



## **КОНФЕРЕНЦИЯ ПО АВИАЦИИ И АЛЬТЕРНАТИВНЫМ ВИДАМ ТОПЛИВА**

**Мехико, Мексика, 11–13 октября 2017 года**

**Пункт 4 повестки дня. Определение концептуального видения ИКАО в области альтернативных видов авиационного топлива и целей на будущее**

### **ТЕНДЕНЦИИ И СЦЕНАРИИ В ОБЛАСТИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА**

(Представлено Секретариатом ИКАО)

#### **АННОТАЦИЯ**

В настоящем документе в целях содействия обсуждению концептуального видения ИКАО в области альтернативных видов авиационного топлива представлены тенденции в области окружающей среды, одобренные на 39-й сессии Ассамблеи ИКАО, включая дополнительную информацию о роли устойчиво производимых видов авиационного топлива (SAF).

Действия Конференции указаны в п. 4.

#### **1. ВВЕДЕНИЕ**

1.1 В своей резолюции A38-17 Ассамблея просила Совет ИКАО регулярно оценивать нынешнее и будущее воздействие эмиссии авиационных двигателей. В этой связи обновленные тенденции в области окружающей среды были представлены 39-й сессии Ассамблеи<sup>1</sup> и были одобрены Ассамблеей ИКАО в качестве основы для принятия решений по экологическим вопросам.

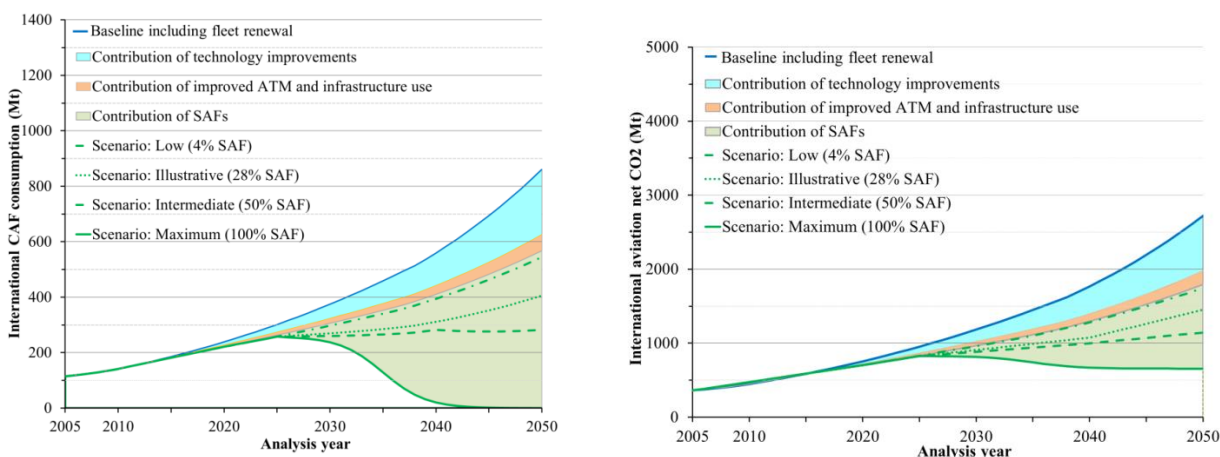
1.2 Эти тенденции включают возможный вклад четырех элементов, входящих в "корзину" мер по решению проблемы эмиссии CO<sub>2</sub>, в обеспечение углеродно-нейтрального роста международной авиации с 2020 года. К этим четырем элементам относятся: совершенствование технологий, совершенствование организации воздушного движения (OpВД) и использования инфраструктуры, устойчиво производимые виды авиационного топлива (SAF), а также глобальная рыночная мера – система компенсации и сокращения выбросов углерода для международной авиации (CORSIA). Конкретные сценарии внедрения SAF были оценены Комитетом ИКАО по охране окружающей среды от воздействия авиации (CAEP). Как тенденции в области окружающей среды, так и сценарии относительно SAF были полностью отражены в документе ИКАО *"Доклад десятого совещания Комитета по охране окружающей среды от воздействия авиации"*

<sup>1</sup> [https://www.icao.int/Meetings/a39/Documents/WP/wp\\_055\\_ru.pdf](https://www.icao.int/Meetings/a39/Documents/WP/wp_055_ru.pdf)

(Doc 10069). Суммарные данные по SAF и связанные с ними показатели сокращения эмиссии парниковых газов (ПГ) распределялись пропорционально между международным и внутренним потреблением на основе соответствующего прогнозируемого спроса на топливо. В настоящем документе кратко изложены сценарии относительно SAF, подготовленные с учетом глобальных мощностей по производству SAF, при этом особое внимание уделено международной авиации.

## 2. ТЕНДЕНЦИИ И СЦЕНАРИИ В ОТНОШЕНИИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТОПЛИВА И ЭМИССИИ CO<sub>2</sub> МЕЖДУНАРОДНОЙ АВИАЦИЕЙ

2.1 На рис. 1 показаны тенденции потребления обычного авиационного топлива (CAF) международной авиацией до 2050 года и связанная с этим эмиссия CO<sub>2</sub>, включая конкретные сценарии с учетом элементов, предусмотренных в "корзине" мер.



**Рис. 1. Ожидаемый расход топлива и эмиссия CO<sub>2</sub> от воздушных судов международной авиации, отражающие уровень авиационной техники, совершенствование ОрВД и использования инфраструктуры, а также возможную замену обычного топлива на SAF в период 2005–2050 гг.**

2.2 На рис. 1 показано, что в 2010 году международная авиация потребляла около 142 млн метрических тонн (Мт) CAF. Учитывая только спрос на воздушные перевозки и плановое обновление парка воздушных судов к 2050 году потребление CAF оценочно составит 860 Мт. Принимая во внимание потенциальный вклад совершенствования технологий, а также совершенствования ОрВД и использования инфраструктуры, этот расчетный показатель расхода топлива в 2050 году может сократиться до 570 Мт, что составит 71 % ожидаемого мирового, т. е. международного в совокупности с внутренним, потребления авиационного топлива. Нижеприведенный анализ основан на этом ожидаемом спросе международной авиации на топливо в размере 570 Мт в 2050 году.

2.3 В прогнозировании доли SAF в долгосрочной перспективе имеются существенные неопределенности. Поэтому CAEP провел оценку 120 сценариев внедрения SAF в 2050 году. Для каждого сценария были определены показатели глобальной доступности ресурсов, экономические условия, финансовые инвестиции и политические решения, необходимые для достижения оценочных уровней мирового производства SAF и связанного с этим сокращения эмиссии CO<sub>2</sub>.

2.4 Исходя из сценариев, оцененных САЕР, возможно, что в 2050 году до 100 % спроса международной авиации на САФ можно будет покрыть благодаря использованию САФ. Эта возможность предусматривается "максимальным" сценарием, показанным на рис. 1. Однако для полной замены САФ на САФ потребуется строить около 170 новых биорафинировочных заводов ежегодно с 2020 по 2050 год, а расходы составят приблизительно от 15 до 60 млрд долл. США в год в случае линейного роста. Если инвестиции и рост будут увеличиваться медленно и постепенно с течением времени, то каждый год в конце 2040-х годов потребуется строить более 500 новых биорафинировочных заводов, а к 2050 году потребуется построить почти 1 000 новых биорафинировочных заводов, требующих капиталовложений в размере от 1 до 3 млрд долл. США в год в 2025 году и от 80 до 340 млрд. долл. США в год в 2050 году.

2.5 Для сравнения, мировые производственные мощности биотоплива в последние годы увеличивались примерно на 70 биорафинировочных заводов в год благодаря стимулам в области производства или потребления, используемым в разных регионах мира. Однако сооружение биорафинировочных заводов и связанные с этим затраты касаются только одного аспекта цепи поставок САФ. Потребуется аналогичное значительное развитие производства исходного сырья и элементов транспортной логистики в цепи поставок. Из подготовленного САЕР анализа неясно, какой из этих аспектов может ограничить внедрение САФ в период до 2050 года.

2.6 Кроме того, для сравнения: согласно имеющимся данным, мировые капиталовложения в разведку, освоение и эксплуатацию в целях добычи нефти и газа, производимые компаниями, представляющими ~39 % производства за пределами ОПЕК, с 2010 по 2013 год составляли в среднем более 600 млрд долл. США в год<sup>2</sup>. Хотя эта сумма представляет собой инвестиции в полную цепь поставок нефти и газа для всех отраслей промышленности, а не только в строительство нефтеперерабатывающих заводов для производства авиационного топлива, она свидетельствует о том, что оценки капиталовложений, необходимых для строительства биорафинировочных заводов в рамках сценариев внедрения САФ, находятся в пределах современных инвестиций в энергетику.

2.7 Сценарий, предусматривающий "низкие" темпы замены топлива, составляющие 4 % от спроса международной авиации на САФ, потребует производить около 20 Мт САФ в год в 2050 году. Помимо "максимального и низкого" сценариев на рис. 1 представлен также "иллюстративный" сценарий, оцененный САЕР, согласно которому САФ заменит 28 % САФ, потребляемого международной авиацией. Кроме того, для информации представлен "промежуточный" сценарий, предусматривающий замену на 50 %. Эти сценарии предполагают повышение эффективности производства топлива и высокую доступность биоэнергетического сырья, производство которого в значительной степени стимулируется благоприятными рыночными условиями или политическими механизмами.

2.8 Оценочные показатели эмиссии CO<sub>2</sub>, показанные на рис. 1 для сценариев перехода на САФ, учитывают оценку показателей эмиссии в рамках жизненного цикла (LCA), характерных для видов САФ, использование которых в качестве топлива предусмотрено в каждом сценарии, подготовленном САЕР. Также учитываются показатели эмиссии в рамках жизненного цикла, вызванной прямым изменением землепользования.

2.9 Исходя из этих предположений, если в 2050 году будет производиться достаточное количество САФ для полной замены САФ (максимальный сценарий), то показатель нетто-эмиссии CO<sub>2</sub> можно будет сократить примерно на 63 %. Достижение такого сокращения эмиссии потребует реализации наивысшего предполагаемого роста производительности сельскохозяйственного

---

<sup>2</sup> <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=16011>

производства, максимального выделения земельных ресурсов для выращивания сырьевых продуктов, максимальных темпов изъятия остаточных запасов, наивысших темпов повышения эффективности конверсии, максимальных темпов сокращения объемов эмиссии ПГ от коммунальных служб, а также создания устойчивого рынка и проведения политики ускоренного развития биоэнергетики в целом и SAF в частности. Это означает, что для производства авиационного топлива будет использоваться значительная часть мировых биоэнергетических ресурсов в отличие от других видов их использования.

### 3. НАРАЩИВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА В ПЕРИОД ДО 2050 ГОДА

3.1 CAEP не указывал методологии сравнения прогнозируемого производства SAF в 2020 и 2050 годах. Однако рост любой новой отрасли, как, например, в случае SAF, часто происходит по "S-образной" траектории. Неясно, когда возрастут капиталовложения и, следовательно, увеличится рост производственных мощностей отрасли. Предполагается, что показатели производства SAF в период до 2050 года будут находиться где-то между линейным и экспоненциальным ростом, т. е. нижний и верхний предельные показатели S-образной кривой будут достигнуты позднее, например около 2100 года. Следовательно, приведенные в добавлении значения для сценариев относительно SAF на 2040 и 2050 годы следует рассматривать лишь в качестве иллюстративных.

3.2 На краткосрочный период до 2025 года, все сценарии предусматривают производство SAF для международной авиации в объеме 5 Мт в год. В качестве справочной информации следует отметить, что на имеющиеся соглашения о поставках приходится примерно 0,9 Мт в год (см. документ СAAF/2-WP/10). Кроме того, политические аспекты анализа, подготовленного CAEP, не учитывали возможные последствия политических решений, подобных недавно объявленным решениям Норвегии, Индии, Франции<sup>3</sup> и Соединенного Королевства<sup>4</sup> о прекращении продажи автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями к 2040 году или ранее. В результате подобной политики большие объемы дизельного топлива HEFA ("зеленого дизеля"), предназначенного для автомобильного транспорта, могут быть использованы в авиации, при условии получения ожидаемой сертификации ASTM. Существующие мировые мощности по производству дизельного топлива HEFA составляют примерно 4,3 млрд литров (3,45 Мт в год)<sup>5</sup>.

3.3 Произведенные при оценке тенденций расчеты количества биорафинировочных заводов и капиталовложений основаны на предположении, что рост будет происходить путем создания совершенно новых предприятий. Однако, как указано в документе СAAF/2-WP/08, использование "старых" объектов, т. е. существующей инфраструктуры, которая либо совсем не используется, либо используется не полностью, могло бы значительно снизить потребности в инвестициях. Кроме того, по мере электрификации наземного транспорта его потребности в топливе на нефтяной основе будут уменьшаться, а существующие мощности по переработке нефти можно будет перепрофилировать для переработки биоматериалов. В будущем такая совместная переработка или интеграция недоиспользуемых мощностей рафинировочных заводов может обеспечить расширение производства SAF при гораздо меньших потребностях в капиталовложениях. Однако при этом могут возникнуть проблемы в тех случаях, когда существующие нефтеперерабатывающие заводы расположены на большом расстоянии от производства исходного сырья для SAF.

<sup>3</sup> <https://www.nytimes.com/2017/07/06/business/energy-environment/france-cars-ban-gas-diesel.html>

<sup>4</sup> <https://www.nytimes.com/2017/07/26/world/europe/uk-diesel-petrol-emissions.html>

<sup>5</sup> IRENA (2017), *Biofuels for aviation: Technology brief*, Международное агентство по возобновляемым источникам энергии, Абу-Даби.

3.4 Также следует подчеркнуть, что в рамках анализа рассматривались только технологии, которые были подтверждены в лабораториях или экспериментальным путем и возможно близки к коммерческому использованию. Однако внедрение какой-либо абсолютно иной технологии производства топлива также может значительно увеличить потенциал SAF в области сокращения эмиссии CO<sub>2</sub> от авиации. Например, возможно, может возникнуть совершенно новая технология, такая как технология "Power-to-Liquids" (PtL), которая увеличит потенциал SAF в области сокращения эмиссии CO<sub>2</sub> от авиации.

3.5 С учетом этих оговорок в добавлении указаны возможные меры содействия реализации четырех сценариев внедрения SAF, а также приведены некоторые используемые допущения с целью предоставления Конференции определенной информации о возможных инвестициях, технологиях и политических инициативах для реализации вышеупомянутых сценариев внедрения SAF.

#### 4. ДЕЙСТВИЯ CAAF/2

4.1 CAAF/2 предлагается:

- a) рассмотреть информацию о возможных инвестициях, технологиях и политических инициативах для реализации четырех вышеупомянутых сценариев развертывания SAF при обсуждении концептуального видения ИКАО в области авиации и альтернативных видов топлива;
- b) согласиться с тем, что производство SAF для международной авиации в объеме 5 Мт/год является разумным предположением относительно внедрения SAF в краткосрочной перспективе до 2025 года;
- c) рассмотреть четыре сценария внедрения SAF (4 %, 28 %, 50 % и 100 %) и сопутствующие допущения, представленные в настоящем документе при обсуждении концептуального видения ИКАО в области авиации и альтернативных видов топлива.

-----



APPENDIX

POSSIBLE FACILITATION CONDITIONS FOR FOUR SAF DEPLOYMENT SCENARIOS

**Assumptions:**

- average production facility size of 5000 barrels per day (bpd) with a 50% SAF output share and 365 production days per year; and
- annual capital investment lower bound of \$175 million U.S. Dollars per facility, corresponding to a petroleum refinery<sup>6</sup>, and an upper bound of \$700 million U.S. Dollars per facility based on techno-economic studies of biorefineries in literature.

Analysis year	Key indicators on 4% SAF replacement (Scenario: Low)				Potential facilitation conditions			
	International aviation CAF consumption (Mt/year)	International aviation SAF availability (Mt/year)	Substitution of CAF	CO <sub>2</sub> reduction from SAF use	Total number of biorefineries	Cumulative CapEx investment in biorefineries (in billion 2015 USD)	Technology requirements	Policy requirements
2025	270	5	2.0%	0.9%	45	\$5 to \$15		
2040	400	11	2.8%	1.3%	100	\$10 to \$35		
2050	570	20	4.0%	2.0%	200	\$20 to \$70		

Analysis year	Key indicators on 28% SAF replacement (Scenario: Illustrative)				Potential facilitation conditions			
	International aviation CAF consumption (Mt/year)	International aviation SAF availability (Mt/year)	Substitution of CAF	CO <sub>2</sub> reduction from SAF use	Total number of biorefineries	Cumulative CapEx investment in biorefineries (in billion 2015 USD)	Technology requirements	Policy requirements
2025	270	5	2.0%	0.9%	45	\$5 to \$15	- Improvements in fuel production efficiencies	- Bioenergy production incentivized by policies
2040	400	89	22%	15%	800	\$70 to \$280		- Bioenergy resource allocation to all end-usages in proportion to share in final energy demands
2050	570	160	28%	19%	1400	\$100 to \$500		

<sup>6</sup> Gary, J.H., Handwerk, G.E. & Kaiser, M.J. 2007. *Petroleum Refining: Technology and Economics*, 5th edn. (Taylor & Francis, Basel, Switzerland).

Analysis year	Key indicators on 50% SAF replacement (Scenario: Intermediate)				Potential facilitation conditions			
	International aviation CAF consumption (Mt/year)	International aviation SAF availability (Mt/year)	Substitution of CAF	CO <sub>2</sub> reduction from SAF use	Total number of biorefineries	Cumulative CapEx investment in biorefineries (in billion 2015 USD)	Technology requirements	Policy requirements
2025	270	5	2.0%	0.9%	45	\$5 to \$15	- Improvements in fuel production efficiencies	- Bioenergy production strongly incentivized by policies
2040	400	128	32%	12%	1100	\$100 to \$400	- Increased agricultural yields and arable land availability	- Bioenergy resource allocation to all end-uses in proportion to share of final energy demands
2050	570	285	50%	33%	2400	\$200 to \$850	- Significant agricultural and forestry residue removal	

Analysis year	Key indicators on 100% SAF replacement (Scenario: Maximum)				Potential facilitation conditions			
	International aviation CAF consumption (Mt/year)	International aviation SAF availability (Mt/year)	Substitution of CAF	CO <sub>2</sub> reduction from SAF use	Total number of biorefineries	Cumulative CapEx investment in biorefineries (in billion 2015 USD)	Technology requirements	Policy requirements
2025	270	5	2.0%	0.9%	45	\$5 to \$15	- Highest agricultural yield growth rates and highest land availability	- Bioenergy production strongly incentivized by policies
2040	400	342	86%	49%	2900	\$250 to \$1000	- Highest agricultural and forestry residue removal rates	- Alternative jet fuel production prioritized over all other uses of bioenergy
2050	570	>570	100%	63%	5200	\$450 to \$1800	- Improvements in fuel production efficiencies	