



Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

Институт морских технологий, энергетики и строительства

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА
НАПРАВЛЕННОСТИ
«ПОДВОДНАЯ РОБОТОТЕХНИКА»**

Разработчик: *научно-образовательный центр судостроения, морской инфраструктуры и техники*

Авторы: *Петшак Станислав Николаевич*

г. Калининград, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	3
2. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ПРОГРАММЫ И КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК	6
3. РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ ПРЕДМЕТОВ, КУРСОВ, ДИСЦИПЛИН (МОДУЛЕЙ) ПРОГРАММЫ	7
3.1 Цель и планируемые результаты	7
3.2 Учебно-тематический план	7
3.3 Содержание дисциплины	8
3.4 Методическое обеспечение и условия реализации дисциплины (модуля)	9
3.5 Аттестация	10
3.6 Литература	10
3.7 Методические рекомендации	11

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа реализуется в соответствии с ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», Приказом Министерства просвещения России от 09.11.2018 №196 г. «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам».

Цель: Создать условия для формирования у учащихся системного инженерного подхода к проектированию, тестированию и оптимизации подводных робототехнических систем через интеграцию методологий проектного управления (PMBOK), решения изобретательских задач (ТРИЗ/АРИЗ) и инструментов анализа качества (SMART, 5Why, PDCA).

Задачи:

Предметные задачи:

- сформировать навыки проектного управления (PMBOK) для полного цикла разработки подводных робототехнических систем (ПРТС): от инициации до внедрения;
- освоить инженерные методологии (ТРИЗ/АРИЗ, PDCA) для решения технических противоречий в подсистемах ПРТС (захваты, связь, компьютерное зрение);
- развить практические умения проектирования, тестирования и оптимизации подсистем с учётом стандартов IP68 и патентного анализа (FIPS, WIPO).

Метапредметные задачи:

- развить системное мышление через декомпозицию сложных задач, прогнозирование рисков и применение аналитических инструментов (5Why, Исикава, Парето);
- стимулировать исследовательскую активность: экспериментирование с прототипами, data-driven анализ тестовых данных, генерация инновационных решений;
- сформировать навыки алгоритмизации инженерных процессов (АРИЗ) и итеративного улучшения решений (PDCA).

Личностные задачи:

- воспитать ответственность за результаты инженерных решений (экологические последствия, документирование Lessons Learned);
- развить адаптивность к неопределённости (работа в условиях санкций, дефицита ресурсов) и стрессоустойчивость при защите проектов;
- сформировать профессиональную этику: бережное отношение к оборудованию, соблюдение стандартов, осознание социальной роли инженера;
- расширить коммуникативные компетенции: коллаборация в команде (аналитик/конструктор/тестировщик), аргументированная презентация решений для стейкхолдеров.

Направленность

Форма организации

Уровень

Актуальность, новизна

Техническая

Групповая

Ознакомительный

Актуальность программы обусловлена стратегической значимостью подводной робототехники для развития

	отечественных морских технологий в условиях импортозамещения. Программа формирует у школьников комплексные компетенции на стыке инженерного проектирования, методологий управления проектами (РМВОК) и решения изобретательских задач (ТРИЗ/АРИЗ), отвечая на запросы реального сектора экономики — транспортной инфраструктуры, шельфовой добычи и экологического мониторинга. Освоение курса включает практическую работу с полным циклом проекта: от постановки SMART-целей (например, разработка устойчивого к течению захвата) до тестирования прототипов, патентного анализа и защиты решений, что восполняет кадровый дефицит в высокотехнологичных отраслях и укрепляет позиции России в освоении Мирового океана и Арктики.
Педагогическая целесообразность	Педагогическая целесообразность программы заключается в формировании у обучающихся системных инженерно-управленческих компетенций через интеграцию проектных методологий (РМВОК), инструментов анализа (5 Why, Исикава, Парето) и изобретательских подходов (ТРИЗ/АРИЗ), что отвечает современным запросам технологического суверенитета. Программа реализует комплексный подход, сочетающий: • Практико-ориентированное обучение (циклы PDCA, разработка подсистем роботов, тестирование в бассейне); • Личностное развитие (адаптивность к санкционным ограничениям, стрессоустойчивость через ролевые игры с "инвесторами"); • Профориентацию на реальный сектор (кейсы шельфовой добычи, экомониторинга, подготовка к MATE ROV Competition). Материал соответствует возрастным особенностям учащихся 15–18 лет, стимулируя решение актуальных инженерных задач (например, создание энергоэффективных захватов, патентный поиск в FIPS/WIPO), что формирует профессиональную идентичность и мотивацию к работе в высокотехнологичных отраслях.
Категория слушателей:	Лица, обучающиеся по основным общеобразовательным программам среднего общего образования в возрасте 15-18 лет (10-11 класс)
Срок обучения:	36 часов
Режим занятий:	Недельная нагрузка на одну группу составляет 3 академических часа. Занятия проводятся 1 раз в неделю. Продолжительность занятий исчисляется в академических часах – 40 минут, между занятиями установлены 10-минутные перемены. В последнюю неделю обучения проводится итоговый контроль, продолжительность которого составляет 1 час.
Количество учащихся	В соответствии с СанПиН
В результате изучения обучающиеся должны знать:	В результате изучения обучающиеся должны: – Стандарты управления проектами (РМВОК: инициация, планирование, контроль, закрытие); – Принципы ТРИЗ/АРИЗ для решения технических противоречий в подсистемах ПРТС;

- Физические ограничения подводной среды (давление, видимость, коррозия) и их влияние на проектирование;
 - Методы анализа проблем (5Why, диаграммы Исикавы, Парето).
- уметь:
- Разрабатывать проектную документацию (Устав проекта, WBS, диаграмма Гантта);
 - Применять инструменты анализа (5Why, Исикава, Парето) для выявления причин дефектов;
 - Проектировать и тестировать подсистемы ПРТС (манипуляторы, FPV-системы, связь) с учетом стандарта IP68;
 - Проводить патентный поиск в базах (FIPS, WIPO) и анализировать аналоги;
 - Создавать презентации проектов (3-минутный питч, 15-минутная защита) и аргументировать решения на основе данных.
- владеть:
- Навыками декомпозиции сложных задач на подсистемы (механическая, электрическая, программная интеграция);
 - Методами прогнозирования рисков и планирования ответных мер;
 - Циклом PDCA (Plan-Do-Check-Act) для итеративного улучшения прототипов;
 - Навыками адаптации проектных решений к изменяющимся условиям (ресурсы, санкции) и эффективной командной коммуникации.

2. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ПРОГРАММЫ

№	Наименование разделов и дисциплин	Всего часов	в том числе			Форма контроля
			ЛК	ПР	СР	
1.	Подводная роботехника	36	7	15	14	Устный опрос, итоговый тест
Итого		36	7	15	14	

КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК

№ учебной недели с начала обучения							
1	2	3	4	5	6	7	8

□ – учебная неделя

X – нет недели

3. РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ ПРЕДМЕТОВ, КУРСОВ, ДИСЦИПЛИН (МОДУЛЕЙ) ПРОГРАММЫ

3.1 Цель и планируемые результаты

Цель:	Создать условия для формирования у учащихся системного инженерного подхода к проектированию, тестированию и оптимизации подводных робототехнических систем через интеграцию методологий проектного управления (PMBOK), решения изобретательских задач (ТРИЗ/АРИЗ) и инструментов анализа качества (SMART, 5Why, PDCA).
Уровень	Ознакомительный
В результате изучения обучающиеся должны:	
знать:	– Стандарты управления проектами (PMBOK: инициация, планирование, контроль, закрытие); – Принципы ТРИЗ/АРИЗ для решения технических противоречий в подсистемах ПРТС; – Физические ограничения подводной среды (давление, видимость, коррозия) и их влияние на проектирование; – Методы анализа проблем (5Why, диаграммы Исикавы, Парето).
уметь:	– Разрабатывать проектную документацию (Устав проекта, WBS, диаграмма Ганта); – Применять инструменты анализа (5Why, Исикава, Парето) для выявления причин дефектов; – Проектировать и тестировать подсистемы ПРТС (манипуляторы, FPV-системы, связь) с учетом стандарта IP68; – Проводить патентный поиск в базах (FIPS, WIPO) и анализировать аналоги; – Создавать презентации проектов (3-минутный питч, 15-минутная защита) и аргументировать решения на основе данных.
владеть:	– Навыками декомпозиции сложных задач на подсистемы (механическая, электрическая, программная интеграция); – Методами прогнозирования рисков и планирования ответных мер; – Циклом PDCA (Plan-Do-Check-Act) для итеративного улучшения прототипов; – Навыками адаптации проектных решений к изменяющимся условиям (ресурсы, санкции) и эффективной командной коммуникации.

3.2 Учебно-тематический план

№	Наименование разделов и тем	Всего часов	в том числе			Форма контроля
			лекций	Практ. занятий	СР*	
1.	Перспективы подводной робототехники. Управление проектами	4	2	0	2	Устный опрос
2.	Инженерные методологии (ТРИЗ/АРИЗ) и анализ проблем	5	1	2	2	Устный опрос

3.	Проектирование подсистем (движение, плавучесть, энергетика)	5	1	2	2	Устный опрос
4.	Интеграция подсистем и тестирование	4	0	2	2	Устный опрос
5.	Занятия с индустриальным партнёром	4	0	3	1	Устный опрос
6.	Патентный поиск и анализ	4	1	1	2	Устный опрос
7.	Подготовка к защите проекта	5	1	2	2	Устный опрос
8.	Репетиция защиты и ответы на вопросы	4	1	2	1	Устный опрос
9.	Аттестация	1	0	1	0	Итоговый тест
Итого:		36	7	15	14	

* Самостоятельная подготовка осуществляется посредством электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС) университета

3.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Перспективы подводной робототехники. Управление проектами

Теория. Знакомство с глобальными трендами и технологическими драйверами подводной робототехники, ключевыми направлениями развития в России и мире, российскими предприятиями отрасли (например, АНПА «Марлин-350») и инновациями в условиях санкций (импортозамещение компонентов). Изучение процесса инициации проекта по стандарту PMBOK: разработка устава проекта, идентификация стейкхолдеров, постановка SMART-целей. Освоение методов планирования объема и сроков: декомпозиция работ (WBS) для подсистем (захват, FPV, связь), построение диаграммы Ганта с учетом зависимостей, разработка плана коммуникаций.

Самостоятельная работа. Разработка устава проекта с SMART-целями для выбранной миссии и подсистем, включая идентификацию стейкхолдеров и высокоуровневых рисков. Построение детализированной WBS и диаграммы Ганта с вехами.

Тема 2. Инженерные методологии (ТРИЗ/АРИЗ) и анализ проблем

Теория. Принципы ТРИЗ (#1 Дробление, #28 Замена механики), алгоритм АРИЗ.

Практика. Решение задач с применением ТРИЗ (оптимизация захвата). Построение диаграммы Исикавы для анализа сбоя FPV-камеры.

Самостоятельная работа. Анализ проблемы в проекте методом 5 Why → ТРИЗ.

Тема 3. Проектирование подсистем

Теория. Расчеты параметров (плавучесть, энергопотребление), цикл PDCA.

Практика. Разработка концепта подсистемы (манипулятор, FPV). Предварительные тесты прототипа.

Самостоятельная работа. Расчет силы магнита/энергопотребления для выбранной подсистемы.

Тема 4. Интеграция подсистем и тестирование

Практика. Механическая/электрическая стыковка компонентов. Функциональные тесты в бассейне, построение Парето-диаграммы дефектов.

Самостоятельная работа. Анализ результатов тестов, рекомендации по улучшениям.

Тема 5. Занятия с индустриальным партнёром

Практика. Экскурсия на предприятие/мастер-класс по реальным кейсам (экологический мониторинг, шельфовая добыча). Анализ производственных дефектов с применением 5 Why/Исикавы.

Самостоятельная работа. Отчет "Проблемы отрасли и наши решения".

Тема 6. Патентный поиск и анализ

Теория. Базы FIPS/WIPO, структура патентной формулы.

Практика. Поиск аналогов для проектного решения. Определение "зоны свободы" для инноваций.

Самостоятельная работа. Отчет "Существующие решения vs Наш подход".

Тема 7. Подготовка к защите проекта

Теория. Принципы сторителлинга (Problem → Solution → Impact), визуальный дизайн по CRAP+.

Практика. Создание 3-минутного питча и 15-минутной презентации. Аргументация решений на основе тестовых данных.

Самостоятельная работа. Доработка презентации, подготовка инфографики.

Тема 8. Репетиция защиты и ответы на вопросы

Теория. Стратегии ответов (перефразирование, работа с возражениями).

Практика. Ролевая игра "Вопросы от инвестора". Генеральная репетиция в форматах 3/5/15 минут.

Самостоятельная работа. Чек-лист "Факты → Цифры → Примеры" для защиты.

В электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) университета размещаются приложения и дополнения к содержанию программы, включая задания для самостоятельной работы обучающихся.

3.4 Методическое обеспечение и условия реализации дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение

Учебная аудитория, оснащенная столами, стульями (по росту и количеству обучающихся), учебной доской, оргтехникой (проектор, экран, персональный компьютер/ноутбук) и отвечающая требованиям санитарно-гигиенических норм (СП 2.4.3648-20) и правил техники безопасности при работе с электрооборудованием.

Мастерская, оборудованная мебелью для сборки моделей роботов, а также оснащённое необходимым комплектом инструментов (125Б УК №1).

Для успешной реализации программы необходимо:

1. Специализированное оборудование:

Опытный бассейн из оргстекла (минимальный размер 800×400×400 см, оптимальный: 1200×800×800 см).

Робототехнический конструктор для подводной робототехники «Океаника Пиранья».

Набор «3D модель подводного робота».

2. Инструменты и приборы:

Комплекты для сборки/модификации роботов: паяльные станции, мультиметры, наборы отверток.

Герметизационные материалы (уплотнители, силиконы) для обеспечения стандарта IP68.

3. Учебно-методические материалы:

Интерактивные книги: «Приключение подводного робота „Океаника“», «Создание подводных роботов. Технология».

Настольные игры к конструктору «Океаника Пиранья».

Образцы компонентов подсистем: манипуляторы, FPV-камеры, гидроакустические модемы.

4. Расходные материалы для практики:

Комплектующие для прототипирования: сенсоры, двигатели, платы ESP32/Arduino.

Материалы для тестирования: образцы объектов захвата, калибровочные мишени для FPV.

Проведение испытаний подсистем (захватов, связи, FPV) осуществляется в опытовом бассейне с фиксацией метрик (сила удержания, качество изображения, дальность связи). Лабораторные работы по интеграции и тестированию проводятся на базе учебного робототехнического комплекса.

Информационное обеспечение

Программное обеспечение: CAD-системы (Компас-3D), симуляторы (WebGMI, Gazebo), аналитические пакеты (STATISTICA).

Доступ к патентным базам (FIPS, WIPO) и облачным платформам (KANBANIER, «P7-Офис»).

Кадровое обеспечение

Реализация дополнительной общеразвивающей программы «Подводная робототехника» обеспечивается педагогом дополнительного образования, имеющим высшее образование в области робототехники, мехатроники, судостроения или смежных инженерных направлений, соответствующее технической направленности дополнительного образования и отвечающим квалификационным требованиям, указанным в профессиональном стандарте «Педагог дополнительного образования детей и взрослых» (Приказ Минтруда РФ от 22.09.2021 № 652н).

3.5 Аттестация

Формы аттестации

Результатом обучения учащихся является определенный объем знаний, умений и навыков. Для их оценки в процессе обучения необходимо проводить контроль знаний по разделам программы согласно учебному плану.

Промежуточный контроль: проводится в процессе освоения модуля в виде наблюдения за выполнением практического задания, устным опросом по теоретическому материалу, а также работой в электронной среде. Это помогает оценить успешность выбранных форм и методов обучения и при необходимости скорректировать их.

Итоговый контроль: осуществляется в конце модуля и позволяет определить качество усвоения обучающимися программы результативность учебного процесса. Итоговый контроль по программе «Подводная робототехника» проводится в виде защиты проекта и тестирования.

Перечень оценочных средств

К оценочным материалам программы «Подводная робототехника» относятся:

Практические задания (разработка Устава проекта, WBS, патентный анализ в FIPS/WIPO, создание питч-презентаций);

Тесты и кейс-задачи (решение технических противоречий методами ТРИЗ/АРИЗ, оценка рисков);

Мониторинг образовательного процесса (наблюдение за командной работой, защитой проектов перед экспертами, анализ итераций PDCA).

Система обеспечивает контроль предметных, метапредметных и личностных результатов обучающихся.

3.6 Литература

Основная литература

1. Профессиональный стандарт "Педагог дополнительного образования детей и взрослых" (Приказ Минтруда России от 05.05.2018 № 298н).

2. Методические рекомендации по проектированию дополнительных общеразвивающих программ (Письмо Минобрнауки России от 18.11.2015 № 09-3242).
3. Петров В. В. «ТРИЗ. Теория решения изобретательских задач. Учебное пособие». — М.: Солон-пресс, 2023.
4. Альтшуллер Г. С. «Найти идею. Введение в ТРИЗ — теорию решения изобретательских задач». — М.: Альпина Паблишер, 2021.
5. PMBOK Guide. Руководство к Своду знаний по управлению проектами. — 7-е изд. (или актуальная версия на русском языке).
6. ГОСТ Р 58874-2020 «Аппараты подводные необитаемые дистанционно управляемые. Требования к системам управления».
7. «Проектирование подводных робототехнических систем». — СПб.: СПбГМТУ, 2023.
8. Журналы: «Подводные исследования и робототехника», «Инженерная экология», «Морская техника».

Дополнительная литература

1. Интерактивная книга: «Приключение подводного робота "Океаника"».
2. Интерактивная книга: «Создание подводных роботов. Технология».
3. Настольная игра к конструктору «Океаника Пиранья».
4. Эймос Г. «Робототехника для юных гениев: создай своего первого робота!». — М.: Попурри, 2022. (Или аналогичное современное издание).
5. Форт П. «Программирование микроконтроллеров для начинающих: Arduino и Scratch». — СПб.: Питер, 2023.
6. Документальные фильмы и сериалы о подводных исследованиях и роботах (канал «Научная Россия», Discovery Channel).

Интернет-источники:

1. Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС): www.fips.ru — для патентного поиска.
2. Всемирная организация интеллектуальной собственности (WIPO): www.wipo.int — международная база патентов.
3. Платформа «Лекториум»: www.lektorium.tv — видеолекции по робототехнике от МФТИ, ИТМО и других вузов.
4. Научная электронная библиотека eLibrary: www.elibrary.ru;
5. Научная электронная библиотека КиберЛенинка: www.cyberleninka.ru

3.7 Методические рекомендации

При реализации программы «Подводная робототехника» лекционные и практические занятия рекомендуется проводить с использованием интерактивных технологий, лабораторных стендов на основе реальных образцов оборудования.

Согласовано:

Директор ИМТЭС



И.С. Александров