

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учебно-методическое объединение по образованию автоматизации технологических процессов производства и управления

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

_____ И.А.Старовойтова

Регистрационный № ТД-_____

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Типовая учебная программа по учебной дисциплине для специальности 1-56 02 01 Геодезия

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического
объединения по образованию
в области горнодобывающей
промышленности

_____ С.Г. Оника

СОГЛАСОВАНО

Начальник Главного Управления
профессионального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

_____ С.А. Касперович

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научно-методической
работе Государственного учреждения
образования «Республиканский институт
высшей школы»

_____ И.В. Титович

Эксперт-нормоконтролер

Минск 2019

СОСТАВИТЕЛЬ:

В.В. Мкртычян, доцент кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии» Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра «Геодезия и космоаэрокартография» Белорусского государственного университета
(протокол № 2 от 27.09.2019 г.)

М.К.Бедункевич, директор закрытого акционерного общества «Научно-исследовательский институт Геоинтерпроект»

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:

Кафедрой «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии» Белорусского национального технического университета
(протокол № 11 от 12.07.2019 г.);

Научно-методическим советом Белорусского национального технического университета (секция «Совершенствование учебного процесса и учебно-нормативной документации»)
(протокол № 7 от 29.08.2019 г.);

Учебно-методическим объединением по образованию в области горнодобывающей промышленности
(протокол № 3 от 23.10.2019 г.)

Ответственный за редакцию: В.В. Мкртычян

Ответственный за выпуск: В.В. Мкртычян

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Типовая учебная программа по учебной дисциплине «Оптико-электронные измерения» разработана для учреждений высшего образования Республики Беларусь в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования I ступени по специальности 1-56 02 01 «Геодезия».

Цель учебной дисциплины – освоение теоретических знаний и практических навыков по рациональному использованию современных электронных технических средств измерения дальностей.

В задачи учебной дисциплины входит освоение:

- физической сущности использования электронных средств измерений дальностей в геодезии;
- конструктивных особенностей и особенностей эксплуатации различных систем;
- источников ошибок измерения дальностей различными системами;
- математической обработки результатов измерений линий электронными дальномерами.

Знания и умения, полученные студентами при изучении учебной дисциплины «Оптико-электронные измерения» широко применяются в современной геодезической практике при решении различного рода задач, от создания глобальных геодезических сетей до геодезического обеспечения и сопровождения работ в малых замкнутых пространствах. Оптико-электронные измерения изучают косвенные методы измерений дальностей с применением электрооптических и радиотехнических приборов и систем, методики производства измерений и обработки результатов в геодезических целях.

Для производства измерений электрооптическими и радиотехническими методами используют высокоточные геодезические приборы и специальные методики измерений, а также методы их математической обработки с использованием современных программных комплексов.

В последние годы в различные области геодезической практики активно внедряется аппаратура пользователя глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС).

Учебная дисциплина «Оптико-электронные измерения» является неотъемлемой дисциплиной, формирующей специалиста. Усвоению основных положений данной дисциплины способствует изучение таких дисциплин государственного компонента, как физика, математика, курсы высшей геодезии, теория математической обработки геодезических измерений и дисциплины УВО, как информатика.

Учебная дисциплина «Оптико-электронные измерения» является базой для изучения многих дисциплин, таких как инженерная и высшая геодезия и др., что свидетельствует о междисциплинарном подходе и связи с другими дисциплинами.

В результате изучения учебной дисциплины «Оптико-электронные измерения» студент должен

знать:

- принцип работы измерительных систем геодезических дальномеров;
- факторы, влияющие на точность измерений и пути их минимизации;
- методику производства измерений и их обработку;

уметь:

- определять технические характеристики приборов и принадлежностей;
- работать с основными оптико-электронными геодезическими приборами;
- производить математическую обработку результатов измерений;

владеть:

- классификацией геодезических оптико-электронных приборов;
- элементарной базой электронных систем геодезических приборов;
- методикой производства измерений оптико-электронными приборами.

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечить формирование компетенции:

БПК-13. Модуль «Теоретические и экономико-организационные основы геодезического производства».

На изучение учебной дисциплины «Оптико-электронные измерения» отведено всего 136 часов, из них – 68 аудиторных часов. Примерное распределение аудиторного времени по видам занятий: лекции – 34 часа, лабораторные занятия – 34 часа.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование раздела и темы	Количество аудиторных часов		
	лекции	лабораторные занятия	Всего
1	2	3	4
Раздел I. Наземные измерения электронными дальномерами	20	26	46
Тема 1.1. Физические принципы определения дальностей электронными методами	10	2	12
Тема 1.2. Устройство наземных электронных дальномерных систем	4	10	14
Тема 1.3. Современные оптико-электронные геодезические приборы	4	10	14
Тема 1.4. Математическая обработка результатов измерений	2	4	6
Раздел II. Спутниковые радиотехнические измерения	14	8	22
Тема 2.1. Структура спутниковых радиотехнических навигационных систем	8		8
Тема 2.2. Особенности реализации фазовых измерений в глобальной навигационной спутниковой системе	6	8	14
ВСЕГО	34	34	68

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел I. НАЗЕМНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМИ ДАЛЬНОМЕРАМИ

Тема 1.1. Физические принципы определения дальностей электронными методами

Импульсный метод дальномерных измерений. Достоинства и недостатки импульсного метода дальномерных измерений. Фазовый метод дальномерных измерений. Достоинства и недостатки фазового метода дальномерных измерений. Методы разрешения неоднозначности. Метод плавного измерения частоты, фиксированных частот, кратных частот и комбинационных частот.

Амплитудная и частотная и фазовая модуляция электромагнитных колебаний. Демодуляция электромагнитных колебаний. Гетеродинирование электромагнитных колебаний. Скорость света в среде. Средне интегральный показатель преломления. Способы разрешения неоднозначности фазовых измерений.

Тема 1.2. Устройство наземных электронных дальномерных систем

Импульсный и фазовый методы измерения расстояний электронными дальномерами. Принципиальное устройство фазового (импульсно-фазового) светодальномера. Основные элементы светодальномерных устройств. Принципиальное устройство фазового радиодальномера. Основные типы схем

электронных дальномеров. Обобщенная функциональная схема дальномера с пассивным ответом, с синхронной демодуляцией и импульсно-фазового гетеродинного. Поверки и исследования электронных дальномеров, теодолитов и тахеометров.

Тема 1.3. Современные оптико-электронные геодезические приборы

Электронные теодолиты. Роботизированные тахеометрические станции. Классификация электронных дальномеров Оптико-электронные и цифровые нивелиры и штрих-кодовые инварные рейки. Лазерные наземные сканеры, дальность действия и точность. Бесконтактные системы съемки. получение “облака точек” в реальном времени. Системы лазерного сканирования устанавливаемые на автомобилях. Полевой и GPS контроллер. Электронные дальномеры и рулетки. Современные лазерные геодезические приборы и оборудование. Георадар и сферы применения.

Тема 1.4. Математическая обработка результатов измерений

Приборная поправка электронных дальномеров, составляющие и способы ее определения. Введение поправок и редуцирование измеренных расстояний на поверхность относимости. Оценка точности дальномерных измерений. Источники ошибок измерений электронными дальномерами. Современные программные продукты для обработки и уравнивания геодезических оптико-электронных измерений.

Раздел II. СПУТНИКОВЫЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Тема 2.1. Структура спутниковых радиотехнических навигационных систем

Глобальные системы позиционирования. Подсистемы глобальных систем позиционирования, наземного контроля и управления и аппаратуры пользователей. Созвездия космических аппаратов. Линейная пространственная засечка.

Дальности и псевдодальности. Счет времени в глобальных системах позиционирования. Радиосигналы для измерений и передачи информации. Кодовый и фазовый методы определения расстояний. C/A и P коды. Определение расстояний на комбинированных волнах.

Влияние ионосферы и нижних слоев атмосферы на результаты спутниковых измерений. Многолучевость. Координатная система WGS-84 и ПЗ-90.

Радиотехнические методы спутниковой геодезии. Спутниковые радиотехнические навигационные системы 1 и 2 поколений. Назначение и схемная реализация устанавливаемой на глобальной навигационной спутниковой системе аппаратуры. Модуляция и демодуляция навигационного сигнала.

Тема 2.2. Особенности реализации фазовых измерений в глобальной навигационной спутниковой системе

Принцип измерения псевдодальностей и практическое использование метода. Фазовые измерения в спутниковых навигационных системах. Методы разрешения неоднозначности фазовых измерений в спутниковых системах. Ионосферные и тропосферные задержки сигналов. Общая схема обработки наблюдаемых данных. Автономный режим определения координат. Дифференциальный режим определения координат.

Влияние геометрического фактора на точность определения координат. Понятие навигации. Точное определение пространственного вектора. Конструктивные особенности и сфера применения спутниковых приемников. Преобразование координат определенных из спутниковых методов.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Список литературы

Основная литература

1. Антонович, К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии в 2-х томах: монография / К.М. Антонович. – М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2006. – 580 с.
2. Генике, А.А. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии: учебное пособие для вузов. / А.А. Генике, Г.Г. Побединский. – М.: Картгеоцентр, 2004. – 352 с.

Дополнительная литература

1. Ключин Е.Б. Спутниковые методы измерений в геодезии: учебное пособие для вузов. Е.Б Ключин., А.О.Куприянов, В.В.Шлапак - М.: МИИГАиК, 2006. — 60 с.
2. Яценков, В.С. Основы спутниковой навигации / В.С. Яценков – М.: Горячая линия – Телеком, 2005, – 271 с.
3. Товбас С. К. Оптико-электронные методы измерений: учебно-методический комплекс / С. К. Товбас – Новополюцк, ПГУ, 2012, –155 с.

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- решение индивидуальных задач;
- подготовка сообщений, тематических докладов, презентаций по заданным темам.

Перечень рекомендуемых средств диагностики

Для оценки достижений студента используется следующий диагностический инструментарий:

- устный и письменный опрос во время лабораторных занятий;
- защита выполненных на лабораторных занятиях индивидуальных заданий;
- собеседование при проведении индивидуальных и групповых консультаций;
- выступление студента на конференции по подготовленному реферату;
- сдача экзамена.

Примерный перечень тем лабораторных занятий

1. Измерение линий электронными дальномерами.
2. Исследование приборной поправки светодальномера.
3. Изучение основных операций при работе с электронными тахеометрами.
4. Обработка расстояний измеренных электронными дальномерами.
5. Уравнивание сети трилатерации.
6. Изучение основных операций при работе с аппаратурой наземного пользователя глобальной навигационной спутниковой системы.

Характеристика рекомендуемых методов и технологий обучения

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;

элементы учебно-исследовательской деятельности, творческого подхода, реализуемые на практических занятиях, лабораторных работах и при самостоятельной работе;

коммуникативные технологии (дискуссия, учебные дебаты, мозговой штурм и другие формы и методы), реализуемые на практических занятиях и конференциях;

проектные технологии, используемые при проектировании конкретного объекта, реализуемые при выполнении курсового проекта.

Примерная тематика рефератов

1. Способы разрешения неоднозначности фазовых измерений.
2. Фазовая и частотная модуляция электромагнитных колебаний.
3. Определение приборной поправки электронных светодальномеров
4. Введение поправок за внешние условия в результаты измерений светодальномеров.

Примерный перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы

1. Импульсный метод дальномерных измерений.
2. Достоинства и недостатки импульсного метода дальномерных измерений.
3. Фазовый метод дальномерных измерений.
4. Достоинства и недостатки фазового метода дальномерных измерений.
5. Методы разрешения неоднозначности.
6. Метод плавного измерения частоты.
7. Метод фиксированных частот.

8. Метод кратных частот.
9. Метод комбинационных частот.
10. Модуляция электромагнитных колебаний.
11. Амплитудная модуляция электромагнитных колебаний.
12. Частотная модуляция электромагнитных колебаний.
13. Фазовая модуляция электромагнитных колебаний.
14. Демодуляция электромагнитных колебаний.
15. Гетеродинирование электромагнитных колебаний.
16. Скорость распространения электромагнитных волн.
17. Зависимость показателя преломления от частоты излучения.
18. Зависимость показателя преломления от метеоусловий.
19. Среднеинтегральный показатель преломления.
20. Обобщенная функциональная схема дальномера с пассивным ответом.
21. Обобщенная функциональная схема дальномера с синхронной демодуляцией.
22. Обобщенная функциональная схема импульсно-фазового гетеродинного дальномера.
23. Приборная поправка электронных дальномеров и ее составляющие.
24. Способы определения приборной поправки электронных дальномеров.
25. Введение поправок и редуцирование измеренных расстояний на поверхность относимости.
26. Оценка точности дальномерных измерений.
27. Источники ошибок измерений электронными дальномерами.
28. Классификация электронных дальномеров.
29. Глобальные системы позиционирования.
30. Подсистемы глобальных систем позиционирования.
31. Подсистемы наземного контроля и управления.
32. Созвездия космических аппаратов.
33. Подсистема аппаратуры пользователей.
34. Линейная пространственная засечка.
35. Дальности и псевдодальности.
36. Счет времени в глобальных системах позиционирования.
37. Радиосигналы для измерений и передачи информации.
38. Методы определения расстояний.
39. Кодовый метод определения расстояний.
40. С/А и Р коды.
41. Фазовый метод измерения расстояний.
42. Определение расстояний на комбинированных волнах.
43. Влияние ионосферы на результаты спутниковых измерений.
44. Влияние нижних слоев атмосферы на результаты спутниковых измерений.
45. Многолучевость.
46. Какие координаты определяют при спутниковом позиционировании.
47. Координатная система WGS-84.
48. Координатная система ПЗ-90.

49. Геодезические координаты.
50. Геодезическая высота.
51. Ортометрическая высота.
52. Нормальная высота.
53. Способы определения координат при спутниковом позиционировании.
54. Автономный режим определения координат.
55. Дифференциальный режим определения координат.
56. Влияние геометрического фактора на точность определения координат.
57. Определение вектора скорости.
58. Понятие навигации.
59. Точное определение пространственного вектора.
60. Статическое позиционирование.
61. Кинематическое позиционирование.
62. Конструктивные особенности спутниковых приемников.
63. Сфера применения спутниковых приемников.
64. Преобразование координат определенных из спутниковых методов.