получения PVT-таблицы в формате JSON.
18. Какие меры борьбы с переобучением применимы при предсказании PI по 30 параметрам керна?
19. Как в pandas рассчитать скользящее среднее обводнённости с окном 30 суток?
20. Что такое «цифровой двойник» месторождения и какие 3 компонента его составляют?
21. Напишите уравнение состояния для сжимаемой жидкости и покажите вывод уравнения фильтрации в пористой среде.
22. Как зависит коэффициент Баттина β_g от давления и где он используется в уравнении материального баланса?
23. Покажите код на Python для расчёта давления насыщения P_b корреляцией Standing.
24. Приведите график зависимости относительной фазовой проницаемости нефти от насыщенности воды (Corey).
25. Как в модели Баклея-Левретта рассчитать скорость фронта заводнения?
26. Напишите краевые условия для задачи притока к скважине в режиме стабилизированного расхода.
27. Что такое «критическая скорость подъёма воды» и как она влияет на прорыв конуса?
28. Как в scipy.integrate.odeint решить уравнение нестационарной фильтрации в 1-D?
29. Какие PVT-эксперименты необходимы для корректного расчёта коэффициента сжимаемости нефти?
30. Напишите уравнение Дюпюи и объясните его применение для горизонтальных скважин.
31. Классифицируйте скважины по назначению и траектории; приведите по два примера каждого типа.
32. Какие параметры передаёт MWD-пакет и какая частота используется в системе mud-pulse?

33. Приведите формулу для гидростатического давления бурового раствора и покажите, как учитывается солёность.
34. Напишите код Python для парсинга WITSML-XML и извлечения bitDepth.
35. Как в matplotlib построить 3-D траекторию скважины по MD, INC, AZIM?
36. Что такое гидраты газа и в каких условиях они образуются в газопроводах?
37. Как в pandas рассчитать ECD при заданном Q, ρ , геометрии ствола и диаметре долота для скважины?
38. Приведите два критерия устойчивости стенки ствола при бурении в слоистых глинах.
39. Какие факторы влияют на коэффициент заполнения штангового глубинного насоса?
40. Напишите блок-схему алгоритма автоматического выбора плотности бурового раствора.
41. Как определяется плотность бурового раствора для предотвращения фонтанирования? Укажите формулу и параметры.
42. Напишите уравнение материального баланса для газоконденсатного месторождения с учётом ретроградной конденсации.
43. Что такое проппант и каковы его основные требования при гидроразрыве пласта?
44. Приведите код расчёта коэффициента эффективности закачки полимера через сравнение двух выборок (scipy.stats.ttest_ind).
45. Опишите принцип работы гидроразрыва пласта (ГРП) и основные компоненты закачиваемой смеси.
46. Опишите, как строится цифровой двойник заводнения: входы, выходы, частота обновления.
47. Какие параметры необходимо знать для расчёта дебита скважины по закону Дарси при радиальном притоке?
48. Напишите SQL-запрос для расчёта обводнённости по группам скважин за последний квартал.
49. В чём заключается суть газлифтной эксплуатации скважин и как рассчитывается минимальное давление газа на устье?
50. Назовите 5 компонентов цифрового двойника месторождения и укажите, кто несёт ответственность за каждый из них.

<p align="center">Задание для показателя оценивания дескрипторов: «Умеет»</p>	<p align="center">Вид задания</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Рассчитайте дебит нефти из горизонтальной скважины длиной 1000 м в трещиноватом коллекторе с проницаемостью 50 мД при перепаде давления 50 атм. 2. По данным каротажа выделите продуктивные пласты в разрезе и определите их коллекторские свойства. 3. Опишите схему размещения скважин (добывающих и нагнетательных) для месторождения с анизотропными свойствами пласта. 4. Рассчитайте объём пласта методом изохор (trap-based) по структурной карте. 5. Оцените начальную продуктивность ГРП: если после гидроразрыва при давлении 25 МПа создана трещина длиной 80 м и средней шириной 4 мм, рассчитайте прирост коэффициента продуктивности, считая проницаемость трещины 300 мД·м. 6. Определите оптимальный диаметр нефтепровода для перекачки 5 млн тонн нефти в год на расстояние 300 км. 7. Оцените объём выбросов CO₂ при сжигании природного газа объёмом в 1 млн м³ с составом: 80% CH₄, 15% C₂H₆, 5% N₂. 8. Постройте регрессию $k \sim \varphi \times Sw_{irr}$ по 50 точкам керна (R, Im). 9. Составьте материальный баланс для газоконденсатного месторождения (dry-gas + condensate). 10. Определите дебит скважины в м³/сут, если радиус скважины 0,1 м, радиус контура питания 300 м, пластовое давление 16 МПа, забойное давление 10 МПа, проницаемость пласта 150 мД, толщина пласта 12 м, вязкость нефти 5 сПз, коэффициент объемного расширения 1,2. Используйте формулу Дарси для радиального притока. 11. Смоделируйте тепловое поле ствола (Ramey) и выведите температуру на устье. 12. Рассчитайте давление затирочного фронта (P_c, P_{ore}) для бурового раствора. 13. При гидроразрыве пласта создана трещина длиной 120 м, шириной 3 мм и высотой 8 м. Рассчитайте объём закачанного проппанта (в м³), если его насыпная плотность 1600 кг/м³, а пористость трещины 35%. Учтите, что проппант занимает 70% объёма трещины. 14. В скважине на глубине 3200 м ожидается пластовое давление 35 МПа. Рассчитайте минимальную плотность бурового раствора (кг/м³), необходимую для обеспечения перепада давления 2,5 МПа 	<p>теоретический / практический</p>

(запас безопасности), учитывая градиент гидростатического давления 0,01 МПа/м.

15. Проведите A/B-тест эффективности закачки ПАВ (t-test, 2 скважины).

16. Напишите SQL-запрос: среднее обводнение по группе нагнетателей за квартал.

17. Как рассчитывают нагрузку на долото при бурении скважины в твердых песчаниках?

18. В пласте с абсолютной проницаемостью 200 мД наблюдается насыщенность: нефть — 50%, вода — 30%, газ — 20%. Относительные проницаемости: $k_{ro} = 0,6$, $k_{rw} = 0,25$, $k_{rg} = 0,15$. Определите эффективную проницаемость для нефти и воды.

19. Штанговый глубинный насос работает с коэффициентом наполнения 0,75 при газосодержании 80 м³/м³. Оцените, на сколько процентов сократится срок службы насоса по сравнению с режимом без газа, если известно, что каждый 10% роста газосодержания снижает ресурс на 15%.

20. По данным лаборатории, для нефти с содержанием парафинов 12% и температурой кипения 380 °С температура начала процесса определяется как $T_{НП} = 20 + 0,8 \cdot C_p + 0,05 \cdot T_{кип}$, где C_p - содержание парафинов (%), $T_{кип}$ - температура кипения (°С). Рассчитайте ТНП.

21. Проведите кластеризацию скважин k-means по KPI (Q, Fw, Pзаб).

22. Напишите код для расчёта коррозионной скорости по данным RFID-датчиков.

23. При газлифтной эксплуатации скважины глубиной 2000 м, диаметр НКТ — 60 мм, дебит жидкости — 50 м³/сут, плотность жидкости — 880 кг/м³. Газ подаётся на клапан на глубине 1500 м. Определите минимальное давление газа на устье (МПа), необходимое для подъёма жидкости, если газовый фактор — 150 м³/м³, а потери давления на трение — 1,2 МПа.

24. Оптимизируйте маршрут нефтеперекачки (linear programming, Python pulp).

25. Подготовьте отчёт в Jupyter-notebook: «Анализ эффективности ИИ-рекомендаций по выбору режима ППД» (включая выводы и риски).