

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ПОДХОДА ЗА КАЦАНЕ ПО СХЕМА С НЕПРЕКЪСНАТО СНИЖЕНИЕ (СДА) ВЪРХУ РАЗХОДА НА ГОРИВО НА ТРАНСПОРТЕН САМОЛЕТ С ГТД

МИХАИЛ КОВАЧЕВ
България Ер, България
mihail_kovatchev@abv.bg

НАДЯ ЛАКОВСКА
Частен Транспортен Колеж, София, България
n.lakovska@gmail.com

ВЛАДИМИР СЕРБЕЗОВ
Катедра „Въздушен транспорт”, Технически университет - София
vlados@aero.tu-sofia.bg

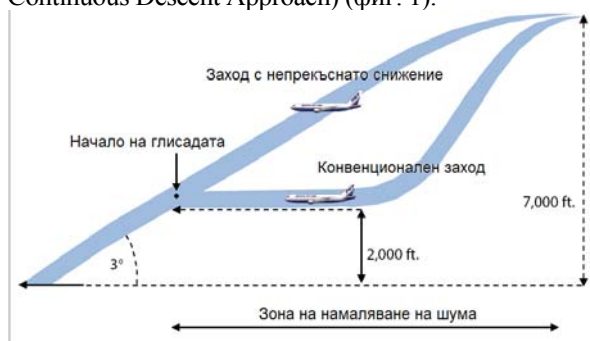
Резюме:

Настоящата работа има задача да се направи количествена оценка на разхода на гориво при заход за кацане с непрекъснато снижение (CDA) и конвенционален заход за кацане на летище София, за масов за летището тип самолет - A319. Резултатите са получени и валидирани с помощта на статистическа оценка от полетни записи, математическо моделиране на полета и софтуер за планиране на полета на самолета, използван в експлоатацията му.

Ключови думи: CDA, Continuous Descent Approach, Aircraft Fuel Consumption, Flight Numerical Simulation

1. Въведение

Един от съвременните методи за намаляване е на вредните емисии в районите на летищата е прилагане на процедури за оптимално от енергийна гледна точка снижение, известни под името заход с непрекъснато снижение (CDA – Continuous Descent Approach) (фиг. 1).



Фигура 1. Вертикален профил на CDA и конвенционално снижение

CDA представлява експлоатационна техника, при която долитащите самолети снижават от оптимална позиция с минимална тяга и избягват хоризонтален полет до степен, която не застрашава безопасността на полета и съответства на изискванията на публикуваните процедури и

инструкции на РВД[2, 4, 5].

Двата основни елемента на CDA са:

1. Избягване във възможно най-голяма степен на хоризонтални участъци.
2. Използване на малък газ до етапа в който е необходимо тягата на двигателите да се увеличи, за да отговаря на изискванията за стабилизирани заход.

Настоящата работа има задача да се направи количествена оценка на разхода на гориво при CDA и конвенционален заход за кацане на летище София, за масов за летището тип самолет - A319, в съответствие с подхода изложен в [1]. Резултатите са получени и валидирани с помощта на статистическа оценка от полетни записи, математическо моделиране на полета и софтуер за планиране на полета на самолета, използван в експлоатацията му.

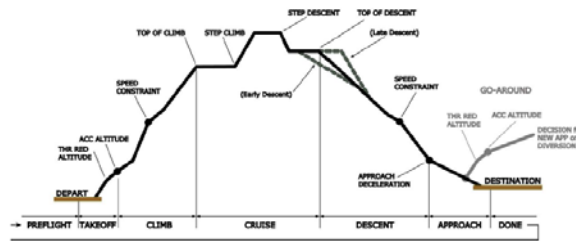
2. Общи положения

В съответствие с ръководството за летателна експлоатация на самолет A319 (FCOM 2.05.40) полетът се състои от 6 основни етапа (фиг.2) [6, 7]. Всеки етап се характеризира със свои особености. Етапите на излитане, набор на височина и крейслерски режим не са обект на внимание на настоящата работа. Етапи от на снижение и подход

за кацане се разгледани подробно с техните основни характеристики. За целите на изследването най-горната точка на етапа на снижение се приема 10 000 м.

V етап на полета е снижение (фиг. 3, Descend phase). Входните характеристиките, с които се определя този етап в симулацията са: височина; скорост; маса; дистанция; курс на ВС в началото на изкачването; тяга.

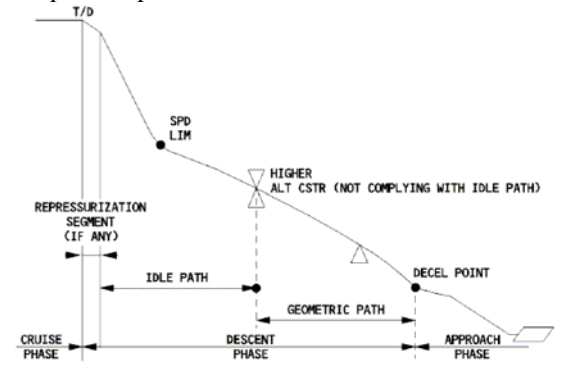
Характерно за тягата в този етап е, че двигателите са в режима на работа малък газ (idle thrust), също така височината е строго фиксирана до 2000 м. Тъй като Airbus 319 е самолет включващ системи за управление на различни елементи от полетната траектория, са възможни два режима на снижение: с оптимизиране на разхода на гориво, и с коригиране на вятъра



Фигура 2. Вертикален профил на полет

В етапа снижение се определят основните изследвани параметри: Време; Дистанция; Изразходвано гориво

VI етап на полета е подхода за кацане (Approach). Характерно за тягата в този етап е, че в симулацията се отчита времето и височината на използване на въздушните спирачки, също така алгоритъмът работи с достигане на височина 0.



Фигура 3. V етап на полета и снижение (Descend)

3. Резултати от изследването

Статистическа оценка

От извадка от 50 полета са свалени данните за време на снижение от височина 10000 метра до височина 0 метра [2].

Средната аритметична стойност на времето за снижение до опиране на ВС до полосата се изчислява по формула (1):

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N} \quad (1)$$

Дисперсията на времето за снижение се изчислява по формула (2):

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (t_i - T_{cp})^2}{N} \quad (2)$$

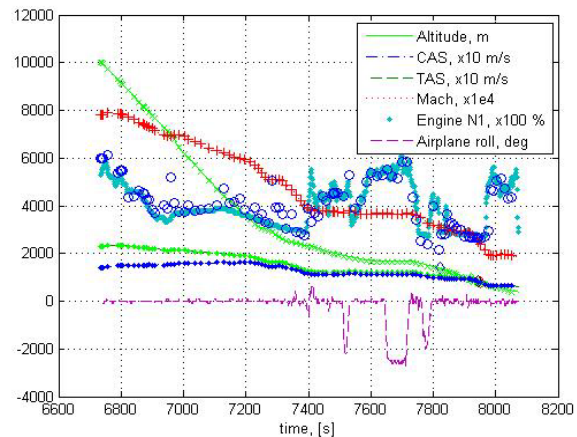
Същия е и механизмът на изчисление на средните стойности и дисперсиите на дистанцията и изразходваното гориво.

На фиг. 6 е представена хистограма на времената за снижение и е отбелязана медианата му. На фиг. 7 и фиг.8 са визуализирани данните за стойностите на изминатата дистанция и изразходваното гориво в етапа на снижение.

Стойностите на медианите на изминатата дистанция, време и изразходвано гориво са дадени и в табл.3.

Резултати от числените експерименти

За целите на настоящия числен експеримент е използван математически модел на динамика на полета на самолет Airbus A319, като материална точка. Моделът е разработен на база на модела описан в [3] и е настроен с данни от средствата за обективен контрол на самолета [2].



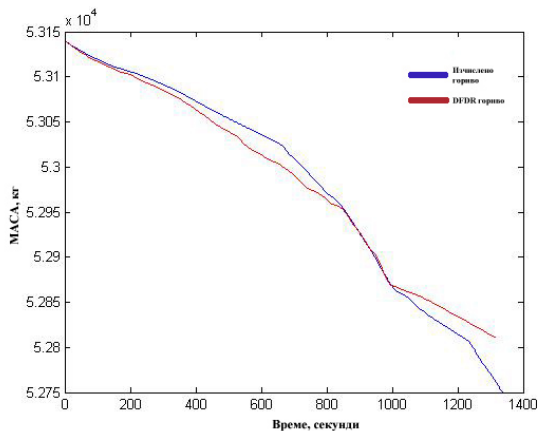
Фигура 4. Визуализация на полетните параметри за случаен полет от извадката

Проверка на адекватността на модела е направена чрез проиграване на случайни полети от извадката записани полети. Резултатите от такова проиграване са показани на фиг.4 и показват добра съвпадаемост. На фиг.5 е показано и сравнение изменението на масата на самолета по време на снижението, изчислена от запис на полетни данни и получено чрез моделирането. Резултатите показват добра съвпадаемост.

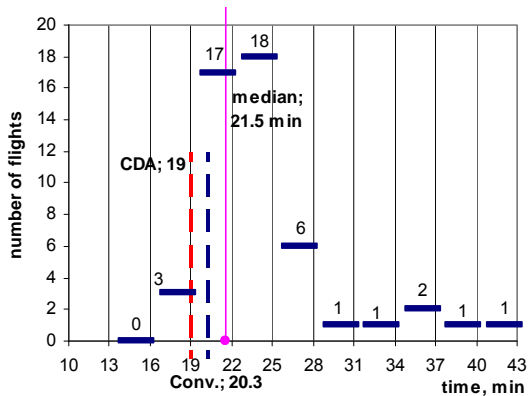
Извършеният числен експеримент включва моделиране на CDA и на конвенционален заход (Conv.) от височина 10000 m до 0 m.

Конвенционалният заход е моделиран чрез включване на хоризонтална площадка отговаряща на схемата за кацане на летище София, писта 27.

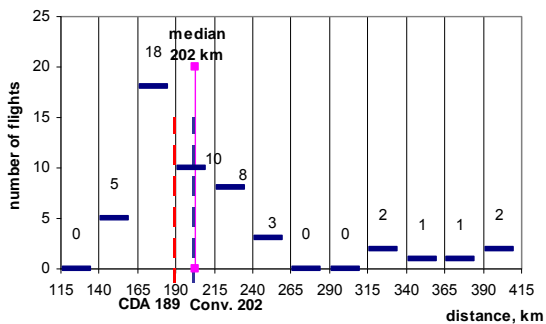
Резултатите от моделирането за изминатата дистанция, време и изразходвано гориво са представени във фигури 6 - 8 и в табл.3.



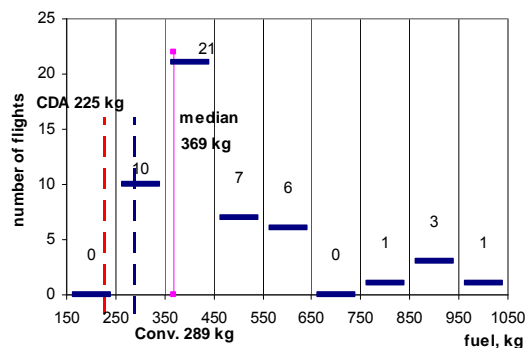
Фигура 5. Изменение на масата на самолета по време на снижение за типичен полет



Фигура 6. Време за снижение и заход



Фигура 7. Дистанция за снижение и заход



Фигура 8. Гориво за снижение и заход

Изчислявае на параметрите на подхода за кацане с помощта на специализиран програмнен продукт

FMGS системата на A319 изчислява най добрата траектория за снижение. Вертикална траектория на полета се изчислява, така че се сведе до минимум разхода на гориво, докато хоризонталната траектория се изчислява, така че да отговарят на различни ограничения за надморска височина и профила на скоростта във фазата на снижение, за да се достигне VAPP на 1000ft (305m). Планирането на полета по навигационни точки е представено в таблици 1 и 2 и визуализирано на фиг. 9.

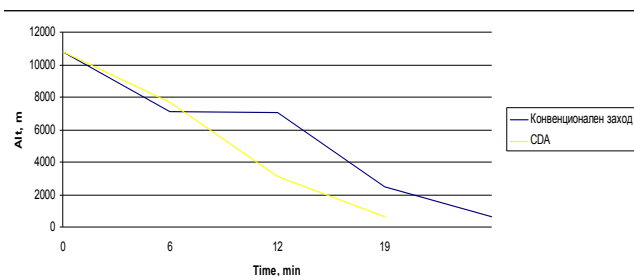
Таблица 1 с данни от заход за кацане на летище София CDA.

Waypoint	ALT, m	D, km	FF,kg	T, min
NIS	10794	183.348	6000	0
NISVA	7710	80.682	6080	6
SOF	3084	31.640	6150	12
LBSF	616.8	0	6230	19
Общо		183.348	230	19

Таблица 2 с данни от стандартен заход за кацане на летище София.

Waypoint	ALT	D, Nm	FF,kg	T, min
TOD	10794	200.016	5500	0
NISVA	7093.2	94.452	5640	7
FIR	7062.36	92.600	5640	9
SOF	2467.2	37.040	5710	13
LBSF	616.8	0	5790	20
Общо		200.016	290	20

Обобщени данни за двата типа заход за кацане по трите използвани метода са дадени в таблица 3. В таблицата са пресметната и икономията на гориво от прилагане на CDA, изчислена с помощта на математическия модел и с FMGS. [6]



Фигура 9. Вертикален профил на захода по данни от Таблицы 1 и 2

Таблица 3 Основни параметри описващи захода за кацане.

	Distance, km	Fuel, kg	Time, min
Стат. оценка	202.2	369.8	21.5
Типичен полет (#37)	202.979343	388.7617	22.266
Модел			
Конв. Заход	202.3002	289.6758	20.3633
CDA	187.289	225.9531	18.9145
Икономия		63.72	
FMGS			
Конв. Заход	200.016	290	20
CDA	183.348	230	19
Икономия		60	

Изводи

Разгледаните три метода за оценка на времето, дистанцията и разхода на гориво в етапа на снижение показват близки резултати, което показва коректността на приложения математически модел на полета на самолета.

Разхода на гориво при конвенционален заход за кацане е по-висок от разхода при CDA с

приблизително 60 kg, което добре се съгласува с данните от други изследвания [3, 4].

Сравнението на числените експерименти със статистическите данни показва, че икономията на гориво при CDA в сравнение с типичните заходи за кацане на летище София би била още по-голяма.

Приложеният в работата подход може да се използва и за други типове самолети и други летища.

Литература

- [1] Димитров И., Д.Гешев, В.Сербезов, Подход за изследване на възможностите за полет по екологични траектории при кацане на летище София, "Machines, Technologies, Materials", Issue 8-9, 2008
- [2] V. Serbezov, Mathematic Processing Of The Aircraft Flight Data Recorder Information For The Purposes Of Flight And Aircraft Systems Modeling, BulTrans-2009 Proceedings, Sozopol, 24-25 September 2009
- [3] V. Serbezov, D. Geshev, Transport Aircraft Flight Modeling For The Purposes Of The Aircraft Systems Effectiveness Studies, "Machines, Technologies, Materials", Issue 8-9, 2008
- [4] Mather Airport Continuous Descent Approach, Noise Analysis Report, ESA/205117, November 2006
- [5] Clarke J.P., J. Brown, K. Elmer and others, Continuous Descent Approach Flight Test Demonstration at Louisevill International Airport, Report No. ICAT-2003-1
- [6] Aeronautical Information Publication, Civil Aviation Administration, Republic of Bulgaria, 2007
- [7] Airbus, A318/A319/A320/A321 Flight Crew Operating Manual

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF CONTINUOUS DESCENT APPROACH (CDA) ON THE FUEL CONSUMPTION OF TRANSPORT CATEGORY JET AIRPLANES

MIHAIL KOVATCHEV
Bulgaria Air, Bulgaria

NADYA LAKOVSKA
Privet College of Transportation -Sofia, Bulgaria

VLADIMIR SERBEZOV
Department of Air Transport, Faculty of Transport, Technical University, Sofia, Bulgaria

Abstract:

This work is a part of a more comprehensive study on the environmental effects of the Continuous Descent Approach (CDA) method of aircraft descent and landing if implemented at Sofia airport. A quantitative estimation of the fuel saving in case of CDA compared with conventional approaches for Airbus A319 is performed. The results are obtained by statistical assessment of flight data records, mathematical modeling of the flight and calculations with the aircraft specialized software.