

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
В.1. Нулевой баланс выбросов углерода / углеродная нейтральность	4
В.2. Программы EU ETS и CORSIA	6
В.3. Последствия изменения климата для общества и авиации	7
В.4. Географический охват исследований	8
В.5. Углеродные выбросы и их учет	9
1. БАЗОВЫЙ СЦЕНАРИЙ РАЗВИТИЯ ПАССАЖИРСКОЙ АВИАЦИИ	10
1.1. Предположения сценария развития авиаперевозок	10
1.1.1. Прогноз развития авиаперевозок	11
1.1.2. Увеличение коэффициента загрузки и размерности воздушного судна	13
1.1.3. Экологическое регулирование	16
1.2. Результаты разработки базового сценария	16
1.2.1. Количество рейсов и пассажиропоток	16
1.2.2. Углеродные выбросы	19
2. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ В ОБЛАСТИ АВИАЦИОН- НОЙ ТЕХНИКИ И ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ	20
2.1. Предстоящие технологии	22
2.2. Будущие технологии	28
2.2.1. Технологические достижения	28
2.2.2. Работающие на керосине или (гибридно-) электри- ческие самолеты	36
2.2.3. Самолеты, работающие на водороде	41
2.2.3.1. Моделирование экологичных самолетов	41
2.2.3.2. Доступность водорода	43
2.2.3.3. Финансовые последствия внедрения водородной авиации	45
2.2.4. Обзор потенциальных результатов использования предстоящих воздушных судов	48
2.3. Сопутствующие факторы внедрения новых техноло- гий в области авиационной техники	49
2.3.1. Стимулирующие факторы	49
2.3.2. Противодействующие факторы	51

2.4. Политические механизмы и действия промышленности	58
3. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	60
3.1. Действия авиакомпаний	61
3.1.1. Планирование и выполнение полета	61
3.1.2. Снижение взлетной массы воздушного судна	62
3.1.3. Мониторинг состояния и техническое обслуживание воздушного судна	64
3.2. Воздушное пространство и управление воздушным движением	64
3.2.1. "Единое европейское небо": программы SES и SESAR	65
3.2.2. Повышение эффективности неевропейских систем управления воздушным движением	75
3.2.3. Повышение эффективности полетов в Северную Атлантику	76
3.2.4. Использование энергии спутной струи	78
3.2.5. Обзор потенциальных результатов усовершенствований в управлении воздушным движением	78
3.3. Наземные операции в аэропортах	79
3.3.1. Сокращение выбросов при рулении	79
3.3.2. Сокращение использования вспомогательной силовой установки	82
3.3.3. Обзор потенциальных результатов усовершенствований наземных операций	83
3.4. Сопутствующие факторы усовершенствований в области УВД	84
3.4.1. Стимулирующие факторы	84
3.4.2. Противодействующие факторы	85
3.5. Политические механизмы и действия промышленности	86
4. ЭКОЛОГИЧНЫЕ ВИДЫ АВИАЦИОННОГО ТОПЛИВА	95
4.1. Экологичность SAF	97
4.2. Действующая нормативная база ЕС	102
4.3. Сырье и производственные процессы	103
4.4. Сертификация ASTM	106
4.5. Цена продукции	108
4.6. Потенциальные возможности в 2030 г.	113
4.7. Потенциальные возможности в 2050 г.	119
4.7.1. Доступность сырья	119
4.7.2. Поставка SAF	123
4.8. Сопутствующие факторы внедрения SAF	127
4.8.1. Стимулирующие факторы	127
4.8.2. Противодействующие факторы	128
4.9. Политические механизмы и действия промышленности	130

5. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕРЫ	142
5.1. Типы механизмов ценообразования.....	143
5.2. Целевые экономические меры	145
5.2.1. Система торговли выбросами EU ETS	147
5.2.2. Схема CORSIA.....	154
5.2.3. Сравнение систем	157
5.3. Сопутствующие факторы экономических действий	167
5.3.1. Стимулирующие факторы.....	167
5.3.2. Противодействующие факторы.....	167
5.4. Политические механизмы и действия промышленности	169
6. ВОЗДЕЙСТВИЕ МЕР ПО СОКРАЩЕНИЮ УГЛЕРОДНЫХ ВЫБРОСОВ НА БАЗОВЫЙ СЦЕНАРИЙ РАЗВИТИЯ ПАССАЖИРСКОЙ АВИАЦИИ	171
6.1. Усовершенствования в области авиационной техники и двигателестроения.....	172
6.2. Усовершенствования в области управления воздушным движением и эксплуатации воздушных судов.....	174
6.3. Экологичные виды авиационного топлива	176
6.4. Экономические меры	177
7. ДОРОЖНАЯ КАРТА ПРОГРАММЫ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ЕВРОПЕЙСКОЙ АВИАЦИИ.....	179
7.1. Усовершенствования в области авиационной техники и двигателестроения.....	179
7.2. Усовершенствования в области управления воздушным движением и эксплуатации воздушных судов.....	180
7.3. Виды экологичного авиационного топлива	182
7.4. Экономические меры	183
7.5. Сокращение углеродных выбросов	184
7.5.1. Прогноз на 2030 г.....	185
7.5.2. Прогноз на 2050 г.....	186
7.5.3. Полеты в пределах региона ЕС+	188
7.5.4. Рейсы за пределы региона ЕС+	189
8. ПРОГНОЗ СНИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ ВЫБРОСОВ В МИРОВОЙ АВИАТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ К 2050 г.	192
9. ВОЕННАЯ АВИАЦИЯ КАК ИСТОЧНИК ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ И ОБЪЕКТ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ	204
10. ПРОГРАММА СТРАТЕГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИЧНОЙ АВИАЦИИ	222
10.1. Прогнозы и уровень технологической готовности	226
10.1.1. Скоординированность и гибкость программы.....	228
10.1.2. Повышение летно-технических характеристик воздушных судов.....	230
10.1.3. Взаимодействие с программой "Чистая авиация"	233

10.1.4. Финансирование партнерства в области экологически чистой авиации	235
10.1.5. Политические меры, стандарты, правила, инфраструктура.....	237
10.2. Прорывные технологии гибридного электрического регионального самолета	239
10.2.1. Ключевые технологии сокращения выбросов парниковых газов	244
10.2.2. Новейшие технологии интеграции с воздушными судами.....	251
10.2.3. Интегрированные технологии климатически нейтральных региональных воздушных судов.....	253
10.2.4. Программа демонстрации климатически нейтрального регионального воздушного судна.....	254
10.2.5. Ключевые показатели эффективности.....	257
10.3. Прорывные технологии сверхэффективного самолета малой и средней дальности	258
10.3.1. Ключевые технологии и их вклад в достижение экологичной авиации	264
10.3.2. Сверхэффективный планер самолета.....	264
10.3.3. Разработка и интеграция двигательной системы сверхвысокой эффективности	267
10.3.4. Авиационные системы для экологически чистой эксплуатации	272
10.3.5. Экологичные технологии жизненного цикла	274
10.3.6. Стратегия демонстратора, ключевые цели крупномасштабной демонстрации	275
10.3.6.1. Маломасштабные наземные и стендовые испытания	277
10.3.6.2. Крупномасштабная комплексная демонстрация и летные испытания.....	278
10.3.7. Масштабируемость технологий и результаты демонстраций.....	279
10.4. Прорывные технологии эксплуатации самолетов, работающих на водороде.....	280
11. БРИТАНСКИЕ ПРОЕКТЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ АВИАЦИОННОЙ СРЕДЫ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ.....	287
Литература.....	330