

## **Предисловие**

Настоящие программы кандидатских экзаменов по специальным дисциплинам подготовлены специалистами ведущих университетских, отраслевых и академических научных центров, прошли этапы рассмотрения в профильных Учебно-методических объединениях и коррекции их содержания экспертными советами Высшей аттестационной комиссии в соответствии с замечаниями и пожеланиями, высказанными при их обсуждении в Учебно-методических объединениях. Программы были одобрены президиумом Высшей аттестационной комиссии Минобразования России и утверждены приказом Минобразования России от 17.02.2004 № 697.

Программы базируются на разработанных Высшей аттестационной комиссией Минобразования России и утвержденных Минпромнауки России в 2001 году паспортах специальностей действующей номенклатуры специальностей научных работников.

Данные программы представляют собой общую для каждой научной специальности базовую часть кандидатского экзамена по специальности, то есть обязательный для каждого соискателя ученой степени кандидата наук единый минимум требований к уровню знаний в избранной научной области. Каждая программа содержит указания, по какой отрасли (или отраслям) наук она подготовлена. В ряде случаев по специальностям, имеющим многоотраслевой характер, разработаны отдельные программы для разных отраслей наук. Такие программы размещены в сборниках по соответствующим отраслям науки. В ряде программ по многоотраслевым специальностям, где имеется незначительные дифференциации содержания базовых понятий для каждой из отраслей наук, в примечаниях к программе содержатся указания, знание каких ее разделов необходимо для соискателей, ведущих исследования в каждой из данных отраслей.

Вторая, дополнительная, часть кандидатского экзамена по специальности разрабатывается соответствующей кафедрой (отделом, сектором, лабораторией), на которой проходит подготовку аспирант или к которой прикреплен соискатель ученой степени кандидата наук, с учетом области научных исследований данного соискателя и дополнительных специфических для соответствующей научной специальности сведений.

Дополнительная программа утверждается Ученым (Научно-техническим) советом организации, проводящей прием данного экзамена.

Порядок организации приема кандидатских экзаменов определяется соответствующими нормативными документами Минобразования России.

### **ПРОГРАММА-МИНИМУМ кандидатского экзамена по специальности 25.00.32 «Геодезия» по физико-математическим и техническим наукам**

#### **Введение**

Настоящая программа включает в себя вопросы, относящиеся к следующим специальным и профессиональным дисциплинам: геодезия; высшая геодезия; прикладная геодезия; космическая геодезия; астрометрия и геодезическая астрономия; морская геодезия; теория фигуры Земли; гравиметрия; фотограмметрия; теория математической обработки геодезических измерений; организация и экономика топографо-геодезического производства.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства образования Российской Федерации по строительству и архитектуре при участии Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК).

## **1. Общие сведения**

Предмет и задачи геодезии. Возникновение и развитие геодезии. Подразделение геодезии на научные дисциплины. Связь геодезии с другими науками. Вклад отечественных и зарубежных ученых в развитие геодезии. Федеральная служба геодезии и картографии Российской Федерации (Роскартография). Роль геодезии на современном этапе в изучении Земли как планеты, освоении космического пространства, решении фундаментальных и прикладных задач; перспективы дальнейшего развития.

## **2. Системы отсчета, используемые в геодезии**

Невращающаяся система небесных координат. Каталоги звезд. Каталоги внегалактических радиоисточников. О влиянии и учете прецессии и нутации. Другие факторы, изменяющие положения звезд. Система координат ICRS.

Земные системы координат. Общеземные системы координат. Системы координат, используемые в навигационно—геодезических комплексах ГЛОНАСС и Navstar (GPS) как пример общеземных координатных систем. Геодезические (референзные) системы координат. Референц— эллипсоид Красовского. Система геодезических координат 1942 г. (СК— 42). Система координат 1995 г. (СК — 95). Астрономические (географические) координаты пунктов земной поверхности. Параметры вращения (ориентации) Земли. Система координат ITRF.

Установление связи между разными системами координат. Теоретические и практические аспекты проблемы.

Системы измерения времени. Системы измерения времени, основанные на использовании осевого вращения и орбитального движения Земли. Атомное время. Динамические системы измерения времени. Связь между разными системами измерения времени. Государственная служба времени и частоты.

Использование в геодезии плоских систем координат. Система плоских прямоугольных координат проекции Гаусса-Крюгера. Алгоритмы преобразования геодезических координат в координаты Гаусса-Крюгера, обратное преобразование. Применение координат Гаусса-Крюгера в геодезических и картографических работах России.

## **3. Основные задачи геодезии и методы их решения**

Астрономо-геодезический метод изучения фигуры Земли и принципиальная схема его реализации. Схема и программа построения существующей астрономо-геодезической сети (АГС) на территории России и СССР. Результаты совместного уравнивания АГС, доплеровской геодезической сети и космической геодезической сети. Перспективы совершенствования координатной основы Российской Федерации. Программа построения фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС), высокоточной геодезической сети (ВГС) и спутниковой геодезической сети 1-го класса (СГС-1) и ход её реализации.

Методы и аппаратура для высокоточных геодезических и астрономических измерений, выполнявшихся для создания АГС. Роль астрономических определений при создании АГС. Пункты и азимуты Лапласа. Астрономические определения в геодезических построениях специального назначения. Современные задачи геодезической астрономии.

Источники ошибок геодезических и астрономических наблюдений. Ошибки личные, инструментальные; обусловленные влиянием внешней среды. Влияние

атмосферы на результаты высокоточных измерений. Способы учёта и (или) ослабления влияния атмосферы.

Редуцирование геодезических измерений на референц-эллипсоид. Сущность редуцировок, алгоритмы для их вычисления.

Схема и программа построения нивелирной сети СССР и России. Результаты уравнивания нивелирной сети. Приборное обеспечение и методы выполнения геометрического нивелирования. Используемые в геодезии системы высот. Гравиметрическое обеспечение высокоточного геометрического нивелирования. Источники ошибок и методы оценки точности геометрического нивелирования. Особенности высокоточного нивелирования в горных районах. Применение тригонометрического нивелирования.

Принципиальная схема решения задачи определения фигуры физической поверхности и гравитационного поля Земли гравиметрическим методом. Геодезическая краевая задача и методы её решения (в том числе, с учётом дискретности исходных данных).

Нормальная Земля. Параметры Нормальной Земли и их связь с фундаментальными геодезическими и астрономическими постоянными. Методы определения и уточнения фундаментальных геодезических постоянных. Международная геодезическая референц-система 1980 как пример внутренне согласованной модели Нормальной Земли.

Вычислительные аспекты определения гравиметрических уклонов отвеса и высот квазигеоида. Соотношения между астрономо-геодезическими и гравиметрическими уклонами отвеса. Интерполяция астрономо-геодезических уклонов отвеса с использованием гравиметрических данных. Теория астрономо-гравиметрического нивелирования и его практическая реализация. Карты высот квазигеоида, их использование при решении фундаментальных и прикладных задач.

Аппаратура и методы абсолютных и относительных определений силы тяжести на суше и на море. Построение государственной гравиметрической сети СССР и России. Результаты общего уравнивания гравиметрической сети.

Использование наблюдений искусственных спутников Земли (ИСЗ) и других космических аппаратов (КА), естественных небесных объектов для решения геодезических и геодинимических задач (космическая геодезия).

Основные положения теории движения ИСЗ. Невозмущенное движение. Возмущенное движение.

Методы и аппаратура для наблюдений ИСЗ и других КА. Источники ошибок, сопровождающих наблюдения. Особенности математической обработки наблюдений в космической геодезии.

Создание космических геодезических построений геометрическим методом. Космическая триангуляция, трилатерация, доплеровские геодезические сети. Достоинства и недостатки геометрического метода. Результаты, полученные геометрическим методом, перспективы его дальнейшего использования.

Динамический метод космической геодезии совместного определения (уточнения) координат пунктов и параметров гравитационного поля Земли. Варианты динамического метода.

Особенности применения методов геодезии для создания опорных сетей на планетах и спутниках планет. Изучение гравитационных полей планет и их спутников.

Специальные методы космической геодезии: спутниковая альтиметрия, лазерная локация Луны, радиоинтерферометрия со сверхдлинной базой, межспутниковые наблюдения и спутниковая градиентометрия. Их использование для решения фундаментальных задач геодезии и смежных научных дисциплин.

Методы космической геодезии как средство уточнения фундаментальных геодезических постоянных.

Совместное использование спутниковых и наземных данных для целей геодезии.

Принципы построения и функционирования глобальных навигационно-геодезических систем ГЛОНАСС и GPS и соответствующей наземной аппаратуры (спутниковых приемников). Основные типы спутниковых приемников. Измерения псевдодальностей. Фазовые измерения. Абсолютный, относительный и дифференциальный методы определения координат пунктов. Разные методики определения координат пунктов и построения геодезических сетей. Источники ошибок и способы ослабления их влияния. Точность определения плановых координат и высот. Предварительная и окончательная обработка спутниковых измерений. Особенности определения высот и их использование для построения карт высот квазигеоида, в том числе и с привлечением наземных данных. Проектируемые навигационно-геодезические системы.

Использование геодезических данных для решения геодинимических задач. Получение выводов, необходимых для прогнозирования землетрясений и других природных и техногенных катастроф. Изучение деформаций земной коры. Определение параметров дрейфа литосферных плит. Выявление вариаций геопотенциала.

Геодезические работы на акваториях морей и океанов, их назначение, приборное обеспечение и методы проведения.

#### **4. Инженерно-геодезические работы**

Основные виды и особенности инженерно-геодезических работ. Инженерно-геодезические изыскания для линейного и площадного строительства. Геодезические методы съёмки застроенных территорий. Съёмка подземных коммуникаций. Разбивочные работы. Способы установки и выверки строительных конструкций и технологического оборудования. Исполнительные съёмки.

Инженерно-геодезические опорные и разбивочные сети. Нормы и принципы расчёта точности разбивочных работ. Выбор системы координат и системы высот. Типовые схемы сетей. Оценка проектов сетей, особенности их уравнивания. Специальные методы инженерно-геодезических измерений. Особенности использования спутниковых систем в прикладной геодезии. Строительные сетки, методы их создания, уравнивание, точность. Особенности использования створных измерений в инженерно-геодезических работах, методы создания створов, основные источники ошибок.

Геодезические работы при строительстве и реконструкции транспортных и гидротехнических сооружений. Геодезические работы при планировке, застройке и развитии городов. Геодезические работы при строительстве и эксплуатации подземных коммуникаций. Особенности геодезических работ при строительстве гражданских зданий и промышленных сооружений. Геодезические работы при изысканиях и строительстве дорог и мостов. Геодезические работы при строительстве тоннелей. Высокоточные инженерно-геодезические работы при строительстве и эксплуатации прецизионных сооружений. Геодезические работы для ведения кадастра.

Геодезические наблюдения за деформациями земной поверхности и инженерных сооружений. Точность и периодичность наблюдений за деформациями инженерных сооружений. Способы обработки деформационных сетей, особенности их уравнивания. Особенности использования фотограмметрических методов в прикладной геодезии.

#### **5. Топографические съёмки и их геодезическое обоснование**

Высотное обоснование топографических съёмок. Нивелирование III и IV классов. Техническое нивелирование. Методика проложения нивелирных ходов. Инструменты, их исследования. Цифровые нивелиры. Контроль качества выполняемых работ.

Плановое обоснование топографических съёмок. Построение аналитической триангуляции, полигонометрических, теодолитных, тахеометрических ходов и сетей.

Требование к их точности при разных масштабах съёмок. Контроль точности выполняемых измерений.

Приборы для линейных измерений.

Случаи привязки съёмочных сетей к пунктам геодезического обоснования. Особенности работы в городах.

Назначение топографических съёмок суши. Точность карт и планов. Современные методы крупномасштабных топографических съёмок. Выбор масштаба съёмки и высоты сечения рельефа. Использование аэрокосмической информации для картографирования земной поверхности. Приборы и методы автоматизации наземных съёмок. Цифровые модели местности, банки данных. Геодезические информационные системы. Топографические съёмки для целей кадастра. Средства и методы съёмки шельфа.

## **6. Методы математической обработки геодезических измерений**

Основные понятия теории ошибок измерений. Случайные и систематические ошибки измерений. Равноточные и неравноточные измерения. Веса измерений. Ковариационная матрица случайного вектора. Функции измеренных величин и их оценка точности. Методы дисперсионного и корреляционного анализа. Вероятностно-статистические методы анализа и обработка измерений.

Метод наименьших квадратов. Параметрический и коррелятивный способы уравнивания. Параметрический способ с условиями и коррелятивный способ с дополнительными неизвестными. Роль нормального закона при обработке измерений. Обобщённый метод наименьших квадратов. Уравнивание с учётом ошибок исходных данных. Последовательное (рекуррентное) уравнивание. Контроль грубых ошибок в различных способах уравнивания. Свободные сети и их уравнивание. Способы оценки точности функции уравненных величин. Методы уравнивания обширных геодезических сетей (трилатерация, триангуляция, полигонометрия, нивелирование). Объединение наземных и спутниковых сетей.

Элементы теории фильтрации и её использование при решении геодезических задач.

## **7. Основные сведения по экономике, организации и планированию топографо-геодезических работ**

Федеральная служба геодезии и картографии Российской Федерации, её задачи. Производственно-организационная структура топографо-геодезических предприятий и организаций. Методы и особенности планирования и управления топографо-геодезическими работами. Математическое программирование в планировании топографо-геодезических работ. Вопросы научной организации труда. Обеспечение техники безопасности при выполнении топографо-геодезических работ. Лицензирование топографо-геодезических работ. Обеспечение предприятий основными фондами и оборотными средствами. Резервы и факторы роста производительности труда. Эффективность инноваций и производства. Движение денежных средств в организации.

### **Основная литература**

1. Абалакин В.К., Краснорылов НИ., Плахов Ю.В. Геодезическая астрономия и астрометрия. Справочное пособие: М.: Картгеоцентр–Геодезиздат, 1996.
2. Космическая геодезия / В.Н. Баранов, Е.Г. Бойко, И.И. Краснорылов и др. М.: Недра, 1986.
3. Радиогеодезические и электрооптические измерения / В.Д. Большаков, Ф. Деймлих, В.П. Васильев, А.Н. Голубев М.: Недра, 1985.

4. В.Д. Большаков, Ю.И. Маркузе, В.В. Голубев Уравнивание геодезических построений. Справочное пособие: М.: Недра, 1989.
5. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и её применение в геодезии. М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1999.
6. Инженерная геодезия / Е.Б. Ключин, М.И. Киселёв, Д.Ш. Михелев, В.Д. Фельдман. М.: Высшая школа, 2001.
7. Кузнецов П.Н. Геодезия. Часть 1. М.: МИИГАиК, 1993.
8. Левчук Г.П., Новак В.Е., Лебедев Н.Н. Прикладная геодезия. Геодезические работы при изысканиях и строительстве основных видов сооружений: М.: Недра, 1983.
9. Маркузе Ю.И., Бойко Е.Г., Голубев В.В. Геодезия. Вычисления и уравнивание: М.: Геодезиздат, 1994.
10. Морозов В.П. Курс сфероидической геодезии: М.: Недра, 1979.
11. Огородова Л.В., Шимбирев Б.П., Юзефович А.П. Гравиметрия. М.: Недра, 1978.
12. Организация, планирование и управление геодезическим производством. М.: Недра, 1986.
13. Пеллинен Л.П. Высшая геодезия. М.: Недра, 1978.
14. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования: М.: Картгеоцентр — Геодезиздат, 2001.
15. Селиханович В.Г. Геодезия. Часть 2. М.: Недра, 1984.
16. Уралов С.С. Курс геодезической астрономии. М.: Недра, 1980.
17. Урмаев М.С. Космическая фотограмметрия. М.: Недра, 1989.
18. Яковлев Н.В. Высшая геодезия. М.: Недра, 1989.

#### **Дополнительная литература**

1. Справочник геодезиста Под ред. В.Д. Большакова, Г.П. Левчука. М.: Недра. 1985.
2. Кашин Л.А. Построение классической астрономо-геодезической сети России и СССР (1816-1991 гг.). М.: Картгеоцентр — Геодезиздат, 1999.
3. Справочное руководство по небесной механике и астродинамике. Под ред. Дубошина Г.Н. М.: Наука, 1976.
4. Тюфлин Ю.С. Космическая фотограмметрия при изучении планет и спутников. М.: Недра, 1986.