

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Высшая школа информационных технологий и интеллектуальных систем



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Д.А. Таюрский

"\_\_\_" 20\_\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Автономные робототехнические системы

Направление подготовки: 09.04.04 - Программная инженерия

Профиль подготовки: Робототехника

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

## **Содержание**

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, к.н. Магид Е.А. (кафедра интеллектуальной робототехники, Высшая школа информационных технологий и интеллектуальных систем), magid@it.kfu.ru

## **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-6	Способность использовать имеющиеся программные пакеты и, при необходимости, разрабатывать новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования, проводить отладку и настройку разработанных программ

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- основные понятия мобильной робототехники и областей ее применения;
- текущее состояние мобильной робототехники в России и за рубежом;
- типы мобильных роботов;
- постановка задач планирования маршрута для мобильных роботов;
- математические основы работы программного обеспечения ROS;
- задачи кинематики для мобильных роботов;
- методы локализации робота;
- типы карт;
- основные алгоритмы планирования маршрута;

Должен уметь:

- использовать систему координат и робототехнические инструментальные средства;
- использовать ROS и симулятор Gazebo для вычисления и построения маршрутов;
- описывать движение мобильного робота при помощи уравнений;
- применять оптимальный алгоритм планирования маршрута исходя из постановки задачи;
- программировать алгоритм планирования маршрута для робота на C++;
- работать в команде над робототехническим проектом и презентовать проект.

Должен владеть:

- навыками программирования при помощи C++ в ROS - Gazebo;
- культурой мышления;
- способностью к анализу и обобщению;
- готовностью обосновывать принимаемые проектные решения;
- способностью выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности решений

Должен демонстрировать способность и готовность:

- обосновывать принимаемые проектные решения;
- осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности.

## **2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.06.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 09.04.04 "Программная инженерия (Робототехника)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

## **3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 36 часа(ов), в том числе лекции - 0 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 36 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 108 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 семестре.

#### **4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

##### **4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение	3	0	0	2	4
2.	Тема 2. Принципы построения и применения наземных мобильных роботов	3	0	0	6	34
3.	Тема 3. Картографирование и локализация мобильных роботов	3	0	0	6	34
4.	Тема 4. Алгоритмы планирования маршрута	3	0	0	22	36
	Итого		0	0	36	108

##### **4.2 Содержание дисциплины (модуля)**

###### **Тема 1. Введение**

Основные понятия мобильной робототехники, история ее развития в России и других странах, текущая ситуация и перспективы развития мобильной робототехники в России и в мире. Законы робототехники в изложении Азимова, Мэрфи и EPSRC. 10 мантр робототехника. Постановка задач планирования маршрута для мобильных роботов. От восприятия к пониманию. Симуляторы для мобильной робототехники. Использование ПО Matlab и пакета Robot Toolbox для планирования маршрута мобильного робота.

###### **Тема 2. Принципы построения и применения наземных мобильных роботов**

Типы мобильных роботов. Различные системы координат для мобильных роботов. Типы перемещения. Колесные роботы, типы и компоновка колес. Гусеничные роботы. Антропоморфные роботы. Связь между понятийным аппаратом для роботов-манипуляторов и мобильных роботов. Центр масс и критерии устойчивости. Статическая устойчивость. Три ключевые вопросы мобильной робототехники. Принцип See-Think-Act. Принципы управления походкой шагающего робота. Компромисс между свойствами стабильности, маневренности и управления при конструировании наземных мобильных роботов.

###### **Тема 3. Картографирование и локализация мобильных роботов**

Основы топологии. Пространство конфигураций: 2D, 3D, общий случай. Препятствия в пространстве конфигураций. Кинематические и динамические модели. Представление робота в пространстве. Задачи прямой кинематики для мобильных роботов. Описание движения мобильного робота при помощи системы уравнений. Типы карт. Методы декомпозиции пространства для картографирования. Использование графов и деревьев для картографирования. Поиск по графу при помощи алгоритмов BFS, DFS, Dijkstra, A-Star. Методы локализации робота. Вероятностные методы. Фильтр частиц. Методы одновременной локализации и картографирования.

###### **Тема 4. Алгоритмы планирования маршрута**

Глобальные и локальные методы планирования маршрута. Построение графа видимости. Тангенциальный граф. Алгоритмы семейства Bug. Поиск по графу при помощи алгоритма D-Star. Методы дорожной карты. Методы клетчатого разбиения. Граф Вороного. Методы построения при помощи огненного и волнового фронтов. Методы потенциальных полей. Вероятностные методы планирования. Методы, основанные на сэмплировании. Планирование пути в динамической среде.

#### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
  - в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.
- Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС З++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Matlab - <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>

Robotics Toolbox - <http://petercorke.com/wordpress/toolboxes/robotics-toolbox>

YARP - <http://www.yarp.it/>

**9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

<b>Вид работ</b>	<b>Методические рекомендации</b>
лабораторные работы	Для выполнения лабораторных работ студенту нужно: 1. Явиться на лабораторное занятие подготовленным по данной теме. 2. Знать правила по технике безопасности при работе в лаборатории. 3. Предоставить письменный отчет проделанной работе. 4. До выполнения лабораторной работы у студента проверяют знания по выявлению уровня его теоретической подготовки по данной теме.
самостоятельная работа	Важнейшим этапом практического занятия является самостоятельная работа обучающихся, которая складывается из нескольких разделов: 1) Запустить и по шагам изучить представленные на лекционном занятии программы. 2) Найти дополнительные источники, о которых будет сказано на практическом занятии и самостоятельно изучить необходимые темы, программируя при этом решаемые задачи. 3) Изучить представленный на практическом занятии теоретический материал. 4) Самостоятельно изучить механику Ктезибия. Предложить модернизацию конструкции телеуправляемого марсохода Opportunity при помощи антикиттерского механизма. 5) Рекомендуемое участие в студенческих семинарах и конференциях по направлению автономных робототехнических систем.
экзамен	Для успешной сдачи экзамена: 1) Изучить весь теоретический материал, который был представлен преподавателем на лекциях в течение семестра. 2) Найти дополнительные источники, о которых будет сказано на практических занятиях и самостоятельно изучить темы. 3) Для успешной сдачи экзамена студент должен посвящать самостоятельной подготовке (изучение лекций, чтение дополнительных материалов, решение задач) не менее, чем указанное в РПД время. 4) Прийти на экзамен вовремя. 5) Студенту разрешается использовать на экзамене собственные конспекты лекций и практических занятий. Обязательное условие: конспект принадлежит студенту, подписан его фамилией и записан идентичным почерком относительно письменных записей на экзамене. По требованию преподавателя конспект может сдаваться вместе с экзаменационной работой и будет возвращен студенту после проверки письменных работ. 6) При входе в аудиторию выключить все электронные устройства и сложить их на стол преподавателя в строгой ориентации относительно магнитного поля. 7) Во время экзамена не разговаривать с соседями и самому с собой, не использовать телепатию для решения задач, не мешать другим студентам и преподавателю. Также запрещается выходить из кабинета после получения билета, есть или употреблять какие-либо жидкости, кроме негазированной воды. 8) За нарушение пунктов 6 и 7 студент будет немедленно удален с экзамена с оценкой неудовлетворительно, с невозможностью апелляции, но с возможностью пересдачи зачета в соответствии с внутренним регламентом КФУ 9) Во время экзамена уличенный в списывании студент получает оценку 0 с аннулированием оценок за выполненные в течение семестра домашние задания.

**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

**11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

## **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачётке или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 09.04.04 "Программная инженерия" и магистерской программе "Робототехника".

**Приложение 2**  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
**Б1.В.ДВ.06.01 Автономные робототехнические системы**

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 09.04.04 - Программная инженерия

Профиль подготовки: Робототехника

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

**Основная литература:**

1. Автоматические системы транспортных средств : учебник / В.В. Беляков, Д.В. Зезюлин, В.С. Макаров, А.В. Тумасов. - Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. - 352 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-107745-0. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znanius.com/catalog/product/1021893> (дата обращения: 10.03.2020)- Режим доступа : по подписке.
2. Интеллектуальные роботы : учебное пособие / И. А. Каляев, В. М. Лохин, И. М. Макаров, С. В. Манько. - Москва : Машиностроение, 2007. - 360 с. - ISBN 5-217-03339-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/769> (дата обращения: 10.03.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Иванов, А. А. Основы робототехники : учебное пособие / А.А. Иванов. - 2-е изд., испр. - Москва : ИНФРА-М, 2019. - 223 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-105516-8. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znanius.com/catalog/product/994181> (дата обращения: 10.03.2020). - Режим доступа : по подписке.

**Дополнительная литература:**

1. Барсуков, А. П. Кто есть кто в робототехнике: Компоненты и решения для создания роботов и робототехнических систем. Выпуск 2: справочник / А. П. Барсуков. - Москва : ДМК Пресс, 2008. - 128 с. - ISBN 978-5-94074-715-4. - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940747154.html> (дата обращения: 10.03.2020). - Режим доступа : по подписке.
2. Барсуков А.П., Компоненты и решения для создания роботов и робототехнических систем / Барсуков А. П. - Вып. I. - Москва: ДМК Пресс, 2005. - 128 с. (Ежеквартальный справочник) - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/5-9706-0013-X.html> (дата обращения: 10.03.2020). - Режим доступа : по подписке.
3. Денисенко В.В., Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием / Денисенко В.В. - Москва: Горячая линия - Телеком, 2013. - 584 с. - ISBN 978-5-9912-0060-8 - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991200608.html> (дата обращения: 10.03.2020). - Режим доступа : по подписке.

**Приложение 3**  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
**Б1.В.ДВ.06.01 Автономные робототехнические системы**

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 09.04.04 - Программная инженерия

Профиль подготовки: Робототехника

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляемой доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.