

Автономная некоммерческая организация
высшего образования
«Российский новый университет»
(АНО ВО «Российский новый университет»)



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по качеству
образования и аккредитации
 И.В. Дарда

«26» мая 2025 г.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**

**«Инженерно-техническая разработка в сфере БАС:
оптимизация процессов опрыскивания
с использованием численных методов моделирования»**

Объем программы: 118 ак.ч.

Москва

1. Общая характеристика программы

Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации направлена на формирование компетенций, позволяющих гражданам успешно заниматься инженерными разработками в сфере беспилотных авиационных систем (БАС).

Нормативно-правовые акты, регламентирующие разработку дополнительной образовательной программы:

- Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам, утвержденный приказом Минобрнауки России от 1 июля 2013 г. № 499;
- Устав Автономной некоммерческой организации высшего образования «Российский новый университет»;
- Локально - нормативные акты, регламентирующие образовательную деятельность по дополнительным образовательным программам.

1.1. Программа повышения квалификации разработана с учетом требований профессионального стандарта 32.003 Специалист по проектированию и конструированию механических конструкций, узлов и агрегатов систем летательных аппаратов.

1.2. Категория обучающихся: лица, имеющие или получающие высшее или среднее профессиональное образование.

Срок освоения программы: 118 ак.ч. (8 недель – 2 месяца).

Режим обучения: 4 дня в неделю, 3-5 часов в день.

Форма обучения – очная с применением дистанционных образовательных технологий.

Формы аттестации обучающихся: промежуточная аттестация (тестирование, зачет); итоговая аттестация (защита полученного решения Инженерной задачи).

1.5. Требования к поступающему для обучения по программе слушателю:

К освоению программы повышения квалификации допускаются:

- лица, имеющие среднее профессиональное или высшее образование;
- лица, получающие среднее профессиональное или высшее образование.

1.6. Цель программы: совершенствование и получение новых профессиональных компетенций для работы с инженерными системами беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), а также получение участниками молодежных инженерных команд практического

опыта прохождения жизненного цикла инженерной разработки и получения решения инженерной задачи.

Слушатель, освоивший профессиональную программу повышения квалификации, в соответствии с целью, на которую ориентирована программа, должен быть готов решать следующие **профессиональные задачи**:

1. Выполнять расчёты кинематических схем механизмов с применением типовых методик и руководящих материалов, включая применение результатов для дальнейшего конструкторского проектирования.
2. Оформлять технические расчёты, спецификации, ведомости, инструкции и иную техническую документацию.
3. Разрабатывать конструкции и компоновочные схемы деталей и узлов механизмов подсистем инженерных конструкций в сфере БАС.
4. Создавать макеты и модели отдельных узлов и агрегатов инженерных конструкций в сфере БАС с целью экспериментальной проверки и отработки проектных решений.
5. Проводить испытания инженерных конструкций в соответствии с выданным заданием на испытания и методикой.

2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения данной программы в соответствии с целью программы и задачами профессиональной деятельности, слушатель должен обладать всеми профессиональными компетенциями, отнесенные к соответствующему виду (проектирование и конструирование механических конструкций, узлов и агрегатов систем летательных аппаратов) деятельности:

Код	Наименование видов деятельности и профессиональных компетенций
Вид деятельности 1	Проектирование и конструирование механических конструкций, узлов и агрегатов систем летательных аппаратов
Профессиональная компетенция ПК 1.1	Способен проводить расчеты кинематических схем механизмов по типовым методикам и руководящим материалам
Профессиональная компетенция ПК 1.2	Способен оформлять технические расчеты, спецификации, ведомости, инструкции и техническую документацию
Профессиональная компетенция ПК 1.3	Способен разрабатывать конструкции, компоновочные схемы деталей и узлов механизмов подсистем инженерных конструкций (в том числе в сфере БАС).
Профессиональная компетенция ПК 1.4	Способен разрабатывать макеты и модели отдельных узлов и агрегатов систем инженерных конструкций (в том числе в сфере БАС) для экспериментальной проверки и отработки конструкций

Профессиональная компетенция ПК 1.5	Способен проводить испытания конструкций в соответствии с выданным заданием на испытания и методикой испытаний
-------------------------------------	--

В результате освоения дополнительной профессиональной программы повышения квалификации слушатель должен **знать**:

1. Основные законы гидродинамики (уравнение Бернулли, Навье-Стокса) и их применение в агросистемах.
2. Методы расчета объемного/массового расхода, потерь давления в трубопроводах и на форсунках.
3. Принципы CFD-моделирования и работы с инженерными пакетами (Simscape Fluids, ANSYS Fluent).
4. Стандарты оформления гидравлических схем и спецификаций компонентов.
5. Принципы документирования результатов моделирования (графики, 3D-рендеринг).
6. Методы представления данных о КПД системы и потерях энергии.
7. Конструктивные особенности насосов (диафрагменных, центробежных) и фильтрующих элементов.
8. Принципы компоновки систем с учетом аэродинамики винтов БВС.
9. Влияние температуры/вибраций на стабильность потока.
10. Принципы моделирования в Simscape Fluids (клапаны, датчики давления).
11. Методы симуляции экстремальных условий (забивание фильтров, перепады высот).
12. Алгоритмы оптимизации геометрии по результатам CFD-анализа.
13. Протоколы тестирования при различных температурах/влажности.
14. Методы оценки равномерности покрытия (анализ распределения частиц).
15. Принципы калибровки датчиков расхода и давления.

В результате освоения дополнительной профессиональной программы повышения квалификации слушатель должен **уметь**:

1. Рассчитывать параметры потока (давление, скорость, вязкость) для различных режимов течения.
2. Анализировать влияние конструкции магистралей и форсунок на характеристики потока.
3. Проводить симуляции стационарных/переходных режимов в САД-средах.
4. Составлять технические отчеты по результатам CFD-анализа.

5. Разрабатывать инструкции по калибровке форсунок и настройке PID-регуляторов.
6. Документировать сценарии тестирования (пиковые нагрузки, аварийные режимы).
7. Проектировать схемы распределения потока с минимизацией турбулентности.
8. Оптимизировать геометрию обтекателей для снижения сопротивления.
9. Учитывать ветровые нагрузки при размещении форсунок.
10. Создавать параметризованные модели форсунок с разными углами распыла.
11. Тестировать адаптивные системы регулирования давления.
12. Валидировать модели по экспериментальным данным.
13. Проводить испытания в режимах «постоянное/адаптивное давление».
14. Анализировать влияние частоты вращения винтов на траекторию частиц.
15. Отрабатывать аварийные сценарии (отказ насоса, засорение).

В результате освоения дополнительной профессиональной программы повышения квалификации слушатель должен **иметь практический опыт (владеть):**

1. Построения расчетных сеток и задания граничных условий.
2. Визуализации полей скорости и давления.
3. Работы с CAD-системами для генерации отчетов.
4. Сравнительного анализа данных между инструментами (ANSYS/OpenFOAM).
5. Интеграции гидросистем в общую модель БВС.
6. Подбора материалов для виброустойчивых конструкций.
7. Работы с мультифизическими платформами (COMSOL).
8. Анализа сходимости расчетов.
9. Работы с измерительными комплексами (расходомеры, анемометры).
10. Обработки данных телеметрии в реальном времени.

3. Формы аттестации

Формами аттестации слушателей по программе профессиональной являются: промежуточная и итоговая аттестация.

В образовательном теоретическом блоке промежуточная аттестация проводится в форме тестирования, в блоке практической подготовки – в форме зачета по промежуточной экспертизе презентации концепции решения Инженерной задачи, разработанной Участниками молодежных инженерных команд, с обязательным привлечением Эксперта от компании БАС, предоставившей Инженерную задачу. Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения блока. Оценивание результатов формирования компетенций в рамках

блока у слушателей осуществляется по промежуточной аттестации.

Итоговая аттестация слушателей по программе повышения квалификации проходит в форме защиты полученного решения Инженерной задачи.

4. Документ об обучении (образовании)

Лицам, успешно освоившим дополнительную профессиональную программу и прошедшим итоговую аттестацию, выдаётся удостоверение о повышении квалификации по образцу, самостоятельно устанавливаемому организацией.

При освоении дополнительной профессиональной программы параллельно с получением среднего профессионального образования или высшего образования, удостоверение о повышении квалификации выдается одновременно с получением соответствующего документа об образовании и о квалификации.

Лицам, не прошедшим итоговой аттестации или получившим на итоговой аттестации неудовлетворительные результаты, а также лицам, освоившим часть дополнительной профессиональной программы и (или) отчисленным из организации, выдается справка об обучении или о периоде обучения по образцу, самостоятельно устанавливаемому организацией.

5. Учебный план

УЧЕБНЫЙ ПЛАН

профессиональной программы повышения квалификации
«Инженерно-техническая разработка в сфере БАС: оптимизация процессов опрыскивания с использованием численных методов моделирования»

№п /п	Наименование учебных курсов, дисциплин (модулей) практик	Всего час.	В том числе			Сам. раб	Форма контроля	Формируемые компетенции
			аудит. занят.	лекции	практич. зан.			
<u>1</u>	Образовательный теоретический блок	32	32	31	1	0		ПК 1.1 – ПК 1.3
<u>2</u>	Промежуточная аттестация	1	1	0	1	0	Тестирование	
<u>3</u>	Блок практической подготовки	84	84	0	84	0		ПК 1.4, ПК 1.5
<u>4</u>	Промежуточная аттестация	2	2	0	2	0	Зачет	
<u>5</u>	Итоговая аттестация	2	2	0	2	0	Защита полученного	ПК 1.1 – ПК 1.5

							ре- ше- ния Ин- же- нер- ной за- дачи	
	ВСЕГО:	118	118	31	87	0		

Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

Промежуточный контроль проходит на последнем занятии контактной работы с преподавателем.

6. Календарный учебный график

Календарный учебный график – локальный документ, регламентирующий организацию образовательного процесса при реализации программы дополнительного профессионального образования – программы повышения квалификации.

Календарный учебный график разрабатывается и утверждается на каждую учебную группу.

Образовательный период в данной группе начинается по мере ее комплектования.

Первым днем, первой недели обучения, считать день зачисления слушателей на обучение по данной образовательной программе. Количество учебных дней в неделю не может превышать 5 дней. Количество учебных часов в день не может превышать 4 часов. Завершение учебного процесса согласно календарному учебному графику.

Календарный учебный график

**Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации
«Инженерно-техническая разработка в сфере БАС: оптимизация процессов опрыски-
вания с использованием численных методов моделирования»,
график рассчитан на обучение 118 ак.ч.**

Недели	1	2	3	4	5	6	7	8
Образовательный теоретический блок	А	АТ						
Блок практической подготовки			А	А	А	А	А	АЗ
Итоговая аттестация								ИА

Условные обозначения:

А – Аудиторное занятие (лекция, практическое занятие, самостоятельная работа)

Т - тестирование

З - Зачет

ИА - Итоговая аттестация

7. Содержание программ дисциплин (рабочие программы учебных курсов, дисциплин (модулей) практик)

Рабочие программы учебных курсов, дисциплин (модулей) практик представлены по каждому учебному курсу, дисциплине (модулю) практике в форме учебно-тематического плана, в котором обозначено содержание данной учебной дисциплины.

Учебно-тематический план по курсу: Инженерно-техническая разработка в сфере БАС: оптимизация процессов опрыскивания с использованием численных методов моделирования

№ п/п	Наименование раздела (темы) по учебной дисциплине	Всего час.	В том числе			Сам. раб	Форма контроля
			аудит. занят.	лекции	практич. зан.		
1.	Образовательный теоретический блок	32	32	31	1	0	
2.	Тема 1.1 Основы гидродинамики для систем опрыскивания	2	2	2	0	0	
3.	Тема 1.2 Параметры гидротока в системе опрыскивания агродрона	2	2	2	0	0	
4.	Тема 1.3 Методы моделирования потока жидкости в трубопроводах	4	4	4	0	0	
5.	Тема 1.4 Влияние форсунок на распределение потока	4	4	4	0	0	
6.	Тема 1.5 Гидравлические потери в системе опрыскивания	4	4	4	0	0	
7.	Тема 1.6 Определение оптимальных параметров работы системы опрыскивания	4	4	4	0	0	
8.	Тема 1.7 Параметры и режимы работы насосных агрегатов системы опрыскивания	2	2	2	0	0	
9.	Тема 1.8 Моделирование работы системы фильтрации жидкости	4	4	4	0	0	
10.	Тема 1.9 Влияние внешних факторов на работу системы опрыскивания	2	2	2	0	0	
11.	Тема 1.10 Оптимизация системы опрыскивания агродрона с учетом гидротока	1	1	1	0	0	
12.	Тема 1.11 Тестирование и	2	2	2	0	0	

	валидация модели гидропотока						
13.	Промежуточная аттестация	1	1	0	1	0	Тестирование
14.	Блок практической подготовки	84	84	0	84	0	
15.	Тема 2.1 Расчет скорости и давления в системе в MATLAB/Simulink	8	8	0	8	0	
16.	Тема 2.2 Инструменты CFD (ANSYS Fluent, OpenFOAM, COMSOL) для симуляции потоков	8	8	0	8	0	
17.	Тема 2.3 Моделирование распыления в условиях обдува винтами дрона	8	8	0	8	0	
18.	Тема 2.4 Создание 3D-модели системы и визуализация потока	10	10	0	10	0	
19.	Тема 2.5 Методы снижения дрейфа: воздушные завесы, электростатическое заряджение	8	8	0	8	0	
20.	Тема 2.6 Сравнение форсунок TeeJet, Lechler, кастомных решений	8	8	0	8	0	
21.	Тема 2.7 Настройка PID-регуляторов для стабилизации высоты	6	6	0	6	0	
22.	Тема 2.8 Синхронизация работы насоса, форсунок и автопилота	6	6	0	6	0	
23.	Тема 2.9 Контроль расхода жидкости и уровня заряда батареи	8	8	0	8	0	
24.	Тема 2.10 Расчет ROI: сравнение затрат на дрон vs. традиционную технику	8	8	0	8	0	
25.	Тема 2.11 Презентация проекта по разработке продукта	4	4	0	4	0	
26.	Промежуточная аттестация	2	2	0	2	0	Зачет
27.	Итоговая аттестация	2	2	0	2	0	Защита полученного решения Инженерной задачи
	ВСЕГО:	118	118	31	87	0	

8. Организационно – педагогические условия программы

8.1. Материально – технические условия реализации программы

Реализация профессиональной программы повышения квалификации осуществляется на материально-технической базе АНО ВО «Российский новый университет», обеспечивающей проведение всех видов учебных занятий, предусмотренных учебным планом.

Учебный процесс обеспечен учебной аудиторией, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, самостоятельной работы, хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Помещение укомплектовано мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации. Аудитория соответствует нормам освещенности, оснащена системой кондиционирования воздуха.

В учебном помещении имеется необходимая для процесса обучения компьютерная техника, учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие содержанию программы.

Помещение подключено к сети «Интернет», также в нем обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду организации. Рабочее место преподавателя оснащено web-камерой с микрофоном и гарнитурой, необходимой для работы в MS Skype.

Реализация блока практической подготовки: г. Москва, ул. Авиамоторная, д. 55, корп. 31.

Образовательный практический блок реализуется очно (офлайн). Для проведения занятий предусмотрена компьютерная аудитория, оборудованная необходимой мебелью и широкополосным доступом к интернету. В рамках занятий осуществляется работа с современным аппаратным и программным обеспечением, предназначенным для БАС, инженерной и программной разработки.

Оборудование и инструменты:

- Компьютер Intel Core i7-12700 / Asus PRIME H610M-R D4-SI / 2x8GB / RTX3050 8G / SSD 512Gb / HDD 1TB / Windows 11 Professional 64 bit / с монитором.
- Паяльные станции, фены, держатели и коврики.
- Наборы микроконтроллеров (STM32, Arduino и др.), отладочные платы, модули и базовые компоненты.
- Станки с ЧПУ и 3D-принтеры для изготовления прототипов.
- Полётные контроллеры и модули управления БВС.
- Лабораторные блоки питания, мультиметры, наборы инструментов для точечных работ.

- Аппаратура для настройки, отладки и тестирования всех компонентов систем управления и связи.

Программное обеспечение, установленное на компьютерах:

- САПР FreeCAD – для 3D-моделирования конструктивных элементов.
- Blender – для визуализации и моделирования.
- Scilab – для выполнения инженерных и научных расчётов.
- QGIS – для работы с картографическими данными.
- Mission Planner и QGroundControl – для планирования полётных заданий и настройки полётных контроллеров.
- Betaflight Configurator – для прошивки и конфигурации БВС.
- VS Code с установленными расширениями для Python, JavaScript/TypeScript, а также PlatformIO – для разработки встроенного ПО.
- Arduino IDE – для работы с микроконтроллерами и прототипирования.
- Android Studio – для создания мобильных приложений, связанных с управлением или телеметрией БАС.
- LibreOffice – офисный пакет, обеспечивающий документационное сопровождение инженерных проектов.
- Симулятор полётов и виртуальная мастерская «IT МИР» (входит в Реестр отечественного ПО).

8.2. Учебно-методическое и информационное обеспечение программы

Слушателям предоставляется бесплатный доступ к ресурсам электронной информационно-образовательной среды на сайте Университета. Каждый слушатель во время самостоятельной подготовки обеспечивается рабочим местом в компьютерном классе или через выход в Интернет получает доступ к использованию электронных изданий, в соответствии с объемом изучаемых дисциплин.

Каждый слушатель на время занятий обеспечивается комплектом учебно-методических материалов, содержащим электронные и печатные информационные разработки, учебные видеофильмы (тиражируются по требованию).

Методические разработки:

- Планы лекционных занятий.
- Лекционный материал.
- Планы практических занятий.
- Пояснения к выполнению практических заданий.

Материалы:

- Опорные конспекты лекций.
- Презентационные материалы к теме.
- Тестовые вопросы для проверки знаний.
- Мультимедиа материалы (презентации и/или видео).
- Практические задания.

Учебная литература / Ресурсы сети Интернет:

1. Борисов А.Н. Гидродинамика в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 2020. – 210 с.
2. Звягинцев, В. Б. Агродроны в защите древесных растений: от фантастики к реальности / В. Б. Звягинцев // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике: материалы третьей Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 11-15 апреля 2022 г. – Красноярск: Институт леса СО РАН, 2022. – С. 69-70.
3. Гешев П.И. Основы гидродинамики: учеб. пособие / П. И. Гешев; Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2021. – 206 с.
4. Луханин В.О. Экспериментальное исследование характеристик электроприводов БПЛА // Сборник тезисов 20-й международной конференции «Авиация и Космонавтика». - М.: Издательство «Перо», 2021. – С.47-49.
5. ГОСТ 34630-2019. Межгосударственный стандарт. «Техника Сельскохозяйственная. Машины для защиты растений. Опрыскиватели Методы испытаний».
6. Лобатый, А. А. Мультикоптер для защиты растений / А. А. Лобатый, Гу Пэнхао // Инновационные технологии, автоматизация и мехатроника в машино- и приборостроении: материалы XI Междунар. Науч.-техн. Конф. Минск: БНТУ, 2023. – С. 44–45.

Электронные образовательные ресурсы:

1. Российские беспилотники // Сайт-портал для консолидации представителей беспилотного сообщества на одном ресурсе, с целью более плотного взаимодействия внутри отрасли и формирования единого информационного поля. - Режим доступа к сайту: <https://russiandrone.ru/publications/bespilotnye-letatelnye-apparaty/>
2. Беспилотные летательные аппараты - БПЛА. Дроны. История.// профессиональное интернет сообщество, справочный портал по БПЛА. - Режим доступа к сайту: <http://avia.pro/blog/bespilotnye-letatelnye-apparaty-drony-istoriya> ал «Российское образование www.edu.ru.

3. Открытая лекция "Агродроны - инструмент для УМО! Эффективная помощь во внесении СЗР- Режим доступа к сайту: <https://rutube.ru/video/8fedd81068cb3eaf08c69e0bc5a63ea9/>

4. Что такое агродроны и зачем они нужны- Режим доступа https://dronschool.ru/agro_droney.

5. Платформа для реализации образовательной программы в области разработки, производства и эксплуатации беспилотных авиационных систем, с возможностью контроля цифрового следа обучающихся (входит в реестр российского ПО: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022663948).

6. Симулятор полетов, сборочных и ремонтных процессов, эксплуатации дронов квадрокоптерного и самолетного типа при разных погодных условиях (входит в реестр российского ПО: порядковый номер реестровой записи: 21688, дата решения о включении сведений о программном обеспечении в соответствующий реестр: 07.03.2024).

Электронные информационные ресурсы:

1. Как работают дроны – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://russiandrone.ru/publications/kak-rabotayut-drony-i-chto-predstavlyayet-iz-sebya-tekhnologiya-dronov/>.

2. Dronagroklimat. Современные технологии для сельскохозяйственного сектора- [Электронный ресурс].- Режим доступа:<https://дронагро.рф/>.

3. Дрон для любителя: устройство и принципы программирования [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/companies/leader-id/articles/491770/>.

4. При реализации образовательной программы используются электронные информационные ресурсы собственного производства (записанные образовательные видеоматериалы).

8.3. Кадровое обеспечение образовательного процесса

К реализации программы привлечены представители образовательных организаций высшего образования, научных организаций и представители компаний со стажем работы в профильной организации. Представители образовательной организации высшего образования и научной организации имеют высшее образование, ученую степень кандидата наук, стаж научно-педагогической работы более трех лет. Члены преподавательского состава имеет за последние 3 года научные публикации, соответствующие направлению данной программы.

№ п/п	Фамилия, имя, отчество (при наличии)	Место основной работы и должность, ученая степень и ученое звание (при наличии)	Стаж работы по специальности
1.	Таратонов Илья Александрович	АНО ВО «РосНОУ», Заместитель исполнительного директора ИИСиИКТ	7 лет
2.	Самсонов Илья Владимирович	АНО ВО «РосНОУ», Старший преподаватель кафедры беспилотной робототехники и эргономики ИИСиИКТ	13 лет
3.	Золотарев Олег Васильевич	АНО ВО «РосНОУ», Заведующий кафедрой информационных систем в экономике и управлении ИИСиИКТ, Кандидат технических наук	16 лет
4.	Батманова Ольга Викторовна	АНО ВО «РосНОУ», Старший преподаватель	9 лет
5.	Крюковский Андрей Сергеевич	АНО ВО «РосНОУ», Заведующий кафедры информационных технологий и естественнонаучных дисциплин, Доктор физико-математических наук	3 года
6.	Клименко Игорь Семенович	АНО ВО «РосНОУ», Профессор кафедры информационных систем в экономике и управлении ИИСиИКТ, Кандидат физико-математических наук, профессор	64 года
7.	Лабунец Леонид Витальевич	АНО ВО «РосНОУ», Профессор кафедры информационных систем в экономике и управлении ИИСиИКТ, Доктор технических наук	47 лет
8.	Растягаев Дмитрий Владимирович	АНО ВО «РосНОУ», Проректор по информационным технологиям, Кандидат физики-математических наук	29 лет
9.	Михалёва Елизавета Вячеславовна	АНО ВО «РосНОУ», Старший преподаватель	6 лет
10.	Зернов Владимир Алексеевич	АНО ВО «РосНОУ», Ректор, доктор технических наук, профессор	34 года

11.	Палкин Евгений Алексеевич	АНО ВО «РосНОУ», Проректор по научно-инновационной работе, Кандидат физико-математических наук, профессор	22 года
12.	Трацеев Алексей Викторович	ООО "СИНТЕЗ", Генеральный директор	-

9. Контроль и оценка результатов освоения программы

9.1. Формы аттестации

Реализация профессиональной программы повышения квалификации включает в себя промежуточную и итоговую аттестацию.

Промежуточная аттестация проводится по итогам освоения блока в форме тестирования и зачета.

Завершается освоение профессиональной программы повышения квалификации итоговой аттестацией обучающихся в форме защиты полученного решения Инженерной задачи.

9.2. Оценочные средства

Образовательный теоретический блок

Форма контроля – тестирование. Диагностический инструмент – тест.

Система оценивания: зачет/незачет. Тест состоит из 30 вопросов. Задание с выбором одного правильного ответа, за каждый правильный ответ – 1 балл. Тестирование зачтено, если за выполненный тест набрано не менее 60% от максимального количества баллов.

Шкала оценивания

За каждый правильный ответ начисляется 1 балл, за неправильный – 0 баллов. Максимально возможное число баллов – 30.

Критерии оценивания:

- 1) зачет – более 60% правильных ответов;
- 2) незачет – менее 60% правильных ответов.

Примерные вопросы теста:

1. Какой закон описывает сохранение энергии в стационарном потоке идеальной жидкости?

- А) Уравнение Эйлера
- В) Уравнение Бернулли

- C) Закон Пуазейля
- D) Уравнение Навье-Стокса

Правильный ответ: B

2. Чем характеризуется ламинарное течение?

- A) Хаотичным перемещением частиц жидкости
- B) Наличием четких слоев с плавным изменением скорости
- C) Высокими потерями давления
- D) Образованием вихрей

Правильный ответ: B

3. Какой параметр характеризует количество жидкости, проходящее через сечение трубопровода в единицу времени?

- A) Давление
- B) Скорость потока
- C) Расход
- D) Вязкость

Правильный ответ: C

4. Что происходит с давлением в трубопроводе при увеличении скорости потока (согласно уравнению Бернулли)?

- A) Увеличивается
- B) Уменьшается
- C) Остается неизменным
- D) Зависит от температуры

Правильный ответ: B

5. Какие уравнения лежат в основе CFD-моделирования?

- A) Уравнения Максвелла
- B) Уравнения Навье-Стокса
- C) Уравнения Лагранжа
- D) Уравнения Фурье

Правильный ответ: B

6. Для чего используется расчетная сетка в CFD-анализе?

- A) Для визуализации результатов
- B) Для дискретизации области течения
- C) Для измерения температуры
- D) Для калибровки датчиков

Правильный ответ: B

7. Какой режим распыления обеспечивает наибольшую площадь покрытия?

- A) Струйный
- B) Капельный
- C) Туманный
- D) Импульсный

Правильный ответ: C

8. Что характеризует угол распыла форсунки?

- A) Скорость выхода жидкости
- B) Форму факела распыла
- C) Давление на входе
- D) Температуру жидкости

Правильный ответ: B

9. Какие потери преобладают в длинных прямых трубопроводах?

- A) Локальные
- B) Линейные
- C) Турбулентные
- D) Вихревые

Правильный ответ: B

10. Как можно снизить гидравлические потери в системе?

- A) Увеличить скорость потока
- B) Уменьшить диаметр труб
- C) Установить плавные переходы
- D) Увеличить количество изгибов

Правильный ответ: C

11. Какой параметр наиболее важен для равномерности обработки?

- A) Цвет форсунки
- B) Равномерность распределения капель
- C) Температура жидкости
- D) Материал трубопровода

Правильный ответ: B

12. Что учитывают при подборе параметров для разных культур?

- A) Только скорость ветра
- B) Только тип почвы
- C) Размер листовой поверхности и чувствительность растений
- D) Только время суток

Правильный ответ: С

13. Какой тип насоса наиболее подходит для систем с переменным расходом?

- A) Поршневой
- B) Центробежный
- C) Шестеренчатый
- D) Винтовой

Правильный ответ: В

14. Что характеризует напор насоса?

- A) Количество перекачиваемой жидкости
- B) Энергию, передаваемую жидкости
- C) Скорость вращения вала
- D) Температуру жидкости

Правильный ответ: В

15. Какая безразмерная характеристика определяет режим течения жидкости в трубе?

- A) Число Фруда
- B) Число Рейнольдса
- C) Число Маха
- D) Число Прандтля

Правильный ответ: В

16. Как изменяется вязкость жидкости с ростом температуры?

- A) Увеличивается для жидкостей, уменьшается для газов
- B) Уменьшается для жидкостей, увеличивается для газов
- C) Увеличивается для всех сред
- D) Не зависит от температуры

Правильный ответ: В

17. Какой тип граничного условия задает фиксированное давление на выходе в CFD-моделировании?

- A) Wall
- B) Inlet
- C) Outlet
- D) Symmetry

Правильный ответ: С

18. Для чего используется модель турбулентности k-ε?

- A) Для расчета ламинарных течений

- В) Для моделирования теплообмена
- С) Для описания развитой турбулентности
- Д) Для анализа поверхностного натяжения

Правильный ответ: С

19. Какой коэффициент характеризует местные гидравлические сопротивления?

- А) Коэффициент трения Дарси
- В) Коэффициент местного сопротивления
- С) Коэффициент вязкости
- Д) Коэффициент теплопроводности

Правильный ответ: В

20. Как влияет шероховатость труб на гидравлические потери?

- А) Уменьшает потери при ламинарном течении
- В) Увеличивает потери при турбулентном течении
- С) Не влияет на потери
- Д) Уменьшает критическое число Рейнольдса

Правильный ответ: В

21. Какое уравнение используется для расчета потерь давления на трение в гидравлических системах?

- А) Уравнение Эйлера
- В) Формула Дарси-Вейсбаха
- С) Уравнение Клапейрона
- Д) Формула Торричелли

Правильный ответ: В

22. Какой параметр в Excel-расчетах позволяет автоматизировать определение скорости потока жидкости?

- А) Вязкость жидкости
- В) Диаметр трубы и перепад давления
- С) Температура окружающей среды
- Д) Коэффициент теплопроводности

Правильный ответ: В

23. Какой тип граничного условия в KompasFlow задает непроницаемую поверхность (например, стенку трубы)?

- А) Вход (Inlet)
- В) Выход (Outlet)
- С) Стенка (Wall)

D) Симметрия (Symmetry)

Правильный ответ: С

24. Что характеризует турбулентный поток в отличие от ламинарного?

A) Линейное распределение скорости

B) Наличие хаотичных вихрей

C) Отсутствие потерь на трение

D) Постоянство давления

Правильный ответ: B

25. Как воздушные потоки от винтов БВС влияют на распыление?

A) Уменьшают размер капель

B) Создают зоны турбулентности, искажающие траекторию частиц

C) Повышают температуру жидкости

D) Увеличивают плотность покрытия

Правильный ответ: B

26. Какой параметр критичен для оценки энергоэффективности распыления?

A) Цвет форсунок

B) Соотношение затрат энергии на винты и качество покрытия

C) Скорость ветра на высоте 1 м

D) Материал батареи

Правильный ответ: B

27. Какой компонент PID-регулятора устраняет статическую ошибку?

A) Пропорциональный (P)

B) Интегральный (I)

C) Дифференциальный (D)

D) Все перечисленные

Правильный ответ: B

28. Что вызывает колебания БВС при перерегулировании?

A) Слишком высокий коэффициент

B) Низкая частота ШИМ

C) Отсутствие датчика GPS

D) Неправильный угол наклона камеры

Правильный ответ: A

29. Какой фактор чаще всего снижает ROI БВС по сравнению с традиционной техникой?

A) Высокие капитальные затраты

- В) Низкая скорость работы
- С) Ограниченная грузоподъемность
- Д) Зависимость от погоды

Правильный ответ: А

30. Что включает "эксплуатационные расходы" для БАС?

- А) Зарплата оператора и затраты на топливо
- В) Амортизация и страховка
- С) Только стоимость программного обеспечения
- Д) Исключительно затраты на топливо

Правильный ответ: А

Блок практической подготовки

Форма контроля – зачет по промежуточной экспертизе презентации концепции решения Инженерной задачи, разработанной Участниками молодежных инженерных команд, с обязательным привлечением Эксперта от компании БАС, предоставившей Инженерную задачу.

Диагностические инструменты:

- Презентация концепции решения инженерной задачи.
- Процедура и результаты промежуточной экспертизы концепции решения инженерной задачи, разработанного участниками молодежных инженерных команд;
- Протокол промежуточной аттестации, отзыв эксперта Компании БАС на концепцию решения инженерной задачи, видеозапись процедуры проведения промежуточной аттестации.

Описание кейса:

По итогам разработки концепции решения инженерной задачи молодежная инженерная команда готовит презентацию концепции. Презентация должна включать, в том числе, следующие сведения:

- результаты исследования существующих аналогов решения задачи;
- эскиз (макет) предлагаемого решения задачи;
- дорожная карта по решению задачи.

Презентация также должна соответствовать требованиям, предъявляемым со стороны Университета 2035, компании БАС, предоставившей инженерную задачу (при наличии таких требований).

Осуществляется экспертиза презентации концепции решения инженерной задачи с обязательным привлечением эксперта от компании БАС, предоставившей инженерную задачу.

Критерии и показатели промежуточной экспертизы:

1) Критерий «Соответствие представленного в концепции эскиза решения требованиям ТЗ»:

- показатель «Соответствие представленного в концепции эскиза решения количественным характеристикам, указанным в ТЗ»;
- показатель «Соответствие представленного в концепции эскиза решения качественным характеристикам, указанным в ТЗ».

2) Критерий «Степень проработанности дорожной карты по решению инженерной задачи»:

- показатель «Соответствие дорожной карты по решению инженерной задачи установленным заказчиком срокам»;
- показатель «Оптимальность предложенного состава и последовательности действий по разработке решения инженерной задачи, указанным в дорожной карте».

3) Критерий «Степень проработанности концепции в части учета существующих аналогов решения инженерной задачи»:

- показатель «Полнота исследования существующих аналогов решения инженерной задачи»;
- показатель «Учет в предлагаемом решении существующих аналогов».

Шкала оценивания

Каждый показатель предусматривает оценку по шкале от 0 до 5 баллов. Каждый критерий – от 0 до 10 баллов. Максимальный балл по промежуточной экспертизе составляет 30 баллов.

На основании полученного суммарного балла определяется результат промежуточной экспертизы на основании следующих градаций:

- 0-10 баллов – концепция требует существенной переработки и повторной экспертизы;
- 11-19 баллов – концепция требует небольших доработок и повторной экспертизы;
- 20-30 баллов – концепция согласована, при наличии несущественных замечаний рекомендовано их устранение в процессе реализации.

В случае получения командой оценки от 0 до 19 баллов проводится повторная промежуточная экспертиза в порядке, согласованном с заказчиком решения.

Итоговая аттестация

Форма контроля – защита полученного решения Инженерной задачи с обязательной проверкой соответствия технических характеристик разработанного решения Инженерной задачи исходным техническим требованиям, предоставленным Компанией БАС для решения Инженерной задачи, с фиксацией результатов в протоколе испытаний решения Инженерной задачи.

Диагностический инструменты:

- Процедура защиты полученного решения Инженерной задачи.
- Протокол испытаний решения инженерной задачи, подтверждающий соответствие техническим требованиям, предоставленным Компанией БАС.

Показатели и критерии итогового оценивания:

1. Критерий «Функциональность решения»

Показатель: полнота выполнения всех функций, указанных в ТЗ.

2. Критерий «Соответствие техническим характеристикам»

Показатель: соответствие количественных и качественных характеристик продукта указанным в ТЗ.

3. Критерий «Соответствие требованиям к внешнему виду и массогабаритным характеристикам инженерного решения» / «Соответствие требованиям к пользовательскому интерфейсу или документированному интерфейсу командной строки» (для программного обеспечения)

Показатель: эстетичный внешний вид, простота конструкции, возможность масштабирования и т.д. в зависимости от требований, указанных в техническом задании / Удобство пользовательского графического интерфейса или документированного интерфейса командной строки (для программного обеспечения).

4. Критерий «Соответствие условиям эксплуатации»

Показатель: готовность продукта к функционированию в заданных условиях в соответствии с требованиями ТЗ.

5. Критерий «Документация и отчетность»

Показатель: полнота и ясность конструкторской документации. Наличие отчета о процессе разработки и тестирования.

Шкала оценивания:

1. Критерий «Функциональность решения»

Показатель: полнота выполнения всех функций, указанных в ТЗ.

Оценка:

– 11-14 баллов: Продукт полностью выполняет все функции, которые работают без сбоев и соответствуют заявленным характеристикам.

– 6-10 баллов: Продукт выполняет большинство функций, но есть некоторые недоработки или ограничения. Некоторые функции могут работать с незначительными сбоями или недостатками.

– 0-5 баллов: Продукт не выполняет ключевые функции, указанные в ТЗ. Многие функции отсутствуют или работают некорректно.

2. Критерий «Соответствие техническим характеристикам»

Показатель: соответствие количественных и качественных характеристик продукта указанным в ТЗ.

Оценка:

– 11-14 баллов: Продукт полностью соответствует всем техническим характеристикам, указанным в ТЗ. Все параметры находятся в пределах заявленных значений. Не выявлено никаких отклонений от спецификаций.

– 6-10 баллов: Продукт соответствует большинству технических характеристик, но есть некоторые незначительные отклонения. Некоторые параметры могут быть на грани допустимого значения или незначительно ниже/выше заявленных. В целом, продукт функционирует в соответствии с ожиданиями, но требует доработки в отдельных аспектах.

– 0-5 баллов: Продукт не соответствует ключевым техническим характеристикам. Значительные отклонения от заявленных параметров, которые могут негативно повлиять на функциональность или безопасность. Некоторые характеристики отсутствуют или выполнены крайне неудовлетворительно.

3. Критерий «Соответствие требованиям к внешнему виду и массогабаритным характеристикам инженерного решения» / «Соответствие требованиям к пользовательскому интерфейсу или документированному интерфейсу командной строки» (для программного обеспечения)

Показатель: эстетичный внешний вид, простота конструкции, возможность масштабирования и т.д. в зависимости от требований, указанных в техническом задании / Удобство пользовательского графического интерфейса или документированного интерфейса командной строки (для программного обеспечения).

Оценка:

– 11-14 баллов: Продукт имеет эстетически привлекательный внешний вид, отвечает всем заявленным требованиям согласно ТЗ. Готовый продукт легко масштабируется и адаптируется под новые задачи / Продукт имеет удобный пользовательский графический

интерфейс или документированный интерфейс командной строки (для программного обеспечения).

– 6-10 баллов: продукт имеет приемлемый внешний вид, но есть некоторые недочеты в дизайне. Прочность конструкции удовлетворительная, но могут быть замечены незначительные недостатки. Готовый продукт является сложным в обслуживании, и возможности масштабирования ограничены / Приемлемое удобство пользовательского графического интерфейса или документированного интерфейса командной строки, но могут быть замечены незначительные недостатки. Продукт является сложным с точки зрения работы с интерфейсом (для программного обеспечения).

– 0-5 баллов: Продукт имеет непривлекательный внешний вид и не соответствует большинству требований согласно ТЗ. Готовый продукт является ненадежным, сложным для обслуживания и не имеет возможности масштабирования или адаптации под новые требования / Продукт имеет неудобный пользовательский графический интерфейс или документированный интерфейс командной строки. Имеются значительные недостатки. Продукт очень сложный с точки зрения работы с интерфейсом (для программного обеспечения).

4. Критерий «Соответствие условиям эксплуатации»

Показатель: готовность продукта к функционированию в заданных условиях в соответствии с требованиями ТЗ.

Оценка:

– 11-14 баллов: Продукт полностью соответствует всем заявленным условиям эксплуатации. Все критические параметры находятся в допустимых пределах. Проведены необходимые испытания, подтверждающие надежность и долговечность в заданных условиях.

– 6-10 баллов: Продукт частично соответствует условиям эксплуатации, но есть некоторые ограничения. Некоторые параметры находятся на границе допустимых значений или требуют дополнительных условий для нормальной работы. Испытания проводились, но могут быть недостаточными для полной уверенности в надежности.

– 0-5 баллов: Продукт не соответствует заявленным условиям эксплуатации. Критические параметры значительно превышают допустимые значения или отсутствуют испытания. Рекомендуется доработка или полная переработка продукта для соответствия условиям эксплуатации.

5. Критерий «Документация и отчетность»

Показатель: полнота и ясность конструкторской документации. Наличие отчета о процессе разработки и тестирования.

Оценка:

– 11-14 баллов: Документация полностью и четко оформлена, включает все необходимые элементы и разделы. Наличие подробного отчета о процессе разработки и тестирования, который включает результаты тестов, использованные методологии и рекомендации по улучшению.

– 6-10 баллов: Документация содержит большинство необходимых элементов, но может отсутствовать некоторая информация или быть недостаточно подробной. Отчет о процессе разработки и тестирования присутствует, но может быть неполным или не содержать всех необходимых деталей.

– 0-5 баллов: Документация неполная или отсутствует, что затрудняет понимание работы продукта. Нет отчета о процессе разработки и тестирования или он крайне недостаточен, не позволяет оценить качество работы над продуктом.

Для получения итоговой оценки необходимо суммировать баллы по всем критериям. Максимально возможное количество баллов – 70. В зависимости от полученного результата установлены следующие уровни оценки:

– Отлично (56-70 баллов): продукт полностью соответствует всем требованиям ТЗ и демонстрирует высокое качество.

– Хорошо (30-55 баллов): продукт соответствует основным требованиям, но требует доработки.

– Удовлетворительно (0-29 баллов): продукт не соответствует большинству требований ТЗ.