

## 1. Разработка летательных аппаратов будущего: эволюционные шаги

№ п/п	Ключевой элемент	Задачи уровня 1	Задачи уровня 2 (потребности в исследованиях и разработках)	Категория					Сроки достижения значимых результатов		
				Концепция	Политика	Знания	Технологии	инфраструктура	2020 г.	2030 г.	2040 г.
1.1.1.	Конструкция ЛА	Снижение веса для уменьшения расхода топлива	Материалы следующего поколения с улучшенными механическими характеристиками, характеристиками сборки (например, имеющие структурные связи, приспособления для установки облегченных систем, и т.д.) и производственными характеристиками (например, безавтоклавные композиты, ALM, и т.д.)				x		x	x	x
1.1.2.			Расширенные возможности моделирования для оптимизации размеров и напряжения компонентов			x	x		x	x	
1.1.3.			Оптимизированные композитные структуры: оптимизированные архитектурные решения, наилучшим образом использующие новые материалы и новые производственные технологии	x			x		x	x	
1.1.4.			Инновационные конструкции крыла / фюзеляжа / оперения	x			x		x	x	
1.1.5.			Системы снижения нагрузки на крыло следующего поколения, в том числе системы предупреждения флаттера		x		x		x		
1.1.6.			Активные и пассивные адаптивные законцовки крыла для снижения нагрузки, морфообразные структуры	x			x		x		
1.1.7.			Инновационные системы с пониженным весом	x		x	x		x		
1.1.8.			Оптимальная структурная интеграция кабины, например, специальные модули для восприятия нагрузки кабины				x		x		
1.1.9.			Оптимизированная структурная интеграция окон и системы защиты от ветра (воспринимающие нагрузку окна, фюзеляж без окон)				x		x		
1.1.10.			Новые архитектуры шасси и перспективные системы контроля крутящего момента	x		x	x		x		
1.1.11.			Ультракороткая мотогондола и глубоко-интегрированное крыло / силовая установка	x			x		x		
1.1.12.			Вызовы новых требований (правил) проектирования, структурный health-мониторинг	x	x	x	x		x		
1.2.1.			Снижение сопротивления для уменьшения расхода топлива	Расширенная надежная ламинаризация (естественная и гибридная) крыла и оперения			x	x		x	x
1.2.2.	Специальные покрытия для снижения сопротивления трения	x				x		x	x		
1.2.3.	Методы снижения индуктивного сопротивления					x		x			
1.2.4.	Новые конструкции крыльев с высоким аэродинамическим качеством					x		x	x		
1.2.5.	Активное адаптивное крыло изменяемой формы и кривизны	x				x		x	x	x	
1.2.6.	Расширенные возможности численного моделирования (CFD/CSM) и экспериментальных исследований для оптимизированной аэродинамики и конструкции ЛА					x		x			
1.3.1.	Снижение шума	Технологии управления внешним шумом (например, подъемная сила, шасси, гондолы)				x		x			

№ п/п	Ключевой элемент	Задачи уровня 1	Задачи уровня 2 (потребности в исследованиях и разработках)	Категория					Сроки достижения значимых результатов		
				Концепция	Политика	Знания	Технологии	инфраструктура	2020 г.	2030 г.	2040 г.
1.3.2.			Перспективные системы малозумного обеспечения подъемной силы и конструкции крыла				x		x	x	
1.3.3.			Интеграция оптимизированного по шуму шасси				x		x		
1.3.4.			Интеллектуальные акустически-эффективные материалы для управления шумом в кабине	x			x		x	x	
1.3.5.			Обеспечение траекторий взлета / захода на посадку и снижения с низким уровнем шума, включая специальные конструктивные элементы планера (например, многофункциональные поверхности управления)	x			x		x	x	
1.3.6.			Расширенные возможности численного моделирования и экспериментальных исследований для определения уровня шума и акустической оптимизации конструкции планера ЛА (внешний и внутренний шум)				x		x		
1.4.1.		Улучшенный доступ ко всем аэропортам	Системы обеспечения подъемной силы для повышения возможностей посадки и взлета/набора высоты				x		x		
1.4.2.			Высокоэффективные системы обеспечения подъемной силы для снижения скорости захода на посадку				x		x		
1.5.1.		Эффективное производство (конкурентоспособность, ...)	Цифровое производство (включая сквозные цифровые процессы, PLM, цепочка поставок, физическая и цифровая помощь специалистам / виртуальная реальность)	x			x		x		
1.5.2.			Конструкции для производства и сборки (конструкции и сборка с низкой стоимостью и высокой производительностью)	x			x		x		
1.5.3.			Новые производственные технологические процессы (склеивание, отверждение, ALM, сухое волокно, безавтоклавные композиты, ...)				x		x		
1.5.4.			Новые процессы сборки (с большей автоматизацией)				x		x		
1.5.5.			Роботизация на уровне изготовления компонентов и финальной сборки				x		x		
1.6.1.		Обеспечивающие технологии	Многодисциплинарная оптимизация на уровне компонентов, подсистем и систем			x	x		x		
1.6.2.			Расширенное использование больших данных и цифровой аналитики для улучшения понимания процессов эксплуатации планера			x	x		x		
1.7.1.		Сертификация	Расширение использования методов моделирования в процессе сертификации вместо натуральных испытаний: прочность, долговечность, птицестойкость, шум, EMI, HIRF, ...			x	x		x		
1.7.2.			Вызовы новых правил сертификации	x	x	x			x	x	
1.8.1.		Эксплуатация	Конструкция без / с уменьшенным обслуживанием	x		x			x		
1.8.2.			Health-monitoring конструкций для сокращения планового и внепланового обслуживания. Мониторинг тенденций для технического обслуживания на основе	x			x		x		

№ п/п	Ключевой элемент	Задачи уровня 1	Задачи уровня 2 (потребности в исследованиях и разработках)	Категория					Сроки достижения значимых результатов				
				Концепция	Политика	Знания	Технологии	инфраструктура	2020 г.	2030 г.	2040 г.		
			данных об условиях фактической эксплуатации										
1.8.3.			Системы контроля износа и температуры тормозных систем				x		x				
1.9.1.		Переработка	Интегрированный производственный эко-дизайн, обеспечивающий соответствующий соблюдение правил	x	x		x	x	x	x			
2.1.1.	Силовые установки	Повышение эффективности термодинамического цикла и тягового КПД	Высокотемпературные материалы, например, материалы с керамической матрицей, турбинные диски, лопатки и моноколеса типа «blisk» и «bling»				x		x				
2.1.2.			Улучшенная аэродинамика – более высокая эффективность компонентов (вращательная и статическая части) с увеличением степени повышения давления и температуры цикла				x		x				
2.1.3.			Улучшенная аэроупругость; например, устойчивость к флаттеру двигателей с укороченным воздухозаборником и двигателей со сверхвысокой степенью двухконтурности				x		x				
2.1.4.			Редукторы с высокой эффективностью и низкими теплотерями				x		x				
2.1.5.			Системы термического управления и охлаждения, например, охлаждение турбины, редукторов, критических деталей, использование в системах охлаждения вторичного воздуха				x		x				
2.1.6.			Изменяемая геометрия, например, лопасти вентилятора с переменным шагом для оптимизации характеристик и режимов работы двигателя (в т.ч. для обеспечения устойчивости к флаттеру и предотвращения помпажу), изменяемая геометрия сопла	x			x				x		
2.1.7.			Экономная двигательная установка, например, системы автоматического управления и стабилизации, легкие и компактные системы (низкая сложность и уменьшенная оболочка корпуса)				x		x				
2.1.8.			Силовые установки с низким сопротивлением / низким уровнем шума воздухозаборника / мотогондолы для двигателей со сверхвысокой степенью двухконтурности и двигателей типа «открытый ротор», например, укороченный воздухозаборник, легкие и компактные реверсивные устройства				x		x				
2.2.1.			Снижение выбросов путем использования легких материалов и облегчения конструкции	Повышенная энергетическая мощность редукторной системы, например, системы охлаждения (масло / воздух), легкие и высокопрочные подшипники и редукторные материалы				x		x	x		
2.2.2.	Использование более легких материалов в статических и вращающихся элементах конструкции двигателя (расширение применения композитов в высокотемпературных элементах, в лопатках вентилятора и других высоко-нагруженных элементах двигателя)					x		x	x	x			
2.2.3.	Использование более легких материалов во вращающихся элементах конструкции двигателя (материалы лопаток и дисков) и связанная с этим оптимизация конструкции					x		x	x	x			

№ п/п	Ключевой элемент	Задачи уровня 1	Задачи уровня 2 (потребности в исследованиях и разработках)	Категория					Сроки достижения значимых результатов		
				Концепция	Политика	Знания	Технологии	инфраструктура	2020 г.	2030 г.	2040 г.
2.3.1.	Повышение долговечности и надежности компонентов; увеличенное время работы на крыле, ремонтпригодности и межремонтного периода	Улучшение характеристик механизмов отказа (повышение точности развития усталости, механика разрушений / моделирование распространения трещин)			x			x			
2.3.2.			Улучшенные характеристики материалов (металлических и композитных, например, порошковая металлургия, керамические материалы)			x			x	x	
2.3.3.			Health-monitoring/ диагностика / прогностика (разработка новой методологии обнаружения повреждений, сбор данных об оценке жизненного цикла)			x			x	x	
2.3.4.			Проактивное управление характеристиками двигателя на крыле (автоматическая настройка параметров работы двигателя в соответствии с режимами полета)			x	x		x	x	
2.3.5.			Обслуживание по состоянию, как базовый стандарт для новых систем и компонентов			x	x		x		
2.3.6.			Высокопроизводительные и высоконадежные компоненты редукторной системы, например, динамическое поведение при низкой и высокой частоте вращения, управление подачи масла, трибология, распределение вращательных нагрузок					x		x	
2.4.1.	Сокращение выбросов вредных веществ – NO <sub>x</sub> , CO, несгоревших углеводородов и твердых частиц	Смеси керосина с альтернативными топливами, например, вопросы совместимости по таким характеристикам, как смазывающая способность, совместимость материалов и влияние на выбросы вредных веществ			x	x		x	x		
2.4.2.			Низкий уровень дыма, системы сжигания твердых частиц				x		x	x	
2.4.3.			Низкоэмиссионное горение для снижения выбросов NO <sub>x</sub>				x		x	x	
2.4.4.			Определение и количественная оценка всей эмиссии вредных веществ, включая твердые частицы			x		x	x		
2.5.1.	Снижение шума ЛА от двигателя, вызванного работой силовой установки	Шумозащита, например, акустические вкладыши и изоляция для двигателей со сверхвысокой степенью двухконтурности и высокоскоростных турбин и низкоэмиссионных камер сгорания				x		x			
2.5.2.			Адаптивное / активное управление шумом – гибкие / морфные структуры (например, лопатки вентилятора, сопла)				x		x	x	
2.5.3.			Конструкция и технологии малозумных вентиляторов				x		x		
2.5.4.			Малозумный вентилятор для двигателей со сверхвысокой степенью двухконтурности и двигателей типа «открытый ротор»				x		x	x	
2.5.5.			Технологии снижения шума редукторных систем				x		x	x	
2.5.6.			Фиксированная используемая геометрия, оптимизация каналов сжатия и разрежения, расширение используемых поверхностей				x		x		
2.5.7.			Расширение возможностей численной аэроакустики и их интеграция в системы проектирования и оптимизации на уровне систем и подсистем (ближнее и дальнее поле)			x			x		

№ п/п	Ключевой элемент	Задачи уровня 1	Задачи уровня 2 (потребности в исследованиях и разработках)	Категория					Сроки достижения значимых результатов		
				Концепция	Политика	Знания	Технологии	инфраструктура	2020 г.	2030 г.	2040 г.
2.6.1.	Снижение воздействия на окружающую среду с помощью экологически чистых процессов		Виртуальная верификация и валидация как надежные средства (методы) определения соответствия (интегрированная система оценки отказов, аэродинамического и термодинамического моделирования, исключающая необходимость использования испытательных стендов)		x	x			x	x	x
2.6.2.			Модульная сертификация, снижающая потребность в испытаниях всей системы, например, увеличение испытательных установок, имитирующих работу и условия эксплуатации подсистем		x	x			x	x	
2.6.3.			Более глубокое понимание использования аддитивных технологий, обеспечивающих улучшенные, облегченные и оптимизированные конструкции деталей с уменьшенным расходом материалов и потреблением энергии				x		x	x	x
2.6.4.			Применение новых производственных технологий для снижения отходов и объемов обработки (композиты и литье металлов под давлением) с уменьшенным расходом материалов и потреблением энергии				x		x	x	x
2.6.5.			Улучшенные технологии ремонта, обеспечивающие экономию материалов, снижение стоимости работ и воздействия на окружающую среду, например, нанесение металла (холодное распыление, послойное нанесение)				x		x	x	x
2.6.6.			Утилизация (оптимизация повторного использования материалов, состоящих из элементов с низким уровнем риска, а затем более сложных деталей)			x		x	x	x	x
2.6.7.			Экологически чистые технологические процессы				x		x		
2.7.1.	Применение эффективных обеспечивающих технологий		Использование технологий «больших данных» и цифровой аналитики для улучшения понимания процессов функционирования силовых установок, снижения расхода топлива или улучшения эксплуатационного обслуживания			x	x				
2.7.2.			Многодисциплинарная оптимизация на уровне компонентов, подсистем и систем			x	x				
2.7.3.			Бесшовная интеграция систем проектирования, инженерных систем и систем управления производством, например, проектирование на основе моделей, управление несоответствием и проектирование методом допусков			x	x				
3.1.	Бортовые системы	Проектирование									
3.2.		Сертификация									
3.3.		Вторичный рынок									
4.1.1.	Кабина	Проектирование	Оптимизированная функциональная структура								
4.1.2.			Интегрированные системы кабины								
4.2.		Сертификация									

№ п/п	Ключевой элемент	Задачи уровня 1	Задачи уровня 2 (потребности в исследованиях и разработках)	Категория					Сроки достижения значимых результатов			
				Концепция	Политика	Знания	Технологии	инфраструктура	2020 г.	2030 г.	2040 г.	
4.3.		Вторичный рынок										
5.1.1.	Интеграция авиационных систем	Конфигурация летательного аппарата	Изменение общей конфигурации самолета (несущий фюзеляж, боковые наплывы, летающее крыло)	x		x	x			x	x	
5.1.2.			Некруглые конфигурации фюзеляжа	x		x	x		x	x		
5.1.3.			Многофункциональные управляющие поверхности и морфные структуры для оптимизированного управления летательным аппаратом	x		x			x	x		
5.1.4.			Инновационные конструкции крыла / фюзеляжа / оперения с целью снижения стоимости производства, эффективной сборки, оптимизированных воздушных и наземных операций	x		x	x		x	x		
5.1.5.			Оптимизированная интеграция шасси для снижения веса самолета (например, утопленная в корпус конструкция шасси)	x		x	x		x	x		
5.1.6.			Концепции архитектуры модульной конфигурации для оптимизации эксплуатационных процедур	x		x	x		x	x	x	
5.2.1.	Интеграция и структура систем	Интеграция и структура систем	Обеспечивающие технологии для более автономных летательных аппаратов	x		x	x		x	x		
5.2.2.			Интегрированные концепции технического обслуживания	x		x	x		x	x	x	
5.2.3.			Интеграция новой архитектуры систем: «более электрический самолет», новые платформы обработки данных и связи	x		x	x		x	x		
5.2.4.			Интеграция структур / системная интеграция, включая архитектуру инсталляции оптимизированных систем	x		x	x		x	x		
5.2.5.			Оптимизированное управление торможением и нагрузкой на шасси	x		x	x		x	x		
5.3.1.	Интеграция силовой установки	Интеграция силовой установки	Двигатели со сверхвысокой (более 14) степенью двухконтурности (включая конфигурации с закрытым и открытым ротором) и их интеграция с планером	x		x	x		x			
5.3.2.			Турбокомпрессор нового поколения (уменьшенный расход топлива, уменьшенный уровень шума и улучшенное техническое обслуживание)	x		x	x		x			
5.3.3.			Высокоинтегрированные перспективные силовые установки: углубленные двигатели с отсосом погранслоя, гибридно-электрические двигатели, распределенная СУ	x		x	x			x	x	
5.4.1.	Производственные системы	Производственные системы	Полностью цифровые PLM-системы, «фабрика будущего», полномасштабное моделирование производственных систем, цифровизация («цифровая фабрика»), «цифровые двойники»	x		x	x		x			
5.5.1.	Сертификация	Сертификация	Поддержка внедрения упрощенной разработки	x					x	x		