

ББК 05,0: 618 + 0513: 618 + 0551-028,1 + 618: 0 5,0

УДК 629.735.036.34:504.75(045)

Р.М. Пивторак, А.А. Пивторак

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РЯДЫ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

*Рассмотрена проблема экологии: загрязнение атмосферы в зоне аэропортов и во время полета воздушных судов.*

Специалисты ИКАО считают, что на период с 1990-го по 2010-е годы проблемы охраны окружающей среды будут находиться на втором месте после проблем безопасности полетов. Выбросы загрязняющих веществ приводят к локальному загрязнению атмосферы вблизи многочисленных аэропортов и глобальному воздействию на атмосферу во время полетов. На решение этой новой проблемы направлены исследования ряда стран, так как выбросы окислов азота ( $\text{NO}_x$ ) оказывают наиболее неблагоприятное воздействие на озоновый слой атмосферы [1].

Современная методика позволяет провести расчет количества выброшенных двигателями авиационной техники основных нормируемых вредных ингредиентов отработанных газов  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  и твердых сажистых частиц. Общее количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу аэропорта авиационными двигателями (АД) составляет сотни тонн в год.

При определении общего количества вредных веществ авиационным специалистам приходится суммировать окислы азота с углеводородами, окислами серы, окисью углерода и даже с твердыми сажистыми частицами. В результате накопленного опыта и анализа экологической информации авторы пришли к выводу, что экологически и химически такое суммирование вредных отработанных веществ не правомочно и не научно. Сложив одну тонну окислов азота с одной тонной твердых сажистых веществ, химик должен ответить на вопрос: какое вещество в количестве двух тонн получено? А эколог должен ответить на вопрос: какое вредное воздействие окажут на природную среду и здоровье людей данные две тонны веществ?

Экологически и химически грамотное сложение вышеперечисленных выбросов вредных веществ, поступающих в атмосферу при работе АД на различных режимах, авторы считают возможным при использовании коэффициента относительной агрессивности вредного вещества ( $A_i$ )  $\{A_{\text{CO}}=1; A_{\text{CH}}=3,16; A_{\text{SO}_x}=16,5; A_{\text{NO}_x}=41,1; A_{\text{тв.ч}}=300\}$  [2].

На основании данных о массовой скорости эмиссии отдельных ингредиентов вредных веществ при различных режимах работы АД [3] нами проведено экологическое суммирование выбросов отработавших газов ( $\text{CO}_{\text{усл}}$ ) за 1 мин. работы двигателей. Данные приведены в табл. 1.

Полученные результаты послужили основой для построения экологических рядов, представленных для различных АД на двух режимах: малый газ (рис.1) и крейсерский (рис.2).

Режим малого газа дает информацию о загрязнении приземного слоя атмосферы в зоне аэропорта, а крейсерский режим – о загрязнении верхних слоев тропосферы. При расширении базы данных о составе и количестве вредных веществ, входящих в состав отработавших газов АД, безусловно, будут происходить изменения в экологических рядах АД. Авторы надеются, что эта информация заинтересует специалистов ИКАО.

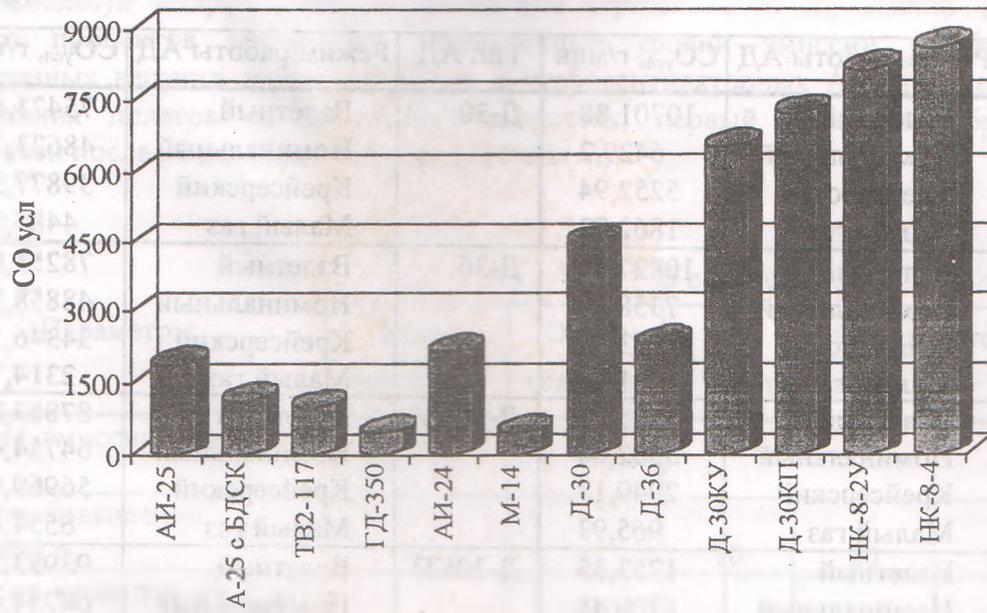


Рис.1. Режим работы: *МАЛЫЙ ГАЗ*

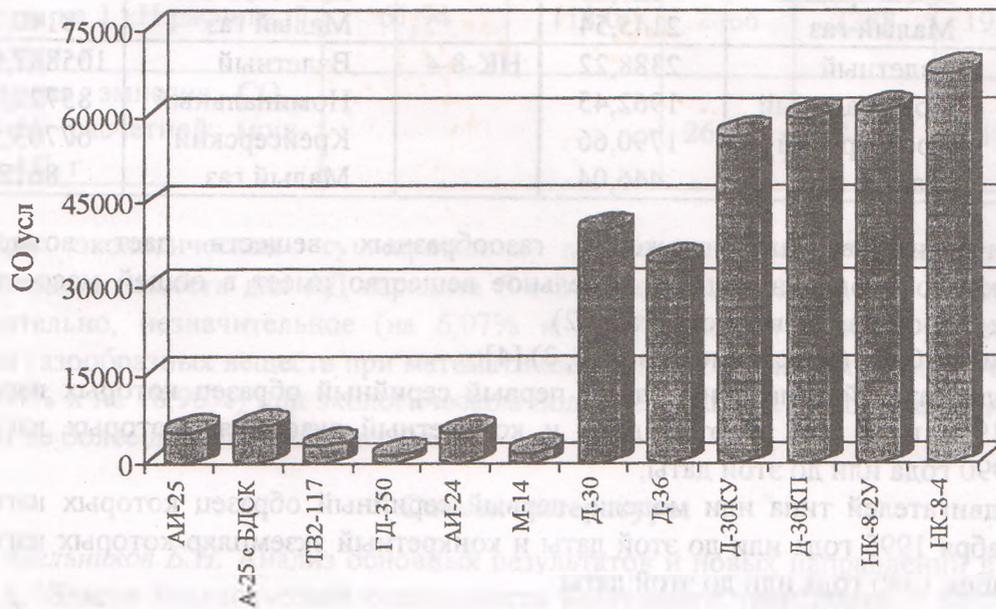


Рис.2 Режим работы: *КРЕЙСЕРСКИЙ*

Engine Model	CO усл (approx.)
АИ-25	2000
А-25 с БДСК	1500
ТВ2-117	1200
ГД-350	800
АИ-24	2200
М-14	1000
Д-30	4800
Д-36	2500
Д-30КУ	6800
Д-30КП	7500
НК-8-2У	8500
НК-8-4	9000

Таблица 1

Тип АД	Режим работы АД	CO <sub>усл</sub> , г/мин	Тип АД	Режим работы АД	CO <sub>усл</sub> , г/мин
АИ-25	Взлетный	10701,88	Д-30	Взлетный	75423,67
	Номинальный	6429,2		Номинальный	48623,18
	Крейсерский	5252,94		Крейсерский	39877,33
	Малый газ	1862,72		Малый газ	4485,19
АИ-25 с БДКС	Взлетный	10827,38	Д-36	Взлетный	78255,09
	Номинальный	7358,37		Номинальный	48858,53
	Крейсерский	6073,61		Крейсерский	34346,13
	Малый газ	1421,25		Малый газ	2314,74
ТВ2-117	Взлетный	4475,06	Д-30КУ	Взлетный	87863,29
	Номинальный	3502,04		Номинальный	64754,41
	Крейсерский	2949,13		Крейсерский	56969,98
	Малый газ	965,93		Малый газ	6554,83
ГТД-350	Взлетный	1753,35	Д-30КП	Взлетный	93933,29
	Номинальный	1309,48		Номинальный	64754,41
	Крейсерский	1215,43		Крейсерский	59969,98
	Малый газ	448,49		Малый газ	7239,83
АИ-24	Взлетный	8809,43	НК-8-2У	Взлетный	101468
	Номинальный	5943,38		Номинальный	77358,91
	Крейсерский	5029,49		Крейсерский	61171,93
	Малый газ	2145,54		Малый газ	8140,72
М-14	Взлетный	2388,22	НК-8-4	Взлетный	105887,65
	Номинальный	1962,45		Номинальный	85722,73
	Крейсерский	1790,66		Крейсерский	67705,57
	Малый газ	446,04		Малый газ	8618,4

Экологический вариант сложения газообразных веществ дает возможность определить, какую процентную долю отдельное вещество имеет в общей массе эмиссии нормируемых газообразных веществ (табл. 2).

Нормативы ИСАО (пояснение к табл. 2, 3) [4]:

а) для двигателей типа или модели, первый серийный образец которых изготовлен 31 декабря 1995 года или до этой даты и конкретный экземпляр которых изготовлен 31 декабря 1990 года или до этой даты;

б) для двигателей типа или модели, первый серийный образец которых изготовлен после 31 декабря 1995 года или до этой даты и конкретный экземпляр которых изготовлен после 31 декабря 1990 года или до этой даты.

Таблица 2

АД	Степень повышения давления $\pi_{oo}$	Доля вредного вещества, %		
		СО	СН	NO <sub>x</sub>
Вариант а	10	4,46	2,34	93,20
	20	3,40	1,78	94,82
Вариант б	10	5,48	2,88	91,64
	20	4,20	2,20	93,60

Используя коэффициент относительной агрессивности  $A_i$ , можно определить, на сколько процентов изменились нормативные уровни эмиссии (требования ИКАО) газообразных веществ турбореактивных и турбовентиляторных АД, предназначенных для обеспечения полетов на дозвуковых скоростях, первый серийный образец которых изготовлен после 31 декабря 1995 года [4] (табл. 3).

Таблица 3

Параметры	Вещество					
	Угле- водороды	Окись углерода	Окислы азота			
			Вариант а		Вариант б	
Уровни эмиссии веществ, г/кН	19,6	118	40+2 $\pi_{oo}$		32+1,6 $\pi_{oo}$	
Степень повышения давления $\pi_{oo}$	–	–	10	20	10	20
Эмиссия вещества на 1 кН расчетной мощности АД, г	19,6	118	60	80	48	64
Суммарная эмиссия веществ на 1 кН расчетной мощности АД, г			197,6	217,6	185,6	201,6
Приведенная к СО эмиссия вещества на 1 кН расчетной мощности, г	61,94	118,0	2466	3288	1972,8	2630,4
Суммарная эмиссия $CO_{усл}$ на 1 кН расчетной мощ- ности АД, г			2645,9	3467,9	2152,7	2810,3

При экологическом суммировании выяснилось, что нормируемая эмиссия загрязняющих веществ для АД варианта б составляет 81,36% ( $\pi_{oo}=10$ ) и 81,04% ( $\pi_{oo}=20$ ). Следовательно, незначительное (на 6,07% и 7,35% соответственно) ужесточение норм эмиссии газообразных веществ при математическом подходе оказалось более существенным (на 18,64% и на 18,96%) при экологическом подходе к данной информации. Авторы статьи считают ее более достоверной и научной.

#### Список литературы

1. Мельников Б.Н. Анализ основных результатов и новых направлений в деятельности ИКАО в области экологической безопасности воздушного транспорта. – М.: Сб. ВИНТИ «Транспорт», 1994. – № 2. – С.37–51.
2. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. – М.: Наука, 1983. – 123 с.
3. Буриченко Л.А. и др. Охрана окружающей среды в гражданской авиации. – М.: Машиностроение, 1992. – 320 с.
4. Международные стандарты и рекомендуемая практика ИКАО. Охрана окружающей среды: Приложение 16 к Конвенции о международной гражданской авиации. – Т. II. Эмиссия авиационных двигателей, 1993.

Стаття надійшла до редакції 27 жовтня 1999 року.