

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**УТВЕРЖДАЮ**

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'М.В. Двойников', written over a horizontal line.

**Руководитель ОПОП ВО  
Профессор М.В. Двойников**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО  
ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ  
ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА В БУРЕНИИ**

<b>Уровень высшего образования:</b>	Подготовка кадров высшей квалификации
<b>Направление подготовки:</b>	21.06.01 Геология, разведка и разработка полезных ископаемых
<b>Направленность (профиль):</b>	Технология бурения и освоения скважин
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Нормативный срок обучения:</b>	4 года
<b>Составитель:</b>	д.т.н., профессор Двойников М.В.

Санкт-Петербург

## **ВВЕДЕНИЕ**

Самостоятельная работа по курсу «Планирование эксперимента в бурении» - один из важнейших видов обучения студента, позволяющих формировать и развивать у него профессиональные качества, творческую активность и инициативу, получать и надежно закреплять знания по предмету. Методические указания позволяют организовать и направить самостоятельную работу студента на основе рекомендаций по ее проведению.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Самостоятельная работа представляет собой вид занятий, в ходе которых студент, руководствуясь указаниями и консультациями преподавателя, самостоятельно выполняет учебные задания, приобретает и совершенствует при этом знания, умения и практические навыки. Для успешной самостоятельной работы над теоретическими разделами дисциплины необходимо наличие учебников, конспекта лекций, учебных пособий, дополняющих материалы лекций и учебников. Кроме того, рекомендуется пользоваться специальной литературой: монографиями, научными журналами и др. Самостоятельная работа может проводиться в специализированных и обычных аудиториях или читальных залах. Если подготовка к лабораторным занятиям требует обращения к дополнительной литературе, она может быть выдана студенту во время занятий из фонда кафедры или по рекомендации преподавателя взята в библиотеках вуза. Выполнение домашних заданий может осуществляться в лабораториях кафедры или в компьютерном классе.

## **СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Главными направлениями самостоятельной работы по курсу «Планирование эксперимента в бурении» являются:

- закрепление материала, полученного на лекциях и подготовка к лабораторным занятиям;
- выполнение дополнительных заданий, посвященных вопросам монтажа и эксплуатации бурового оборудования при строительстве и нефтяных и газовых скважин.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ**

Самостоятельные занятия по курсу «Основы проектирования бурового оборудования и инструмента» ведутся в трех главных направлениях:

- а) усвоение основных идей и методов, излагаемых в лекционном курсе;
- б) самостоятельная работа над основными положениями дисциплины;
- в) проверка степени познания студентами главных проблем курса.

Курс «Основы проектирования бурового инструмента и оборудования» является комплексной научно-практической дисциплиной, требующей знаний в различных областях естественных и технических наук. Для полноценного усвоения курса необходимо изучение учебных пособий и монографий, перечень которых приведен в конце настоящих указаний. Кроме того, для поиска литературы могут быть использованы специализированные базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы.

## **ВИДЫ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Рекомендуется использовать во время самостоятельной работы следующие виды учебно-методического обеспечения:

- литературные источники: учебная программа курса, методические указания к практическим занятиям, конспект лекций, учебные пособия, учебники, литературные первоисточники, фондовая литература.

Основное назначение литературных первоисточников - изучение материалов дополняющих конспект лекций, в процессе подготовки к практическим занятиям и экзамену. Работа осуществляется с рекомендованными или выбранными самостоятельно учебниками, монографиями, журналами, справочной и другой литературой. При необходимости следует обратиться за консультацией к преподавателю.

### **КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Эффективность самостоятельной работы в значительной мере зависит от организации самоконтроля и контроля со стороны преподавателя-консультанта. Цель контроля - помочь студенту методически правильно с минимальными затратами времени усвоить теоретический материал и изучить аспекты практического применения полученных знаний в области инженерной геологии.

#### **Оценочные средства для текущего контроля успеваемости**

1. Что использует гидравлический канал связи (ГКС)?
2. При ГКС импульсы давления подразделяются на какие виды?
3. Положительные импульсы давления генерируются путём чего?
4. Отрицательные импульсы давления генерируются путём чего?
5. Когда задача называется многокритериальной?
6. Дать определение критерия максимальной рейсовой скорости.
7. При использовании затупляющегося ПРИ, при постоянных режимных параметрах, механическая скорость бурения снижается. Это изменение при бурении однородной породы описывается экспонентой, какой?
8. Максимальная рейсовая скорость определится из какого соотношения?
9. Критерий оптимизации – это?
10. Какой критерий не относится к критериям качества работ?
11. При решении многокритериальных задач оптимизации может использоваться метод Парето. Что он позволяет?
12. В качестве мультипликативного критерия оптимизации, направленного для дополнительного учета материалоемкости оборудования используют какой критерий?
13. В качестве мультипликативного критерия оптимизации, направленного для дополнительного учета материалоемкости оборудования используют какой критерий?
14. В качестве мультипликативного критерия оптимизации, для экономической целесообразности бурения на жидкие или газообразные полезные ископаемые используют какое соотношение?
15. Что используют в качестве мультипликативного критерия оптимизации энергопотребления, приходящейся на единицу длины скважины?
16. Максимальный критерий, дать определение.
17. Какая погрешность не может полностью характеризовать точность измерения?
18. Управление техническими объектами может быть какое?

19. Процесс управления состоит из чего?
20. В процессе управления производством люди воздействуют на что?
21. В процессе управления технологическим процессом люди воздействуют на что?
22. При управлении технологическим процессом продуктом труда является что?
23. При управлении производством продуктом труда является что?
24. Объект управления – это?
25. Автоматизированная система управления (АСУ) – это?
26. Автоматическая система – это?
27. Система автоматического регулирования – это?
28. Автоматические системы по функциональному назначению подразделены на?
29. По закону воспроизведения регулируемой величины замкнутые системы регулирования делятся на что?
30. Астатическое автоматическое регулирование это?
31. При исследовании САУ используются структурные схемы, которые представляют собой условное графическое изображение чего?
32. Передаточная функция системы  $W(s)$  – это.
33. Обратная связь называется жёсткой, когда?
34. Первое правило преобразования структурных схем.
35. Второе правило преобразования структурных схем.
36. При составлении структурных схем каждое звено (группа звеньев) системы обозначается как что?
37. Сколько типов диффуравнений и их графических изображений различают при составлении структурных схем?
38. В буровой практике используются приборы какой группы?
39. Расходомеры обтекания, принцип работы.
40. Электромагнитные (индукционные) расходомеры, принцип работы.
41. В каких единицах определяют расход жидкости расходомеры?
42. Тахометрические расходомеры, принцип работы.
43. К расходомерам обтекания 1-ой группы относятся что?
44. К расходомерам обтекания 2-ой группы относятся что?
45. Автомат подачи долота АСВ в отличие от СВМ имеет что?
46. При бурении со свободной подачей применяется автоматический регулятор подачи АРП, предназначенный для чего?
47. Автoreгуляция автоматического регулятора подачи АРП основана на каком алгоритме?
48. Автоматический регулятор подачи АРП позволяет.
49. При использовании забойных автоматических устройствах, помещаемых в непосредственной близости от объекта регулирования, исключается что?
50. По *методу экспертных оценок*, при большом числе оцениваемых факторов их «различимость», с точки зрения эксперта, уменьшается, поэтому число факторов не должно быть более, сколько?
51. По *методу экспертных оценок*, наибольшая надежность процедуры ранжирования обеспечивается при каком числе факторов?
52. Какую размерность имеет обобщённый аддитивный критерий оптимизации?
53. Метод ранжирования заключается в чём?

54. Какую размерность имеет мультипликативный критерий?
55. Транспортная задача линейного программирования определяет что?
56. Любая задача открытого типа может быть сведена к задаче закрытого типа путем введения чего?
57. Каким методом решение транспортной задачи производится студентами?
58. Градиент целевой функции и линии уровня будут построены неверно, (при решении задач линейного программирования графическим методом) если что?
59. При решении задач линейного программирования графическим методом следят за тем, чтобы что?
60. Минимаксный критерий применяют в каком случае?

### **Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену и зачёту (по дисциплине)**

#### **Раздел 1. Введение, цели и типы оптимизации**

1. Дать определение понятия «оптимизация».
2. Дать определение понятия «оптимизация при производстве геологоразведочных работ».
3. Определите цели оптимизации процессов в геологоразведочном производстве.
4. Определите задачи оптимизации процессов в геологоразведочном производстве.
5. Каковы методы и средства оптимизации?
6. Перечислите основные направления развития средств и методов оптимизации.
7. На что разделяют факторы, определяющие состояние процесса бурения?
8. На какие типы разделяют все задачи в области оптимизации?
9. Обратные задачи позволяют выбрать решение, при котором - критерий оптимизации примет определённое значение. Какое?
10. Какой вид имеет математически обратная оптимизационная задача?
11. Какие различают задачи оптимизации?

#### **Раздел 2. Методы принятия оптимальных решений.**

1. Какие требования предъявляют к критериям оптимизации?
2. Что принимается в качестве критерия оптимизации?
3. Какой набор критериев оптимизации сформирован в практике геологоразведочных работ?
4. На что направлены технико-технологические критерии?
5. На что направлены экономические критерии?
6. На что направлены критерии качества буровых работ?
7. Дать определение частного критерия.
8. Дать определение однокритериальной задачи.
9. Дать определение многокритериальной задачи.
10. Почему формулировка каждой задачи оптимизации должна требовать экстремального значения лишь одной величины?

#### **Раздел 3. Однокритериальные задачи.**

1. При каких глубинах критерий максимальной рейсовой скорости бурения даёт неадекватные результаты?
2. Механическая скорость бурения как критерий оптимизации процесса бурения.
3. Нахождение максимума рейсовой скорости в процессе бурения позволяет находить оптимальное время чего?
4. Из какого соотношения определится максимальная рейсовая скорость?

5. Что позволяет критерий постоянных рейсовых проходок  $h_c \rightarrow const$ ?
6. При использовании затупляющегося ПРИ, при постоянных режимных параметрах, механическая скорость бурения снижается. Чем описывается это изменение при бурении однородной породы?
7. Когда применяется группа критериев качества работ?
8. Дать определение минимальной себестоимости бурения.
9. Дать определение минимальных приведённых затрат.
10. Дать определение критерия максимальной производительности бурения.
11. Дать определение критерия минимального времени проходки скважины (Т-критерий).

#### **Раздел 4. Многокритериальные задачи.**

1. На чём основан максиминный (минимаксный) критерий?
2. На чём основан обобщённый аддитивный критерий?
3. В чём сущность метода Парето?
4. В чём сущность мультипликативного критерия?
5. Что понимается под весовыми коэффициентами частных критериев?
6. Что понимается под методом экспертных оценок?
7. Что такое матрица опроса?
8. Для анализа чего определяют конкордацию?
9. Дать определение коэффициента конкордации Кендалла.
10. Что понимается под методом ранжирования?
11. Приведите выражение по которому вычисляются связанные ранги.

#### **Раздел 5. Метод линейного программирования.**

1. Когда применяется графический метод решения задач линейного программирования?
2. При решении задач линейного программирования графическим методом следят за тем, чтобы шкала делений и масштаб по осям  $x_1$  и  $x_2$  были какими?
3. Когда градиент целевой функции и линии уровня будут построены неверно, (при решении задач линейного программирования графическим методом)?
4. Градиент целевой функции это?
5. Что называется линией уровня целевой функции?
6. Что называется областью допустимых решений (при решении задач линейного программирования графическим методом)?
7. Удовлетворяют всем условиям-неравенствам точки лежащие где?
8. Что показывает направление градиента целевой функции?
9. Чему соответствует крайнее положение линии уровня?
10. Когда смещают линию уровня в направлении антиградиента?
11. В чём заключается основная задача линейного программирования?

#### **Раздел 6. Планирование эксперимента в бурении.**

1. Что понимается под «экспериментом»?
2. Как называется «эксперимент» в бурении, связанный с исследованиями новой техники или технологических процессов?
3. Дать определение понятия «абсолютный эксперимент».
4. Дать определение понятия «сравнительный эксперимент».
5. Дать определение понятия «активный эксперимент».

6. Дать определение понятия «пассивный эксперимент».
7. Что такое «опыт»?
8. Что понимается под априорной информацией?
9. Что понимается под «планированием эксперимента»?
10. Дать определение понятия «план эксперимента».
11. Какая цель «отсеивающих экспериментов»?
12. Что понимается под «параметром» исследований?
13. Что понимается под «целевой функцией» исследований?
14. Что понимается под «фактором»?
15. «Уровни факторов» это?
16. С какой целью составляется «план эксперимента»?
17. Что определяет «матрица планирования»?
18. «Рабочая матрица» это?
19. Какая главная задача «экстремального эксперимента»?
20. В чём заключается факторный эксперимент?
21. Какой эксперимент является основным методом планирования эксперимента в бурении?

#### **Раздел 7. Полный факторный эксперимент.**

1. Что понимается под «полным факторным экспериментом»?
2. Что позволяет установить «полный факторный эксперимент»?
3. При каком числе факторов «полный факторный эксперимент» становится практически невозможным?
4. Какое пространство называется «факторным пространством»?
5. В ходе проведения эксперимента часто сталкиваются с «взаимодействием факторов» которое означает?
6. К чему позволяют свести решение нелинейных задач методы «линеаризации»?
7. Чему равно число факторов и число уровней для полного факторного эксперимента  $2^2$ ?
8. Чему равно число факторов и число уровней для полного факторного эксперимента  $2^3$ ?
9. Что геометрически представляет собой полный факторный эксперимент типа  $2^3$ ?
10. Геометрическая интерпретация полного факторного эксперимента  $2^2$  представляет собой?
11. Что понимается под термином «рандомизация»?
12. Когда «опыты рандомизируются»?
13. Дать определение «параллельных опытов».
14. Что понимается под «воспроизводимостью опыта»?
15. Что понимается под «ошибкой воспроизводимости»?
16. Чему равно «выборочное среднее»?
17. Для чего вычисляют «дисперсию воспроизводимости опыта»?
18. Для чего вычисляют «дисперсию воспроизводимости эксперимента»?
19. Что означает «однородность дисперсий»?
20. На чём основан G-критерий Кохрена?
21. Для чего используется G-критерий Кохрена?

22. Когда гипотеза об однородности дисперсий и воспроизводимости результатов принимается?
23. Когда величину называют «статически значимой»?
24. В качестве какой меры принимается «дисперсия адекватности»?
25. Для адекватной модели оценки дисперсий воспроизводимости и адекватности должны быть какие?
26. Что проводится с помощью F-критерия Фишера?
27. Когда вывод об адекватности модели может быть сделан без проверки по F-критерию Фишера?
28. В зависимости от чего выбираются значения t-критерия Стьюдента?

#### **Раздел 8. Дробный факторный эксперимент.**

1. Частью чего является дробный факторный эксперимент?
2. Когда план дробного факторного эксперимента называют полурепликой?
3. Когда план дробного факторного эксперимента называют четвертьрепликой?
4. Когда план дробного факторного эксперимента называют 1/8 реплики?
5. Когда применяют дробный факторный эксперимент?
6. План дробного факторного эксперимента строится также как и полного факторного эксперимента, но с меньшим или с большим числом факторов?
7. При выборе дробности плана учитывают, что число опытов должно быть больше или меньше числа членов уравнения?
8. Чему равно количество опытов дробного факторного эксперимента?
9. Что является достоинством плана дробного факторного эксперимента?
10. Чем являются графически планы дробного факторного эксперимента  $2^{3-1}$ ?
11. Когда все парные  $b_{12}$ ,  $b_{13}$ ,  $b_{23}$  и тройное  $b_{123}$  взаимодействия могут быть приравнены нулю?

#### **Раздел 9. Планирование второго порядка.**

1. Что предполагает «композиционный план»?
2. Какой план называется «центрально-композиционным»?
3. Что принято называть «звёздными точками» центрально-композиционного плана?
4. Сколько опытов в центрально-композиционном плане?
5. Что представляет собой «ядро» центрально-композиционного плана?
6. Какое расстояние называют «звёздным плечом»?
7. Где находится центр планирования?
8. Что располагается в «нулевой точке»?
9. Для центрально-композиционного плана требуется выполнение свойства симметричности, что оно даёт?
10. Для центрально-композиционного плана требуется выполнение свойства ортогональности, что оно даёт?
11. В каких случаях используют планирование второго порядка?