



«СИТ-НЕБО»

Учебно-тренировочный комплекс для реализации очных и дистанционных образовательных программ по подготовке специалистов беспилотных авиационных систем

Учебно-тренировочный комплекс для реализации очных и дистанционных образовательных программ по подготовке специалистов беспилотных авиационных систем «СИТ-НЕБО»

Учебно-тренировочный комплекс предназначен для очного и удаленного обучения пилотов и операторов беспилотных авиационных систем (сокр. – БАС).

Используя комплектующие и оборудование учебно-тренировочного комплекса, возможна организация как сетевого, так и виртуального учебного класса. Обучающиеся могут подключаться к сессии, созданной преподавателем, а преподаватель тем временем может контролировать и управлять учебным процессом.

На сегодняшний день реализован учебный класс на 30 рабочих мест на базе Авиационного Учебного Центра Томского Государственного Университета в рамках Национального проекта «Демография». Учебный класс может масштабироваться на неограниченное количество пользователей.

Принципиальное отличие учебно-тренировочного комплекса «СИТ-НЕБО» от виртуальных тренажеров – наличие физического объекта, демонстрирующего управление БАС. Физическим объектом является БАС, установленный в устройство с тремя степенями свободы.

При проведении обучения исключается прививание неправильных навыков у обучающихся, за счет наличия обратной связи между реальным БАС, цифровым двойником и преподавателем. Во время прохождения обучения, будущий оператор БАС за счет верификации с полетными пространствами при любых моделируемых условиях реального БАС и цифрового двойника, получает возможность как визуальной оценки поведения БАС в нештатной ситуации, так тактико-технической с обработкой моторики управления.

Архитектура учебного класса

Рабочее место преподавателя



Рабочее место обучающихся x15



Демонстрационный стенд с БВС



Ноутбук с предустановленным ПО



Пульт управления БВС



Комплект VR-очков

Учебно-тренировочный комплекс. Аппаратная часть.

Назначение аппаратной части учебно-тренировочного комплекса.

- **Оценка качества математических моделей цифрового двойника, а также систем управления БАС.**
С помощью аппаратной части учебно-тренировочного комплекса возможно оценить качество математической модели цифрового двойника БАС. Реальный БАС устанавливается на стенд, осуществляется симуляция полета цифрового двойника в связке с полетом реального БАС. Данные, полученные в результате симуляции и реального полета, анализируются. Результатом анализа является оценка качества математической модели цифрового двойника.
- **Уточнение математических моделей цифрового двойника БАС с помощью реального БАС.**
Параметры математической модели цифрового двойника можно уточнить с помощью параметров, полученных в результате эксплуатации аппаратной части БАС.
- **Использование в качестве калибровочного стенда для настройки параметров PID-регуляторов реальных БАС.**
Для осуществления точной настройки параметров PID-регуляторов необходимо выполнить несколько тестовых полетов на БАС. При неправильной настройке параметров есть шанс, что БАС будет потерян при выполнении тестовых полетов. Для настройки параметров PID-регуляторов БАС без осуществления тестовых полетов возможно использовать аппаратную часть учебно-тренировочного комплекса. Готовое БАС устанавливается на стенд, где отрабатывается действие PID-регуляторов, но полеты в классическом виде не осуществляются.
- **Реализация дисциплин, направленных на обучение сборке, настройке и программированию БАС.**
При проведении учебных дисциплин, связанных со сборкой, настройкой и программированием БАС, результатом выполнения практических занятий является готовый БАС, который необходимо тестировать. Для тестов используется учебно-тренировочный комплекс. Готовое БАС устанавливается на стенд, где в дальнейшем проверяется работоспособность его систем.
- **Наглядное представление поведения реального БАС при реализации дисциплин обучения, связанных с управлением БАС.**
При проведении учебных дисциплин, связанных с управлением БАС, необходимо наглядное представление поведения БАС. Обучающимся недостаточно наблюдать только цифровую модель, реализованную в симуляторе полета. Реальный БАС копирует движения цифровой модели с учетом всех физических отклонений.
- **Обеспечение безопасности при реализации учебных дисциплин.**
Аппаратная часть учебно-тренировочного комплекса позволяет безопасно осуществлять настройку, программирование и тестовые полеты БАС. Защитный корпус аппаратной части ограничивает доступ к БАС при его работе, а также ограждает пользователя от возможных последствий возникновения нештатных ситуаций.

Учебно-тренировочный комплекс. Программная часть.

Назначение программной части учебно-тренировочного комплекса.

- **Сборка и кастомизация БАС, в том числе, без раскрытия тактико-технических характеристик.**
В программной части учебно-тренировочного комплекса возможна сборка БАС любого типа из комплектующих, которые доступны в программной части. Это позволяет собрать цифрового двойника реального БАС, без раскрытия его точных ТТХ.
- **Редактирование и создание локаций для свободного пилотирования и выполнения заданий.**
Для отработки навыков пилотирования возможно создание как различных локаций в программной части учебно-тренировочного комплекса, так и создание заданий к данным локациям. Обучающиеся выполняют задание, после чего сохраняется лог полета, преподаватель расшифровывает лог полета, после чего осуществляет оценивание выполнения задания.
- **Мониторинг выполнения задания в режиме реального времени.**
Преподавателю учебного класса доступен мониторинг выполнения задания в режиме реального времени. Преподаватель наблюдает за трансляцией с экрана обучающегося, что позволяет давать оценку или рекомендации в момент выполнения задания или отработки навыков пилотирования.

Общие возможности учебно-тренировочного комплекса:

- Использование различных типов БАС без раскрытия их тактико-технических характеристик (полезно для отработки пилотирования на БАС военного назначения);
- Запись логов полетов как с аппаратной, так и с программной части, а также других статистических данных, необходимых для оценивания прогресса обучения обучающегося;
- Создание цифрового двойника в программной части учебно-тренировочного комплекса;
- Использование учебно-тренировочного комплекса в закрытых помещениях и в любом уголке мира;
- Мобильность – сборная конструкция позволяет перевозить учебно-тренировочный комплекс с собой в качестве багажа;
- Использование технологии виртуальной реальности (возможность пилотирования БАС в режимах FPV и «с земли», а также тренировка сборки/разборки/настройки БАС в виртуальной реальности);
- Безопасность – БАС защищен от несанкционированного проникновения во время полета, БАС невозможно разбить, так как он закреплен в устройстве с тремя степенями свободы;
- Имитация погодных условий – ветер, дождь, обледенение;
- Использование отечественной электронной компонентной базы при разработке учебно-тренировочного комплекса;
- Учебно-тренировочный комплекс выполнен в соответствии с требованиями к тренажерным устройствам имитации полета.

Преимущества использования учебно-тренировочного комплекса

- Ярким примером является моделирование ситуации преподавателем при боевых действиях: повреждение БАС средствами РЭБ или ПВО; появление сильного ветра и других погодных условий. В этих и подобных ситуациях в реальном времени на полигоне оператор на удалении более видимости обычного зрения (километр и более) не видит поведение БАС, кроме как от первого лица через видео камеру, следовательно, не в состоянии оценить поведение БАС в полете, что не позволит принять правильное решение по сохранению БАС. На момент разработки - начало 2023 года - в тренажере обучающийся при моделировании в цифровом пространстве видит реальное поведение БАС и отрабатывает действия в соответствии с ситуацией, за счет чего прививаются правильные навыки и моторика управления БАС. Важным дополнением является то, что электромеханическая часть учебно-тренировочного комплекса позволяет изменять в реальном времени поведение аппаратной части, что невозможно в цифровых двойниках.
- При использовании учебно-тренировочного комплекса также отрабатывается умение оператора производить оценку полетного времени, за счет алгоритма управления реальным БАС в цифровом пространстве по принципу понимания распределения нагрузки на двигатели, углов наклона и планирования маршрута при разных погодных и иных условиях, так как основным источником питания является батарея, то каждый БАС имеет временной запас полета, в учебно-тренировочном комплексе реализован механизм, в котором обучающийся получает навыки расчета изменения плана полета от внешних условий на время полета, а также навыки расчета полета без потери БАС, за счет использования учебно-тренировочного комплекса без выхода на полигон.
- Цифровые полетные пространства позволяют применять карты полетных зон любой точки мира, с привязкой к реальным координатам и территориям. Что имеет большую важность, как для операторов военных БАС при отработке навыков работы на территории противника, так и в гражданских задачах по любым требованиям.

Сравнительная таблица с виртуальными тренажерами:

ХАРАКТЕРИСТИКА	СИТ-НЕБО	ВИАРУС	КВАДРОСИМ	DJI Virtual Flight
Наличие симулятора для отработки навыков пилотирования	+	+	+	+
Мобильность комплекта поставки	+	+	+	+
Возможность управления физическим БАС	+			
Управление БАС совместно с цифровым двойником	+			
Имитация погодных условий	+			
Использование технологий виртуальной реальности	+	+		+
Использование нескольких типов БАС и кастомизация БАС	+			+
Использование различных локаций в программной части	+			+
Редактирование заданий на определенной локации	+			
Проведение обучения по сборке/разборке/программированию БАС	+	+		
Возможность сборки учебного класса с подключением нескольких пользователей, в том числе, в онлайн-режиме	+			
Запись логов полета в программной части	+			
Запись логов полета БАС	+			+