



## РАБОЧИЙ ДОКУМЕНТ

### КОНФЕРЕНЦИЯ ПО АВИАЦИИ И АЛЬТЕРНАТИВНЫМ ВИДАМ ТОПЛИВА

Мехико, Мексика, 11–13 октября 2017 года

Пункт 1 повестки дня. Развитие событий в области научных исследований и сертификации альтернативных видов авиационного топлива

#### ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ЦЕНЫ НА АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВИДЫ АВИАЦИОННОГО ТОПЛИВА

(Представлено Секретариатом ИКАО)

##### АННОТАЦИЯ

Цены на альтернативное авиационное топливо (AAF) по-прежнему значительно выше цен на обычное авиационное топливо (CAF), но этот разрыв неуклонно сокращается. В краткосрочной и среднесрочной перспективе потребуются стимулирующие и политические меры, обеспечивающие разработку и наращивание производства топлива. В настоящем рабочем документе представлена информация об ориентировочных ценах на несколько типов AAF, опубликованная в литературе, и возможные способы сокращения себестоимости будущего производства устойчиво производимого авиационного топлива (SAF).

Действия Конференции указаны в п. 4.

#### 1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 Прогноз, представленный в рабочем документе 12 (CAAF/09-WP/12) на первой Конференции по авиации и альтернативным видам топлива (CAAF/1), оправдался: произошла значительная эволюция в области научных исследований, опытно-конструкторских разработок и внедрения альтернативных видов авиационного топлива (AAF). С 2009 года в ASTM International, международной организации, занимающейся разработкой стандартов, прошли согласование пять типов процессов преобразования для производства AAF, что подтверждает безопасность и жизнеспособность этих топливных смесей. ASTM одобрила следующие процессы преобразования для производства AAF: гидроочищенный синтезированный парафинированный керосин Фишера-Тропша (FT-SPK), синтезированный парафинированный керосин, полученный из гидроочищенных сложных эфиров и жирных кислот (HEFA-SPK), синтезированные изопарафины, полученные в результате гидрообработки сбраживаемых сахаров (SIP-HFS), синтезированный керосин с ароматическими соединениями, полученными путем алкилирования легких ароматических соединений не нефтяного происхождения (SPK/A) и синтетический парафинированный керосин, полученный по технологии "спирт в реактивное топливо" (ATJ-SPK).

1.2 Дополнительная информация об этих одобренных процессах преобразования представлена в документе СAAF/02-WP/7. В нем также рассматриваются процессы преобразования, которые в настоящее время проходят процедуру согласования.

1.3 В настоящее время AltAir Fuels в Лос-Анджелесе (США) является единственным предприятием, регулярно производящим АAF в промышленных масштабах. На этом предприятии топливо получают на основе процесса преобразования HEFA-SPK. Промышленные партии альтернативного авиационного топлива поставляются еще тремя производителями: Amurís в Бразилии производит партии АAF на основе процесса преобразования SIP-HFS, Gevo в США производит партии АAF, используя процесс преобразования ATJ-SPK, а Neste выпускает партии АAF на основе процесса преобразования HEFA-SPK. Кроме того, в настоящее время строятся несколько новых заводов, на которых будет использоваться процесс преобразования Фишера-Тропша (FT) (например, Fulcrum, RedRock, SG Preston).

1.4 Несмотря на эти инициативы, дальнейшему расширению отрасли АAF все еще препятствует ряд проблем, описанных в документе СAAF/02-WP/11. Одной из таких проблем является высокая себестоимость АAF, затрудняющая конкуренцию с обычным авиационным топливом (CAF), особенно с учетом низких цен на нефть в настоящее время. Поэтому в краткосрочной и среднесрочной перспективе потребуются стимулирующие и политические меры, обеспечивающие развитие и наращивание производства топлива АAF. При этом ожидается, что по мере накопления производственного опыта себестоимость АAF будет снижаться.

1.5 В настоящем документе приводится обзор ориентировочных минимальных цен реализации (MFSP) альтернативного авиационного топлива. Они были определены в результате библиографического анализа разных источников информации, содержащих такие ценовые значения, чтобы информировать Конференцию об относительных затратах на производство АAF в настоящее время.

## **2. ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ МИНИМАЛЬНЫЕ ЦЕНЫ РЕАЛИЗАЦИИ УСТОЙЧИВО ПРОИЗВОДИМОГО АВИАЦИОННОГО ТОПЛИВА**

2.1 В литературе приводится несколько примеров технико-экономического анализа (ТЭА) ориентировочных минимальных цен реализации для различных типов АAF. Однако сохраняется значительная научная неопределенность в плане применимости этих исследований, поскольку их результаты сильно разнятся и даже могут противоречить друг другу. В частности, в изученных примерах технико-экономического анализа определенные сомнения вызывает их полнота и сопоставимость, поскольку используемые допущения о финансовой и технологической готовности применяются непоследовательно в большом количестве исследований, встречающихся в литературе.

2.2 Значительная неопределенность обусловлена большим влиянием объема произведенного топлива на экономику и устойчивость, вопросами защиты интеллектуальной собственности, которые препятствуют пониманию более масштабных процессов, и пониманием передовых технологий. Например, в ряде исследований использовались масштабирование и снижение риска на основе допущения о наличии "n-ого" количества заводов. Такой подход подразумевает анализ не предприятия-первооткрывателя, а нескольких уже работающих предприятий, использующих одну и ту же технологию. Таким образом, данный подход отражает более зрелую технологию, игнорируя при этом оценку краткосрочных экономических последствий и анализ экономики "первопроходцев", которые важны для выявления рисков и препятствий, с которыми столкнется отдельно взятая технология при ее масштабировании. Имеющиеся

стоимостные оценки для предприятий-первопроходцев в основном позаимствованы из исторических успешных примеров химической промышленности, применимость которых к конкретным типам ААФ неясна. Следовательно, необходимо применять последовательную методику проведения технико-экономического анализа, разрабатывать технико-экономический анализ специально для предприятий-первопроходцев, разрабатывать инструктивный материал и обеспечивать поддержку этой работы.

2.3 Тем не менее примеры технико-экономического анализа дают представление о том, какие цены на ААФ можно ожидать. На рис. 1 представлены ориентировочные минимальные цены реализации (MFSP) топлива ААФ, полученного различными методами производства (квадраты) в сравнении с усредненной трехлетней ценой на обычное авиатопливо (сплошная линия). Для тех исследований, которые описывают диапазон MFSP для одного и того же метода производства, указывается среднее значение. Для расчета цены САФ в период с 2013 по 2015 год была выбрана цена на авиакеросин, продаваемый на американском побережье Мексиканского залива, которая составила примерно 0,78 \$/кг<sup>1</sup>.

2.4 На первой Конференции по авиации и альтернативным видам топлива в 2009 году в отдельных случаях себестоимость ААФ превышала себестоимость САФ от 2 до 5 раз (CAAF/09-WP/12). Представленные на рис. 1 результаты недавно проведенного технико-экономического анализа показывают, что теперь отдельные методы производства приближаются к паритету цен с САФ. Несмотря на такую тенденцию снижения себестоимости, стоимость ААФ будет оставаться крайне неопределенной до тех пор, пока в наличии не будет более значительного количества топлива. Поэтому субсидии или поощряющие меры могут помочь стимулировать производство на начальном этапе и помочь преодолеть риски, связанные с переходом от экспериментальных масштабов к промышленным. Ожидается, что после ввода в эксплуатацию новых предприятий промышленного масштаба себестоимость снизится. Будут выявлены новые, более конкурентноспособные сырьевые материалы, увеличатся объемы продукции, а стоимость побочных продуктов будет повышаться по мере выявления новых рынков.

2.5 Одним из основным условий постепенного повышения качества технико-экономического анализа является проведение совместных научных исследований и опытно-конструкторских разработок (НИОКР). Как показано на рис. 2, за девятилетний период НИОКР Министерство энергетики США усовершенствовало технологию быстрого пиролиза, одного из возможных способов производства биотоплива, настолько, что прогнозируемая себестоимость полномасштабного производства топлива этим методом снизилась на 75%<sup>12</sup>. Эта общая тенденция к снижению себестоимости также ожидается для многих других способов производства альтернативного авиационного топлива, описанных в документе CAAF/2-WP/7, при этом будут расхождения в деталях.

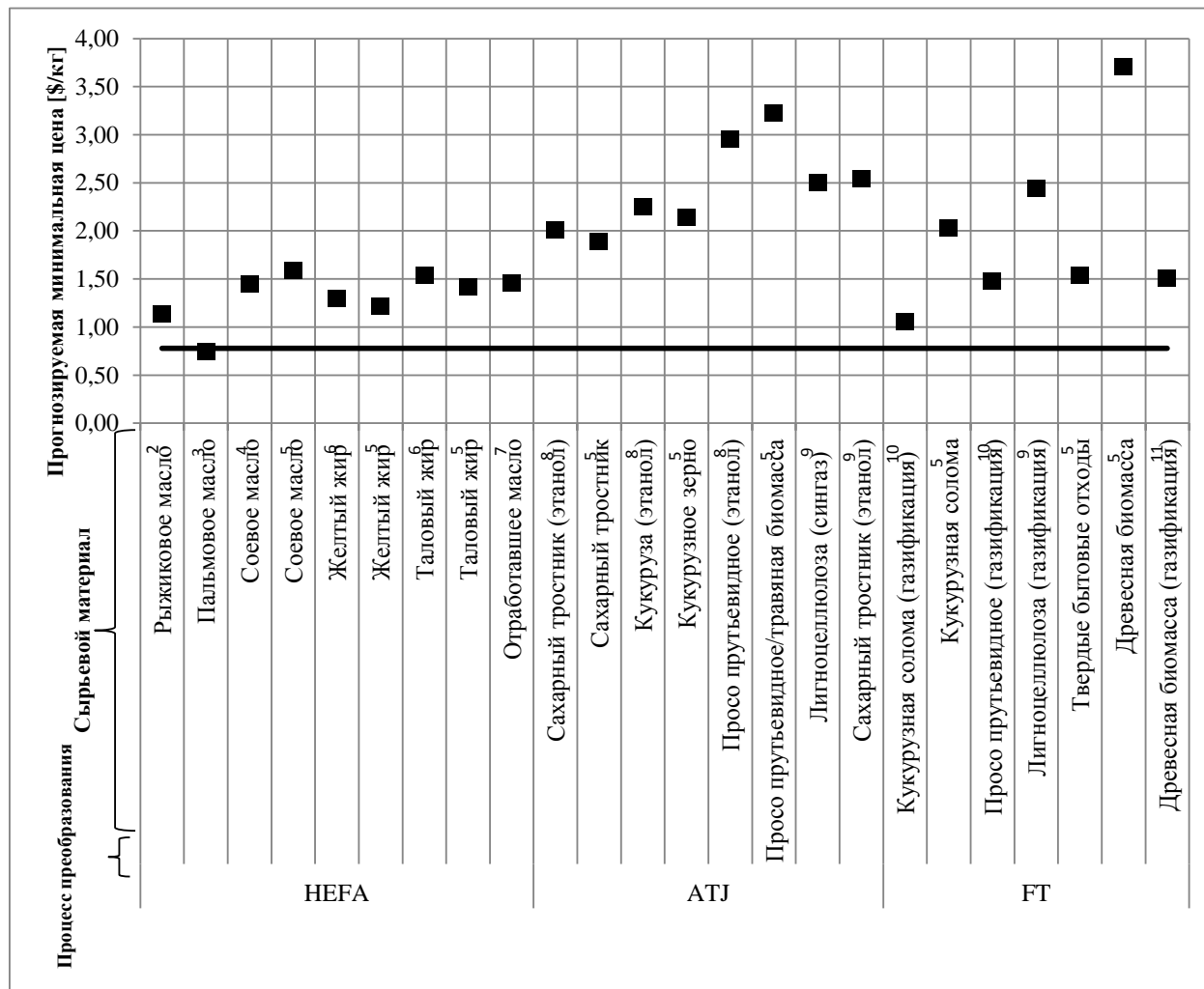
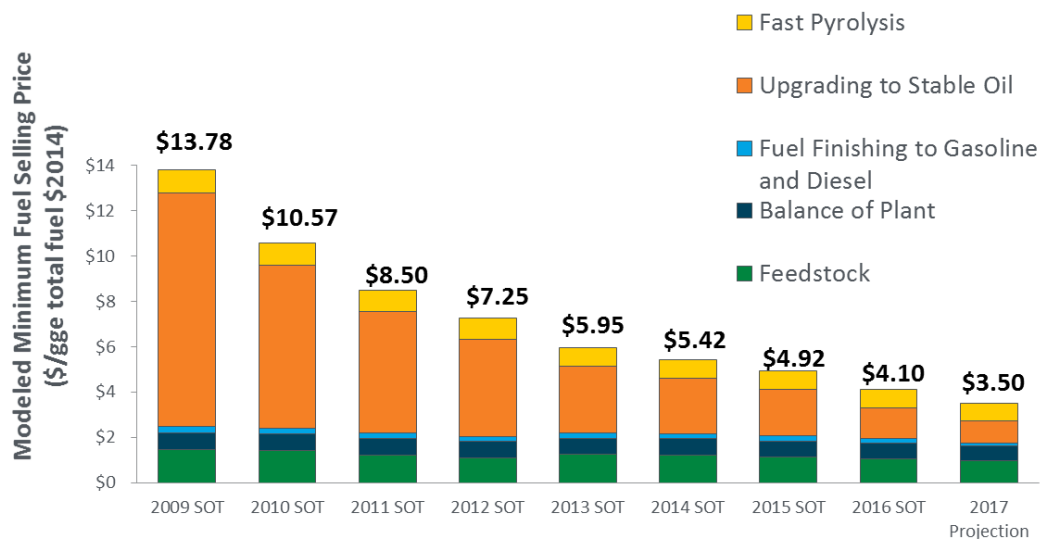


Рис. 1. Ориентировочные минимальные цены реализации (MFSPs) топлива AAF, полученного различными методами производства (квадраты) в сравнении с усредненной трехлетней ценой на авиакеросин, продаваемый на американском побережье Мексиканского залива (сплошная линия)<sup>1</sup>



**Рис. 2. Смоделированные минимальные цены продаж (MFSP) топлива, полученного методом быстрого пиролиза, в условиях промышленного внедрения и неизменности технологий (SOT) по годам в период с 2009 по 2017 год<sup>13</sup>**

2.6 Несмотря на неопределенность в изученных примерах ТЭА, общее понимание заключается в том, что в основном на себестоимость ААФ влияют следующие факторы: стоимость и состав сырьевого материала, капитальные затраты на предлагаемый процесс, объем продукции в результате преобразования, качество и состав производимого ААФ, текущие затраты, финансовые требования, материально-техническое обеспечение, начальные ресурсы и текущая себестоимость конкретного метода производства ААФ<sup>13</sup>. Некоторые из этих затрат могут быть прямо или косвенно снижены за счет следующих технологических инициатив:

- a) использование старых промышленных объектов, то есть существующей инфраструктуры, которая не используется или используется не на полную мощность, например, старых нефтеперерабатывающих заводов или уже функционирующих заводов по производству альтернативного топлива;
- b) совместное размещение с существующей инфраструктурой, например, налаживание производства ААФ вблизи предприятия, производящего обычное топливо, чтобы воспользоваться установками для производства водорода и смешивания;
- c) тщательное изучение и выявление сырьевого материала, чтобы увеличить его объемы для нужд устойчиво производимого авиационного топлива (SAF);
- d) совершенствование процессов переработки и экстракции возобновляемых источников энергии;
- e) создание побочных продуктов с повышенной стоимостью;
- f) повышение эффективности процессов, превращающих сырьевой материал и промежуточные продукты в SAF;
- g) разработка передовых технологий производства SAF;
- h) сокращение расстояний и количества транспортных соединений;
- i) продолжение исследований производительности, тестирования топлива и летных испытаний.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

3.1 Для обеспечения более масштабного промышленного производства SAF требуется достижение паритета цен с САФ, поскольку с топливом связаны основные текущие затраты коммерческих авиакомпаний. Однако установившиеся низкие цены на нефть мешают SAF конкурировать с САФ. Поэтому возможно, что для достижения паритета цен SAF потребуются финансовые механизмы, поскольку они снижают риски, связанные с изменчивостью цен на нефть. Возможные финансовые механизмы для разработки проектов SAF представлены в документе СAAF/2-WP/10.

3.2 Для достижения паритета цен SAF важно проводить анализ для оценки различных вариантов политики стимулирования производства SAF. Стоимость и эффективность разных вариантов такой политики могут существенно отличаться, поэтому важно выбрать такую политику, которая позволит государствам осуществлять наиболее рентабельное стимулирование производства SAF. Набор качественных показателей, описанных в документе СAAF/2-WP/11, может служить основой для оценки осуществимости, эффективности и практичности политики в конкретных национальных обстоятельствах и условиях.

### 4. ДЕЙСТВИЯ СAAF2

4.1 СAAF2 предлагается:

- a) признать снижение себестоимости производства ААФ со времени проведения СAAF/1 в 2009 году;
- b) согласиться с необходимостью достижения паритета цен SAF и САФ;
- c) рекомендовать государствам содействовать совместным инициативам государств и отрасли, призванным оказать поддержку глобальным усилиям по снижению цен SAF, в том числе технологическим инициативам, указанным в п. 2.6; а также
- d) согласиться с тем, что необходимы финансовые механизмы и политические решения для обеспечения конкурентоспособности SAF, особенно в период низких цен на нефть.

— КОНЕЦ —

**ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ**  
**(только на английском языке)**

1. U.S. gulf coast kerosene-type jet fuel spot price FOB, available at [https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pet&s=eer\\_epjk\\_pf4\\_rgc\\_dpg&f=a](https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pet&s=eer_epjk_pf4_rgc_dpg&f=a)
2. Natelson, R.H. et al., Technoeconomic analysis of jet fuel production from hydrolysis, decarboxylation, and reforming of camelina oil, *Biomass and Bioenergy*, 75:23-34 (2015).
3. Hilbers, T.J., et al., Green Diesel from Hydrotreated Vegetable Oil Process Design Study, *Chemical Engineering & Technology*, 38(4): 651-657 (2015).
4. Pearlson, M. et al., A techno-economic review of hydroprocessed renewable esters and fatty acids for jet fuel production, *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 7(1): 89-96 (2013).
5. Bann, S.J. et al., The costs of production of alternative jet fuel: A harmonized stochastic assessment, *Biosource Technology*, 227:179-187 (2017).
6. Seber G. et al., Environmental and economic assessment of producing hydroprocessed jet and diesel fuel from waste oils and tallow, *Biomass and Bioenergy*, 67: 108-118 (2014).
7. de Jong, S. et al., The feasibility of short-term production strategies for renewable jet fuels – a comprehensive techno-economic comparison, *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 9(6):778-800 (2015).
8. [Staples](#), M.D. et al., Lifecycle greenhouse gas footprint and minimum selling price of renewable diesel and jet fuel from fermentation and advanced fermentation production technologies, *Energy & Environmental Science*, 7: 1545-1554 (2014).
9. Diederichs, G.W. et al., Techno-economic comparison of biojet fuel production from lignocellulose, vegetable oil and sugar cane juice, *Bioresource Technology*, 216: 331-339 (2016).
10. Agusdinata, D.B. et al., Life Cycle Assessment of Potential Biojet Fuel Production in the United States, *Environmental Science & Technology*, 45(21): 9133-9143 (2011).
11. Zhu, Y. et al., Techno-economic Analysis for the Thermochemical Conversion of Biomass to Liquid Fuels, 2011, Prepared for the U.S. Department of Energy under Contract DE-AC05-76RL01830, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington, USA.
12. [https://energy.gov/sites/prod/files/2016/07/f33/mypp\\_march2016.pdf](https://energy.gov/sites/prod/files/2016/07/f33/mypp_march2016.pdf)
13. Public workshop sponsored by EERE's Bioenergy Technologies Office in Macon, G. f.-1. (2016). *Alternative Aviation Fuels: Overview of Challenges, Opportunities, and Next Steps*. Macon, Georgia, USA: U.S. Department of Energy Energy Efficiency and Renewable Energy.