

**Общество с ограниченной ответственностью
«СИНТЕЗ»**

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО «СИНТЕЗ»

А.В. Тращев

« 8 » августа 2026 г.



**СТЕНД
ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ВИНТОМОТОРНОЙ ГРУППЫ
БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Руководство по эксплуатации

СИНТ.421001.001-РЭ

г. Москва

ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

АННОТАЦИЯ

Настоящий документ представляет собой Руководство по эксплуатации Стенда для тестирования винтомоторной группы БПЛА (далее – Стенд, Изделие).

Настоящий документ содержит основные сведения о стенде и о порядке работы пользователей со стендом.

Документ предназначен для ответственных за эксплуатацию стенда.

Производитель оставляет за собой право вносить изменения, не ухудшающие характеристики изделия. Актуальная версия РЭ доступна по запросу.

ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	2
1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА	4
2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ	11
3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ	40
4 ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ	41
5 ХРАНЕНИЕ	42
6 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ	43
7 УТИЛИЗАЦИЯ	43
ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ	44
ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ	45

ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА

1.1 Назначение изделия

1.1.1. Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА (далее — Стенд, Изделие) представляет собой лабораторный комплекс для контрольно-измерительных, доводочных и ресурсных испытаний одиночных силовых агрегатов беспилотных летательных аппаратов мультироторного типа в стационарных условиях.

1.1.2. Стенд не является средством измерений утвержденного типа и не предназначен для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, если иное не установлено отдельной утвержденной методикой и не подтверждено сертификатом об утверждении типа.

1.1.3. Стенд предназначен для решения следующих задач:

- проверка заявленных производителем характеристик двигателей и винтов;
- сравнение компонентов разных поставщиков в идентичных условиях;
- подбор оптимальной конфигурации мотор/пропеллер/регулятор/батарея;
- квалификации ESC по тепловому режиму;
- оценка состояния аккумуляторных батарей под высокой нагрузкой.

1.1.4. Стенд рассчитан на испытания ВМГ со следующими предельными характеристиками:

- напряжение питания постоянного тока: от 15 до 72 В;
- ток потребления: до 80 А;
- максимальная тяга: до 200 Н;
- частота вращения воздушного винта: от 100 до 35 000 об/мин;
- размер статора двигателя: 14xx – 60xx;
- пропеллеры: двух-, трех- и четырехлопастные, диаметром до 20 дюймов (508 мм).

1.1.5. Допускается применение стенда только в закрытых помещениях при соблюдении требований безопасности, изложенных в РЭ.

СИНТ.421001.001-РЭ	Стр. 4 из 45
--------------------	--------------

ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

1.2 Технические характеристики

1.2.1. Аппаратные параметры Стенда:

- Диаметр испытываемого пропеллера: до 508 мм (20 дюймов).
- Размер статора двигателя: 14хх...60хх;
- Внешний источник питания (стабилизированный): до 72 В / до 80 А.
- Поддержка литий-полимерных аккумуляторных батарей: 6S...16S.
- Интерфейсы связи с устройством управления: Bluetooth.
- Протокол управления регулятором: DShot 600.

1.2.2. Основные метрологические характеристики измерительных каналов при нормальных условиях (температура окружающей среды 23 ± 5 °С, относительная влажность 45...75 %, напряжение питания стенда в пределах рабочего диапазона) приведены в таблице 1. Числовые значения по току, напряжению и температуре ESC относятся к штатному регулятору. При замене ESC на совместимый (DShot600 с KISS телеметрией) диапазоны и точность определяются характеристиками нового регулятора.

Таблица 1 – Характеристики измерительных каналов

№ п/п	Параметр	Диапазон	Погрешность	Ед. изм.
1	Тяга	0,2...200,0	$\pm 1,0$ %	Н
2	Постоянное напряжение (DC)	15,0...72,0	$\pm 0,5$ %	В
3	Постоянный ток	0,01...80,0	$\pm 1,5$ %	А
4	Частота вращения (RPM)	100...35 000	$\pm 0,5$ %	об/мин
5	Температура двигателя	+10...+380	$\pm 2,0$ %	°С
6	Температура ESC	+10...+150	$\pm 2,0$ %	°С

Примечания:

1 Для канала тока погрешность нормируется при времени измерения не менее 1 с.

2 Максимальный измеряемый ток – 80 А допускается в течение не более 60 с, после чего требуется пауза не менее 120 с.

ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

3 Частотный диапазон обновления данных каждого канала в интерфейсе пользователя – не менее 10 Гц.

4 Допускается дополнительная погрешность при работе в условиях крайних значений температуры и влажности, не превышающая 1,5-кратного значения основной.

1.2.3. Стенд обеспечивает работоспособность и заявленные характеристики при питании от внешнего стабилизированного источника постоянного тока с выходным напряжением в диапазоне 15...72 В и максимальным током до 80 А, либо от LiPo-аккумуляторной батареи с числом последовательных элементов от 6S до 16S.

1.2.4. Изделие рассчитано на эксплуатацию в закрытых отапливаемых помещениях при температуре окружающей среды от плюс 15 0С до плюс 35 0С.

1.2.5. Интерфейс связи с устройством управления: Bluetooth Low Energy (BLE).

1.2.6. Программное обеспечение (ПО) UAVMLab обеспечивает указанные ниже режимы тестирования:

- ручной (прямое задание оборотов);
- автоматический с плавным увеличением оборотов;
- автоматический с плавным уменьшением оборотов;
- циклический (автоматическое повторение заданных профилей);
- калибровка ESC.

ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

1.2.5. Основные характеристики и условия эксплуатации:

Основные характеристики и условия эксплуатации приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные характеристики и условия эксплуатации

Параметр	Диапазон	Погрешность	Ед.
Измеряемые параметры			
Тяга	0,2...200,0	$\pm 1,0\%$	Н
Напряжение (DC)	15,0...72,0	$\pm 0,5\%$	В
Ток постоянный	0,01...80,0	$\pm 1,5\%$	А
Частота вращения (RPM)	100...35 000	$\pm 0,25\%$	об/мин
Температура двигателя	+10...+380	$\pm 2,0 \%$	°C
Температура ESC	+10...+150	$\pm 2,0 \%$	°C
Аппаратные параметры			
Размер пропеллера	до 508 (20")	—	мм
Размер статора двигателя	14xx – 60xx возможна доработка для работы с моторами больших размеров	—	—
Источник питания с напряжением постоянного тока DC (внешний, стабилизированный)	до 72 / до 80	—	В / А
Поддержка АКБ LiPo	6S...16S	—	—
Регулятор оборотов (ESC)	с KISS-телеметрией	—	—
Интерфейсы подключения	Bluetooth	—	—
Габаритные размеры стенда без защитной сетки	520x520x500	—	мм
Габаритные размеры стенда с защитной сеткой	710x725x500	—	мм
Условия эксплуатации			
Температура окружающего воздуха	+15 ... +35	Закрытое отапливаемое помещение	°C
Относительная влажность (при +20 °C)	до 90	—	%

ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

1.3 Состав изделия

1.3.1. Комплект поставки соответствует таблице 3.

Таблица 3 – Комплектность поставки

№ п/п	Наименование	Количество/детали	Примечания
1	Испытательный стенд (рама с системой крепления двигателя)	1 шт.	
2	Датчик измерения температуры двигателя	1 шт.	
3	Датчик измерения тяги (тензодатчик)	1 шт.	
4	Регулятор оборотов (ESC) с поддержкой KISS-телеметрии	1 шт.	
5	Микроконтроллер управления	1 шт.	
6	Планшет (хост-устройство) с предустановленным программным обеспечением UAVMLab	1 шт.	с 1 лицензией
7	Кабели питания	1 комплект	
8	Кабели интерфейсные	1 комплект	
9	Защитная сетка (физическая защита зоны вращения)	1 шт.	
10	Паспорт изделия	1 экз.	
11	Руководство по эксплуатации	1 экз.	

1.3.2. Не входят в комплект и приобретаются отдельно: испытываемый двигатель, пропеллер, аккумуляторная батарея, зарядное устройство.

1.4 Устройство и работа

1.4.1. Стенд конструктивно представляет собой алюминиевую раму с вертикальным расположением моторной площадки. Двигатель закрепляется болтами в соответствии с его монтажным фланцем. Пропеллер устанавливается тянущей плоскостью вверх, создавая поток сверху вниз и обеспечивая охлаждение электроники.

Общий вид изделия показан на рисунках 1, 2.



Рисунок 1 – Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА.
Общий вид (без защитной сетки)

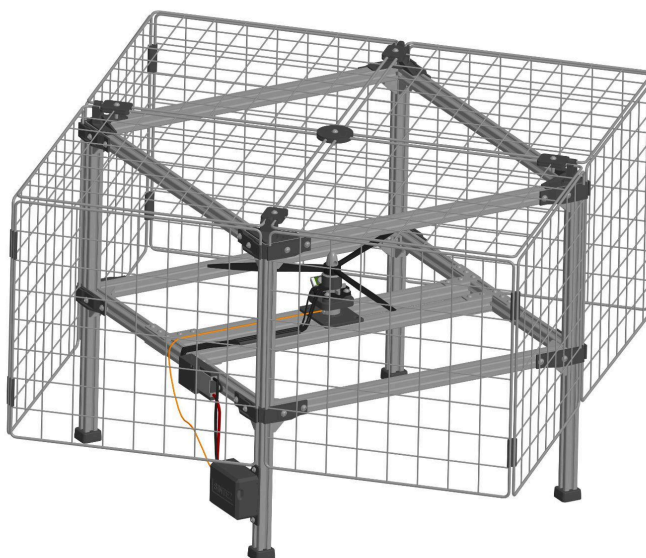


Рисунок 2 – Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА.
Общий вид (с защитной сеткой)

ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

1.4.2. Измерение тяги выполнено на базе тензометрического балочного датчика 50кг, включенного через 24-разрядный АЦП НХ711. Это обеспечивает высокое разрешение во всем диапазоне измерений.

1.4.3. Данные по частоте вращения, токе, напряжении, мощности и температуре ESC передаются в реальном времени из цифровой KISS-телеметрии, формируемой регулятором.

Стенд поддерживает любой регулятор с протоколами DShot600 и KISS телеметрии, что позволяет пользователю адаптировать измерительную систему под требуемые токи и напряжения.

1.4.4. Температура двигателя регистрируется бесконтактным инфракрасным датчиком GY-906, направленным на обмотки статора.

1.4.5. Управляющий микроконтроллер ESP32 выполняет функции задающего генератора сигналов DShot и агрегатора данных всех датчиков. Связь с пользовательским приложением реализована по Bluetooth Low Energy.

1.4.6. ПО UAVMLab поставляется в комплекте изделия предустановленным на Android планшете (хост-устройство) с 1 лицензией.

ПО сохраняет историю подключений, профили двигателей и результаты тестов между сессиями.

1.5 Маркировка

На корпусе Стенда нанесена маркировка с товарным знаком «Sintez», наименованием изделия, заводским номером и датой изготовления.

1.6 Упаковка

Стенд и все элементы комплекта упакованы в индивидуальную транспортную тару, предохраняющую от механических повреждений, пыли и влаги. В упаковку вложен упаковочный лист.

ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

2.1 Эксплуатационные ограничения

2.1.1. Стенд предназначен строго для закрытых лабораторных помещений с регулируемым климатом.

Допустимые условия: температура от +5 до +40 °С, относительная влажность до 80% (без выпадения росы).

2.1.2. **Запрещается** работа без свободного пространства не менее 1.5-кратного диаметра пропеллера во всех направлениях от плоскости вращения винта.

2.1.3. **Запрещается** эксплуатация без надежной механической фиксации Стенда к горизонтальной поверхности.

2.1.4. **Запрещается** превышение максимального напряжения источника питания (72В) и длительного тока штатного ESC (80А). При замене ESC ограничения определяются его спецификацией.

2.1.5. **Запрещается** подавать питание на силовую цепь (подключать батарею к ESC) до включения и инициализации контроллера ECU.

2.1.6. **Запрещается** коммутировать батарейный разъем при активированном (подключенном) состоянии двигателя.

2.1.7. Программные ограничения: управление возможно только после загрузки активного профиля мотора (KV, число полюсов, предельные параметры).

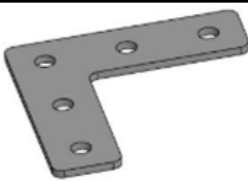
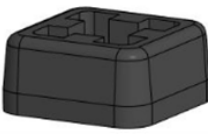
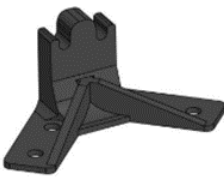
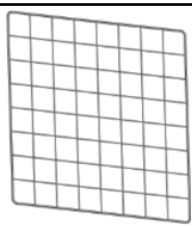
Без активного профиля подключение недоступно.

ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

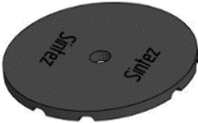
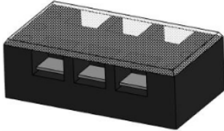
2.2 Подготовка изделия к использованию

2.2.1. Распакуйте Стенд и проверьте комплектность по таблице деталей Стенда.

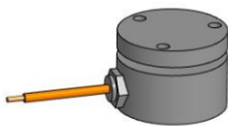
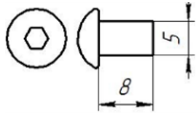
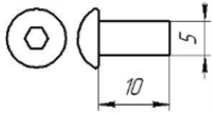
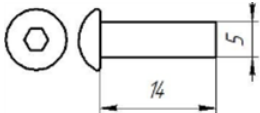
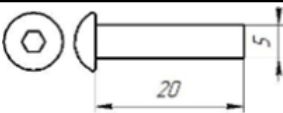
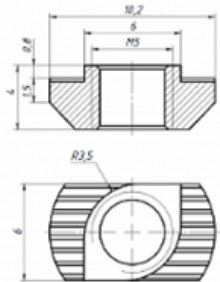
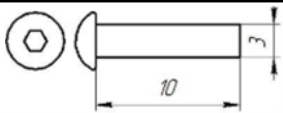
Таблица 4 – Перечень деталей Стенда. Порядковый номер соответствует номеру в инструкции по сборке

№	Наименование	Изображение/схема (при наличии)	Количество (+запасные)
1	Основная стойка		14
2	Угловой соединитель		20 (+1)
3	Соединительная пластина		4
4	Заглушка на стойку		4
5	Угловая накладка-крепление		8
6	Верхняя накладка-крепление		4
7	Панель защитная		12

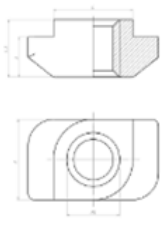
ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

№	Наименование	Изображение/схема (при наличии)	Количество (+запасные)
8	Центральный соединитель крышки (верх)		2
9	Клеммная площадка		2
10	Боковые соединители крышки		8(+1)
11	Соединитель защиты угловой		8(+1)
13	Блок контроллера	-	1
15	Винт М4х8	-	4
16	Крепление тензодатчика		1
17	Ложемент моторной рамы		1
18	Моторный переходник		1
19	Крепление проводки	-	4
20	Блок регулятора оборотов	-	1
21	Датчик температуры		1

ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

№	Наименование	Изображение/схема (при наличии)	Количество (+запасные)
22	Тензометрический датчик		1
23	Шайба М5	-	97
24	Винт М5х8		40
25	Винт М5х10		88
26	Винт М5х15		13
27	Винт М5х20		4
28	Т-гайка М5		120(+5)
29	Гайка М5	-	4
30	Шайба М3	-	6
31	Винт М3х10		6
32	Гайка М5 с фланцем	-	5
33	Шуруп 2х10	-	10

ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

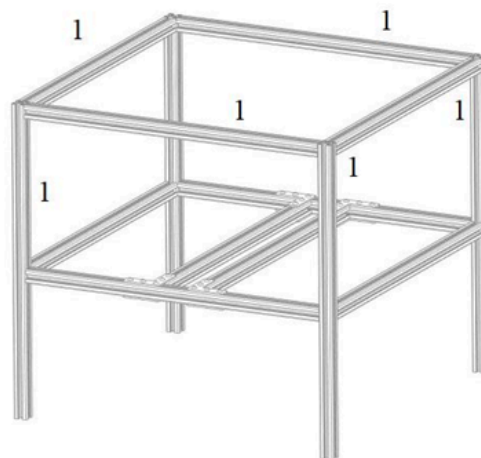
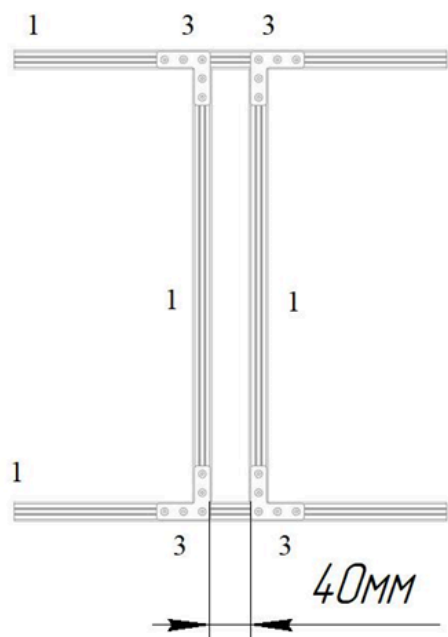
№	Наименование	Изображение/схема (при наличии)	Количество (+запасные)
34	Т-гайка М4		4

Общие указания по сборке:

1. Сборка Стенда производится в порядке, указанном в данной инструкции.
2. Все детали в инструкции имеют нумерацию.
В скобках после упоминания детали указан её номер согласно спецификации Стенда.
Например: «Шайбы М5 (23)»
3. При необходимости (для хранения или транспортирования) стенд может быть разобран в порядке, обратном сборке.

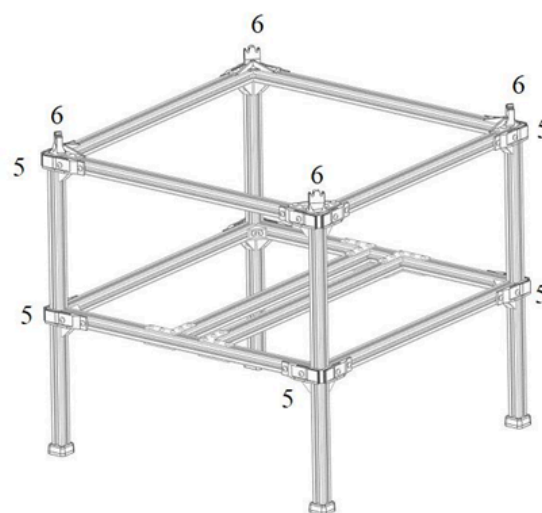
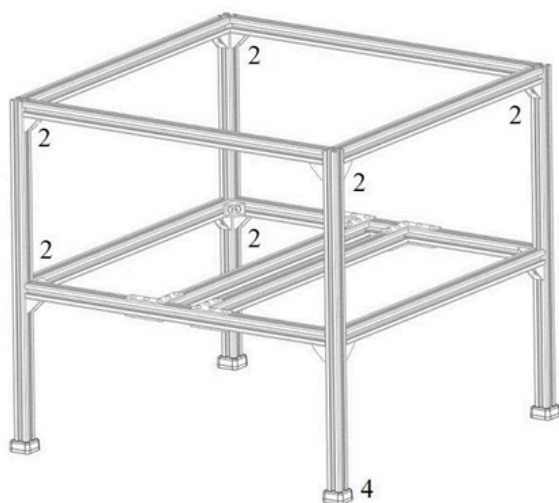
Порядок сборки Стенда

1. Расположить стойки (1) согласно схеме на рисунке ниже, соблюдая расстояние между центральными параллельными стойками.
При помощи болтов М5х8 (24) и Т-гаек М5 (28) без шайб скрепить стойки со всех сторон соединительными пластинами (3) – всего 4 пластины.
2. Расположить оставшиеся стойки (1) согласно схеме на рисунке ниже.



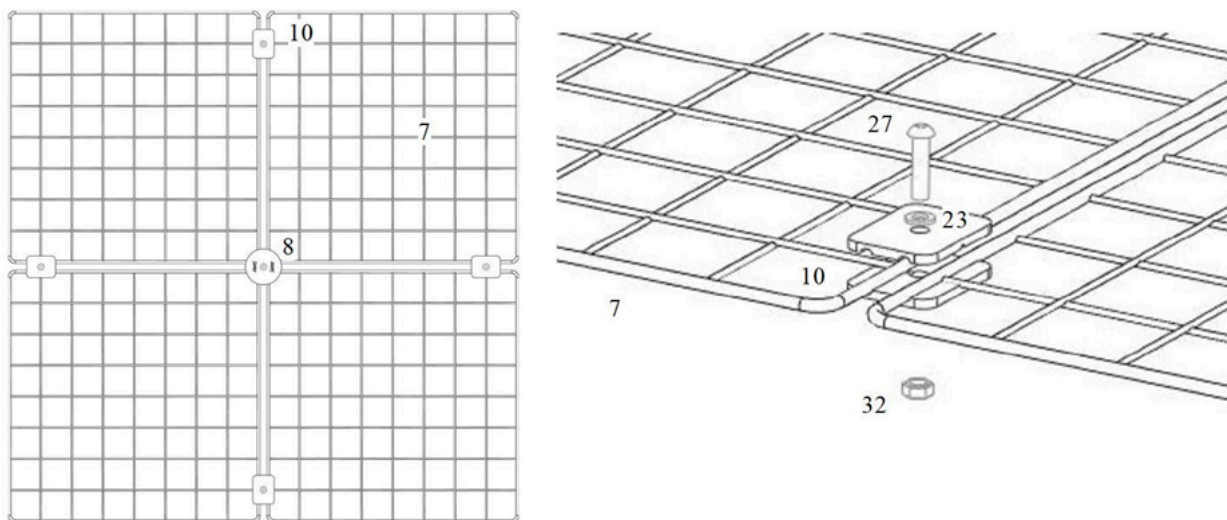
3. При помощи угловых соединителей (2) и болтов М5х10 (25) скрепить стойки, используя по 3 соединителя с каждой стороны для нижней рамки и по 2 соединителя для верхней рамки. При креплении использовать шайбы М5 (23) и Т-гайки М5 (28). Снизу на стойки надеть заглушки (4).

4. Установить на рамки угловые накладки крепления (5), закрепив их болтами М5х10(25) и М5х14(26) (в утолщенных местах гибкого крепления). Винты М5х14 не затягивать. На вершинах стоек установить накладки-крепления (6), закрепить их винтами М5х10 (25). Весь крепеж производить с использованием Т-гаек М5 (28) и шайб М5 (23).



5. Сборка крышки защиты стенда .

Соединить 4 защитных панели (7) при помощи центрального соединителя крышки (8) и боковых соединителей (10), согласно схеме на рисунке ниже. Зафиксировать конструкцию при помощи винтов M5x20 (27), шайб M5 (23) и гаек M5 с фланцем (32).



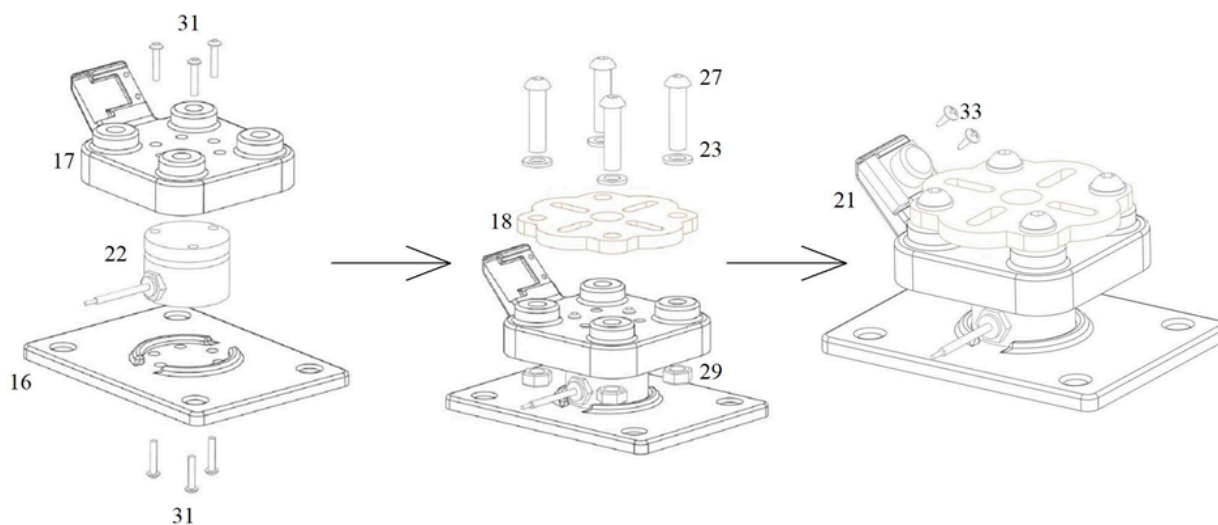
6. Сборка узла крепления мотора и датчиков.

При помощи винтов M3x10 (31) соединить ложемент рамы (17) с тензометрическим датчиком (22) согласно схеме на рисунке ниже.

Снизу, таким же образом, соединить датчик с креплением (16).

С помощью болтов M5x20 (36), шайб M5 (23) и гаек M5 (29) прикрепить сверху моторный переходник (18). Гайки при этом необходимо вложить снизу в отверстия ложемента (17).

7. При помощи шурупов (33) установить на место датчик температуры (21).

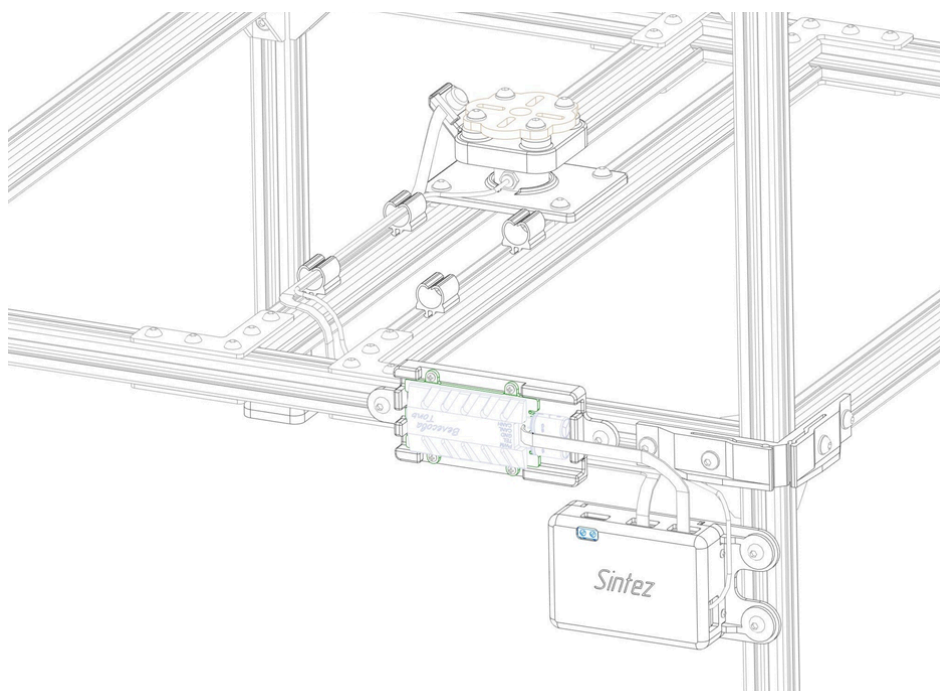


8. Сборка компонентов на стенде (см. рис. ниже).

Закрепить узел мотора в центре рамы, при помощи винтов М5х10 (25).

Закрепить на аналогичный крепеж блок контроллера (13) и регулятора оборотов (20) согласно схеме на рисунке.

Провода провести вдоль стоек рамы при помощи креплений проводов (19) (крепления на защелках ставятся непосредственно на металлические элементы согласно схеме ниже). Монтаж блоков производится по месту.

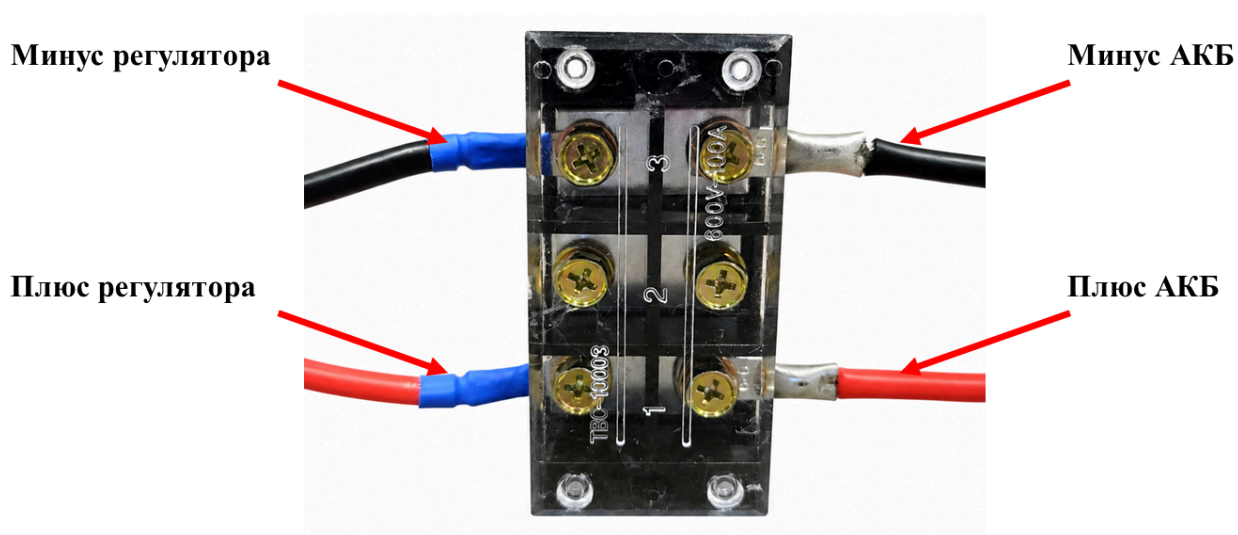


9. Установить клеммные площадки (9) по месту согласно схеме ниже при помощи винтов М4х8 (15) и Т-гаек М4 (34) .

К площадке закрепленной по центру подвести провода от регулятора на мотор (три провода).

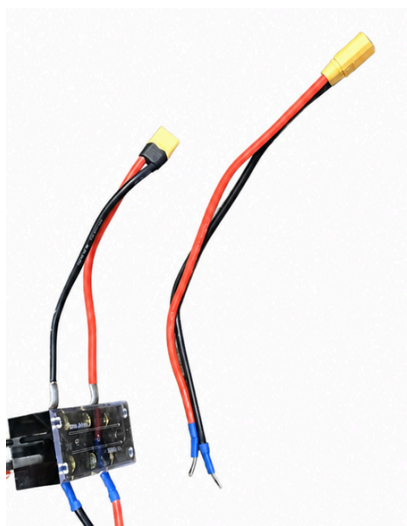


К площадке, закрепленной на опоре вертикально подвести силовые провода регулятора.

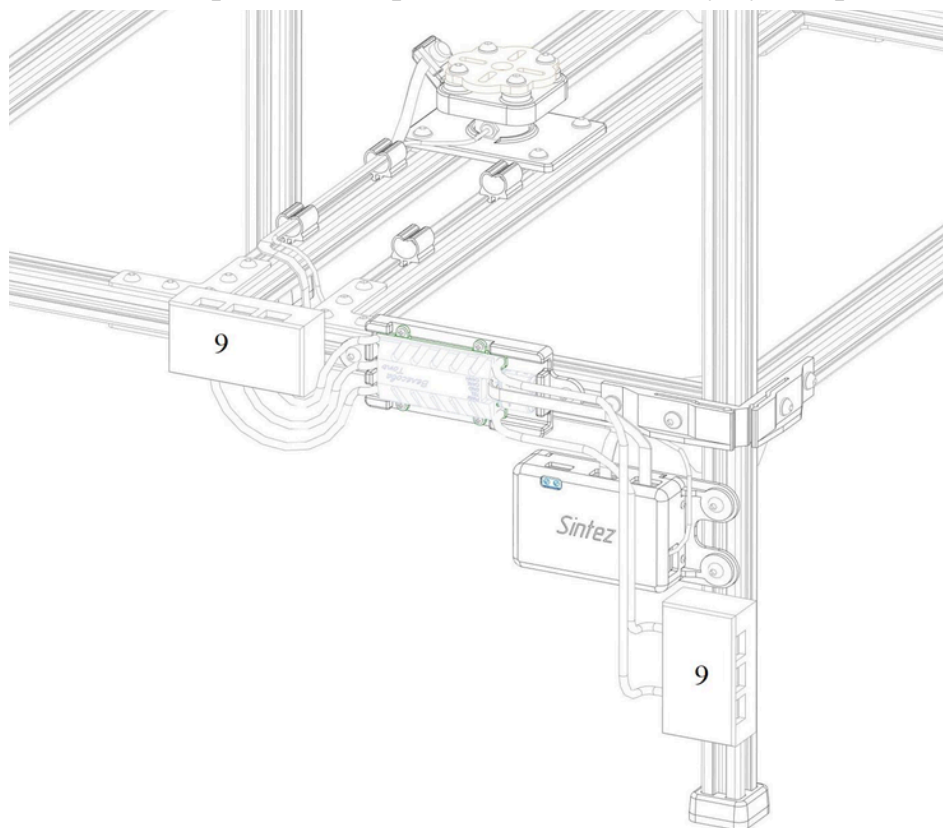


Для подключения аккумулятора использовать разъёмы.

ВНИМАНИЕ: ПОДКЛЮЧЕНИЕ БАТАРЕИ РАЗРЕШЕНО ТОЛЬКО ПОСЛЕ ВКЛЮЧЕНИЯ ЕСУ.



Далее подключение аккумулятора и двигателя производить через клеммные площадки, соблюдая полярность при подключении компонентов. При необходимости на клеммной площадке силового провода для аккумулятора можно закрепить необходимый разъем с переходником под аккумулятор.



Подключить датчик температуры (21) и тензометрический датчик (22) расположенные на узле крепления мотора (см. пункт 6) к блоку контроллера (13) в соответствующие порты согласно схеме на рисунке ниже.

По этой же схеме подключить провод от регулятора оборотов (20) в соответствующий порт.

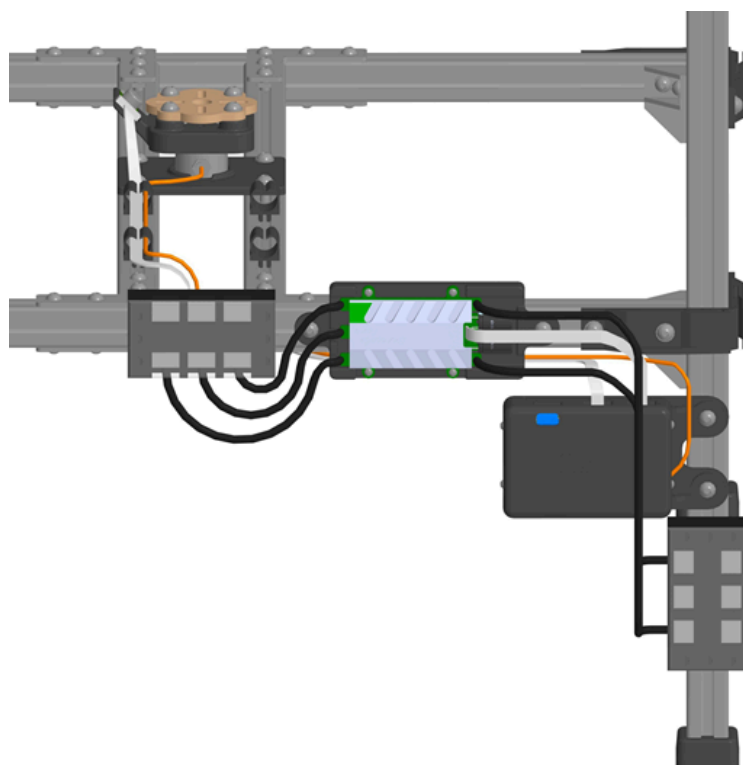
Подключить блок контроллера (13) к источнику 5В через разъем USB-C.



Сервисный разъем предназначен для подключения CAN устройств.

Разъем Type-C USB предназначен для питания блока контроллера и настройки контроллера скорости (ESC).

Общий вид при правильном подключении (длина проводки компонентов может отличаться, при необходимости использовать клипсы крепления проводки (19), а также стяжки для проводов).

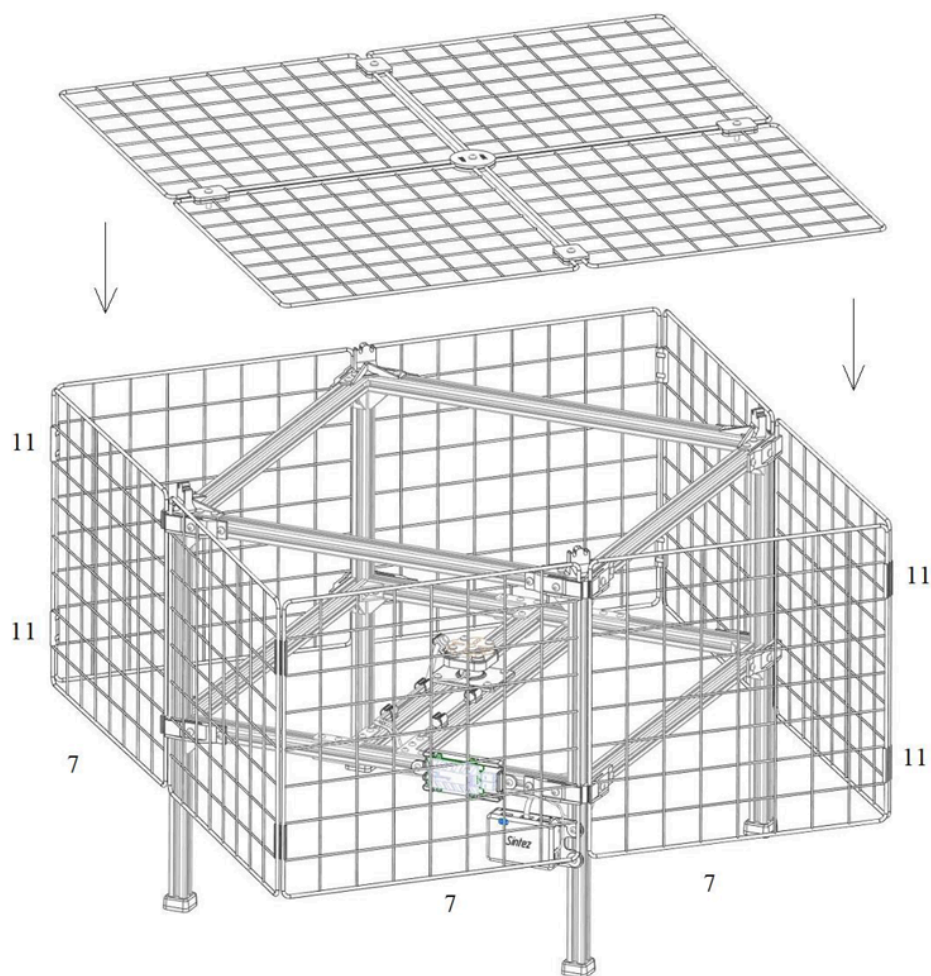


9. Сборка защиты стенда (см. рис. ниже).

Установить по периметру стенда защитные панели (7) как показано на схеме рисунка ниже.

После установки панелей на стойки затянуть винты на угловых накладках (5) для фиксации боковых панелей на месте.

Углы образованного панелями квадрата скрепить при помощи соединителей защиты (11). Крышка защиты (см. пункт 5 инструкции) устанавливается поверх стенда на установленные ранее накладки-крепления (6) без дополнительного крепежа.

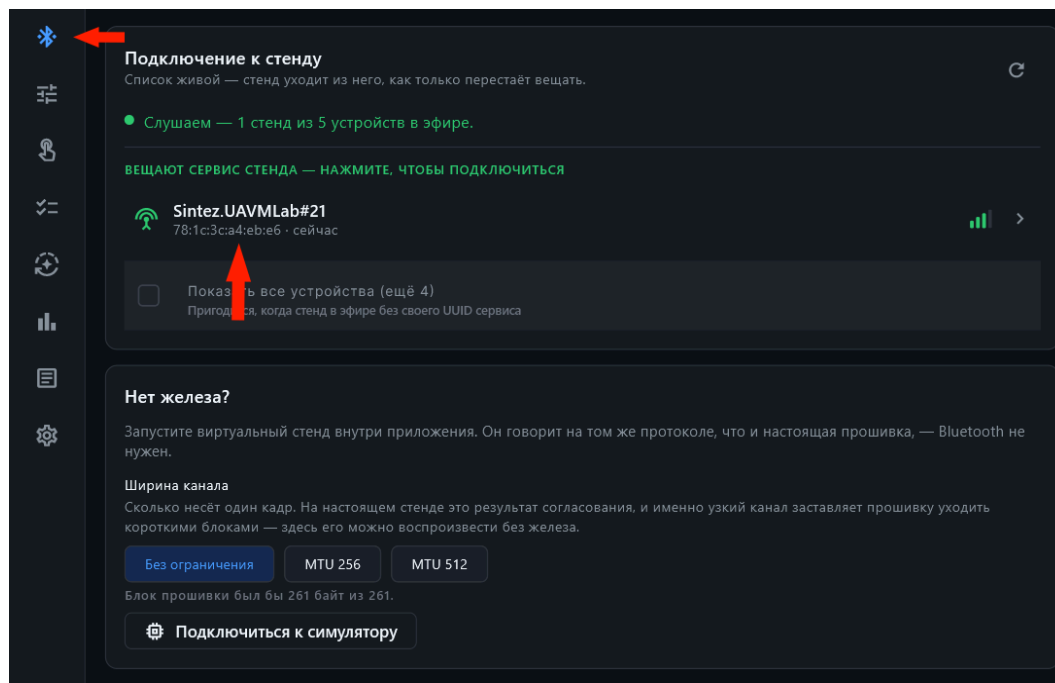


Проверка перед запуском: Убедитесь, что все контактные группы зафиксированы, а вращающиеся части пропеллера не задевают кабели датчиков тяги и температуры.

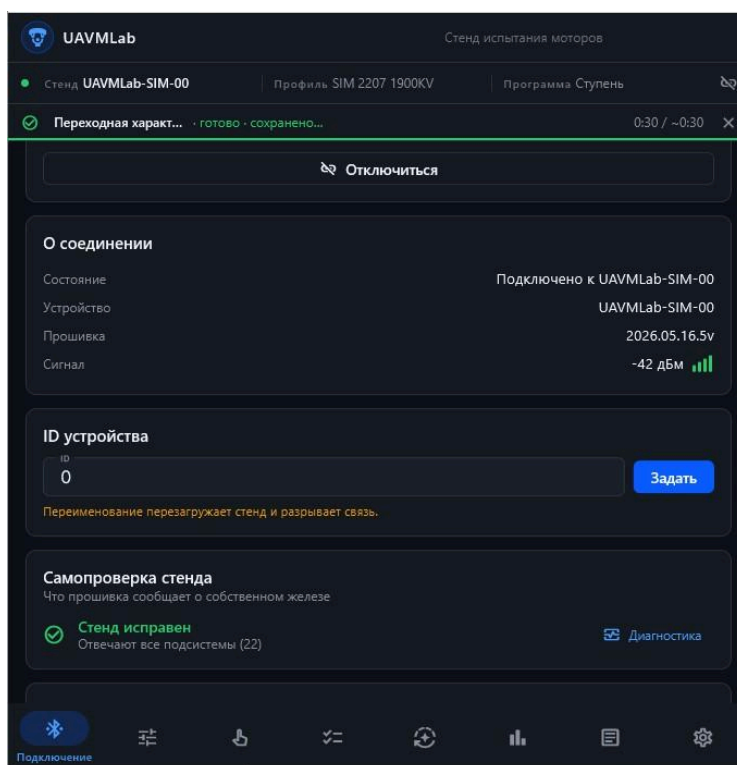
2.2.5. Запустите приложение UAVMLab.

Откройте вкладку Подключение (Connection).

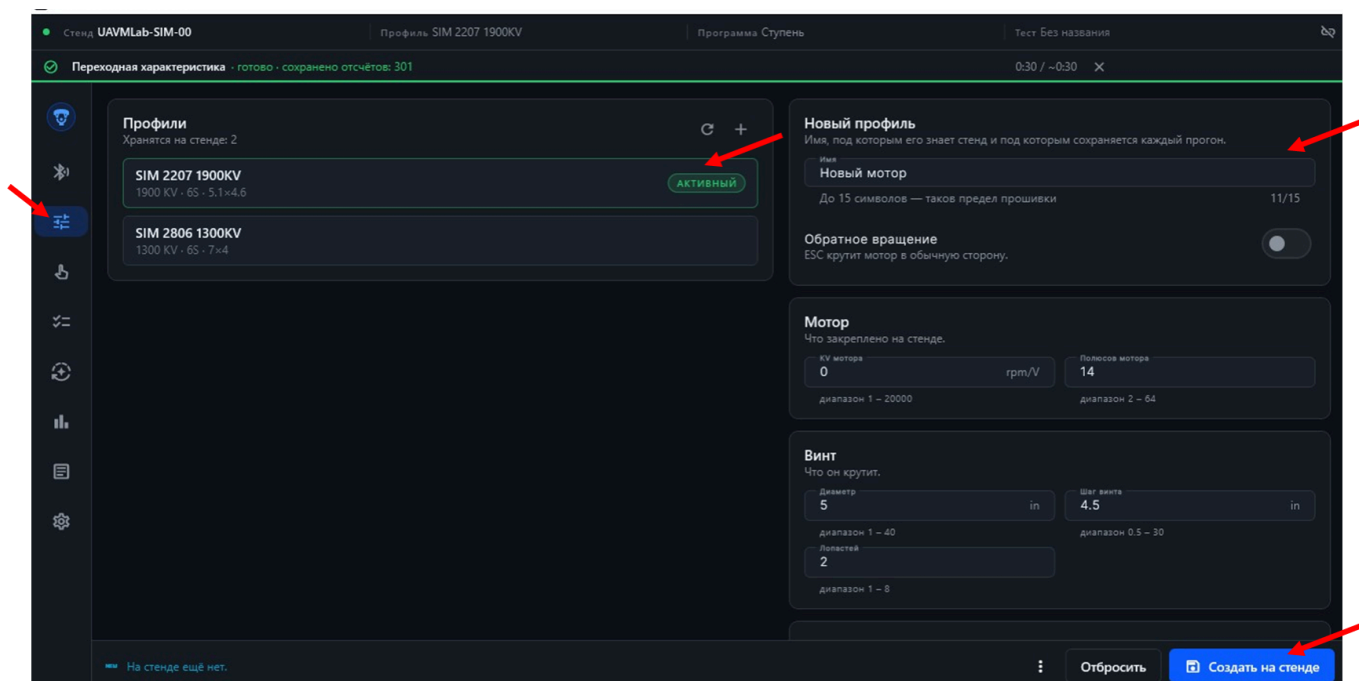
Для подключения нажмите на устройство стенда в списке (внимание! при начальном подключении устройство может определяться как неизвестное).



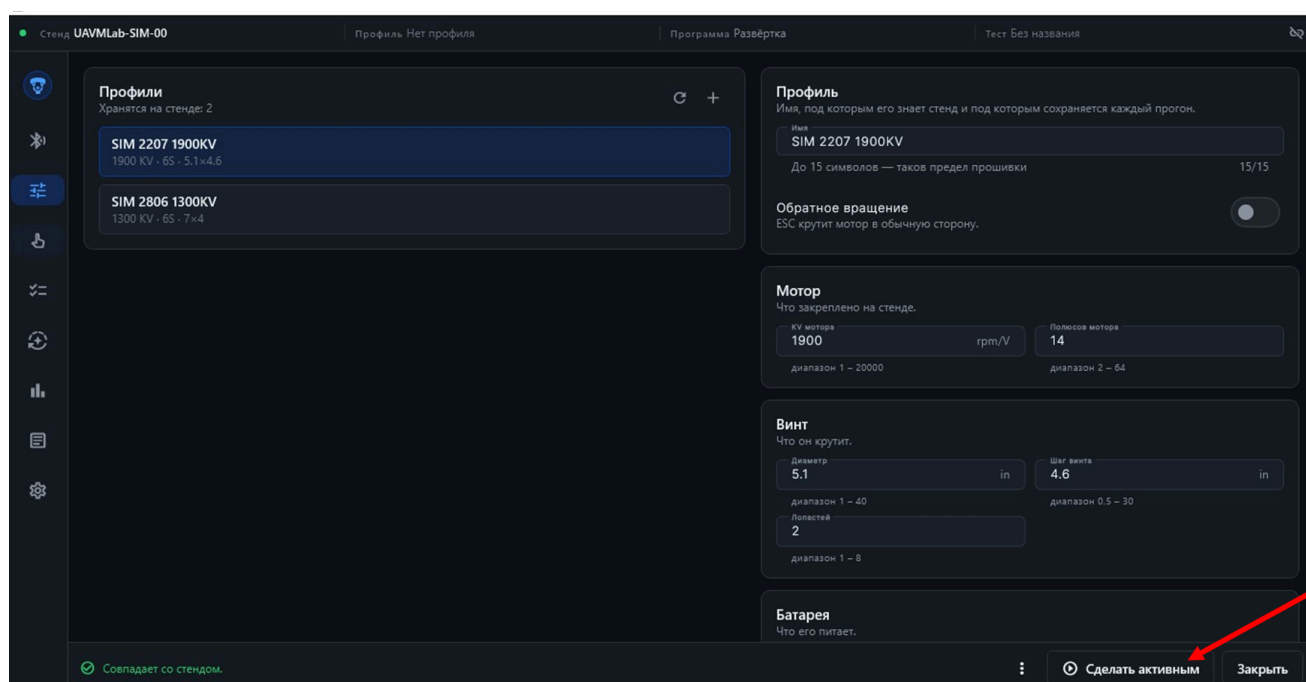
После успешного сопряжения статус обновится, отобразятся название стенда, уровень сигнала и результаты самодиагностики.



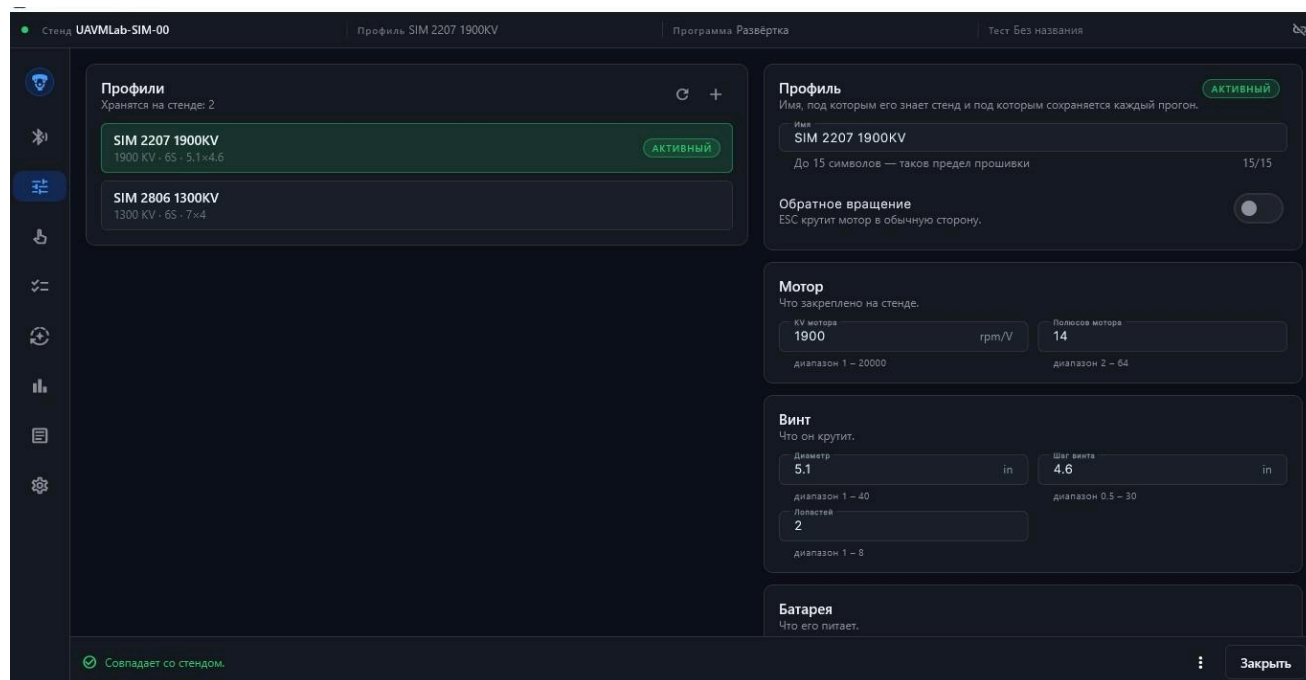
2.2.7. Создайте профиль двигателя во вкладке Профили (Profiles): укажите KV, количество полюсов, диаметр пропеллера, стартовый газ и предельные значения параметров мотора (ток, температура).



Сделайте профиль активным. Без активного профиля подключение невозможно.



После активации профиля, текущий активированный профиль подсвечивается зеленым цветом.



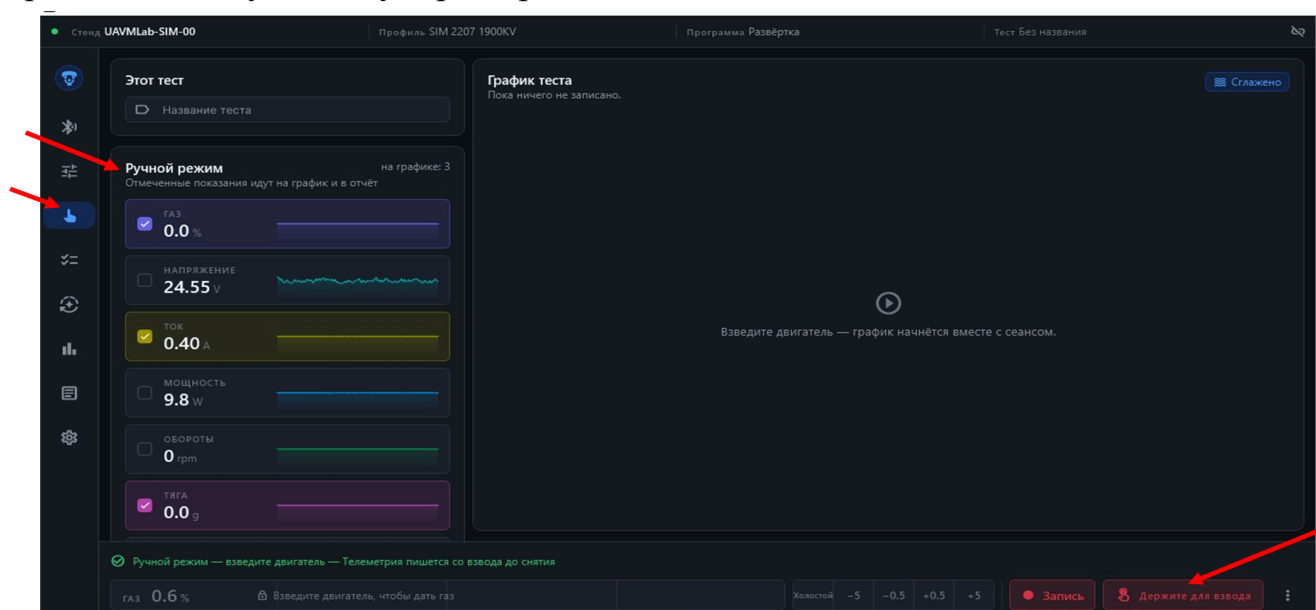
2.3 Использование изделия

2.3.1 Прямое управление (Direct Control)

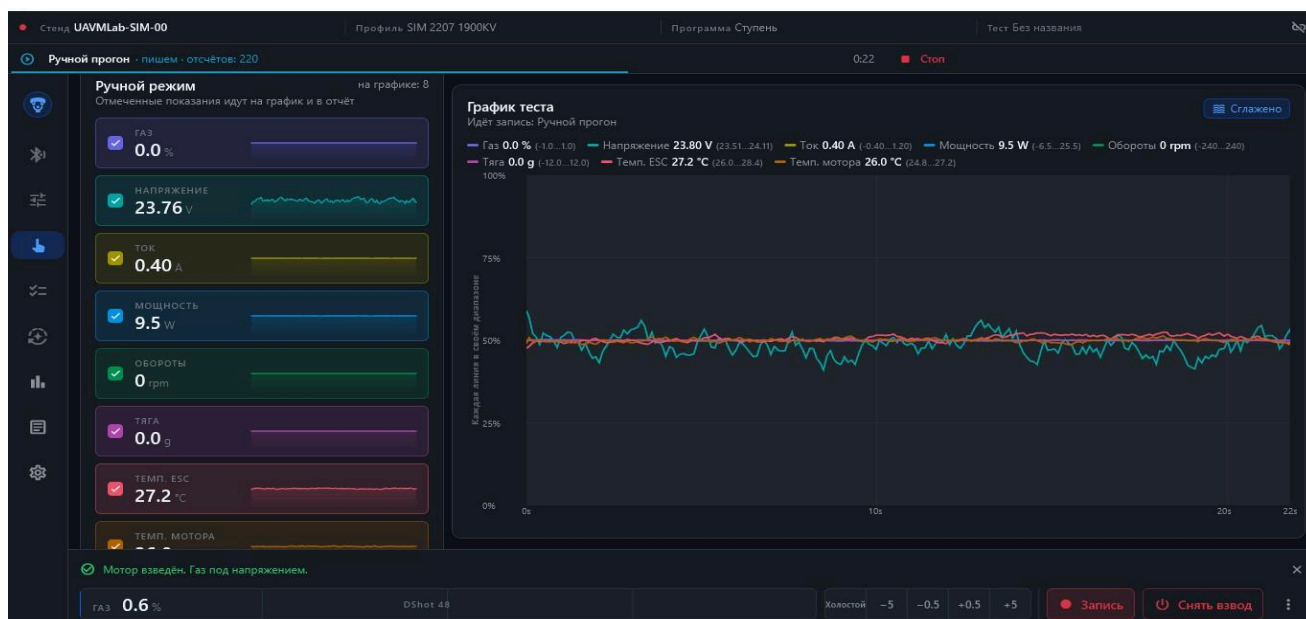
1. Откройте вкладку Прямое управление.

Убедитесь, что отображается активный профиль, на панели «Ручной режим» транслируются текущие значения 8 каналов (газ, напряжение, ток, мощность, обороты, тяга, температура ESC, температура мотора).

Для включения двигателя выполните команду «Держите для взвода» — проведите ползунок до упора вправо.



2. Стенд подключен (Взведен/ARM).



3. Плавно перемещайте слайдер Газ (Throttle) (значение DShot 48–2047, отображаемое как 0–100 %), контролируя параметры в реальном времени.



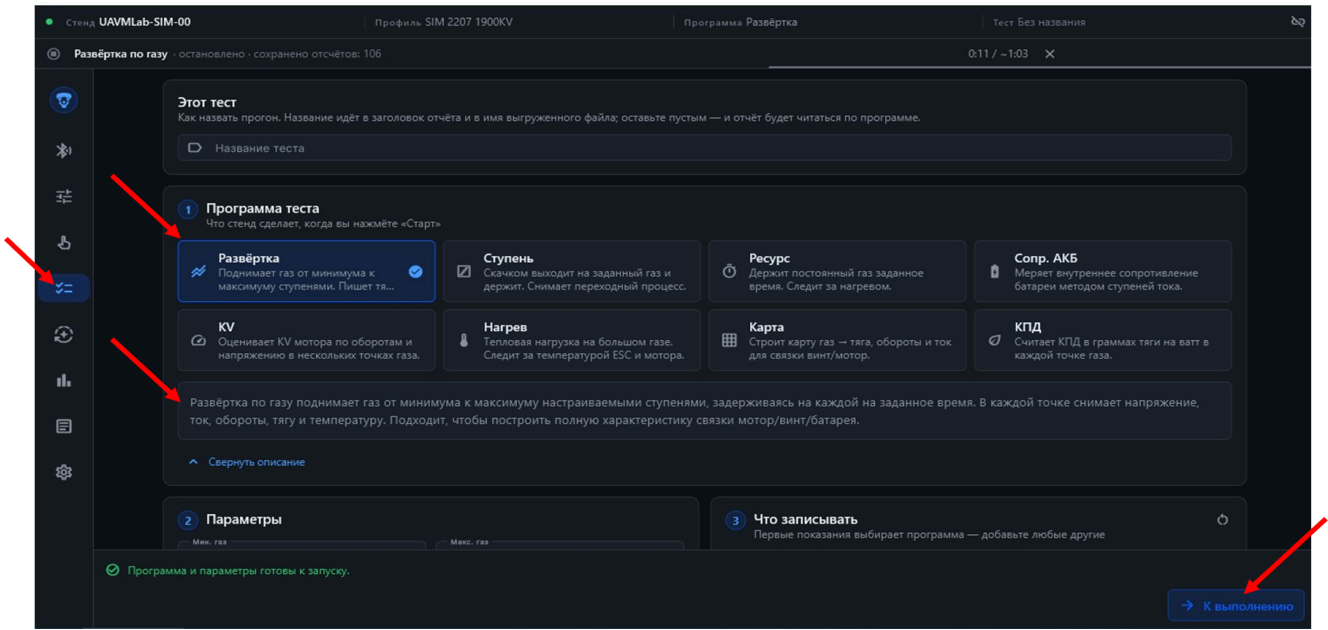
4. Для остановки верните слайдер в минимум и нажмите Снять взвод (Disarm). Двигатель также автоматически отключится при обрыве Bluetooth-соединения (защитный механизм).



2.3.2 Автоматизированные режимы тестирования

1. Откройте вкладку **Выбор программы**. Выберите режим из перечня вкладок **Программа теста**: Развертка, Ступень, Ресурс, Сопротивление АКБ, KV мотора, Нагрев, Карта, КПД.

Под вкладками для каждого режима есть краткое описание.



Ниже описаны поддерживаемые **Автоматизированные режимы тестирования**:

Режим	Назначение	Ключевые параметры
Развертка	Поднимает газ от минимума к максимуму степенями	Развертка по газу поднимает газ от минимума к максимуму настраиваемыми степенями, задерживаясь на каждой на заданное время. В каждой точке снимает напряжение, ток, обороты, тягу и температуру. Подходит, чтобы построить полную характеристику связки мотор/винт/батарея. По умолчанию длительность: 1 м 03 сек., точек по газу 21. Возможно изменение.

ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

Режим	Назначение	Ключевые параметры
Ступень	Измерение динамики отклика тяги и тока на мгновенный скачок газа	Выводит газ с холостого хода на заданный скачком и держит. Записывает, как быстро растут и устанавливаются обороты и тяга. Полезно для настройки ПИД и оценки отзывчивости мотора. По умолчанию длительность: 120 сек., газ 50 %. Возможно изменение.
Ресурс	Ресурсное испытание на фиксированном газу; мониторинг роста температуры и деградации параметров	Ресурс на постоянном газе крутит мотор на неизменном газе все заданное. Следит за нарастанием температуры. Полезно, чтобы оценить длительную работу и тепловой запас. По умолчанию длительность: 30 сек., газ 50 %. Возможно изменение.
Сопротивление АКБ	Оценка внутреннего сопротивления батареи методом импульсного тока (анализ просадки напряжения)	Тест внутреннего сопротивления батареи подает серию токовых ступеней и измеряет просадку напряжения. Сопротивление оценивается по отношению изменения напряжения к изменению тока. Чем меньше - тем батарея здоровее. По умолчанию длительность: 30 сек., точек по газу 5. Возможно изменение.

ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

Режим	Назначение	Ключевые параметры
KV	Определение константы KV по обратной ЭДС на нескольких ступенях напряжения (пропеллер снят, требуется регулируемый источник питания)	Оценка KV измеряет обороты без нагрузки в нескольких точках напряжения и строит линейную модель. Наклон линии графика дает постоянную KV (об/мин на вольт). Сравнение полученной линейной характеристики с паспортными данными мотора показывает его состояние. По умолчанию длительность: 5 м 00 сек., газ 80%. Возможно изменение.
Нагрев	Двухсегментный нагрузочный профиль для термо стресс-теста ESC и мотора	Тепловая нагрузка ESC работает на большом газе и следит за скоростью роста температуры. Показывает слабые места по тепловой нагрузке. Осторожно - требует обеспечения охлаждения и контроля показаний в реальном времени! По умолчанию длительность: 30 сек., точек по газу 10. Возможно изменение.
Карта	Многократное сканирование для построения карты тяги, оборотов и эффективности комбинации пропеллер/мотор	Карта винт/мотор строит полную таблицу соответствия газа тяге, оборотам, току и мощности. Полезно для таблиц упреждения в полетном контроллере и калибровке моделей. По умолчанию длительность: 33 сек., точек по газу 11. Возможно изменение.

ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

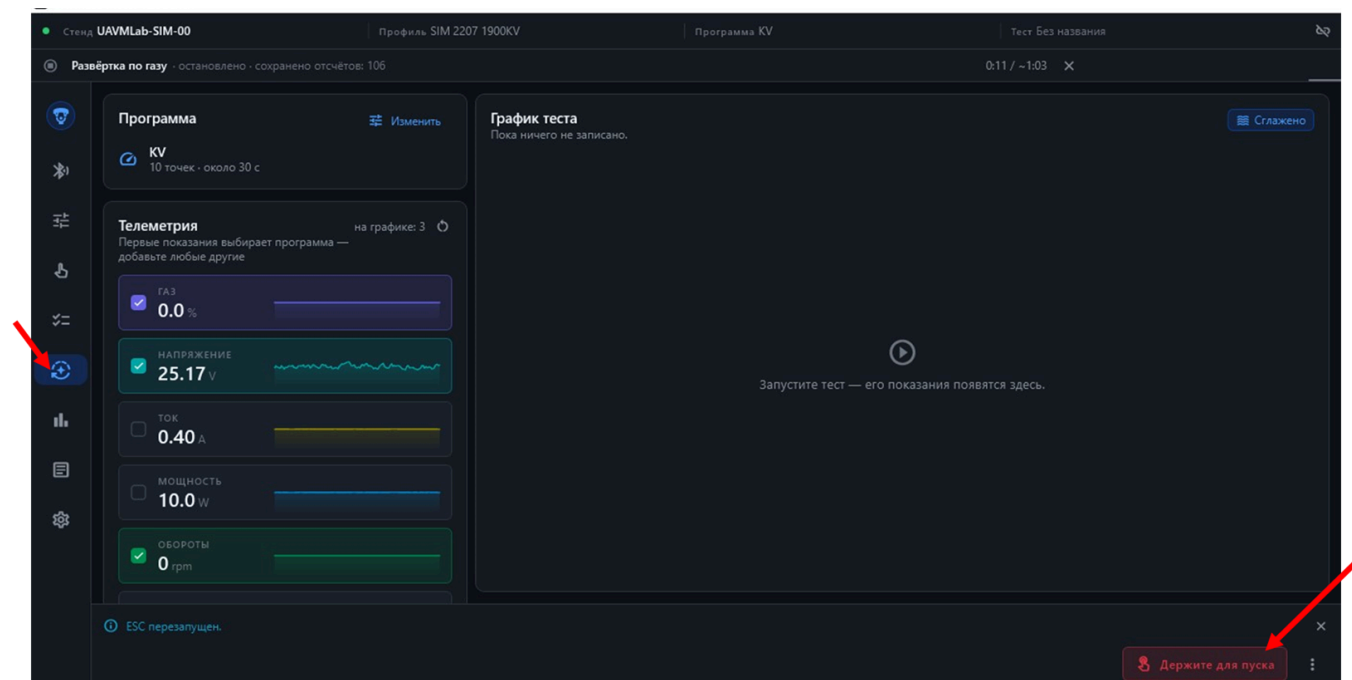
Режим	Назначение	Ключевые параметры
КПД	Детальный анализ удельной тяги (г/Вт) и относительной эффективности во всём диапазоне	Анализ КПД считает граммы тяги на Ватт в каждой точке газа. Показывает самый экономичный режим для долгих полетов. Малый газ не всегда самый выгодный. По умолчанию длительность: 51 сек., точек по газу 17. Возможно изменение.

2. Настройте параметры выбранного режима в появившейся панели.

Для режима **Оценка KV** убедитесь, что пропеллер демонтирован, а для всех остальных используется батарея или стабилизированный источник с запасом по току.

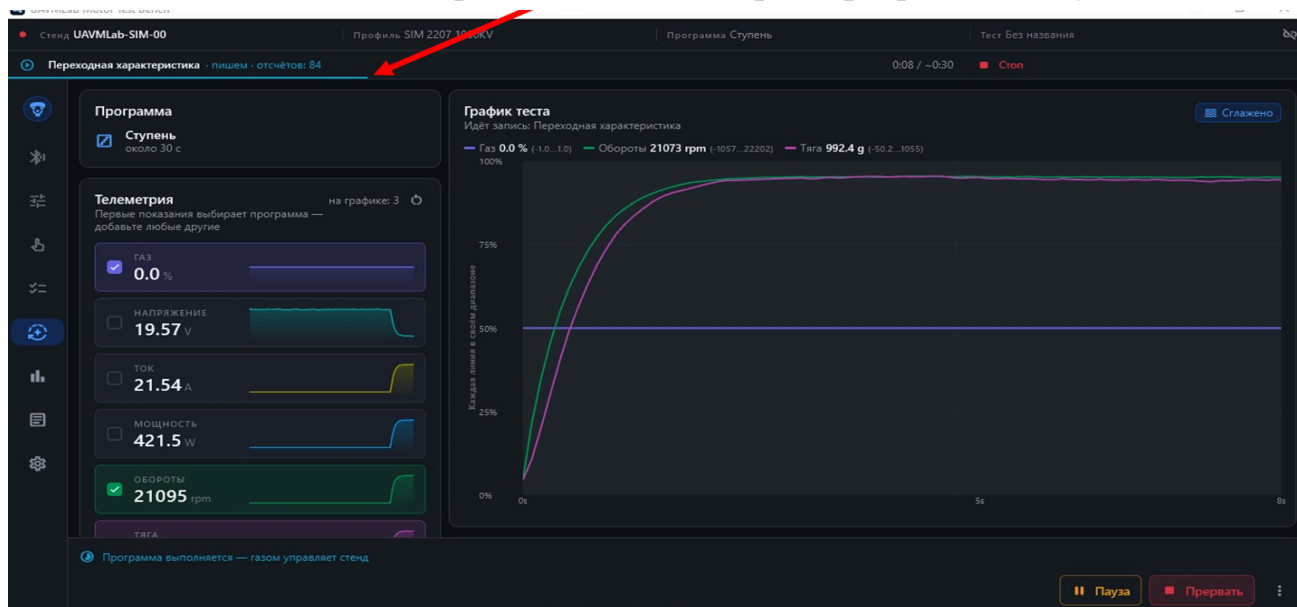
После выбора автоматизированного режима откройте вкладку «Работа по программе» или нажмите «К выполнению».

Выполните команду «Держите для пуска» («ARM») — удерживайте поле пока ползунок не дойдет до упора вправо. Стенд подключен (ARM).



3. Стенд автоматически произведет **Взвод** (ARM) и выполнит заданную последовательность, снимая показания с выбранных 8 каналов (газ, напряжение, ток, мощность, обороты, тяга, температура ESC, температура двигателя) с частотой 20 Гц.

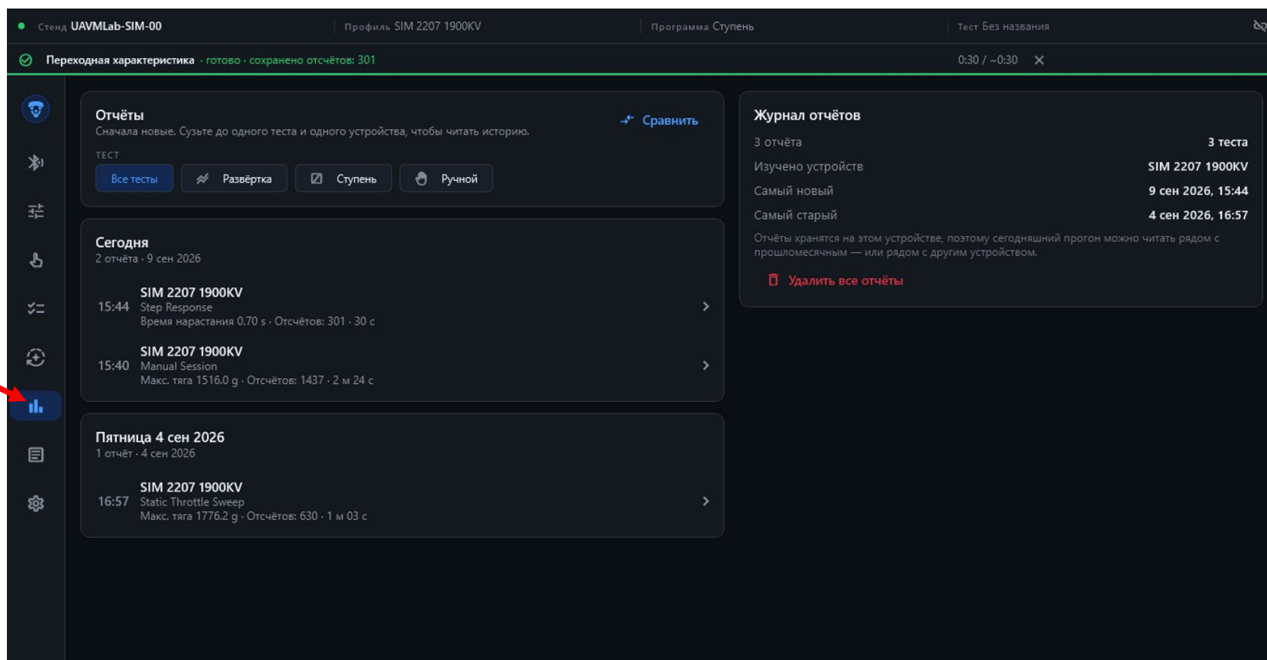
Ход выполнения отображается индикатором прогресса **Статус**.



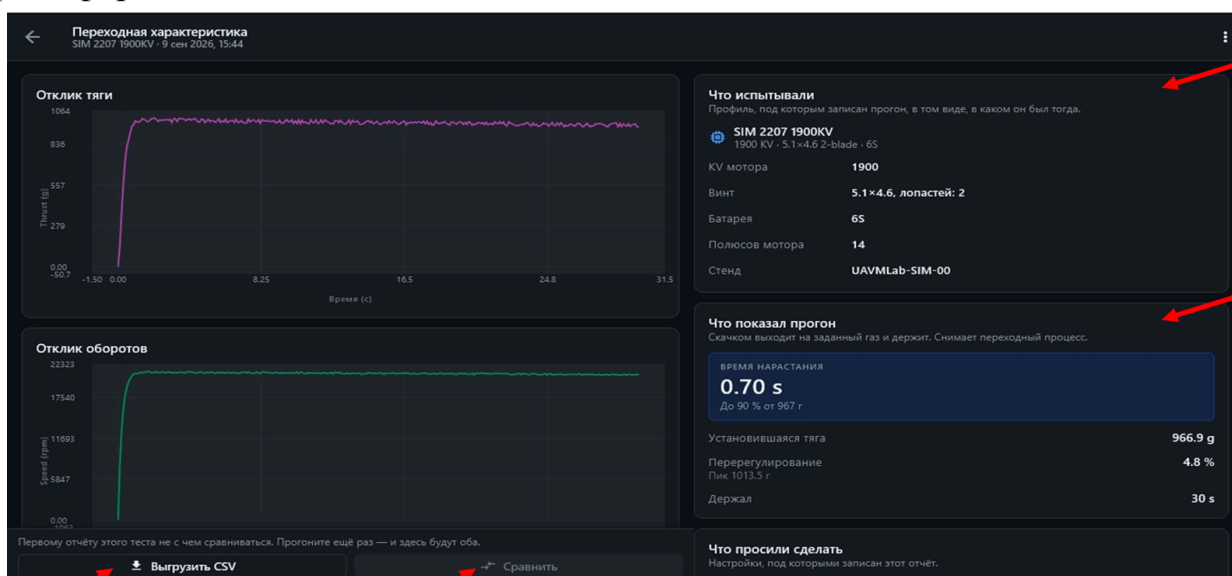
4. При необходимости тест можно прервать кнопкой **Стоп** — двигатель остановится, стенд выполнит команду **Прервать** (Disarm) отключение.



5. По завершении теста во вкладке **Отчеты** автоматически будут сохранены данные тестов с указанием реквизитов проверок (дата, время, режимы и др.).



При выборе требуемого отчета будут показаны графики измеренных параметров и данные анализа результатов тестов. Также имеется возможность сравнения результатов нескольких выбранных тестов и выгрузки результатов в файл формата .csv.



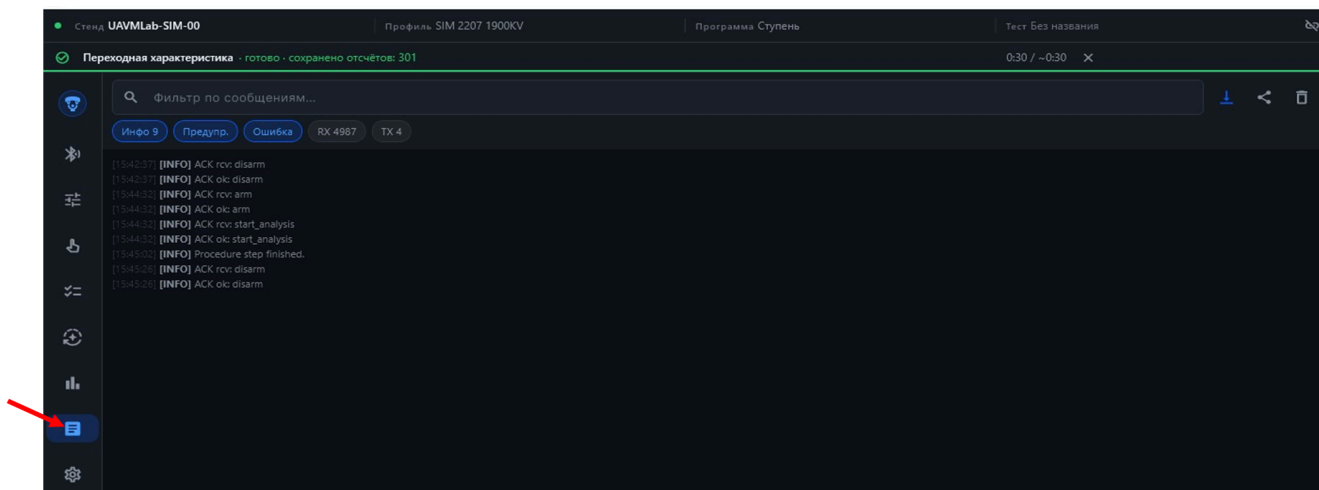
2.3.3 Экспорт результатов

Нажмите кнопку **Выгрузить** (↓) внизу окна вкладки **Отчеты**.

- CSV — таблица со всеми колонками данных, пригодная для анализа в электронных таблицах, Python, MATLAB.

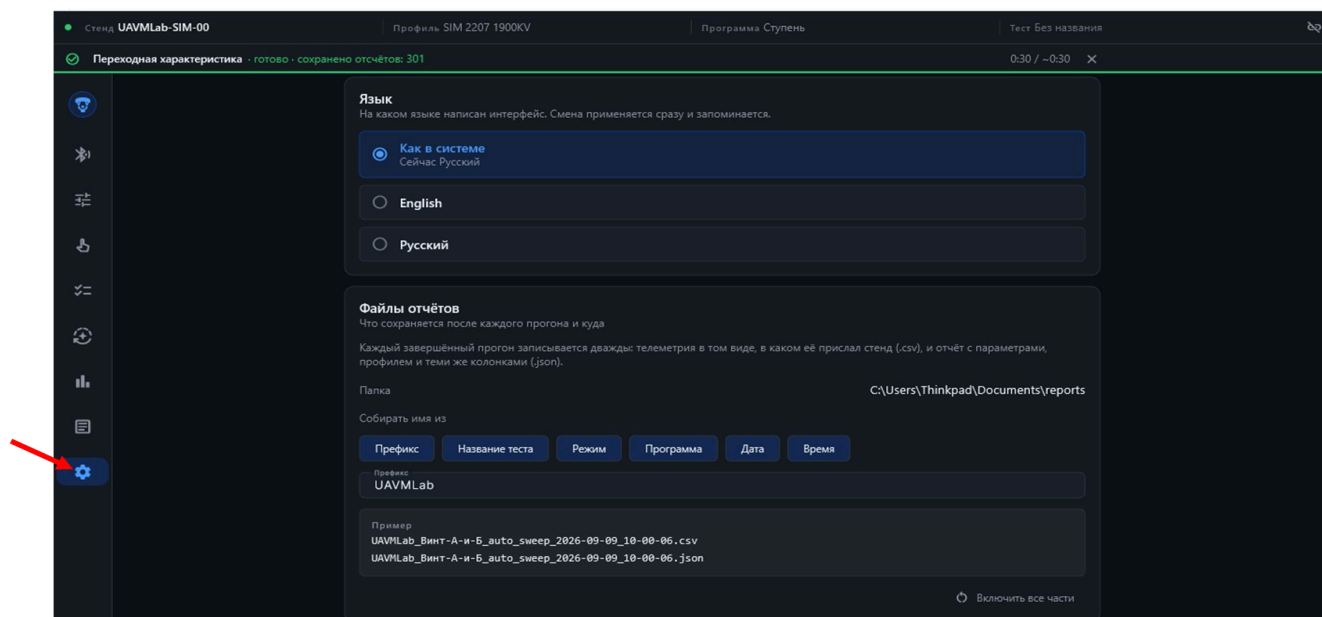
2.3.4 Журнал событий

Нажмите на вкладку **Журнал** для ознакомления с сообщениями системы.



2.3.5 Настройки приложения

Нажмите на вкладку **Настройки** для изменения параметров работы приложения.



2.3.6 Завершение сеанса

1. Нажмите Развести (Disarm) (если двигатель еще активен).
2. Отключите батарею от ESC.
3. Отсоедините питание ECU (USB).
4. Закройте программу или отключите Bluetooth для разрыва связи.

2.3.7 Настройка контроллера скорости (ESC).

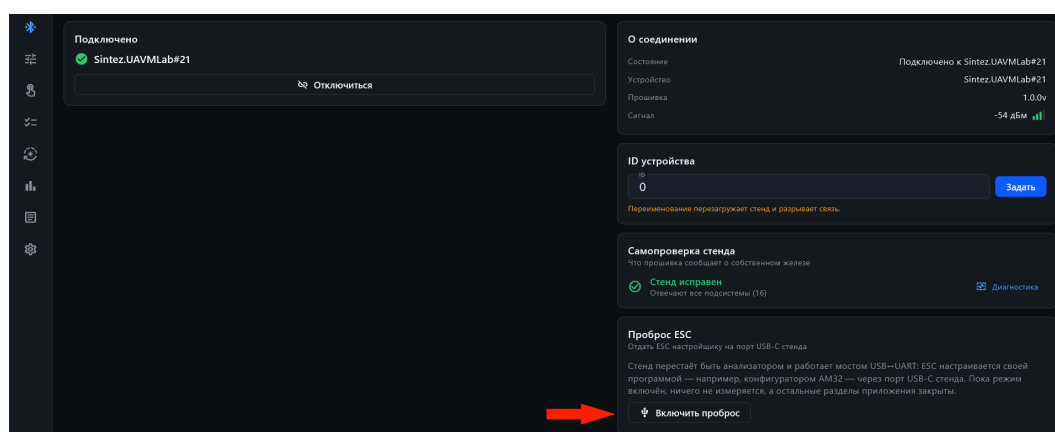
Для того, чтобы настроить контроллер скорости под параметры тестируемого мотора следует (на примере системы Windows):

1. Подключить блок микроконтроллера стенда к компьютеру через разъём питания USB-C. Блок микроконтроллера определится в системе как последовательный порт. При необходимости следует сначала установить драйвер USB-UART преобразователя CP210x.

https://www.silabs.com/documents/public/software/CP210x_Universal_Windows_Driver.zip



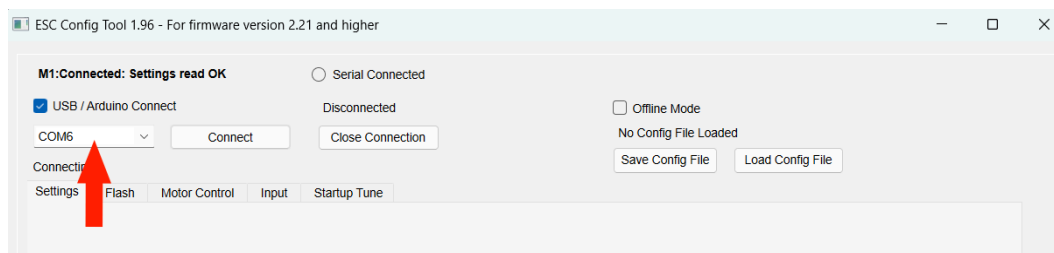
2. Штатно подключиться к стенду с помощью приложения UAVMLab. После подключения, на вкладке **Подключение** нажать на кнопку **Включить проброс** для активации режима настройки ESC.



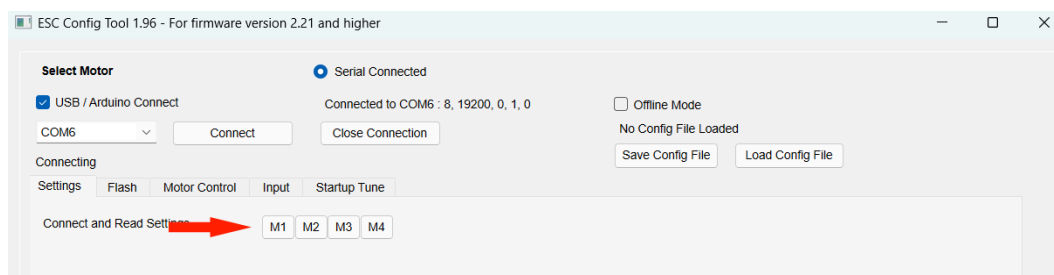
3. Установить и запустить на компьютере стандартное ПО для настройки контроллеров скорости на базе прошивки AM32.

<https://github.com/am32-firmware/Offline-Configurator/releases>

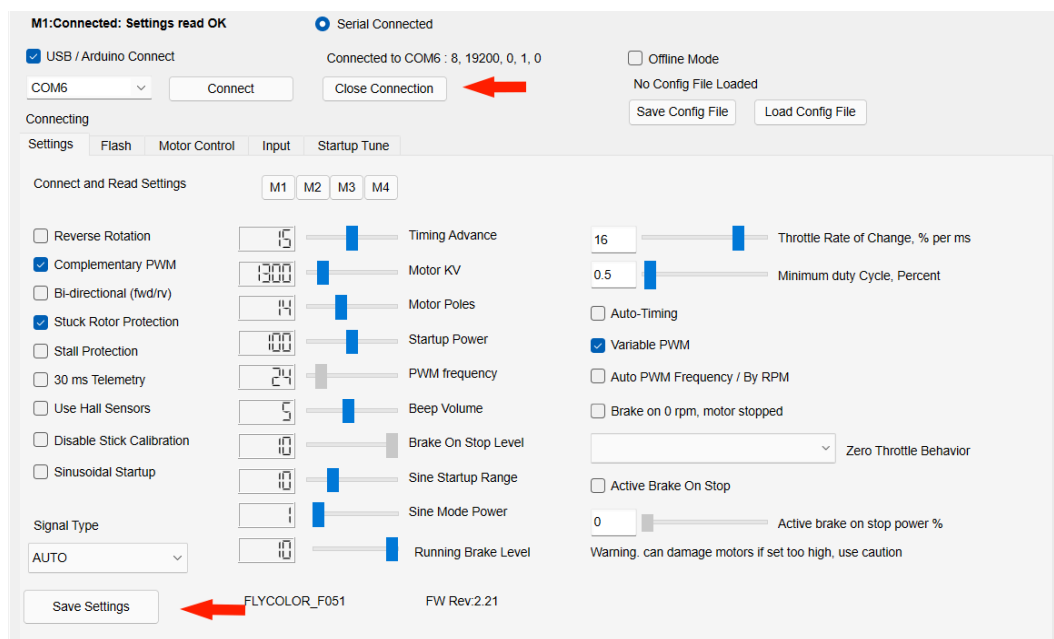
4. Подключиться к контроллеру скорости (ESC), выбрав COM порт, поставив галочку **USB / Arduino connect** и нажав кнопку **Connect**.



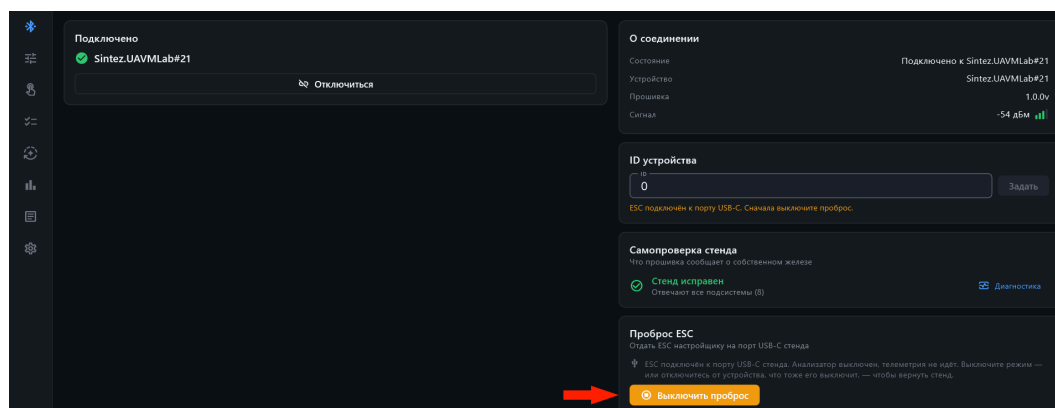
5. Выбрать мотор **M1**.



6. Настроить необходимые параметры (внимание! несколько вкладок). Обычно настраивается на вкладке **Settings** *время опережения* (Timing Advance), *KV, количество полюсов* (Motor poles). На вкладке **Input** *ограничение по температуре* (Temperature Limit), *ограничение по току* (Current Limit). После настройки нажать кнопку **Save Settings** и затем кнопку **Close Connection**.



7. В приложении UAVMLab выключить режим настройки ESC нажав кнопку **Выключить проброс**.



8. ESC настроен и стенд готов к штатной работе.

ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

2.4 Требования безопасности

ВНИМАНИЕ! ИГНОРИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К ТРАВМАМ И ПОВРЕЖДЕНИЮ ОБОРУДОВАНИЯ.

2.4.1. **Порядок подачи питания** — всегда сначала включать ECU (5 В), затем подключать силовую батарею. Запрещается коммутация батарейного разъёма при подключенном моторе в режиме ARM.

2.4.2. **Зона безопасности** — сохраняйте свободное пространство не менее 1.5 диаметра пропеллера во всех направлениях. Испытания проводятся только в помещении, посторонние лица должны быть удалены. Нахождение персонала рядом с работающим стендом допускается только в защитных очках.

2.4.3. **Дистанционное управление** — все высокооборотные тесты запускайте с расстояния не менее 2...3 метров, используя беспроводное BLE-соединение. Прямое нахождение рядом со стендом во время работы допускается только при низких оборотах и визуальном контроле заведомо безопасных конфигураций.

2.4.4. **Защита от вращающихся частей** — не приближайте руки, одежду, волосы к плоскости вращения пропеллера. При необходимости обслуживания дождитесь полной остановки.

2.4.5. **Пожарная безопасность** — под стендом и рядом с аккумуляторной батареей не должно быть легковоспламеняющихся материалов. При использовании LiPo строго соблюдайте инструкции по их заряду и хранению. Немедленно прекратите тест при вспучивании или дыме от батареи.

2.4.6. **Защита от перегрузок** — не превышайте предельные ток и напряжение штатного ESC (100А / 67.2В). При замене ESC руководствуйтесь его документацией. Встроенный мониторинг температуры ESC автоматически останавливает тест при перегреве, но не следует полагаться только на него — контролируйте показания визуально.

2.4.7. **Профиль безопасности** — всегда активируйте профиль мотора с корректными ограничениями по току и температуре перед подключением (режим ARM). Флажок **Force** (обход защитных блокировок) используйте исключительно в отладочных целях с полным пониманием рисков.

ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

3.1. Периодичность обслуживания — не реже одного раза в 6 месяцев.

3.2. Перечень операций:

- Внешний осмотр рамы и креплений на предмет трещин, люфтов.
- Проверка надежности паяных соединений силовых проводов и разъёмов ХТ60/ХТ90.

- Контроль загрязнения датчика температуры GY-906 (протирка мягкой тканью).

- Очистка тензодатчика и узла крепления от пыли.

- Функциональная проверка:

запуск теста Развертка (Static Throttle Sweep) с эталонным двигателем (известной конфигурации) и сравнение результатов с контрольными значениями.

- Калибровка датчика тяги при обнаружении дрейфа. Проверку погрешности измерения тяги проводят с помощью эталонных грузов массой, соответствующей точкам 10 %, 50 % и 100 % диапазона. Стенд должен обеспечивать отклонение показаний не более заявленной погрешности.

3.3. Регулятор оборотов и контроллер ESP32 не требуют планового обслуживания, кроме визуального контроля контактов.

3.4. При выходе из строя любого элемента комплекта необходимо обращаться в сервисную службу предприятия-изготовителя.

ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

4 ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ

4.1. В течение гарантийного срока любые ремонтные работы производятся только силами изготовителя или авторизованного сервисного центра. Самостоятельный ремонт влечет прекращение гарантийных обязательств.

4.2. Типовые отказы, устраняемые пользователем:

Отсутствие соединения BLE:

- проверить питание ECU (горит ли светодиод), видимость устройства в списке Bluetooth, перезапустите программу UAVMLab и повторите сопряжение.

Некорректные нулевые показания тяги:

- проверить целостность кабеля датчика. Если неисправность сохраняется – калибровка или замена датчика в сервисе.

Двигатель не запускается:

- убедиться, что загружен активный профиль, соединение Bluetooth активно, ESC запитан и не находится в защите.

4.3. По любым вопросам обращайтесь в техническую поддержку:
+7 (499) 403-11-19, info@sintez.llc.

ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

5 ХРАНЕНИЕ

5.1. Хранение осуществляется в оригинальной упаковке в отапливаемых помещениях при температуре от +5 °С до +40 °С и относительной влажности не более 80 %.

5.2. Запрещается хранение вблизи источников тепла, кислот, щелочей и в помещениях с резкими перепадами температуры.

5.3. Если стенд находился при температуре ниже 0 °С, перед включением его необходимо выдержать при комнатной температуре не менее 12 часов для предотвращения конденсата.

ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

6 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

6.1. Транспортирование допускается всеми видами транспортных средств в закрытых фургонах (кузовах, контейнерах) при температуре от –20 °С до +50 °С и влажности до 95 % (при +25 °С).

6.2. При транспортировке исключите удары, падения и воздействие атмосферных осадков. Батареи, если перевозятся отдельно, должны быть упакованы согласно правилам перевозки опасных грузов.

7 УТИЛИЗАЦИЯ

7.1. По окончании срока службы Стенд подлежит утилизации как электронное оборудование в соответствии с региональными нормами.

7.2. Литий-полимерные аккумуляторы, использовавшиеся совместно со стендом, утилизируются отдельно через специализированные пункты приема.

ООО «СИНТЕЗ»	Стенд для тестирования винтомоторной группы БПЛА. Руководство по эксплуатации	Ревизия 01
--------------	--	------------

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АКБ	– аккумуляторная батарея
БПЛА	– беспилотный летательный аппарат
ВМГ	– винто-моторная группа
ПО	– программное обеспечение

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

[illegible]