

УДК 33**Расчет ущерба от загрязнения окружающей среды в окрестности
аэропорта****Зырянов Сергей Иванович**

Кандидат физико-математических наук, доцент,
Московский финансово-промышленный университет «Синергия»,
125190, Российская Федерация, Москва, пр. Ленинградский, 80;
e-mail: lonly5@yandex.ru

Аннотация

В статье произведен расчет стоимости выброса загрязняющих веществ двигателями воздушных судов в районе одного из аэропортов, расположенного в Сибирском федеральном округе. Рассмотрена упрощенная методика оценки массы и «стоимости» выброса загрязнителей двигателями воздушных судов. Произведенные расчеты показывают значительный вклад действующих аэропортов в загрязнение окружающего воздуха. Используемая методика экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха в районе аэропорта выбросами двигателей воздушных судов может быть полезна при разработке различных правовых актов и организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение экологической безопасности воздушных судов и аэропортов. С помощью таких моделей можно рассчитать уровни загрязнения в зоне аэропорта, выбрать режимы и схемы движения воздушных судов, позволяющих снизить массу выброса и их концентрации в окрестности аэропорта. Применение подобной методики позволяет также прогнозировать загрязнение воздушной среды в зоне аэропорта при увеличении числа операций воздушных судов.

Для цитирования в научных исследованиях

Зырянов С.И. Расчет экономического ущерба от загрязнения окружающей среды в окрестности действующего аэропорта // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Том 9. № 5А. С. 212-217.

Ключевые слова

Загрязнения атмосферного воздуха, выбросы двигателей воздушных судов, экономический ущерб.

Введение

Объем авиаперевозок, по данным Росавиации и прогнозам Международной ассоциации воздушного транспорта (ИАТА), имеет устойчивую тенденцию ежегодного роста. Однако, несмотря на это, в настоящее время действующие аэропорты пока не рассматриваются в качестве существенных источников загрязнения атмосферного воздуха для окружающих их населенных территорий, а воздушные суда (ВС) в аэропорту не считаются значимым фактором загрязнения. Тем не менее, ситуация с экологической оценкой загрязнения атмосферного воздуха двигателями воздушных судов (далее – ДвВС) меняется.

Поршневые и реактивные двигатели используют в качестве топлива соответственно бензин и керосин, состав продуктов сгорания которых несколько отличается. В настоящее время роль ВС, оснащенных поршневыми двигателями, в коммерческих перевозках незначительна и постоянно уменьшается (не более 5% [Ененков и др., 1989]). Следуя этой оценке, состав загрязнителей атмосферного воздуха ДвВС в настоящей статье рассматривается как образованный только из продуктов сгорания авиационного керосина. В продуктах сгорания этого вида топлива содержатся различные (в том числе и не являющиеся реальными загрязнителями) вещества. Но большая часть этих веществ воздействует на окружающую среду и здоровье людей негативным образом.

Математическая модель расчета выбросов ДвВС

Распределение и перенос компонент загрязнения атмосферного воздуха в районе аэродрома представляет собой достаточно сложную картину, поэтому осуществляется посредством специальных математических моделей и методик, учитывающих специфические особенности выброса загрязнителей авиадвигателями (далее – АвД) и рассеивания струй отработавших газов в атмосфере. В данной статье мы ограничимся рассмотрением упрощенной методики оценки массы и «стоимости» выброса загрязнителей ДвВС на основе модели [Никитин, Хамидуллин, 2013], которая включает следующие допущения.

1. Определение зоны, в пределах которой выброшенные ДвВС в приземные слои атмосферы в районе аэропорта загрязнители могут нанести ущерб здоровью людей, будем производить исходя из того [Ененков и др., 1989], что продукты выброса при работе АвД на земле остаются в зоне аэропорта. Следует отметить, что при этом влияние на их распределение в атмосфере эффекта «всплывания» горячих струй отработавших газов не учитывается, – после подъема на высоту только часть загрязнителей вернется в приземные слои, поскольку за счет турбулентной диффузии распространение загрязнителей происходит во всех направлениях. Кроме того, происходит деградация вредных веществ, обусловленная их взаимодействием с компонентами атмосферного воздуха. Как следствие, в период набора высоты ВС масса загрязнителей, возвращающаяся в приземные слои атмосферы, будет уменьшаться за счет турбулентной диффузии и деградации. Другими словами, начиная с высоты 900-1000 м количеством возвращающихся вредных веществ можно пренебречь и принять, что ВС, поднявшееся выше этой границы (так же, как и еще не снизившееся до нее при посадке), атмосферный воздух в зоне аэропорта не загрязняет.

2. Характеристики состава загрязнителей авиационных двигателей определяющим образом зависят от режима их работы. В зоне аэропорта ДвВС работают на различных режимах, характеризующихся главным образом относительной тягой \bar{R} (отношением тяги на

рассматриваемом режиме к максимальной тяге, развиваемой на взлете). Для турбореактивных двухконтурных двигателей (наиболее распространенных двигателей при оснащении ВС гражданской авиации) принимаются режимы, соответствующие этапам так называемого взлетно-посадочного цикла и представленные в таблице 1 [Седов, Березин, Кузьмин, 1997].

Таблица 1- Этапы взлетно-посадочного цикла и их параметры

Этап	Относительная тяга, \bar{R}	Продолжительность, t , мин
Холостой ход и руление перед взлетом	0,07	15
Взлет	1	0,7
Набор высоты	0,85	2,2
Заход на посадку	0,3	4
Руление после посадки	0,07	7

Представленные в таблице численные значения параметров являются стандартными для рассматриваемого класса двигателей.

3. Расчеты проводятся только для наиболее значимых загрязнителей (монооксида углерода CO, несгоревших углеводородов C_nH_m , оксидов азота NO_x и серы SO_x). При этом очень важно, что оксиды азота (среди перечисленных загрязнителей) представляют наибольшую опасность, поскольку для них установлены наименьшие значения максимальной разовой и среднесуточной предельно допустимых концентраций в воздухе для населенных мест [Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ..., www].

На каждом из этапов взлетно-посадочного цикла масса выброса загрязнителя M , г, одним АД может быть определена по формуле:

$$M = J G_T t \quad (1),$$

где J – индекс выброса рассматриваемого типа загрязнителя, г/кг топлива;

G_T – расход топлива двигателем при работе на соответствующем режиме, кг/с;

t – продолжительность рассматриваемого этапа взлетно-посадочного цикла, с.

Численные значения индексов выброса и расходов топлива были получены из опубликованных данных в соответствующей справочной и нормативной литературе (данные различных испытаний и др.).

В таблице 2 приведены результаты расчетов массы валового выброса загрязнителей ДвВС в районе одного из аэропортов, расположенного в Сибирском федеральном округе, за один из прошедших годов, полученные по описанной выше методике.

Таблица 2 - Валовый выброс загрязнителей в тоннах

CO	C_nH_m	NO_x	SO_x
1178,63	4619,6	3432,2	52,7

Для расчета величины платы P за загрязнение атмосферного воздуха в районе аэропорта выбросами ДвВС нами использовалась общая формула [Ененков и др., 1989]:

$$P = P_N + P_L + P_{CL}, \quad (2),$$

где P_N – плата за выброс загрязнителя в размерах, не превышающих норматив предельно

допустимого выброса (ПДВ);

P_L – плата за выброс загрязнителя в пределах лимита;

$P_{СЛ}$ – плата за сверхлимитный выброс загрязнителя, руб.

Каждое из слагаемых в (2) (соответствующая плата за выброс загрязнителя $P_{(H,L,CL)}$, руб.) определялось по формуле:

$$P(H,L,CL) = C(H,L,CL) M(H,L,CL), \quad (3)$$

где $C_{(H,L,CL)}$ – соответствующая (в пределах норматива ПДВ, установленного лимита и сверхлимитного выброса) дифференцированная ставка платы за выброс 1 т загрязнителя, руб;

$M_{(H,L,CL)}$ – соответствующая (в пределах норматива ПДВ, установленного лимита и сверхлимитного выброса) масса выброшенного загрязнителя, т.

Соответствующая дифференцированная ставка платы за выброс 1 т загрязнителя $C_{(H,L,CL)}$, руб, определяется по формуле:

$$C(H,L,CL) = H K_{ЭЗ} K_{И}, \quad (4)$$

где H – норматив платы за выброс загрязнителя, руб. (принимается равным: при непревышении норматива ПДВ – H_B ; выше норматива ПДВ, но в пределах установленного лимита – H_L ($5 H_B$); при превышении установленного лимита $5H_L$ ($25 H_B$);

H_B – базовый норматив платы за выброс 1 т загрязнителя, руб. [Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ..., www];

H_L – базовый норматив платы за выброс (сброс) 1 т загрязнителя в пределах установленного лимита, руб. [там же];

$K_{ЭЗ}$ — коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха в данном экономическом районе Российской Федерации [О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ..., www];

$K_{И}$ – коэффициент индексации платы [Федеральный закон от 29.11.2015 № 459-ФЗ, www].

В таблице 3 представлены полученные по описанной выше методике результаты величины платы за загрязнение атмосферного воздуха выбросами ДВС для указанного ранее аэропорта (в предположении, что массы выбросов загрязнителей не превышают установленных нормативов предельно допустимых выбросов).

Таблица 3 - Величина платы за загрязнение атмосферного воздуха

Загрязнитель	Базовый норматив платы, руб.	Величина платы, руб.
CO	0,6	59 727
C _n H _m	50 (по метану)	1 951 309
NO _x	52 (по NO ₂)	1 482 067
SO _x	21	7 605
Итого:		3 500 258

Заключение

Таким образом, в данной статье рассмотрена упрощенная методика оценки массы и «стоимости» выброса загрязнителей двигателями воздушных судов. Произведен расчет стоимости выброса загрязняющих веществ двигателями воздушных судов в районе

действующего аэропорта.

Произведенные расчеты показывают значительный вклад действующих аэропортов в загрязнение окружающего воздуха. Использованная методика экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха в районе аэропорта выбросами двигателей воздушных судов может быть полезна при разработке различных правовых актов и организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение экологической безопасности воздушных судов и аэропортов. С помощью таких моделей можно рассчитать уровни загрязнения в зоне аэропорта, выбрать режимы и схемы движения воздушных судов, позволяющих снизить массу выброса и их концентрации в окрестности аэропорта. Применение подобной методики позволяет также прогнозировать загрязнение воздушной среды в зоне аэропорта при увеличении числа операций воздушных судов.

Библиография

1. Еенков В.Г. и др. Защита окружающей среды при авиатранспортных процессах. М.: Транспорт, 1989. 198 с.
2. Никитин И.В., Хамидуллин Р.Я. К вопросу об эколого-экономической оценке загрязнения атмосферного воздуха в районе аэропорта выбросами двигателей воздушных судов. М.: Университет «Синергия», 2013.
3. Седов А.И., Березин Г.И., Кузьмин В.А. Экология: учебное пособие. М.: ВВИА, 1997. 262 с.
4. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338-03. URL: <http://docs.cntd.ru/document/556185926>
5. О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления: постановление Правительства РФ от 12.06.2003 № 344 // СПС «КонсультантПлюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_42740
6. О федеральном бюджете на 2018 год и на плановый период 2019 и 2020 годов: федер. закон от 29.11.2015 № 459-ФЗ // СПС «КонсультантПлюс». URL: <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/55853.html>
7. Жибинова К.В. Экономические основы экологии. URL: http://www.kgau.ru/distance/ur_4/ekology/cont/index.html
8. Бизнес-термины. Методические материалы // Деловой мир. URL: <https://delovoymir.biz/business-words/17205-ekologicheskaya-programma.html>
9. Методы оценки экономического ущерба от загрязнения атмосферы // Инфопедия. URL: <https://infopedia.su>
10. Гирусов Э.В., Лопатин В.Н. (ред.) Экология и экономика природопользования. М.: Юнити-Дана, 2002. 330 с.

Calculation of damage from environmental pollution in the airport vicinity

Sergei I. Zyryanov

PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
Moscow University for Industry and Finance "Synergy"
125190, 80 Leningradskii av., Moscow, Russian Federation;
e-mail: lonly5@yandex.ru

Abstract

The authors of this article calculate the cost of pollutant emissions of aircraft engines in the area of one of the airports located in the Siberian Federal District. A simplified method for estimating the mass and "cost" of pollutant emissions of aircraft engines is considered. The calculations show a significant contribution of existing airports to air pollution. The used method of economic damage from air pollution in an airport area by emissions of aircraft engines can be useful in developing various legal acts and organizational and technical measures aimed at ensuring the environmental

safety of aircraft and airports. Using such models, it is possible to calculate pollution levels in the airport zone, select modes and patterns of aircraft movement, which allow reducing the mass of emissions and their concentration in the vicinity of the airport. The use of such a technique also allows to predict air pollution in the airport zone with an increase in the number of aircraft operations. The volume of air travel, according to the Federal Agency for Air Transport, and the forecasts of the International Air Transport Association, has a steady trend of annual growth. However, despite this, currently operating airports are not yet considered as significant sources of air pollution for the surrounding populated areas, and aircraft at the airport are not considered to be a significant pollution factor. Nevertheless, the situation with the environmental assessment of a air pollution by aircraft engines is changing.

For citation

Zyryanov S.I. (2019) Raschet ekonomicheskogo ushcherba ot zagryazneniya okru-zhayushchei sredy v okrestnosti deistvuyushchego aeroporta [Calculation of damage from environmental pollution in the airport vicinity]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 9 (5A), pp. 212-217.

Keywords

Air pollution, aircraft engine emissions, economic damage.

References

1. Biznes-terminy. Metodicheskie materialy [Business terms. Methodical materials]. *Delovoi mir* [Business world]. Available at: <https://delovoymir.biz/business-words/17205-ekologicheskaya-programma.html> [Accessed 12/05/19].
2. Enenkov V.G. et al. (1989) *Zashchita okruzhayushchei sredy pri aviatransportnykh protsessakh* [Environmental protection in air transport processes]. Moscow: Transport Publ.
3. Girusov E.V., Lopatin V.N. (ed.) (2002) *Ekologiya i ekonomika prirodopol'zovaniya* [Ecology and economics of nature use]. Moscow: Yuniti-Dana Publ.
4. Metody otsenki ekonomicheskogo ushcherba ot zagryazneniya atmosfery [Methods for assessing the economic damage from air pollution]. *Infopediya*. Available at: <https://infopedia.ru> [Accessed 19/05/19].
5. Nikitin I.V., Khamidullin R.Ya. (2013) *K voprosu ob ekologo-ekonomicheskoi otsenke zagryazneniya atmosfernogo vozdukha v raione aeroporta vybro-sami dvigatelei vozdushnykh sudov* [On the issue of environmental and economic assessment of air pollution in the area of the airport, aircraft engine emissions]. Moscow: Universitet "Sinergiya".
6. O normativakh platy za vybrosy v atmosferyni vozdukh zagryaznyayushchikh veshchestv stacionarnymi i peredvizhnymi istochnikami, sbrosy zagryaznyayushchikh veshchestv v poverkhnostnye i podzemnye vodnye ob"ekty, razme-shchenie otkhodov proizvodstva i potrebleniya: postanovlenie Pravitel'stva RF ot 12.06.2003 № 344 [On the standards of payment for emissions into the air of pollutants from stationary and mobile sources, discharges of pollutants into surface and groundwater bodies, placement of production and consumption wastes: Resolution of the Government of the Russian Federation No. 344 of December 12, 2003]. *SPS "Konsul'tant-Plyus"* [SPS Consultant]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_42740 [Accessed 11/05/19].
7. O federal'nom byudzhete na 2018 god i na planovyi period 2019 i 2020 godov: feder. zakon ot 29.11.2015 № 459-FZ [About the federal budget for 2018 and for the planning period of 2019 and 2020: Federal Law No. 459-FZ of November 29, 2015]. *SPS "Konsul'tant-Plyus"* [SPS Consultant]. Available at: <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/55853.html> [Accessed 14/05/19].
8. *Predel'no dopustimye kontsentratsii (PDK) zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosfernom vozdukh naseleennykh mest. Gigenicheskie normativy GN 2.1.6.1338-03* [Maximum permissible concentration (MPC) of pollutants in the atmospheric air of populated areas. Hygienic standards GN 2.1.6.1338-03]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/556185926>
9. Sedov A.I., Berezin G.I., Kuz'min V.A. (1997) *Ekologiya* [Ecology]. Moscow: VVIA Publ.
10. Zhibinova K.V. *Ekonomicheskie osnovy ekologii* [Economic foundations of ecology]. Available at: http://www.kgau.ru/distance/ur_4/ekology/cont/index.html [Accessed 17/05/19].