



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

О.Г. Огий

**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** Техническая  
**Форма организации** Групповая  
**Уровень** Ознакомительный  
**Актуальность, новизна** Актуальность программы обусловлена стратегической значимостью подводной робототехники для развития

Педагогическая целесообразность	<p>отечественных морских технологий в условиях импортозамещения. Программа формирует у школьников комплексные компетенции на стыке инженерного проектирования, методологий управления проектами (PMBOK) 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.</p> <p>Педагогическая целесообразность программы заключается в формировании у обучающихся системных инженерно-управленческих компетенций через интеграцию проектных методологий (PMBOK), инструментов анализа (5 Why, Исикава, Парето) и изобретательских подходов (ТРИЗ/АРИЗ), что отвечает современным запросам технологического суверенитета. Программа реализует комплексный подход, сочетающий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Практико-ориентированное обучение (циклы PDCA, разработка подсистем роботов, тестирование в бассейне);</li> <li>• Личностное развитие (адаптивность к санкционным ограничениям, стрессоустойчивость через ролевые игры с "инвесторами");</li> <li>• Профориентацию на реальный сектор (кейсы шельфовой добычи, экомониторинга, подготовка к MATE ROV Competition).</li> </ul> <p>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.</p>
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 результате изучения обучающиеся должны знать:	<p>В соответствии с СанПиН</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Стандарты управления проектами (PMBOK: инициация, планирование, контроль, закрытие);</li> <li>– Принципы ТРИЗ/АРИЗ для решения технических противоречий в подсистемах ПРТС;</li> </ul>

- 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:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Стандарты управления проектами (PMBOK: инициация, планирование, контроль, закрытие);</li> <li>– Принципы ТРИЗ/АРИЗ для решения технических противоречий в подсистемах ПРТС;</li> <li>– Физические ограничения подводной среды (давление, видимость, коррозия) и их влияние на проектирование;</li> <li>– Методы анализа проблем (5Why, диаграммы Исикавы, Парето).</li> </ul>
уметь:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Разрабатывать проектную документацию (Устав проекта, WBS, диаграмма Ганта);</li> <li>– Применять инструменты анализа (5Why, Исикава, Парето) для выявления причин дефектов;</li> <li>– Проектировать и тестировать подсистемы ПРТС (манипуляторы, FPV-системы, связь) с учетом стандарта IP68;</li> <li>– Проводить патентный поиск в базах (FIPS, WIPO) и анализировать аналоги;</li> <li>– Создавать презентации проектов (3-минутный питч, 15-минутная защита) и аргументировать решения на основе данных.</li> </ul>
владеть:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Навыками декомпозиции сложных задач на подсистемы (механическая, электрическая, программная интеграция);</li> <li>– Методами прогнозирования рисков и планирования ответных мер;</li> <li>– Циклом PDCA (Plan-Do-Check-Act) для итеративного улучшения прототипов;</li> <li>– Навыками адаптации проектных решений к изменяющимся условиям (ресурсы, санкции) и эффективной командной коммуникации.</li> </ul>

#### 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 РМВОК: 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, «Р7-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](http://www.fips.ru) — для патентного поиска.
2. Всемирная организация интеллектуальной собственности (WIPO): [www.wipo.int](http://www.wipo.int) — международная база патентов.
3. Платформа «Лекториум»: [www.lectorium.tv](http://www.lectorium.tv) — видеолекции по робототехнике от МФТИ, ИТМО и других вузов.
4. Научная электронная библиотека eLibrary: [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru);
5. Научная электронная библиотека КиберЛенинка: [www.cyberleninka.ru](http://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.