

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

**Лазерное сканирование и 3D-моделирование**

Специальность:

**21.05.01 Прикладная геодезия**

Специализация:

**Инженерная геодезия**

Квалификация

**инженер-геодезист**

Форма обучения

**очная**

Институт Архитектурный

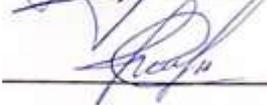
Кафедра Городского кадастра и инженерных изысканий

Белгород 2022

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - специалитет по специальности 21.05.01 «Прикладная геодезия», утвержденного Приказом Минобрнауки России от 11.08.2020 № 944;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2022 году.

Составитель (составители): ст.преп.  (Е.Р. Шин)

ст.преп.  (Н.С. Рыжакова)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

«17» мая 2022 г., протокол № 13

Заведующий кафедрой: к.т.н., доц.  (А.С. Черныш)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

«21» мая 2022 г., протокол № 9

Председатель: асс.  (М.А. Лепёшкина)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональные компетенции	ПК-3. Способен выполнять комплекс технологических операций по созданию продуктов профессиональной деятельности на основе использования данных геодезии, дистанционного зондирования, навигационных спутников Земли	ПК-3.4. Проводит полевые и камеральные работы при производстве лазерно-сканирующей съемки	<b>Знать</b> теоретические основы выполнения полевых и камеральных работ при производстве лазерно-сканирующей съемки. <b>Уметь</b> выполнять полевые и камеральные работы при производстве лазерно-сканирующей съемки. <b>Владеть</b> навыками производства лазерно-сканирующей съемки.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ПК-3.** Способен выполнять комплекс технологических операций по созданию продуктов профессиональной деятельности на основе использования данных геодезии, дистанционного зондирования, навигационных спутников Земли.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Дешифрирование аэрокосмических снимков
2	Автоматизация геодезических работ
3	Аэрокосмические съемки
4	Лазерное сканирование и 3D-моделирование
5	Фотограмметрия
6	Мониторинг земель и недвижимости
7	Производственная преддипломная практика
8	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена
9	Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки: 6 з.е.

Форма промежуточной аттестации: дифференцированный зачет.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	71	71
лекции	34	34
лабораторные	-	-
практические	34	34
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	3	3
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	109	109
Курсовой проект	54	54
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	55	55
Экзамен	-	-

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

#### Курс 4 Семестр 7

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<b>1. Основные сведения о технологии лазерного сканирования</b>					
1.1	Обзор отечественного и зарубежного опыта лазерного сканирования и трехмерного моделирования. Основные предпосылки и концепции методов обработки пространственных данных, полученных с помощью лазерных сканеров.	2	4	-	4
1.2	Разновидности лазерного сканирования. Особенности наземного сканирования. Особенности воздушного сканирования.	2	-	-	2
<b>2. Приборы и оборудование для лазерного сканирования</b>					
2.1	Основные понятия о трехмерных лазерных сканерах и их функциональных возможностях. Принципы действия лазерных сканеров (ЛС). Импульсный метод измерения расстояний. Фазовый метод измерения расстояний. Особенности данных методов измерения длин линий.	6	4	-	8
<b>3. Программное обеспечение для лазерного сканирования</b>					
3.1	Прикладные программы для управления сканером. Современное программное обеспечение (ПО) для обработки результатов НЛС. Функциональные возможности ПО для НЛС. Классификация программных продуктов по функциональному назначению.	6	4	-	10
<b>4. Технология лазерного сканирования для получения сканов</b>					
4.1	Технология сбора пространственных данных при наземном лазерном сканировании. Принципиальные технологические схемы и процессы лазерного сканирования.	2	2	-	4
4.2	Производство работ при лазерном сканировании. Состав технического проекта. Рекогносцировка местности и составление абрисов. Составление рабочего проекта планово-высотного обоснования и наземного сканирования. Определение координат точек рабочего съемочного обоснования. Методы проложения сканерных ходов.	2	4	-	4
<b>5. Обработка результатов лазерного сканирования</b>					
5.1	Технологические схемы и способы камеральной обработки лазерного сканирования. Принципы	2	4	-	6

	построения 3D проекта. Создание базы геопространственных данных.				
5.2	Обработка материалов лазерного сканирования с помощью системы автоматизированного моделирования. Сшивка сканов. Методы регистрации сканов в заданной системе координат.	2	4	-	6
<b>6. Трехмерное моделирование и решение инженерных задач по материалам лазерного сканирования</b>					
6.1	Построение трехмерных моделей объектов инженерных сооружений и архитектурных конструкций.	5	4	-	6
6.2	Составление трехмерных моделей ситуации и рельефа местности.	5	4	-	5
	<b>ВСЕГО</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>55</b>

#### 4.2. Содержание практических занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<b>семестр №7</b>				
1	Основные сведения о технологии лазерного сканирования	Сравнение отечественного и зарубежного оборудования	4	4
2	Приборы и оборудование для лазерного сканирования	Устройство лазерных сканеров	4	2
3	Программное обеспечение для лазерного сканирования	Функциональные возможности специализированного ПО	4	2
4	Технология лазерного сканирования для получения сканов	Принципиальные технологические схемы и процессы лазерного сканирования	2	2
		Составление рабочего проекта планово-высотного обоснования и наземного сканирования	4	4
5	Обработка результатов лазерного сканирования	Обработка материалов лазерного сканирования	4	4
		Сшивка сканов. Методы регистрации сканов в заданной системе координат	4	4
6	Трехмерное моделирование и решение инженерных задач по материалам лазерного сканирования	Построение трехмерных моделей объектов инженерных сооружений и архитектурных конструкций	4	4
		Составление трехмерных моделей ситуации и рельефа местности	4	4
<b>ИТОГО:</b>			<b>34</b>	<b>30</b>

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

Не предусмотрено учебным планом.

### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Учебным планом предусмотрено выполнение курсового проекта «Выполнение проекта наземного лазерного сканирования».

Цель работы: научиться составлять проект наземной лазерной съемки, рассчитывать основные параметры сканирования, анализировать сырые данные, освоить камеральную обработку результатов сканирования.

Пояснительная записка включает:

- введение;
- анализ исходных данных;
- анализ условий сканирования;
- расчет основных параметров съемки;
- составление проекта сканирования;
- анализ сырых данных;
- камеральная обработка материалов сканирования в соответствии с заданием;
- выводы;
- список используемой литературы.

Графическая часть проекта включает:

- общий вид данных сканирования;
- поэлементная схема участка сканирования.

Объем работы: 20-40 с. пояснительной записки и 2 листа чертежей формата А3.

### 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Не предусмотрено учебным планом.

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенций

**1. Компетенция ПК-3.** Способен выполнять комплекс технологических операции по созданию продуктов профессиональной деятельности на основе использования данных геодезии, дистанционного зондирования, навигационных спутников Земли.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-3.4. Проводит полевые и камеральные работы при производстве лазерно-сканирующей съемки	дифференцированный зачет, дифференцированный зачет при защите курсового проекта

## **5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации**

### **5.2.1. Перечень контрольных вопросов для дифференцированного зачета**

1. Принцип формирования дискретной трехмерной модели объекта съемки лазерным сканером.
2. Устройство и технические характеристики наземных лазерных сканеров.
3. Методы измерения углов и расстояний. Основные источники ошибок.
4. Классификация лазерных сканеров. Область применения.
5. Внешнее ориентирование трехмерной модели по опорным точкам.
6. Объединение и внешнее ориентирование отдельных дискретных моделей в общую модель объекта.
7. Визуализация трехмерных моделей.
8. Подвижные сканерные системы. Устройство и область применения.
9. Основные технологические этапы обработки результатов мобильного лазерного сканирования.
10. Принцип определения координат точек объекта для мобильных сканерных систем.
11. Создание 3D моделей объекта по материалам наземного лазерного сканирования.
12. Полевые работы при выполнении наземного лазерного сканирования.
13. Камеральные работы при обработке результатов наземного лазерного сканирования с целью получения трехмерных моделей объектов.
14. Камеральные работы при обработке лазерного сканирования с целью получения топографических планов местности.
15. Решение прикладных задач с использованием наземного лазерного сканирования.

### **5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта**

1. Принцип формирования дискретной трехмерной модели объекта съемки лазерным сканером.
2. Методы измерения углов и расстояний. Основные источники ошибок.
3. Классификация лазерных сканеров. Область применения.
4. Внешнее ориентирование трехмерной модели по опорным точкам.
5. Объединение и внешнее ориентирование отдельных дискретных моделей в общую модель объекта.
6. Визуализация трехмерных моделей.
7. Основные технологические этапы обработки результатов мобильного лазерного сканирования.
8. Принцип определения координат точек объекта для мобильных сканерных систем.
9. Создание 3D моделей объекта по материалам наземного лазерного сканирования.
10. Камеральные работы при обработке результатов наземного лазерного сканирования.

сканирования с целью получения трехмерных моделей объектов.

11. Камеральные работы при обработке лазерного сканирования с целью получения топографических планов местности.

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета и дифференцированного зачета при защите курсового проекта используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов и определений в области лазерного сканирования
	Знание технологии выполнения лазерного сканирования
	Знание программного обеспечения для обработки материалов лазерного сканирования
	Полнота ответов на вопросы
	Объем освоенного материала
Умения	Уметь выполнять лазерное сканирование
	Уметь создавать трехмерные модели инженерных сооружений, трехмерные модели ситуации и цифровые модели рельефа по материалам лазерного сканирования
	Уметь выполнять трёхмерное моделирование и интерпретировать полученные результаты при изучении объектов
	Уметь составлять проекты выполнения лазерного сканирования
Навыки	Владеть навыками применения технологии лазерного сканирования объектов недвижимости
	Владеть навыками обработки материалов лазерного сканирования
	Владеть навыками применения материалов лазерного сканирования при трехмерном моделировании объектов
	Владеть навыками работы с комплексом программных средств для построения трехмерных моделей по материалам лазерного сканирования

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов и определений в области лазерного сканирования	Не знает терминов и определений в области лазерного сканирования	Знает термины и определения в области лазерного сканирования, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения в области лазерного сканирования	Знает термины и определения в области лазерного сканирования, может корректно сформулировать их самостоятельно

Знание технологии выполнения лазерного сканирования	Не знает технологии выполнения лазерного сканирования	Знает технологии выполнения лазерного сканирования, но допускает ошибки в их составе	Знает технологии выполнения лазерного сканирования	Знает технологии выполнения лазерного сканирования, может самостоятельно находить различия, недостатки и достоинства технологий
Знание программного обеспечения для обработки материалов лазерного сканирования	Не знает программного обеспечения для обработки материалов лазерного сканирования	Знает программное обеспечение для обработки материалов лазерного сканирования, но допускает грубые ошибки	Знает программное обеспечение для обработки материалов лазерного сканирования	Знает программное обеспечение для обработки материалов лазерного сканирования, может самостоятельно находить различия, недостатки и достоинства
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все - полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями

### Оценка сформированности компетенций по показателю умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Уметь выполнять лазерное сканирование	Не умеет выполнять лазерное сканирование	Умеет выполнять лазерное сканирование, допуская грубые ошибки	Умеет выполнять лазерное сканирование, допуская незначительные ошибки	Умеет выполнять лазерное сканирование, не допуская ошибок
Уметь создавать трехмерные модели инженерных сооружений, трехмерные модели ситуации и цифровые модели рельефа по материалам лазерного сканирования	Не умеет создавать трехмерные модели инженерных сооружений, трехмерные модели ситуации и цифровые модели рельефа по материалам лазерного сканирования	Умеет создавать трехмерные модели инженерных сооружений, трехмерные модели ситуации и цифровые модели рельефа по материалам лазерного сканирования, допуская грубые ошибки	Умеет создавать трехмерные модели инженерных сооружений, трехмерные модели ситуации и цифровые модели рельефа по материалам лазерного сканирования, допуская незначительные ошибки	Умеет создавать трехмерные модели инженерных сооружений, трехмерные модели ситуации и цифровые модели рельефа по материалам лазерного сканирования, не допуская ошибок
Уметь выполнять трёхмерное моделирование и интерпретировать	Не умеет выполнять трёхмерное моделирование и интерпретировать полученные результаты при	Умеет выполнять трёхмерное моделирование и интерпретировать полученные результаты при изучении объектов,	Умеет выполнять трёхмерное моделирование и интерпретировать полученные результаты при изучении объектов,	Умеет выполнять трёхмерное моделирование и интерпретировать полученные результаты при изучении объектов,

полученные результаты при изучении объектов	изучении объектов	допуская грубые ошибки	допуская незначительные ошибки	не допуская ошибок
Уметь составлять проекты выполнения лазерного сканирования	Не умеет составлять проекты выполнения лазерного сканирования	Умеет составлять проекты выполнения лазерного сканирования, допуская грубые ошибки	Умеет составлять проекты выполнения лазерного сканирования, допуская незначительные ошибки	Умеет составлять проекты выполнения лазерного сканирования, не допуская ошибок

Оценка сформированности компетенций по показателю навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеть навыками применения технологии лазерного сканирования объектов недвижимости	Не владеет навыками применения технологии лазерного сканирования объектов недвижимости	Недостаточно владеет навыками применения технологии лазерного сканирования объектов недвижимости	Владеет навыками применения технологии лазерного сканирования объектов недвижимости	В полной мере владеет навыками применения технологии лазерного сканирования объектов недвижимости
Владеть навыками обработки материалов лазерного сканирования	Не владеет навыками обработки материалов лазерного сканирования	Недостаточно владеет навыками обработки материалов лазерного сканирования	Владеет навыками обработки материалов лазерного сканирования	Владеет навыками безошибочной обработки материалов лазерного сканирования
Владеть навыками применения материалов лазерного сканирования при трехмерном моделировании объектов	Не владеет навыками применения материалов лазерного сканирования при трехмерном моделировании объектов	Недостаточно владеет навыками применения материалов лазерного сканирования при трехмерном моделировании объектов	Владеет навыками применения материалов лазерного сканирования при трехмерном моделировании объектов	В полной мере владеет навыками применения материалов лазерного сканирования при трехмерном моделировании объектов
Владеть навыками работы с комплексом программных средств для построения трехмерных моделей по материалам лазерного сканирования	Не владеет навыками работы с комплексом программных средств для построения трехмерных моделей по материалам лазерного сканирования	Владеет навыками работы с комплексом программных средств для построения трехмерных моделей по материалам лазерного сканирования, допуская грубые ошибки	Владеет навыками работы с комплексом программных средств для построения трехмерных моделей по материалам лазерного сканирования, допуская незначительные ошибки	Владеет навыками работы с комплексом программных средств для построения трехмерных моделей по материалам лазерного сканирования, не допуская ошибок

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Специальное помещение для проведения лекций	Специализированная мебель, мультимедийное оборудование.
2	Специальное помещение для проведения практических и лабораторных работ	Специализированная мебель, мультимедийное оборудование, лазерный сканер Leica Nova MS50, лазерный сканер Leica BLK360, комплекты дополнительного оборудования для геодезических приборов: штативы, призмы, вешки.
3	Специальное помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель, мультимедийное оборудование.
4	Помещение для самостоятельной работы - читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника, подключенная к сети интернет и имеющая доступ в электронно-образовательную среду

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 г. по 31.10.2023 г. Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017 г.
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 г. по 31.10.2023 г.
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018 г. Срок действия лицензии до 19.08.2020 г. Гражданско-правовой договор (Контракт) №27782. Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020 г. Срок действия лицензии 19.08.2023 г.
4	Leica Infinity	Входит в комплект приобретенного лазерного сканера
5	nanoCAD	Соглашение №НР-22/220-ВУЗ от 17.02.2022 г. Лицензия бессрочная
6	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
7	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

### 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Середович В.А. Наземное лазерное сканирование: монография / В.А.

Середович, А.В. Комиссаров, Д.В. Комиссаров, Т.А. Широкова. – Новосибирск: СГГА, 2009. – 261 с.

2. Неволин, А.Г. Обработка результатов наземного лазерного сканирования и трехмерное моделирование объектов местности [Текст]: сборник описаний лабораторных работ / А.Г. Неволин, А.А. Басаргин. – Новосибирск: СГГА, 2012. – 111 с.

3. Авакян В.В. Прикладная геодезия: геодезическое обеспечение строительного производства: Учебное пособие для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Академический проект, 2017. - 588 с.

4. Карпик А.П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий: Монография. – Новосибирск: СГГА, 2004. - 252 с.

5. Leica MS50/TS50/TM50. Руководство пользователя. Версия 5. Русский язык. - 108 с.

6. Leica Infinity. Руководство пользователя. Version 2.0. Русский язык. - 310 с.

#### **6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

1. Электронные образовательные ресурсы НТБ БГТУ им. В.Г. Шухова: <http://ntb.bstu.ru/resource>

2. ЭБС «IPRbooks»: <http://www.iprbookshop.ru>

3. ЭБС издательства «Лань»: <http://e.lanbook.com>