

УДК 665.753(045)

UDC 665.753(045)

АНТИДЕТОНАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ АВІАЦІЙНИХ БЕНЗИНІВ І СПОСОБИ ЇХ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Бойченко С.В., доктор технічних наук, Національний авіаційний університет, Київ, Україна
Кондакова О.Г., Національний авіаційний університет, Київ, Україна

ANTI-KNOCK RATING OF AVIATION GASOLINE AND WAYS OF PROVIDING

Boichenko S.V., Doctor of Technical Science, National Aviation University, Kyiv, Ukraine
Kondakova O.G., Postgraduate, National Aviation University, Kyiv, Ukraine

АНТИДЕТОНАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА АВИАЦИОННЫХ БЕНЗИНОВ И СПОСОБЫ ИХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Бойченко С.В., доктор технических наук, Национальный авиационный университет, Киев,
Украина
Кондакова О.Г., аспирант, Национальный авиационный университет, Киев, Украина

Вступ

Сьогодні основним джерелом отримання авіаційних бензинів залишається нафта. Вона представляє собою дуже складні, не схожі між собою за своїми властивостями і неоднорідні за хімічним складом речовини. Тому бензини є сумішами різних органічних речовин, що складаються в основному з молекул з п'ятьма, шістьма, сімома і вісьмома атомами вуглецю, які хімічно з'єднані або, як кажуть, насичені атомами водню. Кожне з цих з'єднань має індивідуальні властивості, що визначають якість палива.

При приготуванні авіаційних бензинів велику увагу приділяють процесу змішування різних вуглеводневих потоків з метою отримання високооктанових товарних палив, які відповідають вимогам відповідного стандарту. При приготуванні бензинів увага акцентується на поліпшенні основної експлуатаційної властивості палива, а саме детонаційної стійкості, чисельним еквівалентом якої є октанове число.

Аналіз літературних даних

Вивчення зв'язку між структурою вуглеводнів та їх антидетонаційними властивостями розпочалося з 1921 р. і триває до сьогодні. Накопичені знання дозволяють виявити наступні закономірності:

- зі збільшенням числа вуглецевих атомів в ланцюгу нормальних парафінових вуглеводнів їх детонаційна стійкість погіршується. При переході від нормальної до ізомерної структури вуглеводнів детонаційна стійкість покращується. Однак зі збільшенням числа вуглецевих атомів в прямому ланцюзі молекул ізопарафінових вуглеводнів його антидетонаційні властивості погіршуються. Збільшення ступеня розгалуженості молекули, компактне і симетричне розташування металічних груп і наближення їх до центру молекули сприяє підвищенню детонаційної стійкості ізопарафінових вуглеводнів.

- детонаційна стійкість олефінів зростає зі зменшенням довжини ланцюга, збільшенням ступеня розгалуженості і підвищенням компактності молекули. Кращі антидетонаційні властивості мають ті олефіни, у яких подвійний зв'язок розташовується ближче до центру вуглецевого ланцюжка.

- детонаційна стійкість ароматичних вуглеводнів покращується зі зменшення довжини бічного ланцюга і підвищенням його розгалуженості. До такого ж ефекту призводить поява в бічних ланцюгах подвійних зв'язків і симетричне розташування алкільних груп [1].

Ненасичені вуглеводні мають найбільшу чутливість до режиму роботи двигуна, а парафінові - найменшу. Підвищення температурного режиму двигуна викликає зниження детонаційної стійкості майже всіх вуглеводнів. Однак найменш чутливими до зміни температури є парафінові вуглеводні.

Вплив зміни швидкості обертання колінчастого валу на детонаційну стійкість вуглеводнів залежить від температурного режиму двигуна, класу вуглеводнів і їх детонаційної стійкості. При збільшенні числа обертів детонаційна стійкість низькооктанових парафінів підвищується, а низько

октанових нафтенів і олефінів знижується. При підвищенні температури вплив зміни швидкості обертання колінчастого валу зменшується.

Високооктанові моноолефінові вуглеводні володіють дуже високою чутливістю. Вона знижується зі зменшенням октанових чисел і стає негативною. Дієни володіють зворотною залежністю чутливості від детонаційної стійкості.

Дещо менше, ніж у олефінів, чутливість ароматичних вуглеводнів. Оскільки в авіаційних бензинах використовується обмежена група ароматичних вуглеводнів, можна вважати їх чутливість приблизно постійною.

Нафтеніві вуглеводні мають високу чутливість. Збільшення довжини бічного ланцюга викликає незначне її зниження. Розгалуження бічного ланцюга мало впливає на її значення.

Антидетонаційні властивості авіаційних бензинів та їх компонентів практично повністю обумовлюються кількістю і будовою вуглеводнів [2].

Сучасні авіаційні бензини готують шляхом компаундування компонентів бензинових фракцій прямої перегонки, каталітичного крекінгу та риформінгу (базові бензини) з високооктановими компонентами та присадками. До високооктанових компонентів належать: індивідуальні вуглеводні ізобудови (ізопентан, ізооктан). Продукти алкілювання ізобутану і бензолу ненасиченими вуглеводнями (алкілбензини та алкілбензоли).

Бензини прямої перегонки сірчистих нафт мають октанові числа в межах 40-50. Лише з окремих «добірних» нафт можна отримати бензини прямої перегонки з октановим числом близько 70.

Октанові числа бензинів термічного крекінгу знаходяться в межах 64-70 і залежать від якості сировини і температурного режиму крекінгу.

Бензини термічного риформінгу мають більш високі октанові числа, ніж бензини термічного крекінгу. Однак підвищення октанового числа призводить до погіршення ряду інших експлуатаційних властивостей

Крім перерахованих вище «базових» бензинів для приготування товарних палив використовують ряд інших високооктанових компонентів.

З використанням довідкової та наукової літератури було створено базу даних [3] по октанових числах. Значення октанових чисел по дослідницькому (ОЧЕМ) і моторного методам (ОЧММ) вуглеводнів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Сукупна база даних по октановим числам [3]

Алкани	ОЧЕМ	ОЧММ	Циклоалкани	ОЧЕМ	ОЧММ
Пропан	105,7	100	Циклопентан	100	84
Н-бутан	93,6	90,1	Циклогексан	83,0	77,2
Н-пентан	61,7	61,9	Метилциклопентан	91,3	80
Н-гексан	24,8	26	Метилциклогексан	74,8	71,1
Н-гептан	0	0	Етилциклопентан	67,2	61,2
Н-бутан	102	97,6	Диметилциклопентани (центр)	107,8*	103,2*
Н-пентан	92,3	90,3	Диметилциклопентани (крайн.)	92*	84*
Монометилпентани	73,9	74	Етилциклогексан	46,5	40,8
2,2-диметилбутан	91,8	93,4	Диметилциклогексани (центр)	80,9	78,6
2,3-диметилбутан	105,8	94,3	Диметилциклогексани (крайн.)	69	64
2-метилгексан	42,4	46,4	Триметилциклопентани	122,6*	105,5*
3-метилгексан	52	55	Н-пропілциклопентан	31,2	28,1
3-етилпентан	65	69,3	С ₈ нафтени	55	50
2,4-диметилпентан	83,1	83,8	Н-пропілциклогексан	17,8	14
2,3-диметилпентан	91,1	88,5	Ізопропілциклогексан	62,8	61,1
2,2-диметилпентан	92,8	95,6	Ізобутилциклопентан	33,4	28,2
3,3-диметилпентан	80,8	86,6	С ₉₊ нафтени	35	30
2,2,3-триметилбутан	112,1	101,1	Триметилциклогексани	81,3	82,6
2-метилгептан	21,7	23,8	Ароматика		
3-метилгептан	26,8	35	Бензол	113,0	111,6
4-метилгептан	26,7	39	Толуол	115,7	102,1

Продовження таблиці 1

3-етилгексан	33,5	52,4	О-ксилол	115	111
2,5-диметилгексан	55,5	55,7	П-ксилол	115	111
2,4-диметилгексан	65,2	69,9	М-ксилол	115	111
2,3-диметилгексан	71,3	78,9	Етилбензол	106	97,9
3,4-диметилгексан	76,3	81,7	Н-пропілбензол	105,1	98,7
2,2-диметилгексан	72,5	77,4	Ізопропілбензол	110	99,3
3,3-диметилгексан	75,5	83,4	1-метил-3-етилбензол	109	100
3-етил-2метилпентан	87,3	88,1	Ароматика C ₉	110	101
3-етил-3метилпентан	80	88,7	Ароматика C ₁₀	109	98
2,3,4-триметилпентан	102,7	95,9	Ароматика C ₁₁	105	94
2,2,4-триметилпентан	100	100	Ароматика C ₁₂	102	90
2,2,3-триметилпентан	109,6	99,9	Олефіни		
2,3,3-триметилпентан	106,1	99,4	Н-бутен	98,7	82,1
2,2,3,3-тетрабутан	137	117	Н-пентен	90	77,2
Монометилпентани	15	22,3	І-пентен	103	82
Диметилпентани (центр)	64	64	Циклопентен	93,3	69,7
Диметилпентани (крайн)	41	41	Н-гексен	90	80
Триметилгексан	100	93	І-гексен	100	83
Тетраметилпентан	116	116	C ₆ циклоалкени	95	80
Монометилнонан	10	10	C ₇ алкени	90	78
Триметилгептан	95	87	C ₈ алкени	90	77

Для приготування товарних бензинів використовують низько киплячі вуглеводні, виділені з продуктів прямої перегонки або вторинних процесів, а також ті, що не вступили в реакції при процесах алкілування або полімеризації (відпрацьовані бутан-бутиленова, пентан-аміленова фракції і т. д.).

Всі інші високооктанові компоненти бензинів отримують за допомогою трьох основних реакцій:

- полімеризацією олефінових вуглеводнів (полімербензин);
- алкілюванням олефінових і ізопарафінових або ароматичних вуглеводнів (алкілат, алкілбензол),
- ізомеризацією вуглеводнів, що містять п'ять або шість атомів вуглецю (ізомеризат).

Співвідношення компонентів в авіаційних бензинах визначається вимогами до їх якості і можливостями нафтопереробного заводу.

При змішуванні різних компонентів бензинів слід враховувати, що детонаційна стійкість суміші не є адитивною властивістю. Октанове число компонента в ній може відрізнитися від октанового числа цього компонента в чистому вигляді. Кожен компонент має свою змішувальну характеристику або, як прийнято називати, октанове число змішання. [2] Оскільки октанового числа отриманої суміші не завжди достатньо для сучасної техніки до товарних бензинів окрім базових компонентів також вводяться октанопідвищуючі присадки.

На сьогоднішній день існує величезна кількість різноманітних присадок для підвищення октанового числа бензину. У загальному можна розділити октанові присадки на шкідливі і умовно рекомендовані:

1. Тетраетилсвинець підвищує потужність, знижує рівень шуму роботи двигуна і кількість диму з вихлопної труби, а також пригнічує детонацію в двигуні. Але при цьому «етил» є найсильнішим канцерогеном для людини. Потрапляючи через дихальні шляхи він здатний викликати сильне отруєння, інвалідність і смерть.

2. Нафталін також здатний підвищити октанове число на 3-4 одиниці, але при тривалому використанні він кристалізується і забиває всю систему подачі палива. При згорянні нафталін залишає велику кількість нагару, збільшуючи обсяг шкідливих вихлопів.

3. При додаванні марганцю можна збільшити октанове число на 3-6 одиниць. Однак при його використанні свічки і нейтралізатори приходять в непридатність, а з труби починає виходити дим сизого кольору.

4. Використання бензолу і толуолу призводить до підвищення октанового числа до 10%. Ці речовини є дуже сильними розчинниками, тому активне їх використання призводить до якнайшвидшої корозії паливної системи, а також до знищення всіх еластичних деталей і прокладок двигуна.

5. Ферроцен здатний збільшити октанове число на 5 одиниць, але при його використанні на свічках запалювання з'являється червоний нагар, що знижує ресурс мотора.

6. Метилтретбутиловий ефір (МТБЕ) у правильних пропорціях корисний для двигуна, але при збільшенні його концентрації зростає кількість оксидів азоту і знижується потужність, а також він сприяє швидкій корозії паливної системи і роз'їданню ущільнювачів в ній.

7. Монометиланіліни в кількості до 1,3% корисний для двигуна так, як знижує детонацію. Якщо ж концентрацію збільшити, то при згорянні палива на клапанах утворюється нагар, що веде до погіршення їх роботи.

8. Метилбутиловий ефір (ацетон), в малих дозах ніяк не шкодить автомобілю, але при надлишку значно знижує октанове число і сприяє утворенню шкідливих речовин [4].

9. Сьогодні один з напрямів розширення виробництва високооктанових неетилованих бензинів – застосування кисневмісних компонентів (оксигенатів) – спиртів. Додавання оксигенатів підвищує детонаційну стійкість, особливо легких фракцій, повноту згорання бензину, знижує витрату палива і зменшує токсичність вихлопних газів. Рекомендована концентрація оксигенатів в бензинах становить 3-15% [5] і вибирається з таким розрахунком, щоб вміст кисню в паливі не перевищувало 2,7%. Встановлено, що така кількість оксигенатів, незважаючи на їх більш низьку в порівнянні з бензином теплотворну здатність, не чинять негативного впливу на потужнісні характеристики двигуна. Дані по октановим числам оксигенатів наведено нижче.

Таблиця 2 – Октанові числа оксигенатів [3]

Оксигенати	ОЧЕМ	ОЧММ
Метанол	111	94
Етанол	108	92,9
Ізопропанол	122	98
Ізобутанол	105	92
Третбутанол	109	94
Метил-трет-бутиловий ефір	115,2	97,2
Метил-трет-аміловий ефір	115	98
Диізопропіловий ефір	110	100

Використання суміші присадок дозволяє або просумувати антидетонаційні ефекти (0), або використати синергізм дії (+) присадок різних типів (взаємне посилення ефективності). У деяких випадках, однак, спостерігається несумісність (-) присадок: сумарний Антидетонаційна ефект виявляється менше очікуваного (табл. 3) [5].

Таблиця 3 – Використання суміші присадок

	Свинець	Залізо	Марганець	Аміни	Оксигенати
Свинець	x	-	-	+	+
Залізо	-	x	-	+	-
Марганець	-	-	x	+	0
Аміни	+	+	+	x	+
Оксигенати	+	-	0	+	x

Концентрації майже всіх антидетонаторів в товарних бензинах з різних причин обмежені, і, отже, обмежений максимальний приріст ОЧ. Крім того, залежність підвищення ОЧ від концентрації антидетонатора нелінійна, і для кожної присадки є максимальна концентрація, збільшувати яку недоцільно (таб. 4).

Таблиця 4 – Концентрації антидетонаторів в бензинах

Тип добавки або присадки	Обмеження концентрації	Причина обмеження	Макс.приріст ОЧ
Оксигенати	15%	Відносно низька теплота згоряння і висока агресивність по відношенню до гум	4-6
Свинець-вмісні	0,17 г Pb/л	Високий рівень токсичності та нагароутворення в камері згорання	8
Марганець-вмісні	50 мг Mn/л	Підвищене зношування і нагароутворення на свічках запалювання і в камері згорання	5-6
Залізо-вмісні	38 мг Fe/л		3-4
Ароматичні аміни	1-1,3%	Окислення деталей двигуна і паливної системи. Збільшення зносу деталей циліндро-поршневої групи	6

На базі вищевказаних антидетонаторів створюються присадки в різних концентраціях і композиціях, які виробляються на підставі ТУ і допускаються до застосування Міжвідомчою комісією після проведення відповідних випробувань.

Висновки

В даний час основними марками авіаційних бензинів, що використовуються в світі, є Avgas 80, Avgas 100LL і Avgas 100, які відповідають вимогам ASTM D 910 та Def Stan 91-90 Issue 3. Вітчизняна нафтопереробна промисловість до останнього часу виробляла авіаційні бензини марок: Б-95/130, Б-91/115, Б-92. Для забезпечення необхідних антидетонаційних властивостей, перераховані вище бензини, у своєму складі містять тетраетилсвинець, який на сьогодні заборонено використовувати, у зв'язку з його високою токсичністю.

Однак останнім часом ми спостерігаємо збільшення попиту на високооктановий авіаційний бензин, заборона на етилований, вигідність і доступність модифікації, постійно розширює асортимент бензинів і їх виробників.

В світі споживання високооктанових товарних бензинів сьогодні досягло 1 млрд. тонн в рік. Тому виробництво бензинів, що відповідають сучасним екологічним та експлуатаційним вимогам, є однією з основних задач сучасної хімічної технології.

Оскільки до складу бензинів входить велика кількість вуглеводнів різної будови, досягнення бажаних антидетонаційних характеристик ускладнюється. Більш того, значною трудністю при розрахунку процесу компаундування є те, що детонаційна стійкість не є адитивною властивістю. Тобто сума октановим чисел окремих компонентів, що входять до складу бензину значно відрізняється від результуючого октанового числа змішання потоку. Ця різниця може бути дуже істотною і досягати 20 одиниць.

Тому для створення нових екологічних палив потрібно проводити низку експериментальних досліджень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Д. Петров О бензине / Петров Д. // Авиация общего назначения. – Харьков: ООО «Научно-технический центр авиации общего назначения», 2004. — Вип. 5. Режим доступа: <http://www.aviajournal.com/arhiv/2004/05/02.html>
2. Антидетонационные свойства бензинов и их компонентов: [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://additive.spb.ru/antidet-copm.html>.
3. Разработка базы данных по октановым числам для математической модели процесса компаундирования товарных бензинов / Смышляева Ю.А., Иванчина Э.Д., Кравцов А.В., Зыонг Ч.Т., Фан Ф. // Известия Томского политехнического университета, 2011. — Т. 318. № 3.
4. Присадки для повышения октанового числа бензина: [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://propriisadki.ru/stati-o-prisadkakh/prisadki-dlya-povysheniya-oktanovogo-chisla-benzina>.
5. Данилов А.М. Применение присадок в топливах для автомобилей: Справ. изд. / А.М. Данилов. – М.: Химия, 2000. – 232 с.: ил.
6. Октановое число смешения ароматических углеводородов в товарных бензинах. / А.Ф. Ахметов, А.Р. Гайсина, А.В. Ганцев, Д.В. Ганцев // Нефтегазовое дело. – Уфа: УГНТУ, 2011. — № 9 (3).

REFERENCES

1. D. Petrov About gasolines / Petrov D. // General aviation. – Kharkov: ООО «Nauchno-tekhnicheskiy tsentr avyatsyy obshcheho naznacheniya», 2004. — Vyp. 5. Access mode: <http://www.aviajournal.com/arhiv/2004/05/02.html>
2. Antiknock properties of gasoline and components: [Electronic resource]. – Access mode: <http://additive.spb.ru/antidet-copm.html>.
3. Development of data base on the octane number of a mathematical model of the process of compounding of commercial gasoline / Smyshliaeva Iu.A., Yvanchyna E.D., Kravtsov A.V., Zuonh Ch.T., Fan F. // Yzvestyia Tomskoho polytekhnicheskoho unyversyteta, 2011. — T. 318. № 3.
4. Additives to improve the octane number of gasoline: [Electronic resource]. – Access mode: <http://propriasadki.ru/stati-o-prisadkakh/prisadki-dlya-povysheniya-oktanovogo-chisla-benzina>.
5. Danylov A.M. Application of additives in fuels for vehicles: Sprav. izd. / A.M. Danylov. – M.: Khymyia, 2000. – 232 s.: yl.
6. The octane number of blending aromatic hydrocarbons in commercial gasoline. / A.F. Akhmetov, A.R. Haisyna, A.V. Hantsev, D.V. Hantsev // Neftekhimicheskoe delo. – Ufa: UHNTU, 2011. — № 9 (3).

РЕФЕРАТ

С.В. Бойченко. Антидетонаційні властивості авіаційних бензинів і способи їх забезпечення / Бойченко С.В., Кондакова О.Г. // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2016. — Вип. 2 (35).

В даній статті розглянуто вплив компонентного складу авіаційних бензинів на їх антидетонаційні властивості. Проаналізовано зв'язок між структурою вуглеводнів та їх антидетонаційними властивостями. Розглянуто зміну октанових чисел окремих бензинових фракцій прямої перегонки, термічного крекінгу та риформінгу (базові бензини). Співвідношення даних компонентів в авіаційних бензинах визначається вимогами до їх якості і можливостями нафтопереробного заводу.

При приготуванні товарних бензинів слід пам'ятати, що детонаційна стійкість отриманої суміші не є адитивною властивістю. Октанове число компонента в ній може відрізнятися від октанового числа цього компонента в чистому вигляді. Кожен компонент має своє октанове число змішання. Саме тому до товарних бензинів додають октанопідвищуючі присадки.

Сьогодні один з напрямів розширення виробництва високооктанових неетилованих бензинів – застосування кисневмісних компонентів (оксигенатів) – спиртів. Додавання оксигенатів підвищує детонаційну стійкість, особливо легких фракцій, повноту згорання бензину, знижує витрату палива і зменшує токсичність вихлопних газів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВІАЦІЙНИЙ БЕНЗИН, АНТИДЕТОНАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ, ОКТАНОВЕ ЧИСЛО, ВУГЛЕВОДНІ, КОМПАУНДУВАННЯ, ПРИСАДКИ

ABSTRACT

Boichenko S.V., Kondakova O.G., Antiknock rating of aviation gasoline and ways of providing. Visnyk National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. – Kyiv. National Transport University, 2016. – Issue 2 (35).

In this article considers the impact of component aviation gasoline and its antiknock properties. Analyzed the connection between the structure of hydrocarbons and their anti-knock properties. Consider changing the octane number gasoline fractions of individual direct distillation, thermal cracking and reforming. Value for these components in aviation gasoline is determined by the requirements of the quality and possibilities refinery.

At preparation the gasoline product, remember that detonation stability of the mixture is not additive property. The octane number of the component it may differ from the octane number of the component in pure form. Each component has its octane blending. For this reason product gasoline added additive.

Today, one of the directions to expand production high octane unleaded gasoline - the use of oxygen-containing components – alcohols. Adding oxygenates improves detonation stability especially light fractions, complete combustion of gasoline, reduces fuel consumption and reduces the toxicity of exhaust gases.

KEY WORDS: AVIATION GASOLINE, ANTIKNOCK RATING, OCTANE NUMBER, HYDROCARBONS, COMPOUNDING, ADDITIVES

РЕФЕРАТ

С.В. Бойченко. Антдетонационные свойства авиационных бензинов и способы их обеспечения / Бойченко С.В., Кондакова А.Г. // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2016. — Вып. 2 (35).

В данной статье рассмотрено влияние компонентного состава авиационных бензинов и их антдетонационные свойства. Проанализирована связь между структурой углеводородов и их антдетонационными свойствами. Рассмотрено изменение октановых чисел отдельных бензиновых фракций прямой перегонки, термического крекинга и риформинга (базовые бензины). Соотношение данных компонентов в авиационных бензинах определяется требованиями к их качеству и возможностями нефтеперерабатывающего завода.

При приготовлении товарных бензинов следует помнить, что детонационная стойкость полученной смеси не является аддитивным свойством. Октановое число компонента в ней может отличаться от октанового числа этого компонента в чистом виде. Каждый компонент имеет свое октановое число смешения. Именно поэтому к товарным бензинам добавляют октаноповышающих присадки.

Сегодня одним из направлений расширения производства высокооктановых неэтилированных бензин является применение кислородсодержащих компонентов (оксигенатив) - спиртов. Добавление оксигенатов повышает детонационную стойкость, особенно легких фракций, полноту сгорания бензина, снижает расход топлива и уменьшает токсичность выхлопных газов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АВИАЦИОННЫЙ БЕНЗИН, АНТИДЕТОНАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА, ОКТАНОВОЕ ЧИСЛО, УГЛЕВОДОРОДЫ, КОМПАУНДИРОВАНИЕ, ПРИСАДКИ

АВТОРИ:

Бойченко С.В., доктор технічних наук, професор кафедри екології, Національного авіаційного університету, e-mail: chemmotology@ukr.net, Україна, 03058, Київ, пр. Космонавта Комарова, 1.

Кондакова О.Г., аспірант кафедри екології, Національного авіаційного університету, e-mail: izabellac@mail.ru, Україна, 03058, Київ, пр. Космонавта Комарова, 1.

АВТОРЫ:

Бойченко С.В., доктор технических наук, профессор кафедры экологии, Национального авиационного университета, e-mail: chemmotology@ukr.net, Украина, 03058, Киев, пр. Космонавта Комарова, 1.

Кондакова О.Г., аспирант кафедры экологии, Национального авиационного университета, e-mail: izabellac@mail.ru, Украина, 03058, Киев, пр. Космонавта Комарова, 1.

AUTHORS:

Boichenko S.V., Dr. Sc., professor, National Aviation University, e-mail: chemmotology@ukr.net, Ukraine, 03058, Kyiv, Kosmonavta Komarova 1.

Kondakova O.G., Postgraduate of the Ecology Department, National Aviation University, e-mail: izabellac@mail.ru, Ukraine, 03058, Kyiv, Kosmonavta Komarova 1.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Черняк Л. М., кандидат технічних наук, доцент кафедри екології, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

Матейчик В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Chernyak L.M. Ph.D in Technical Science, Associate Professor of Department of Ecology, National Aviation University, Kyiv, Ukraine.

Mateichyk V.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Professor of Department of Ecology and Safety of Vital Functions, Kyiv, Ukraine.