



**ВЕРТОЛЕТЫ
РОССИИ**

**Применение электрических и гибридных
технологий на перспективных винтокрылых
летательных аппаратах (ВКЛА). Требования к
элементам перспективной СЭС**

ТЕРМИНОЛОГИЯ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ГИБРИДНЫХ ВКЛА

- **ВКЛА с повышенной электрификацией оборудования («более электрический» вертолет)** — это летательный аппарат, в котором тяга создаётся традиционными газотурбинными или поршневыми двигателями, а большая часть оборудования для своего функционирования получает энергию от централизованной системы электроснабжения
- **Полностью электрический ВКЛА** — это такой летательный аппарат, в котором всё функциональное оборудование получает для своей работы только электрическую энергию, а движение летательного аппарата осуществляется с помощью электрической силовой установки
- Промежуточным вариантом является **гибридный ВКЛА**, в котором для получения электроэнергии (или дополнительной механической энергии) могут использоваться двигатели внутреннего сгорания

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ВЫЗОВ. ЦЕЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ГИБРИДНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ КОММЕРЧЕСКИХ ВКЛА

- Развитие модельного ряда и расширения функциональных возможностей перспективных ВКЛА за счет применения принципиально новых
 - аэродинамических схем
 - компоновочных решений
 - перспективных технологий

- Разработка технических решений, которые могут обеспечить качественное улучшение летно-технических характеристик существующих винтокрылых летательных аппаратов (ВКЛА)
 - без увеличения их размерности
 - с учетом оптимизации стоимости проектирования(модернизации), постройки и эксплуатации

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ВЫЗОВ. ЦЕЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ГИБРИДНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ КОММЕРЧЕСКИХ ВКЛА

- ***Повышение летно-технических характеристик и безопасности полёта***

- Повышение дальности и продолжительности полета не менее чем на 20...25%;
- Повышение качества траекторного управления и улучшение маневренности вертолёта посредством быстрого форсирования электрической части гибридной двигательной-энергетической установки не менее чем на 10%;
- Возможность резервирования силовой установки по источнику энергии;

- ***Экологичность***

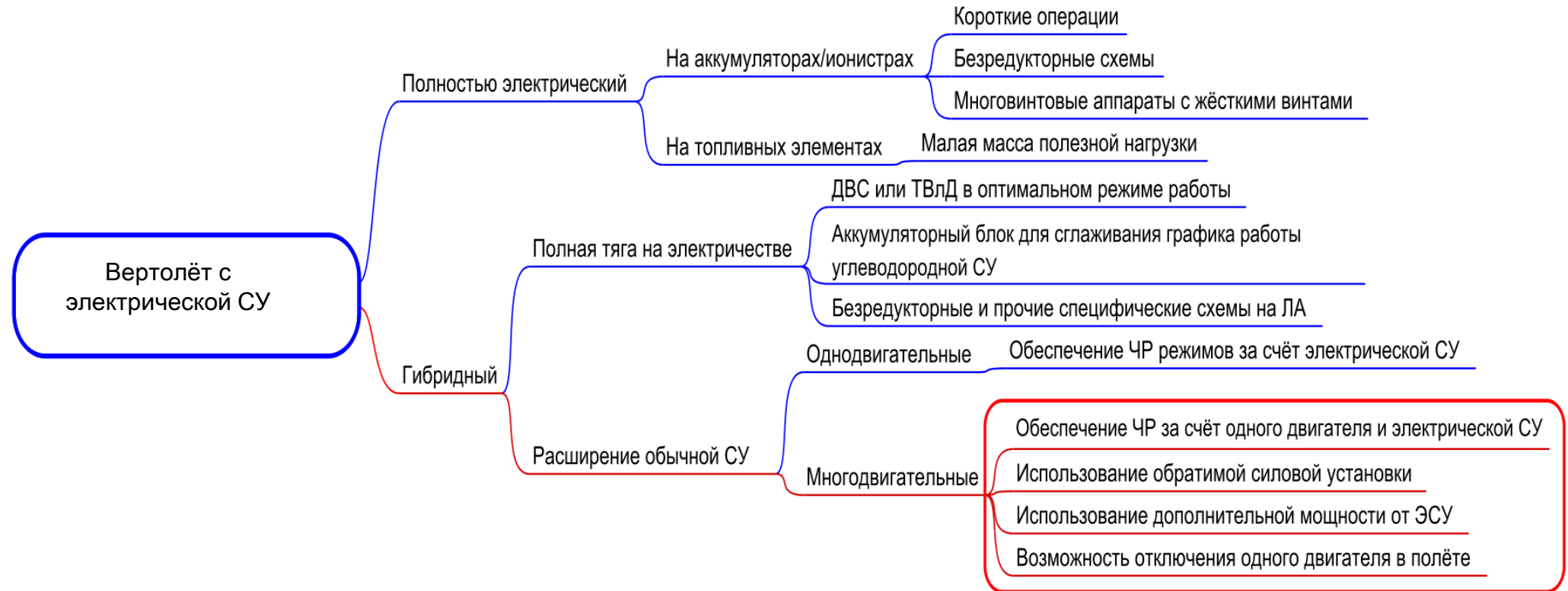
- Снижение вредных выбросов силовой установки и снижение шума на некоторых этапах полёта на 50% по CO₂ и NO_x;

- ***Расширение возможностей***

- Расширение эксплуатационных диапазонов внешних условий (высота площадки, температура наружного воздуха), поскольку параметры работы электродвигателя не зависят от температуры наружного воздуха или высоты полёта в отличие от ДВС или ГТД;

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ВЫЗОВ. СХЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

электрической энергетической установкой для ВКЛА



ВАРИАНТЫ ГИБРИДИЗАЦИИ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ВЕРТОЛЕТА КЛАССИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

Диаграмма 1: гибридная силовая установка с электроприводом рулевого винта (РВ)

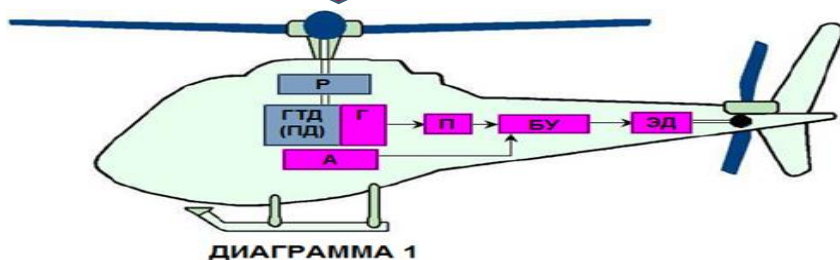


Диаграмма 2: гибридная силовая установка с электроприводом (РВ) и частичным электроприводом несущего винта (НВ)

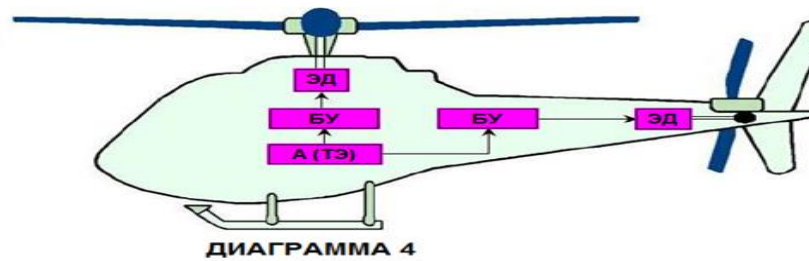
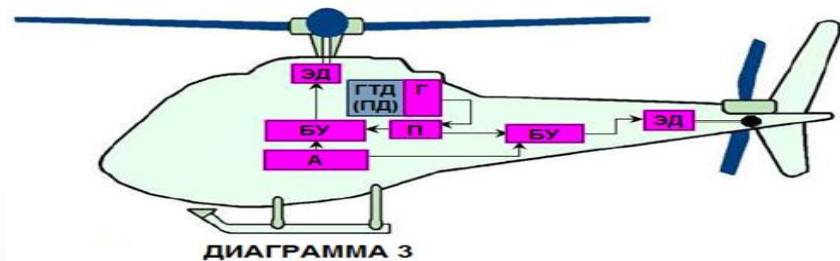
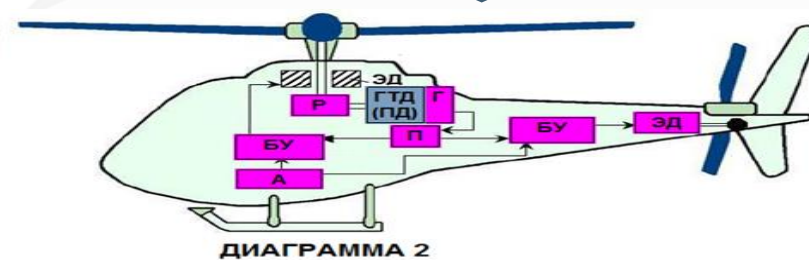


Диаграмма 3: гибридная силовая установка с электроприводом НВ и РВ с генераторным источником электропитания

Диаграмма 4: электрическая силовая установка с электроприводом НВ и РВ с электропитанием от аккумуляторной батареи или топливного элемента

Р – редуктор; ГТД – газотурбинный двигатель; ПД – поршневой двигатель; Г – генератор; П – преобразователь (конвертор); БУ – блок управления; ЭД – электродвигатель; А – аккумуляторная батарея; ТЭ – топливный элемент.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ГИБРИДНЫМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СИЛОВЫМ УСТАНОВКАМ

- ***Силовая установка***

- Должна обеспечивать функционирование как в гибридном, так и в полностью электрическом режимах

- ***Система управления и трансмиссия ГСУ***

- Должны обеспечивать зарядку аккумуляторных батарей до уровня не менее 80% от максимальной ёмкости за время, не превышающее 30 мин полёта на крейсерском режиме (распределение крутящих моментов и частоты вращения валов генераторов будут уточнены в процессе дальнейшей работы)

- ***Система суммирования и распределения крутящего момента***

- На выходном валу гибридной силовой установки (трансмиссия) должна обеспечивать совместную работу тепловых и электрических двигателей на единый выходной вал ГСУ, обеспечивать безударное подключение или отключение элементов ГСУ

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКЕ

- Гибридная силовая установка, её системы, оборудование, комплектующие изделия, средства наземного обслуживания и ремонта, а также эксплуатационная и (возможно) ремонтная документация (в предварительной версии) должны соответствовать требованиям правил FAR-33 (CS-33)
- Все системы гибридной силовой установки должны быть спроектированы в соответствии с требованиями к отказобезопасности FAR-33 (CS-33) на момент начала испытаний
- Электрооборудование гибридной силовой установки должно соответствовать требованиям DO-160, MIL-STD-461 и DO-311A
- Аппаратная часть системы управления гибридной силовой установкой и её функциональными системами должна соответствовать требованиям DO-254
- Программная часть системы управления гибридной силовой установкой и её функциональными системами должна соответствовать требованиям DO-178C
- Конструкция гибридной силовой установки должна быть модульной и позволять проводить не менее двух циклов разборки-сборки с циклом перевозки между ними без утери функциональных характеристик

УДЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВКЛА С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ (ГИБРИДНОЙ) СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ

Тип устройства	Удельные характеристики			
	2021г. <i>Современные технологии</i>	2030г. <i>Эволюция технологий</i>	2040г. <i>Эволюция технологий</i>	2050г. <i>Эволюция технологий</i> (сверхпроводимость)
Электродвигатели (с блоком управления, кВт/кг) 25...50 кВт 100...150кВт 200...250кВ > 300 кВт	2...10 1,67...2,13 2,5...2,86 3	5	5...7	25
Электрогенераторы, кВт/кг 100...150 кВт n<10000 об/мин	2,2	3...4	10	33
Преобразователи постоянного тока, кВт/кг	3,33	6,67	10	33
Аккумуляторы, кВт·ч/кг	0,11	0,45	0,8...1,0	
Топливные элементы (со вспомогательным оборудованием), кВт/кг	0,21	0,62	1,43...1,5	
Накопители электрической энергии большой емкости (суперконденсаторы), кВт/кг	8	10	10...20	

ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ, КОТОРЫЕ НЕОБХОДИМО РЕШИТЬ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА КОММЕРЧЕСКОГО ВЕРТОЛЁТА С ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ

- Достижение необходимых удельных характеристики электрических машин и оборудования именно в авиационном исполнении
- Обеспечение уровня надёжности электрических машин, соответствующих авиационным требованиям
- Обеспечение теплового режима гибридной силовой установки
- Синхронизация работы многодвигательного привода
- Конфигурация системы электроснабжения ВКЛА (одна или несколько изолированных сетей, например для БРЭО)
- Монтаж высоковольтной бортовой кабельной сети на вертолёте
- Коммутация и передача электроэнергии (в том числе и аварийного обесточивания при грубой посадке)
- Конструктивное обеспечение безопасности эксплуатации аккумуляторов высокой ёмкости (в том числе литиевых)
- Разработка сертификационного базиса для вертолёта с ГСУ

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ С СИСТЕМОЙ (БЛОКОМ) УПРАВЛЕНИЯ С ВЫСОКИМИ УДЕЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Параметры:

1. Механическая мощность на валу:

- **25... 50 кВт;**
- **100...150 кВт;**
- **200...260 кВт;**
- **500 кВт;**

2. Возможность форсирования по механической мощности – в 1,5..2 раза в течение 60 секунд;

3. Диапазон частот вращения – 2500...5000 об/мин;

4. Удельные характеристики – 6...8 кВт/кг;

5. Тепловыделение – не более 3..5% от мощности, возможна воздушная система охлаждения;

6. Срок готовности технологии (УГТ3-5) – не более 3-х лет.

НАКОПИТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ БОЛЬШОЙ ЕМКОСТИ (АКБ) С ВЫСОКИМИ УДЕЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ . ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Параметры:

1. Напряжение разряда 800 В,
2. Удельная мощность – 1,5..2 кВт/кг,
3. Удельная емкость – 250...500 Вт*ч/кг,
4. Возможность кратковременного поддержания электрической мощности 420..500 кВА в течение 60 секунд,
5. Пожаро-взрывобезопасное исполнение.
6. Срок готовности технологии (УГТ 3-5) – не более 5-и лет.

ВОЗМОЖНЫЕ ВАРИАНТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

- Формат проведения работ: НИР или СЧ НИР;
- Предложение должно соответствовать технологическому уровню готовности TRL 3...4
- Экспертиза предложений отраслевыми институтами: ЦАГИ, ЦИАМ, ГосНИИ АС
- По результатам работ предусматривается передача всех прав на ИС Заказчику, или возможно оформление лицензии
- Дополнительные требования будут сформулированы в 1 квартале 2022 года.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!