

УДК 629.735.067

К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И В ПРОЦЕССЕ СЖИГАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ АВИАТОПЛИВА

Ю.С. КИРДЮШКИН

Статья представлена доктором технических наук, профессором Чинючиным Ю.М.

В данной статье приведены алгоритмы составления уравнений энергетического баланса процесса производства углеводородных соединений, а также дается оценка предпосылкам применения альтернативных авиатоплив. На основе предложенной модели расчета энергетического распределения процесса производства авиатоплив из возобновляемых источников энергии (биомассы) становится возможным обоснованный выбор наиболее приемлемых альтернативных видов авиатоплива.

Ключевые слова: альтернативные авиатоплива, уравнение энергетического распределения, углеводородные соединения, биотоплива для реактивных двигателей, устойчивое развитие авиации.

Расчет количества энергии, необходимой для производства авиатопливных смесей

В общем случае расчет термодинамических параметров углеводородных смесей проводится по результатам анализа групп атомов, составляющих молекулы углеводорода, принятых за основу суррогатных (упрощенных) моделей альтернативных топливных смесей.

При этом расчет предусматривает составление уравнений энергетического баланса для описания химической реакции получения углеводородных соединений. Схематично данная реакция при производстве соединений углеводорода представлена на рис. 1.

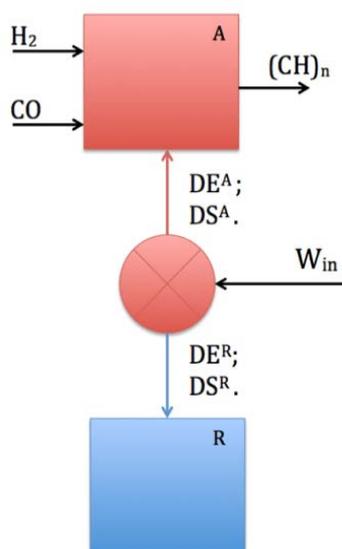


Рис. 1. Энергетическое распределение процесса производства топлива по методу Фишера –Тропша: **A** – производственный реактор; **R** – система резервуара; W_{in} – работа, затраченная при производстве топлива

Работа, затраченная на производство углеводородного соединения, определяется путем составления уравнения энергетического баланса протекающей эндотермической реакции вида

$$W_{in} = DE^A + DE^R, \quad (1)$$

где DE^A – энергия, затраченная на производство углеводорода; DE^R – энергия, затраченная на поддержание «резервуара».

Уравнение энергетического баланса для процесса производства в терминах энтропии DS_{irr} процесса перехода энергии из тепловой в энергию химических связей с учетом необратимости процесса образования молекул углеводорода представляется как

$$DS_{irr} = DS^A + DS^R, \quad (2)$$

где DS^A – энтропия процесса производства углеводорода; DS^R – энтропия процесса поддержания «резервуара».

В общем случае значение энтропии выражается через отношение энергии системы к температуре, следовательно, для обеих систем **A** и **R**, как показано на рис. 1, энтропия выражается как:

$$DS^A = DE^A/T^A; \quad (3)$$

$$DS^R = DE^R/T^R, \quad (4)$$

где T^A и T^R – температуры протекания реакции и внешних условий (резервуара) соответственно.

Понятие **резервуара** вводится для более подробного описания процесса энергетического распределения, в котором также учитывается энтропия, вырабатываемая в связи с необратимостью энергетических процессов. Принимая во внимание задачу на сокращение значения энтропии, можно объединить формулы (3) и (4) и составить выражение для энергии, необходимой для поддержания условий протекания реакции DE^R в виде

$$DE^R = (DE^A/T^A) \cdot T^R, \quad (5)$$

где DE^A – количество энергии, затраченное при производстве молекулы углеводорода, которое определяется на основе выражения для химической реакции сдвига фаз «вода - газ».

Таким образом, модель позволяет проводить сравнение видов топлива на основе термодинамических параметров, связанных с их производством и применением, исходя из приведенных показателей химического состава, устанавливаемых в нормативной документации (топливные спецификации).

Теоретическая эффективность топлива

Понятие теоретической эффективности топлива подразумевает анализ и оценку распределения энергии в процессе его сжигания. В процессе сжигания топлива – переводе энергии из потенциальной (химической) в кинетическую – вырабатывается и энтропия (рис. 2).

В общем случае выражение теоретической эффективности выводится через выражения энергетического баланса и баланса энтропии:

$$DE^A + DE^R = W_{OUT}; DS^A + DS^R = DS_{irr}. \quad (6)$$

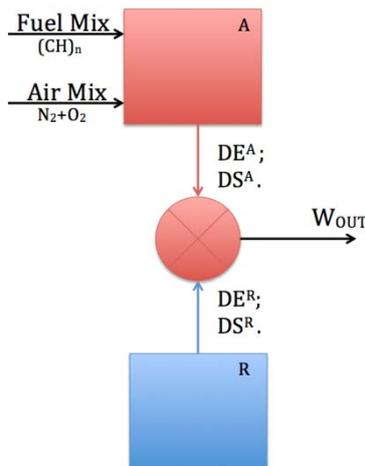


Рис. 2. Распределение энергии в процессе сжигания топлива: DE^A – энергия топлива, высвобождающаяся при сжигании; DE^R – энергия, затраченная на поддержание резервуара (системы с определенными термодинамическими условиями и границами); W_{OUT} – работа, затраченная в процессе сжигания топлива

В результате проведенного сравнительного анализа по предложенному алгоритму был сделан вывод о том, что с учетом энергетического распределения в процессе производства углеводородных соединений топливные смеси, произведенные на основе биомассы, являются наиболее приемлемой альтернативой традиционному керосину, так как в процессе их производства могут быть применены биокатализаторы. При применении биокатализаторов (ферментов, выделяемых бактериями) становится возможным сократить количество энергии, необходимой для переработки сырья в биотопливо. Кроме того, с учетом основных требований, предъявляемых к топливу для ГТД в современных условиях развития ГА, наиболее приемлемой опцией становятся биотоплива, являющиеся возобновляемыми.

Экономические предпосылки применения альтернативных видов авиатоплива

Применение альтернативных видов авиатоплива в мировой гражданской авиации с момента первых успешных испытаний, проведенных еще в СССР в конце 1980-х гг., вновь стало реальностью. По итогам 2013 г. зарубежными авиакомпаниями было осуществлено более 1500 успешных полетов с применением биотоплив на современных авиалайнерах, оборудованных газотурбинными двигателями [3].

Как показывает статистика за период 2001-2013 гг., в авиации Российской Федерации, несмотря на экономическую ситуацию в целом, сохраняется стабильный рост пассажирооборота и грузооборота. Впервые с 1991 г. объемы пассажироперевозок достигли показателей, соответствующих прежним объемам авиаперевозок на внутренних рейсах в СССР (рис. 3). По итогам 2013 г. фактический пассажирооборот составил 225,2 млрд. пасс.-км [1; 2].

Обновление парка воздушных судов (ВС) в России в наибольшей мере происходит за счет внедрения современных лайнеров производства объединенных корпораций Airbus (A320, A330), Boeing (B-737, B-777), а также ряда отечественных лайнеров (Sukhoi Superjet-100, Ту-204).

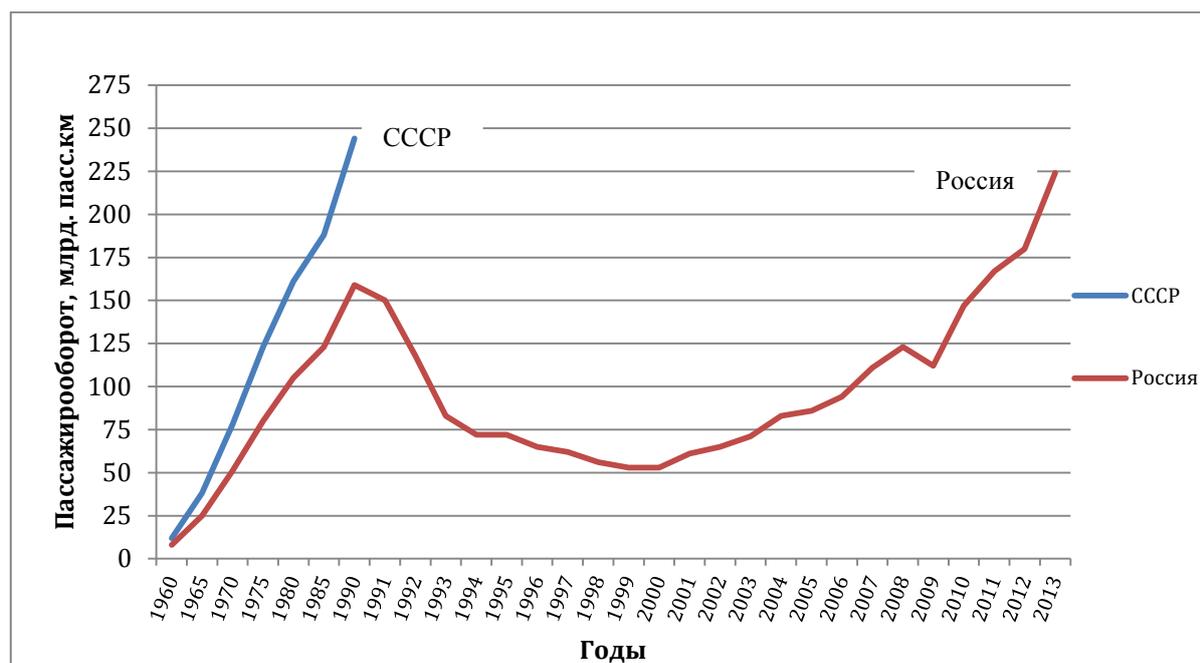


Рис. 3. Динамика пассажирооборота в России

Современные отечественные и зарубежные типы воздушных судов отвечают высоким требованиям по показателям аэродинамической и топливной эффективности (табл. 1).

Таблица 1

Показатели топливной эффективности современных воздушных судов

Тип ВС	A321	A320	B-757-200	Ty-154M	Ty-204	Ил-76M
Топливная эффективность, г/пасс.- км	16,8	17,8	23,4	27,5	19	47,4

Тем не менее для обеспечения дальнейшего развития авиации должны быть приняты во внимание факторы возрастания степени отрицательного воздействия на окружающую среду используемых первичных углеводородов, а также сокращения запасов ископаемого топливного сырья. В этой связи рядом зарубежных государств принимаются активные меры по разработке и применению альтернативных видов авиатоплива.

Высокую оценку заслуживает перспектива внедрения новых видов авиатоплива, так как преимущества от производства топлива, в частности, из возобновляемых источников (биомассы) выходят за рамки только авиации. Технология производства передовых видов авиатоплива - биотоплив представляет возможность обеспечить значительные положительные сдвиги для развития целых регионов страны, в том числе регионов, непригодных для ведения сельскохозяйственной деятельности по причинам наличия загрязненной воды или почвы (биотоплива 2-го и 3-го поколений).

Успешная практика применения альтернативных видов авиатоплива показала, что энергоресурс, приемлемый для заправки современных ВС, может быть произведен из животных и растительных жиров, сахаро- или крахмалосодержащих видов растений и целлюлозы. В процессе производства авиатоплива могут быть также использованы и промышленные отходы, в том числе от сельскохозяйственной деятельности.

Общие выводы

Построенные модели являются универсальной базой для проведения сравнительного анализа, по результатам которого становится возможным выявление наиболее рациональной альтернативы традиционному авиатопливу – авиакеросину с учетом распределения энергии и энтропии в процессе его производства.

Рынок производства авиационных биотоплив имеет значительный потенциал для снижения глобальных выбросов углерода, создания большого количества дополнительных рабочих мест, развития так называемых чистых технологий, повышения энергетической безопасности государства и обеспечения устойчивого развития авиации в будущем.

В дополнение к программам субсидирования воздушных перевозок со стороны государства и заинтересованных коммерческих структур требуется выделение целевых средств на разработку проекта завода по производству биотоплива для нужд авиации Российской Федерации.

Принимая во внимание тот факт, что в себестоимости авиаперевозок доля затрат российских авиакомпаний на топливо в среднем составляет 30 – 40% и более, отдельного внимания требует детальная оценка экономической выгоды, зависящей от сроков окупаемости инвестиций в производство альтернативного топлива.

Потенциальную экономическую выгоду от применения биотоплива в условиях действующей торговли эмиссионными квотами могут иметь авиаперевозчики, осуществляющие полеты над территорией Европейского Союза, поскольку в этом случае они освобождаются от обложения квотами на эмиссию углекислого газа.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Шапкин В.** Перспективы обновления парка воздушных судов гражданской авиации России отечественными ВС. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ato.ru/content/perspektivy-obnovleniya-parka-vozdushnyh-sudov-grazhdanskoj-aviacii-rossii-otechestvennymi>.
2. **Чибирев Е.** Обзор рынка авиаперевозок России в 2013г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ato.ru/content/obzor-rynka-aviaperevozok-rossii-v-2013-godu>.
3. Отчет о деятельности инициативной группы по Устойчивой Авиации Среднего Запада США (MASBI). [Электронный ресурс]. URL: http://www.masbi.org/content/assets/MASBI_Report.pdf.

ENERGY DISTRIBUTION IN THE ALTERNATIVE JET FUEL PRODUCTION AND COMBUSTION PROCESS

Kirdyushkin Y.S.

This article presents an algorithms to energy balance equations generation describing the process of hydrocarbon compounds production, as well as provides an assessment of alternative jet fuel application necessity. Based on the proposed model for calculating the energy distribution for jet fuel production process from renewable energy sources (biomass) a rational choice of the most suitable alternative types of aviation fuel becomes possible

Key words: alternative jetfuel, biojet fuel, biofuel for aircraft, sustainable aviation.

Сведения об авторе

Кирдюшкин Юрий Сергеевич, 1985 г.р., окончил МГТУ ГА (2008), аспирант МГТУ ГА, автор 16 научных работ, область научных интересов – применение альтернативных видов авиатоплив в авиационной сфере.