

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Аблєєв Олексій Германович

УДК 661.938.2.004

**ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ УТИЛІЗАЦІЇ НЕКОНДИЦІЙНИХ
ПРОДУКТІВ ВІЙСЬКОВО-ПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ**

21.06.01– екологічна безпека

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Суми – 2014

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі прикладної екології Сумського державного університету Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник –

кандидат технічних наук, с.н.с.
Вакал Сергій Васильович,
Сумський державний університет
Міністерства освіти і науки України.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, с.н.с.
Азаров Сергій Іванович,
Інститут ядерних досліджень
НАН України (м. Київ),
завідувач сектору загальної та радіаційної безпеки;

кандидат технічних наук, доцент
Шестозуб Анатолій Борисович,
Дніпродзержинський державний технічний
університет
Міністерства освіти і науки України,
доцент кафедри технології неорганічних речовин.

Захист відбудеться 26 вересня 2014 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 55.051.04 у Сумському державному університеті за адресою: 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2, корп. Ц, ауд. 204.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Сумського державного університету за адресою: 40007, Україна, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2.

Автореферат розісланий «26» серпня 2014 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради



Л. Л. Гурець

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Запобігання екологічним ризикам, що виникають у військово-промисловому комплексі (ВПК) внаслідок аварійних ситуацій при зберіганні азотнокислих окисників, та ймовірним при цьому загрозам здоров'ю та життю людей є невідкладним на сьогодні завданням. Адже забезпечення екологічної безпеки та підтримання екологічної рівноваги є конституційним обов'язком держави. Тому існує першочергова необхідність упровадження заходів, які забезпечать зменшення шкідливих токсичних викидів при зберіганні та використанні окисників ракетного палива – азотнокислого окисника (АО) – меланжу.

Проблема перероблення азотнокислотних окиснювачів висвітлюється у працях таких провідних фахівців: Созонтова В. Г., Казакова В. В., Гриня Г. І., Шестозуба А. Б., Wolfgang P.W. Spura та ін. Серед перспективних напрямків утилізації токсичного окиснювача є способи його перероблення з метою отримання цінних продуктів, таких, як азотна (нітратна) кислота та азотні добрива. Для реалізації цих методів необхідне громіздке апаратурне оформлення і транспортування меланжу до місць його утилізації, що збільшує ризик виникнення екологічної небезпеки внаслідок аварійної ситуації.

Вирішення цієї проблеми вимагає впровадження екологічно безпечних, ефективних і водночас економічно доцільних технологій із застосуванням мобільної установки для утилізації окисників. Вони дозволять ефективно і безпечно використовувати токсичні компоненти ракетного палива.

Виходячи з актуальності окресленої проблеми, цю роботу присвячено підвищенню рівня екологічної безпеки за рахунок розроблення і впровадження технології утилізації окисника ракетного палива з отриманням цінних продуктів – азотної кислоти та азотних добрив – при використанні екологічно безпечних процесів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася відповідно до «Державної цільової програми утилізації компонентів рідкого ракетного палива на 2010–2014 роки» (Постанова Кабінету Міністрів України від 29.09.2010, № 874) та відповідно до плану науково-дослідних робіт кафедри прикладної екології Сумського державного університету, пов'язаних із тематикою «Розроблення шляхів поліпшення екологічної ситуації міст і промислових зон» згідно з науково-технічною програмою Міністерства освіти і науки України (№ держреєстрації 0111U006335).

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – підвищення рівня екологічної безпеки за рахунок розроблення технології утилізації окисника ракетного палива шляхом перероблення його в азотне добриво з використанням екологічно безпечних процесів.

Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати стан екологічної безпеки під час перероблення окисників ракетного палива різними способами;
- дослідити особливості взаємодії в системі «окисник – розчин карбаміду», встановити кінетичні, гідродинамічні й термодинамічні закономірності процесу, а також їх вплив на вихід цільового продукту – азотної кислоти та азотних добрив – для

реалізації екологічно безпечної технології перероблення азотнокислих окисників (АО) у мінеральне добриво;

– дослідити вплив гідродинамічних умов перемішування для реактора ідеального змішування у системі реакційного середовища «розчин карбаміду – окисник» та встановити оптимальний режим роботи апарата-змішувача;

– на основі інженерно-технічного розрахунку визначити оптимальні робочі параметри реактора, що забезпечить якість процесу відповідно до діючих екологічних нормативів та максимального виходу продукту реакції;

– розробити технологічну схему утилізації азотнокислого окисника (АО) шляхом перероблення його в азотне мінеральне добриво, що відповідає державним стандартам якості та вимогам екологічної безпеки. Оцінити ступінь екологічної та економічної доцільності виробництва такого добрива;

– проаналізувати можливу небезпеку при аварійних ситуаціях у місцях зберігання окисника та екологічні ризики під час перероблення його в мінеральне добриво за розробленою технологією.

Об'єкт дослідження – вплив на навколишнє середовище некондиційних окисників ракетного палива, що потребують утилізації.

Предмет дослідження – закономірності процесу екологічно безпечної утилізації окисників ракетного палива.

Методи дослідження. Теоретичні аспекти дисертаційної роботи базуються на фізико-хімічному й математичному моделюванні досліджуваних процесів. Аналіз вмісту азотної кислоти у розчинах проводили методами рН-метрії та титриметричним методом. Для характеристики азотнокислих окисників ракетного палива використовували редоксометрію та газову хроматографію для продуктів перероблення.

Метод багатофакторного експерименту використовувався для оцінювання впливу відхилень основних факторів на процес перероблення азотнокислих окисників. Обробку експериментальних даних та ідентифікацію виконаних експериментів існуючим теоретичним моделям здійснювали за допомогою комп'ютерної техніки, використовуючи пакет програм Microsoft Excel, Harvard ChartXL 3.0, ALOHA® 5.4.4, що разом з вищенаведеними методами аналізу дало змогу коректно обґрунтувати основні теоретичні положення та висновки.

Наукова новизна одержаних результатів. З метою підвищення рівня екологічної безпеки на основі виконаних теоретичних досліджень та експериментальних даних процесів взаємодії компонентів азотнокислого окисника розчинами карбаміду отримано та сформульовано такі результати:

– уперше експериментально визначені умови екологічно безпечного вилучення токсичного діоксиду нітрогену та його димеру – N_2O_4 тетраоксиду динітрогену з азотнокислих окисників у розчинах карбаміду, а також встановлено кінетичні та термодинамічні особливості взаємодії цих речовин;

– експериментально встановлені гідродинамічні особливості процесів взаємодії компонентів азотнокислого окисника (АО) з водними розчинами, і запропонована методика інженерного розрахунку раціональних робочих параметрів реактора в умовах ідеального змішування, яка дозволяє розрахувати режимні параметри

реактора для досягнення максимального виходу продукту реакції, що відповідає екологічним нормативам;

– здійснена оцінка ризиків, можливих при аварійних ситуаціях у місцях зберігання окисника, та міри негативного впливу на навколишнє середовище при перероблення компонентів азотнокислих окисників відповідно до розробленої технології.

Практичне значення отриманих результатів. На основі отриманих результатів досліджень розроблено апаратурно-технологічну схему процесу екологічно безпечної технології утилізації компонентів азотнокислого окисника шляхом перероблення його в мінеральне азотне добриво. Проведено дослідно-промислові випробування технології перероблення токсичних компонентів окисника в мінеральне добриво «Добриво азотне рідке (КАС)». Результати дисертаційної роботи впроваджені на Державному підприємстві “Сумський державний науково-дослідний інститут мінеральних добрив та пігментів”. Акт впровадження від 14 квітня 2013 року. Підтверджена повна екологічна безпека одержаного продукту Інститутом екологієни і токсикології ім. Л. І. Медведя. Розрахований економічний ефект упровадження технології утилізації меланжу за запропонованою схемою з урахуванням капітальних витрат на впровадження становить 7 850 000 грн. При цьому термін окупності умовних капітальних витрат на впровадження становить 5,3 місяця.

Особистий внесок здобувача полягає у проведенні експериментальних досліджень, обробці отриманих результатів та їх аналізі; встановленні впливу різних чинників на ефективність процесу взаємодії в системі «окисник – водні розчини карбаміду»; знаходженні кінетичних, термодинамічних, гідродинамічних залежностей з метою прогнозування технологічних аспектів даного процесу та його апаратурного оформлення; проведенні ідентифікації експериментальних даних теоретичним моделям; розробленні апаратурно-технологічної схеми процесу перероблення окисника в рідке азотне мінеральне добриво (КАС); оцінці орієнтовного екологічного ризику при застосуванні нової технології перероблення окисника; формулюванні основних положень та висновків.

Вибір теми дисертаційної роботи, постановку завдань дослідження, обговорення отриманих результатів було проведено разом із науковим керівником кандидатом технічних наук, старш. наук. співроб. Вакалом С. В.

Внесок автора у роботах, опублікованих у співавторстві, наведений у списку праць за темою дисертації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на 8 конференціях: щорічній науково-технічній конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів факультету технічних систем та енергоефективних технологій «Сучасні технології в промисловому виробництві» у Сумському державному університеті (Суми, 2011–2013 рр.); LXVIII науковій конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету в Національному транспортному університеті (Київ, 2012 р.); VII Міжнародній науково-практичній конференції «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення» в Українському науково-дослідному інституті екологічних

проблем (Алушта, 2011р.); II Міжнародній Казахстансько-Російській конференції з хімії та хімічної технології, присвяченої 40-річчю КарДУ імені академіка Е. А. Букетова (Караганда, 2012 р.); II Всеросійській науково-практичній конференції з міжнародною участю «Проблеми безпеки та захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій» (Уфа, 2012 р.); Міжнародній конференції «Цілі збалансованого розвитку для України» (Київ, 2013 р.).

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 15 наукових праць, у т. ч. 8 статей, із них 4 статті – у фахових виданнях із переліку МОН України, 2 статті – в закордонних виданнях, 2 статті – у збірниках статей, 1 патент на корисну модель, 6 матеріалів конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Матеріали дисертаційної роботи викладені на 151 сторінці загального тексту, включаючи 20 таблиць та 24 рисунки, 156 найменувань списку використаних джерел на 17 сторінках та 6 додатків на 6 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету, завдання досліджень, представлено наукову новизну, практичну цінність отриманих результатів, а також особистий внесок здобувача.

Перший розділ присвячений огляду екологічної проблематики накопичення та утилізації токсичного відходу ВПК – окисника ракетного палива. Аналіз літературних джерел та існуючого міжнародного досвіду роботи ОБСЄ та НАТО з утилізації та перероблення відходів ВПК показав, що на цей час в Україні залишається невирішеним завдання екологічно безпечної утилізації компонентів рідкого ракетного палива – азотнокислого окисника – меланжу. Відсутність технології утилізації АО призводить до виникнення небезпеки забруднення навколишнього середовища в місцях зберігання окисника. Ємності, де зберігається меланж, є хімічно небезпечними об'єктами, а його компоненти є токсичними і належать до речовин II класу небезпеки. Наведені в розділі дані відображають високий ступінь небезпеки для людини, що виникає при потраплянні компонентів окисника в навколишнє середовище. Аварії на цих об'єктах чи їх руйнування можуть призвести до загибелі та хімічного ураження людей, сільськогосподарських тварин і рослин, а також до хімічного забруднення навколишнього природного середовища. Показано, що перероблення токсичних компонентів окисника в кислоту є складним фізико-хімічним процесом, який залежить від таких параметрів: перемішування, концентрацій компонентів і температури.

Для зниження рівня екологічної небезпеки необхідно вирішити завдання утилізації та перероблення меланжу шляхом створення екологічно безпечної технології з отриманням цінних продуктів, таких, як нітратна (азотна) кислота та азотні добрива. В її основу покладена взаємодія рідких оксидів нітрогену, що містить меланж, з розчинами карбаміду.

У другому розділі описані об'єкт та методи дослідження, методики проведення експериментів і математичні методи обробки отриманих результатів.

Для проведення досліджень використовували азотнокислий окиснювач «Меланж» (IRFNA – inhibited redfuming nitric acid).

Таблиця 1 – Характеристика та хімічний склад окисників

Характеристика	ЧДАК – окисник 1	БДАК – окисник 2
Колір	Бурий	Світло-жовтий
Густина при 22 °С, кг/м ³	1560–1570	1511–1525
В'язкість при 22 °С, мПа·с	1,37	0,86
Температура, °С:		
кипіння	66	86
кристалізації	–49	–43
Тиск насичених парів, кПа	230	58,7
Теплоємність при 37,8 °С, кДж/(кг·К)	1,775	1,771
Хімічний склад		
HNO ₃ , %	75	85
N ₂ O ₄ , %	22–23	13–15
H ₂ O, %	1-2	2
Інші, %	1	1

Як бачимо з даних, наведених у таблиці 1, зразки окисників, що використовувалися для проведення експериментів, відрізнялися за вмістом азотної кислоти та оксидів азоту і за тиском насичених парів. Вміст інших компонентів та води перебував майже на однаковому рівні.

Дослідження процесів, пов'язаних із переробленням АО на азотну кислоту, проводили у термостатованому апараті з мішалкою в періодичному режимі. Цей апарат складається із термостата зі скляним циліндричним реактором, в який заливали модельний розчин (водний розчин карбаміду різної концентрації) і додавали мірною піпеткою з дозатором певний об'єм окиснювача. Температуру підтримували на сталому рівні (275–313 К). Вимірювання об'єму газу здійснювали за допомогою газометра Ritter (тип TG-01). Також у розділі описані основні принципи підбору режимно-технологічних параметрів процесу перероблення окисника.

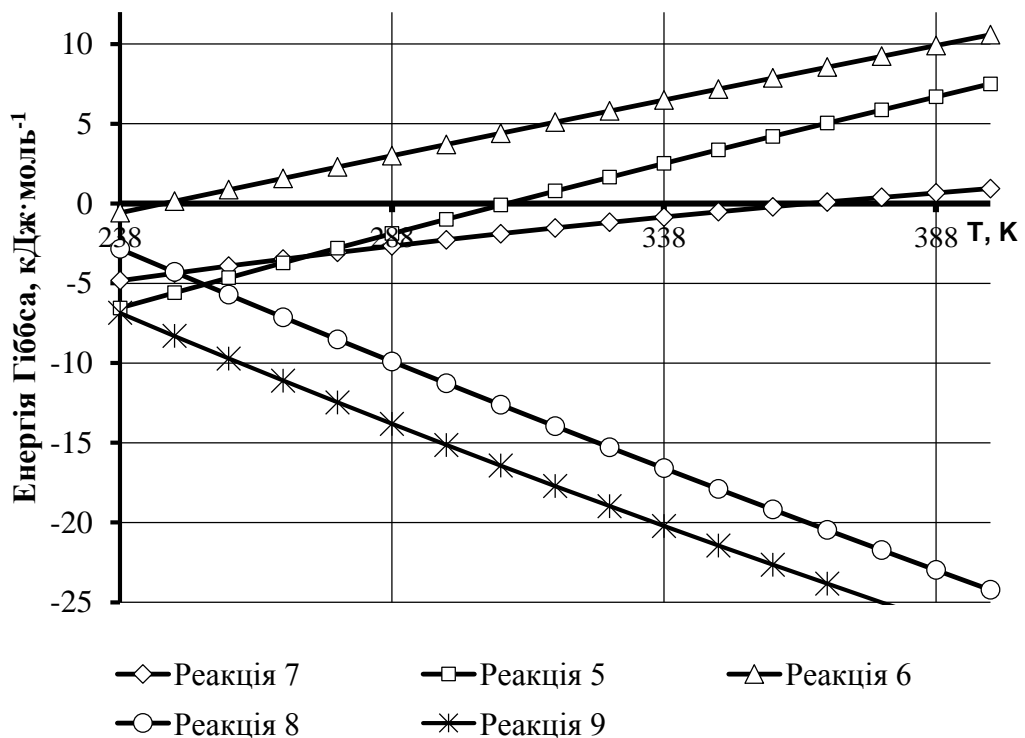
Третій розділ присвячений результатам теоретичних та експериментальних досліджень, спрямованих на встановлення механізму процесу взаємодії окисника з розчином карбаміду.

Теоретичні розрахунки термодинамічних характеристик можливих хімічних реакцій, що відбуваються за участі окисника ракетного палива та розчину карбаміду, проводили за стандартними методиками, в основу яких покладені закон Гесса та залежність Кірхгофа.

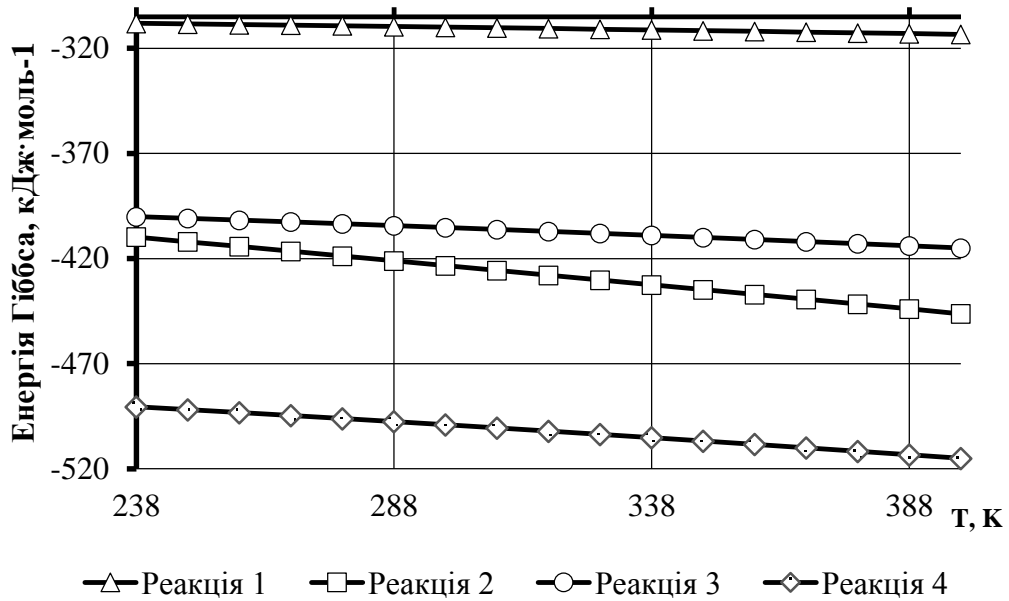
Таблиця 2 – Термодинамічні характеристики можливих реакцій, що відбуваються у системі

№	Рівняння можливих реакцій	ΔH°_T , (кДж/моль) на 1 моль NO_2	ΔS°_T , Дж/(моль К)	ΔG°_T , кДж/моль	ΔC°_p , Дж/ (моль К)
1	$6\text{NO} + 2(\text{NH}_2)_2\text{CO} = 5\text{N}_2 + 2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	-300,417	191,48	-1859,56	111,3
2	$2\text{N}_2\text{O}_4 + (\text{NH}_2)_2\text{CO} \rightarrow 2\text{N}_2 + \text{CO}_2 + 2\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	-355,47	455,79	-846,77	11,8
3	$\text{NO} + \text{NO}_2 + (\text{NH}_2)_2\text{CO} = 2\text{N}_2 + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	-378,25	181,43	-810,57	85,6
4	$6\text{NO}_2 + 4(\text{NH}_2)_2\text{CO} = 7\text{N}_2 + 4\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$	-454,533	897,12	-2994,54	402,31
5	$3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$	-27,6433	-268,39	-2,95	92
6	$2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HNO}_3 + \text{HNO}_2$	-17,24	-140,61	7,42	20,4
7	$3\text{HNO}_2 = \text{HNO}_3 + 2\text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	-13,69	-114,95	-6,81	122,8
8	$\text{N}_2\text{O}_4 \rightarrow 2\text{NO}_2$	29,21	271,7	-22,54	-82,9
9	$\text{N}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{HNO}_2$	11,97	131,09	-15,13	-62,5

За даними термодинамічними розрахунками, поданими в таблиці 2, можна визначити реакції, що за стандартних умов характеризуються зменшенням енергії Гіббса, тому їх проходження є цілком ймовірним.



а



б

Рисунок 1 – Зміна ізобарно-ізотермічного потенціалу прогнозованих реакцій залежно від температури: а – для реакцій між водою та компонентами окисника; б – для реакцій між карбамідом та компонентами окисника

До таких реакцій відносять (рис. 1) перетворення за участі карбаміду з оксидами нітрогену (реакції № 1, 2, 3, 4), реакцію між водою та оксидом нітрогену (№ 5), реакцію диспропорціонування нітратної кислоти (№ 7) та реакцію дисоціації тетраоксиду динітрогену (№ 8). Взаємодія оксиду нітрогену з водою, що відбувається з утворенням азотистої кислоти (реакція № 6) за стандартних умов, є малоїмовірною.

Тепловий ефект реакції, визначений експериментально ($\Delta H_{x.p.(\text{дослід.})} = -393$ кДж/моль), дозволив виділити найбільш ймовірні реакції № 2, 4. Доведено, що ці реакції відбуваються паралельно: одна – з утворенням продукту реакції – нітратної кислоти (реакція № 2), інша – з утворенням суміші нетоксичних газів (N_2 і CO_2) (реакція № 4). Цей факт підтверджений як на прикладі теплових ефектів реакцій, так і за газовиділенням у системі.

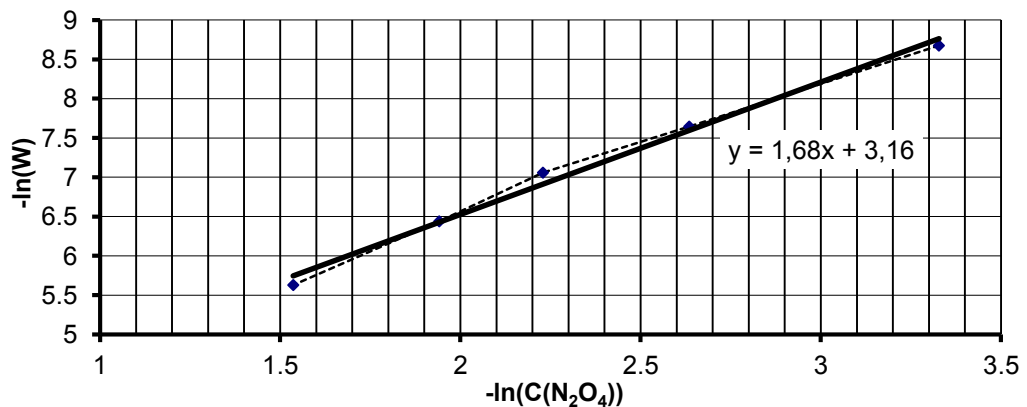


Рисунок 2 – Графік залежності швидкості реакції від концентрації тетраоксиду динітрогену для визначення порядку реакції

Визначені кінетичні характеристики процесу, а саме порядок реакції № (табл. 2), що становить 1,68.

Одержане при цьому кінетичне рівняння дає можливість розраховувати швидкість процесу взаємодії окисника з розчином карбаміду при різних концентраціях компонентів у системі. Для визначення температурної залежності швидкості реакції в системі «окисник – розчин карбаміду» застосовували рівняння Арреніуса та стандартну для цього методу експерименту. Розрахована енергія активації процесу $E_A = 12,12 \cdot 8,31 \cdot 1000 = 100,1$ кДж/моль підтверджує можливість проходження реакцій вже за низьких температур.

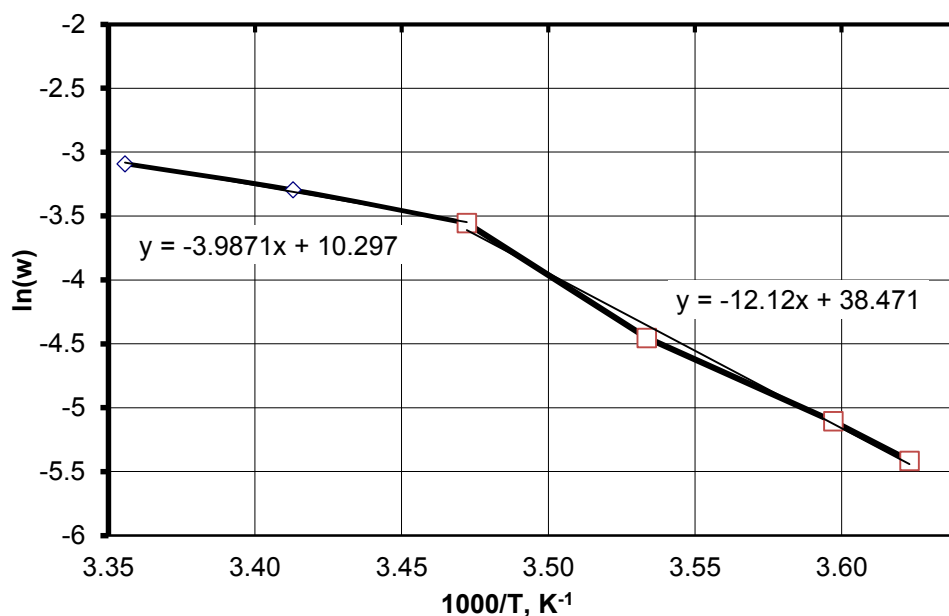


Рисунок 3 – Графік для визначення енергії активації хімічної реакції

Перегин на графіку (рис. 3) в інтервалі температур 288–293 К свідчить про те, що за низьких температур лімітуючою стадією є безпосередньо хімічна взаємодія, а при підвищенні температури – дифузійні процеси в розчині.

До параметрів, що впливають на хімічне перетворення тетраоксиду динітрогену N_2O_4 в кінцевий продукт – нітратну кислоту, належать концентрації компонентів окисника та розчину карбаміду, температура, гідродинамічні умови перемішування в реакторі тощо. Для знаходження оптимальних параметрів проведення процесу та розуміння його хімізму був здійснений аналіз експериментальних і теоретичних моделей. Вклад кожного параметра в процес оцінювали за його здатністю збільшувати вміст кислоти в одержаному розчині.

За результатами досліджень впливу різних параметрів на процес взаємодії в реакторі був установлений оптимальний вміст карбаміду в розчині на рівні 5–6 % (рис. 4).

Уведення окисника в розчин карбаміду необхідно проводити не поверхнево, а у його внутрішній об'єм, що сприяє збільшенню виходу продукту реакції – нітратної кислоти.

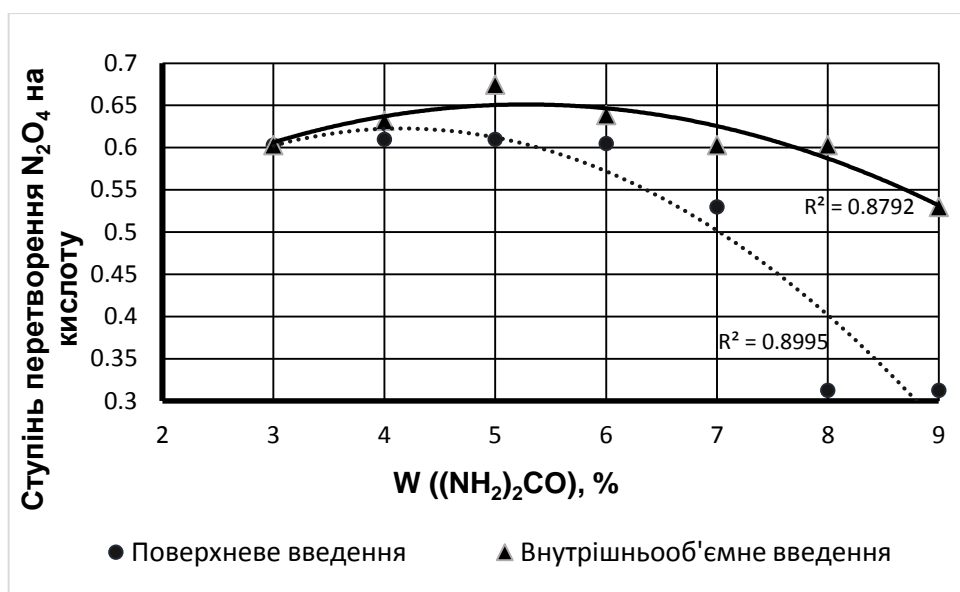


Рисунок 4 – Залежність ступеня перетворення N_2O_4 в кислоту від способу введення окисника в розчин карбаміду та масової частки карбаміду в розчині

Маса окисника, що вводиться в реактор, повинна бути не менше 7,5–9 % від маси розчину карбаміду. Саме при такому співвідношенні можна одержати необхідну концентрацію кислоти (10–12%) для технології виробництва азотних добрив. Як бачимо з графіка (рис. 5), побудованого за експериментальними даними (лінія 2) і теоретичними прогнозами (лінії 1, 3), при збільшенні об'єму окисника збільшується масова частка кислоти в реакторі. У разі повного перетворення N_2O_4 на кислоту її вміст у розчині відповідав би графіку за лінією 1. За умови проходження процесу без перетворення N_2O_4 на кислоту масова частка HNO_3 змінювалася б відповідно до лінії 3 на графіку.

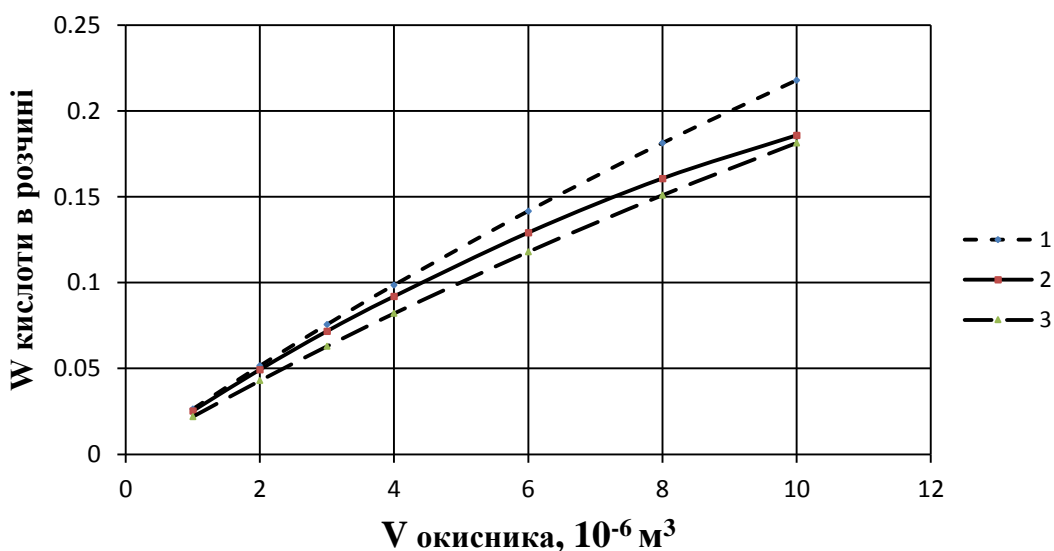


Рисунок 5 – Зміна масової частки азотної кислоти в розчині після реакції окисника з карбамідом у реакторі: 1 – теоретично розрахована масова частка кислоти при повному перетворенні N_2O_4 в кислоту; 2 – експериментально визначена масова частка кислоти; 3 – теоретично розрахована масова частка кислоти за повної відсутності перетворення N_2O_4 на кислоту

Для забезпечення максимального виходу продукту реакції необхідно встановити температурні та гідродинамічні умови проведення процесу. Експериментально визначена оптимальна температура 298 К (25 °С), при нижчій температурі сповільнюються хімічні процеси, пов'язані із взаємодією газів з розчином карбаміду, а при подальшому її зростанні погіршується розчинність газів у водному середовищі, що не забезпечує продуктивність процесу.

У гетерогенних системах, де в реакції беруть участь газоподібні речовини, важливими параметрами є не лише концентрації компонентів і температура, а й гідродинамічна обстановка в реакторі. Процес перемішування сприяє поглинанню газів та їх перетворенню у кінцевий продукт, але до певної межі. Інтенсивність змішування являє собою гідродинамічну характеристику і дозволяє оцінити розподілення потоків та швидкостей в об'ємі змішувального середовища. Її прийнято характеризувати швидкістю течії та модифікованим числом Рейнольдса:

$$Re_m = \frac{W_{cp} d_m \rho_c}{\mu_c} = \frac{n d_m^2 \rho_c}{\mu_c}, \quad (1)$$

де W_{cp} – середня швидкість течії потоку середовища, м/с;

d_m – діаметр лопаті мішалки, м;

n – частота обертів, с⁻¹;

ρ_c – густина середовища, кг/м³;

μ_c – в'язкість середовища, Па·с.

Для встановлення гідродинамічних залежностей використовували термостатований реактор із лопатевою мішалкою, модельний розчин карбаміду з масовою часткою 5 % та окисники ракетного палива з масовими частками N₂O₄ 28 % та 10 %.

Теоретичний розрахунок роботи мішалки зводили до знаходження визначеної частоти обертів n_m у реакційному апараті за формулою:

$$n_m = c_2 \left[\frac{(\rho_q - \rho_c)^{0,31}}{\rho_q^{0,5}} \right] \cdot \frac{\sigma^{0,18} D_a^{0,67}}{d_m^{1,54}}, \quad (2)$$

де $c_2=6,05$;

ρ_q і ρ_c – густина частинок і середовища відповідно, кг/м³;

σ – поверхневий натяг середовища, Н/м; d_m ,

D_a – діаметр мішалки та апарату відповідно, м.

Таблиця 3 – Вихідні параметри розрахунку визначеної частоти обертів мішалки

Густина окисника ρ_q , кг/м ³	Густина розчину карбаміду ρ_c , кг/м ³	Поверхневий натяг розчину карбаміду σ , Н/м	Діаметр мішалки d_m , м	Діаметр апарату D_a , м
1560	945	0,0731	0,05	0,035

Таким чином, отримали $n_m = 18,61$ об/с, що відповідає $Re_m = 2,28 \cdot 10^4$. Експериментальні дані свідчать, що інтенсивність змішування істотно впливає на час реакції при температурі середовища 303 К та на вихід продукту реакції (рис. 6, 7).

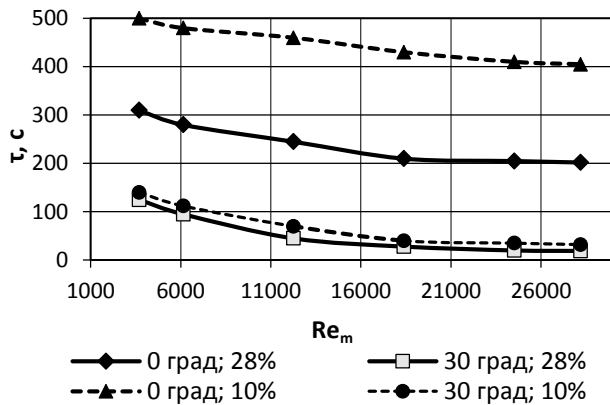


Рисунок 6 – Залежність часу проходження реакції від числа Рейнольдса

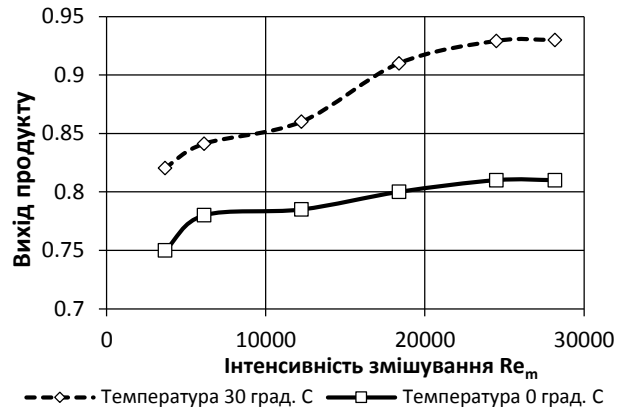


Рисунок 7 – Залежність виходу продукту реакції від інтенсивності змішування

На рис. 8 подані результати багатofакторного експерименту, що відображає залежність вмісту компонентів у реакційному об'ємі та гідродинамічної обстановки в реакторі з виходом продукту реакції. Максимальний вихід продукту встановлюється при інтенсивності змішування $Re_m = 3,6 \cdot 10^3 \div 1,8 \cdot 10^4$ та при концентрації розчину карбаміду в межах 4–6 %.

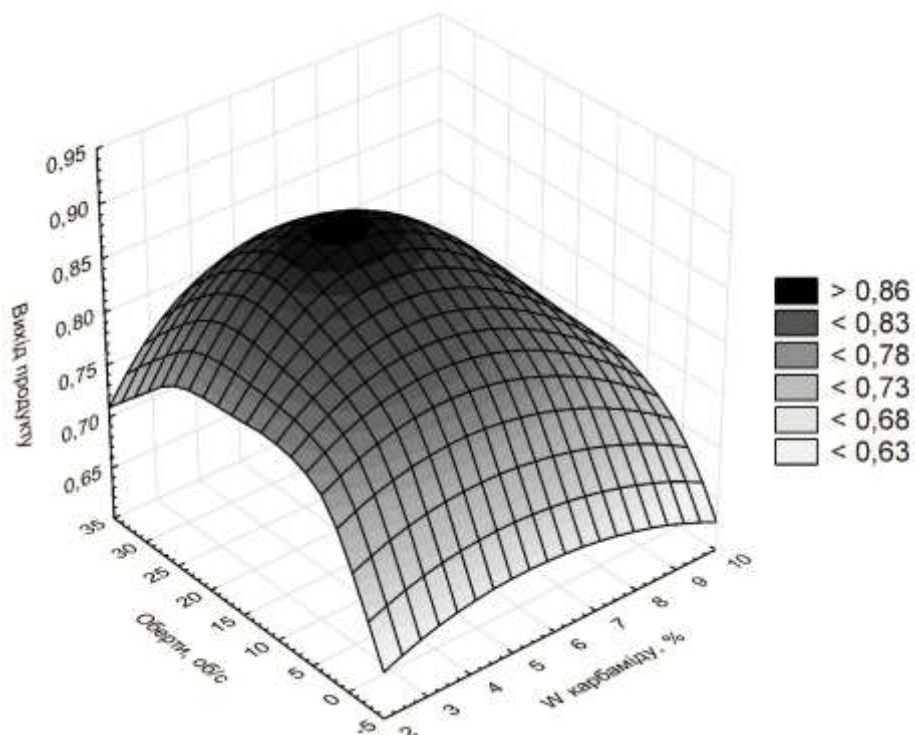


Рисунок 8 – Залежність виходу продукту реакції від числа обертів мішалки та вмісту карбаміду в реакційному розчині

Вплив факторів x_1 (концентрація карбаміду W, %), x_2 (частота обертів мішалки, об/с) на інтенсивність виходу продукту реакції було апроксимовано таким рівнянням регресії:

$$\eta = 0,6156 + 0,0586 \cdot x_1 + 0,011 \cdot x_2 - 0,0054x_1^2 - 0,0002 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,0003 \cdot x_2^2 \quad (3)$$

Математична обробка результатів експериментів проводилася в програмі STATISTICA 12. При цьому коефіцієнт детермінації становив 0,8286, критерій Фішера F (6,25) – (модель адекватна), стандартна похибка оцінки – 0,0416.

Четвертий розділ присвячений розробленню та промислового впровадженню екологічно безпечної технології перероблення азотнокислого окисника в цільовий продукт «Добриво азотне рідке (КАС-20)», що містить як основні компоненти аміачну селітру і карбамід.

Реалізація алгоритму оптимізаційного та інженерного розрахунку реактору дозволяє запропонувати до впровадження дослідно-промисловий зразок цього обладнання у складі схеми (рис. 9).

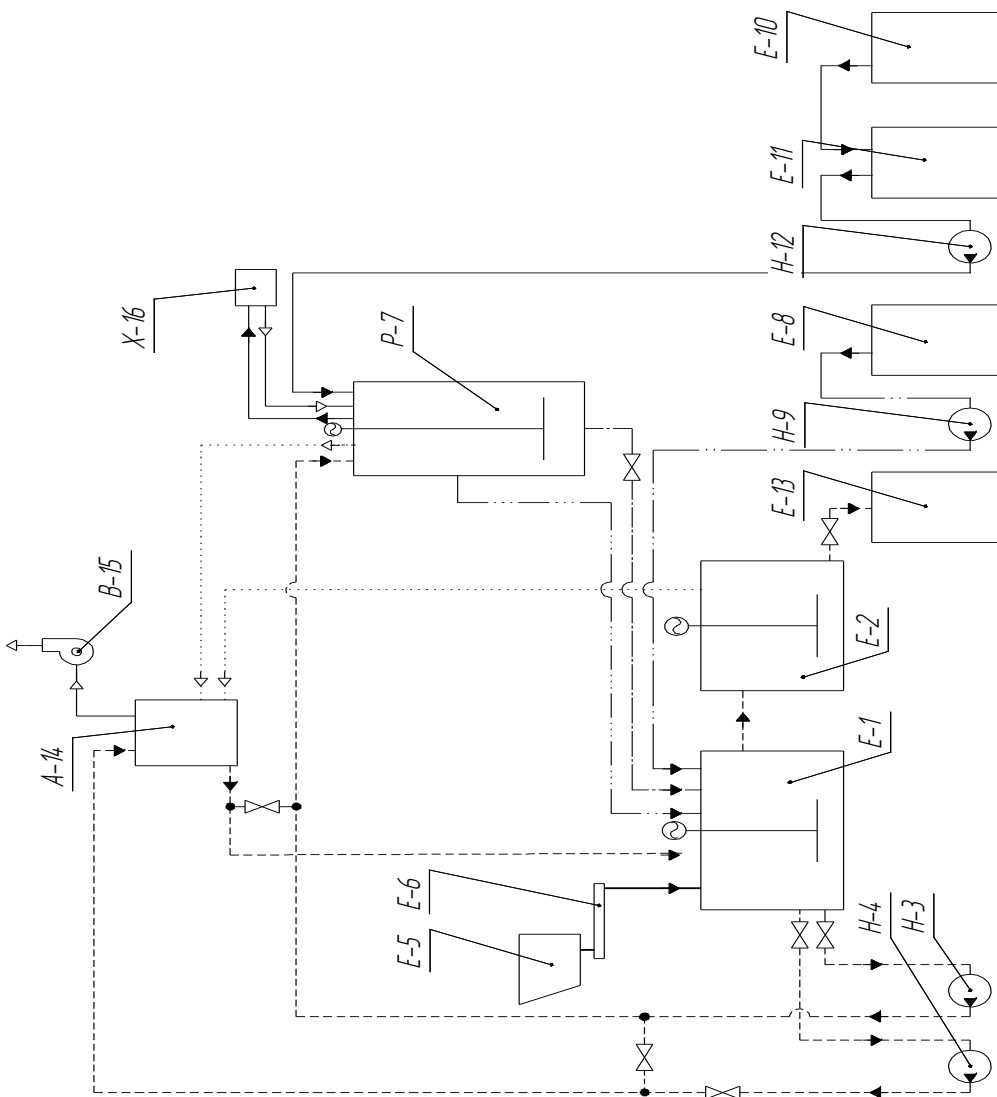


Рисунок 9 – Схема окиснення компонентів ракетного палива з отриманням КАС: E-1 – бак (секція) для нейтралізації базової суспензії і збагачення карбамідом; E-2 – секція для товарного КАС; H-3, H-4, H-9, H-12 – насос-дозатор; E-5 – бункер для зберігання витратного карбаміду; E-6 – шнековий дозатор; P-7 – реактор гідролізу меланжу; E-8 – смінь з аміачною водою; E-10 – смінь з меланжем; E-11 – смінь з сифоном; E-13 – смінь для вивозу товарного КАС; A-14 – насадковий абсорбер; B-15 – вентилятор; X-16 – холодильна машина.

У результаті проведеного розрахунку визначені технологічні параметри процесу окиснення, що відповідають максимальному ступеню перетворення вихідної речовини у цільовий продукт. Універсальність алгоритму розрахунку дозволяє отримати оптимальні технологічні та конструктивні параметри проведення процесу окиснення й розміри апарата, що відповідають конкретним вихідним даним (нормативний вміст компонентів у реакційній суміші, характеристики реактивів та ін.).

Розрахований економічний ефект впровадження технології утилізації меланжу потужністю 1 т/год за запропонованою схемою з урахуванням капітальних витрат на впровадження становить 7 850 000 грн. При цьому термін окупності умовних капітальних витрат на впровадження становить 5,3 місяця.

П'ятий розділ присвячено оцінці зниження ризику для здоров'я та життя населення за рахунок впровадження технології переробки азотнокислого окисника у рідке азотне добриво типу КАС. Оцінка індексу ризику для здоров'я населення дозволяє визначити ступінь екологічної небезпеки та застосовувати заходи щодо її зниження.

В умовах зберігання й транспортування окисника можна виділити такі основні ризикові події:

- витікання токсичних компонентів окисника з резервуарів безпосередньо в місцях його зберігання (ризик для здоров'я персоналу охорони і населення прилеглих населених пунктів);
- витікання токсичних компонентів окисника при транспортуванні з метою його утилізації в інших країнах на транспортних засобах (ризик для населення і навколишнього середовища).

Вихідні дані для прогнозування масштабів забруднення у випадку аварії та утилізації меланжу наведені у таблиці 4.

Таблиця 4 – Вихідні дані для моделювання аварійної ситуації з розливом меланжу

Забруднювальні речовини	Кислота нітратна, діоксид нітрогену
Швидкість вітру	5 м/с
Температура	20 °С, інверсія відсутня
Тип джерела	Рідина на поверхні землі та труба для установки з перероблення
Площа розливу	200 м ²
Маса розливої рідини	15 т
Моделі розподілу	Модель Гауса, модель важких газів
Швидкість витікання HNO ₃	0,05 г/с
Висота труби	3 м
Діаметр отвору труби	0,1 м

Визначення поширення полів концентрацій токсичних компонентів меланжу в атмосферному повітрі здійснювали за допомогою програмного продукту ALOHA® 5.4.4. Ранжування ступеня забруднення проводили за концентраціями, наведеними у

базі даних концентрацій Acute Exposure Guideline Levels. Згідно з методикою AEGLS (вираженою в ppm [частин на мільйон], або мг/м³ [міліграмів на кубічний метр]) визначаються 3 рівні концентрацій: AEGL-1, AEGL-2 та AEGL-3 відповідно, що відображають такий рівень концентрацій забруднювальних речовин, нижче яких не будуть виникати проблеми з дихальною функцією організму людини. Значення концентрацій для цих рівнів наведені у таблиці 5.

Таблиця 5 – Рівні небезпечних концентрацій нітратної кислоти та діоксиду нітрогену згідно з класифікації AEGLS

Рівень небезпечної концентрації	Речовина та концентрація			
	нітратна кислота		діоксид нітрогену	
	ppm	мг/м ³	ppm	мг/м ³
AEGL-1	0,16	0,387	0,50	0,94
AEGL-2	3,0	7,73	12	22,58
AEGL-3	11	28,35	20	37,64

Результати розрахунків для аварійної ситуації наведені на рисунках 10 та 11 для діоксиду азоту та нітратної кислоти відповідно.

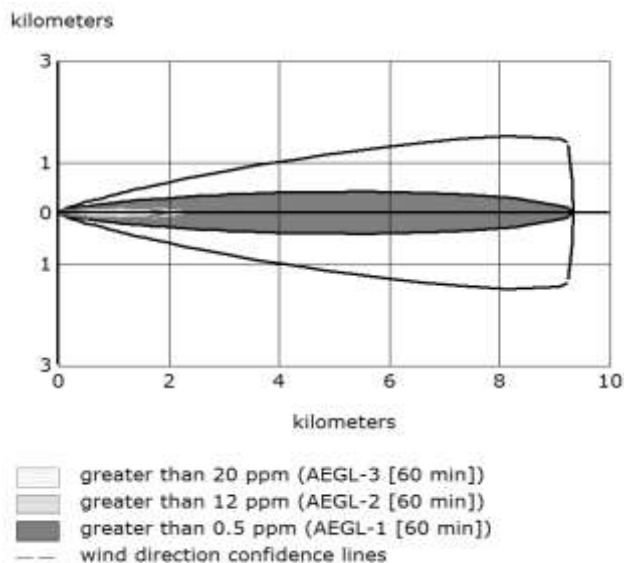


Рисунок 10 – Прогнозування поширення діоксиду азоту в атмосферному повітрі унаслідок аварії

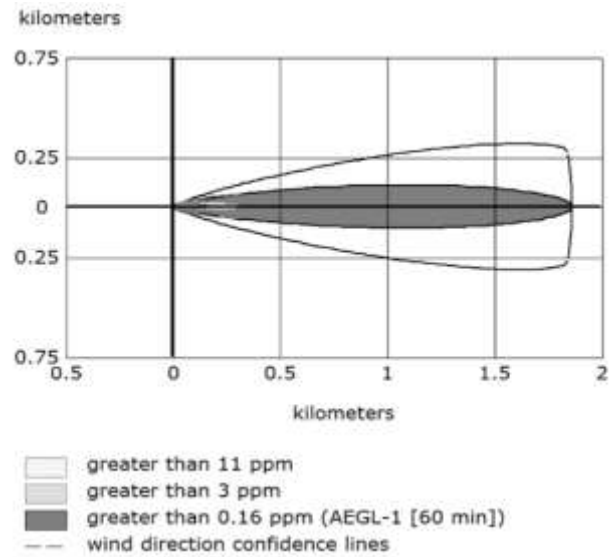


Рисунок 11 – Прогнозування поширення нітратної кислоти в атмосферному повітрі унаслідок аварії

Розрахунок зміни концентрації забруднювальних речовин з часом на відстані 3 км від місця аварії показав, що концентрація діоксиду азоту через 10 хвилин після початку впливу його над територією населеного пункту на порядок вища від концентрації нітратної кислоти за тих самих умов. Хоча вона різко знижується після 10 хвилин, у той час як концентрація нітратної кислоти залишається незмінною упродовж 60 хвилин. Як було розраховано, час повного випаровування кислоти

становить 60 годин, а діоксиду азоту – 58 хвилин. Тому нітратна кислота в атмосферному повітрі буде відповідати за тривалість дії меланжу.

Для порівняння можливих ефектів під час аварії ємності з меланжем та при роботі установки з перероблення меланжу було здійснене аналогічне моделювання поширення забруднювальних речовин. Результати поширення концентрації від установки з перероблення меланжу відображені на рисунку 12.

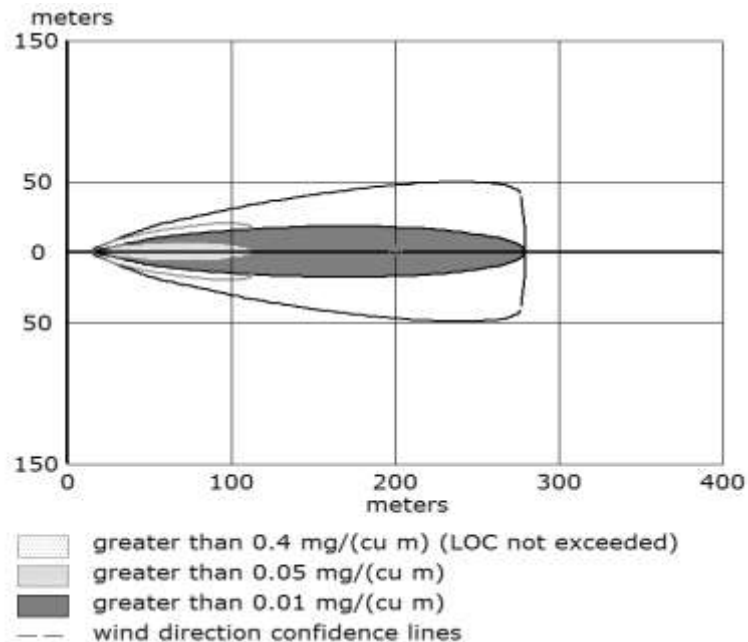


Рисунок 12 – Прогнозування поширення нітратної кислоти в атмосферному повітрі під час роботи установки для перероблення меланжу

Визначення індексу сумарного ризику для життя та здоров'я людини при впливові забрудненого повітря внаслідок аварійного розливу меланжу проводилося за формулою

$$HI = E1/AL1 + E2/AL2 + \dots + Ei/ALi, \quad (4)$$

де HI – індекс ризику; Ei – рівень експозиції i -ї речовини; ALi – максимально прийнятний рівень.

$$HI = \frac{E(NO_2)}{AL(NO_2)} + \frac{E(HNO_3)}{AL(HNO_3)} = \frac{7}{12} + \frac{0,08}{0,16} = 1,08.$$

Отриманий індекс ризику $HI = 1,08$ свідчить, що забруднене внаслідок аварії атмосферне повітря буде негативно впливати на здоров'я та життя людей у зоні поширення забруднювальних речовин, адже рівень індексу ризику $HI > 1$ є небезпечним та неприйнятним для людини.

Як бачимо з розрахунків, концентрація нітратної кислоти, що потрапляє у повітря від установки (рис.13), стає наближеною до 0 на відстані 300 метрів. Звідси випливає, що на відстані 3 кілометрів ризик буде відсутнім. Тому ризик для здоров'я

людини від впливу установки з перероблення меланжу на території безпосередньої її роботи, тобто у місці його зберігання, становить

$$HI = \frac{E1}{AL1} = \frac{0,055}{0,412} = 0,133.$$

Отримане значення індексу ризику вважається прийнятним, адже $HI < 1$. Це свідчить про зниження загрози для людини, її здоров'я та життя за рахунок впровадження екологічно безпечної технології перероблення меланжу.

Крім того, була здійснена оцінка відверненого еколого-економічного збитку. Прямий еколого-економічний збиток від забруднення навколишнього природного середовища внаслідок аварії становить 270 тис. грн.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішене актуальне науково-практичне завдання щодо зниження техногенного навантаження від об'єктів складування та накопичення некондиційних відходів ВПК, представлених окисниками ракетного палива. Розроблена технологія перероблення окисників у мінеральне азотне добриво дозволяє знизити рівень екологічної небезпеки й отримати цінний продукт.

1. У результаті аналізу літературних джерел охарактеризовані токсичні властивості компонентів азотнокислотного окисника (меланжу), що створюють серйозну екологічну небезпеку для навколишнього середовища та негативно впливають на здоров'я людини. Визначено основні напрямки існуючих технологій утилізації токсичних речовин, що містять окисник ракетного палива. Показано, що одним із перспективних є спосіб утилізації меланжу з метою отримання цінних продуктів, таких, як нітратна кислота та азотні добрива.

2. Експериментально визначено механізм процесу взаємодії в системі окисник – розчин карбаміду та умови ефективного вилучення токсичного N_2O_4 з азотнокислих окисників. Встановлено, що процес взаємодії складається з кількох паралельних реакцій, про що свідчить дробовий порядок реакції – 1,68. Доведено, що в системі паралельно відбуваються дві реакції: одна – з утворенням продукту реакції – нітратної кислоти, інша – з утворенням суміші нетоксичних газів (N_2 і CO_2). Отримані значення енергії активації (100,1 кДж/моль) свідчать про те, що цей процес відбувається досить активно вже за кімнатних температур. Показано, що оптимальними режимними параметрами є температура не вища від 298 К, вміст карбаміду в розчині на рівні 5–6 % та внутрішньооб'ємний спосіб введення окисника в реактор.

3. Теоретичного розраховано та експериментально підтверджено інтенсивність змішування у реакційному середовищі, що відповідає значенням $Re_m = 1,8 \cdot 10^4 - 2,5 \cdot 10^4$. Розроблено методику інженерного розрахунку реактора, що дозволяє проводити розрахунки його конструктивно-технологічних параметрів. Універсальність алгоритму розрахунку дозволяє отримати оптимальні технологічні параметри проведення процесу окиснення і розміри апарата для досягнення максимального виходу продукту реакції.

4. Розроблено апаратурно-технологічну схему процесу екологічно безпечної технології утилізації компонентів азотнокислого окисника шляхом перероблення його в мінеральне азотне добриво. Проведено дослідно-промислові випробування технології перероблення токсичних компонентів окисника в мінеральні добрива «Добриво азотне рідке (КАС)».

5. Очікуваний економічний ефект від впровадження технології утилізації меланжу за запропонованою схемою з урахуванням капітальних витрат на впровадження становить 7 850 000 грн. При цьому термін окупності умовних капітальних витрат становить 5,3 місяця.

6. Здійснено оцінку екологічних ризиків від зберігання та перероблення компонентів азотнокислих окисників ракетного палива, ступеня негативного впливу на навколишнє середовище. На основі аналізу аварійної ситуації при тривалому зберіганні токсичного окисника встановлено, що індекс ризику для здоров'я людини дорівнює 1,08, тому не може бути прийнятним. У роботі запропоноване використання мобільних пересувних установок з перероблення меланжу в азотні добрива. Доведено, що цей технологічний процес є повністю безпечним, концентрації забруднювальних речовин не перевищують гранично-допустимих концентрацій (ГДК), тому ризик наблизений до нуля. Визначено, що при застосуванні запропонованої технології перероблення меланжу відвернений еколого-економічний збиток становить 268,8 тис. грн на кожні 15 тонн утилізованого меланжу.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Аблеев А. Г. Особенности утилизации окислителя ракетного топлива, содержащего серную кислоту [Текст] / А. Г. Аблеев, С. В. Вакал, Э. А. Карпович // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2011. – Вип. 4 (69), Ч. 1. – С. 138–141.

Здобувачем проаналізовані небезпеки, ймовірність виникнення яких існує при зберіганні азотнокислого окисника ракетного палива, також запропоновані можливі шляхи підвищення екологічної безпеки за рахунок застосування запропонованого способу їх перероблення.

2. Мальований М. С. Кінетичні особливості екологічно безпечної технології утилізації токсичних компонентів окисників ракетного палива [Текст] / М. С. Мальований, О. Г. Аблеев // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження в наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – № 16 (1059) . – С. 22–29.

Здобувачем експериментально досліджені залежності та кінетичні характеристики реакції взаємодії азотнокислотного окиснювача з розчинами карбаміду з метою підвищення ефективності перероблення меланжу.

3. Аблеев О. Г. Термодинамічне обґрунтування механізму процесу переробки та утилізації токсичних компонентів азотнокислих окисників [Текст] / О. Г. Аблеев, С. В. Вакал, С. Б. Большаніна // Хімічна промисловість України. – 2014. – № 2. – С. 9–13.

Здобувачем проведені термодинамічні дослідження, що дали теоретичне обґрунтування для розроблення екологічно безпечної технології утилізації

азотнокислих окисників із максимально ефективним використанням їх цінних компонентів.

4. Аблеєв О. Г. Оцінка зниження ризику для здоров'я населення внаслідок переробки окисників ракетного палива [Текст] / О. Г. Аблеєв // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2014. – Вип. 2 (85). – С. 155–160.

Здобувачем визначений індекс сумарного ризику для життя та здоров'я людини при впливі повітря, забрудненого токсичними компонентами меланжу, доведена екологічність запропонованої технології перероблення окисника ракетного палива.

5. A. Ableyev, S. Bolshanina, S. Vakal, M. Malyovany, T. Kachala. Study of chemical reaction kinetic of dinitrogen tetroxide in nitric acid with urea solution / Scientific bulletin of North University of Bala mare series D. NORTH UNIVERSITY OF BAI A MARE PUBLISHING HOUSE ISSN 1582-0548, 2013. – P. 121–125.

Здобувачем досліджені кінетичні параметри реакцій взаємодії тетраоксиду діазоту з розчинами карбаміду, що є базовими для технології перероблення азотнокислотного окиснювача.

6. Аблеєв А. Экологически безопасная технология утилизации азотно-кислых окислителей [Текст] / А. Аблеєв, А. Артюхов, С. Большанина, М. Малеваный // Международный журнал. Устойчивое развитие: наука и практика. — Электронный журн. – 2013. – №11. – С. 153–159.

Здобувачем описана гідродинамічна обстановка в реакторі із перемішувальним пристроєм, де відбувається взаємодія окиснювача з розчином карбаміду. На підставі цього здійснено підбір оптимальних параметрів роботи реактора з урахуванням забезпечення максимального газовмісту у двофазній системі.

7. Аблеєв А. Г. Повышение экологической безопасности утилизации некондиционных окислителей ракетного топлива [Текст] / А. Г. Аблеєв, С. В. Вакал // Проблемы безопасности и защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций (Безопасность – 2012): сборник научных статей II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. I. – Уфа : ФГБОУ ВПО УГАТУ – Главное Управление МЧС России по Республике Башкортостан, 2012. – 378 с., С. 265–267.

Здобувачем обґрунтована необхідність утилізації азотнокислого окиснювача ракетного палива у зв'язку із загрозою екологічної небезпеки при його зберіганні.

8. Аблеєв А. Г. Особенности утилизации окислителей ракетного топлива, содержащих серную кислоту, на минеральное удобрение [Текст] / А. Г. Аблеєв, Р. В. Сидоренко, С. В. Вакал, Э. А. Карпович // VII Міжнародна науково-практична конференція "Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення": Зб. наук. ст.: у 2 т. / УкрНДІЕП. – Х. : Райдер, 2011. – Т 2. – 304с., С. 3–5.

9. Патент 80635 України, МПК (2013.01) C05C 1/00 / Спосіб переробки меланжу–окисника ракетного палива на добриво: пат. на корисну модель; О. Г. Аблеєв, Л. Д. Пляцук, С. В. Вакал, Е. О. Карпович; заявник та утримувач патенту О. Г. Аблеєв. – № u201213067 ; заявл. 16.11.2012 ; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 13.

Здобувачем розроблена корисна модель на технологію перероблення окисника ракетного палива, у якій зроблена оптимізація рівня рН до слабнокислого, завдяки чому не утворюється аерозоль нітрату амонію.

10. Экологические аспекты утилизации некондиционных окислителей ракетного топлива [Текст] / С. В. Вакал, Э. А. Карпович, А. Г. Аблеев, Р. В. Сидоренко // Сучасні технології в промисловому виробництві : матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів факультету технічних систем та енергоефективних технологій, Суми, 18–22 квітня 2011 року / ред. кол.: О. Г. Гусак, В. Г. Євтухов. – Суми : СумДУ, 2011. – Ч. 3. – С. 46–47.

Здобувачем описані основні стадії процесу взаємодії діоксиду азоту з водними розчинами карбаміду, у результаті чого отримують рідке азотне добриво типу КАС.

11. Аблеев А. Г. Химизм процесса переработки жидких окислов азота в азотное удобрение / А. Г. Аблеев, С. В. Вакал // Материалы II Международной Казахстанско-Российской конференции по химии и химической технологии, посвященной 40-летию КарГУ имени академика Е. А. Букетова. – Караганда: Изд-во КарГУ, 2012. – Т. 1. – 515 с., С. 33–34.

12. Аблеев А. Г. Европейский опыт минимизации экологической опасности при ликвидации жидких компонентов ракетного топлива [Текст] / А. Г. Аблеев, С. В. Вакал // Матеріали II Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції «Сучасні технології в промисловому виробництві», м. Суми, 17–20 квітня 2012 р. – Суми, 2012. – Ч. 2. – С. 23–24.

13. Аблеев О. Г. Утилізація азотнокислих некондиційних компонентів ракетного палива на мінеральне добриво [Текст] / О. Г. Аблеев, А. О. Рой // Матеріали LXVIII наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структур підрозділів університету. – Київ, 2012. – С. 467.

14. Аблеев А. Г. Исследование взаимодействия раствора карбамида с раствором оксида азота в азотной кислоте [Текст] / А. Г. Аблеев // Матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів факультету технічних систем та енергоефективних технологій «Сучасні технології в промисловому виробництві», м. Суми, 23–26 квітня 2013 р. – Суми : Вид-во СумДУ, 2013. – Ч. 2. – С. 202.

15. Аблеев А. Г. Передвижная мобильная установка по переработке окислителя ракетного топлива [Текст] / А. Г. Аблеев, С. В. Вакал // Матеріали Міжнародної конференції «Цілі збалансованого розвитку для України». – Київ, – 18–19 червня 2013 р. – С. 293–294.

АНОТАЦІЯ

Аблеев О. Г. Екологічні аспекти утилізації некондиційних продуктів військово-промислового комплексу. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Сумський державний університет Міністерства освіти і науки України, Суми, 2014.

Дисертація присвячена підвищенню рівня екологічної безпеки за рахунок розроблення технології утилізації окисника ракетного палива шляхом перероблення його на азотне добриво, з використанням екологічно безпечних процесів.

Здійснено оцінку ризиків, можливих при аварійних ситуаціях у місцях зберігання окисника, та міри негативного впливу на навколишнє середовище під час

перероблення компонентів азотнокислих окисників відповідно до розробленої технології.

Експериментально визначено умови ефективного вилучення токсичного діоксиду азоту та його димеру – тетраоксиду динітрогену N_2O_4 з азотнокислих окисників у розчинах карбаміду, також встановлено кінетичні та термодинамічні особливості взаємодії цих речовин. Експериментально встановлені гідродинамічні особливості процесів взаємодії компонентів азотнокислого окисника (АО) з водними розчинами та запропонована методика інженерного розрахунку раціональних робочих параметрів реактора в умовах ідеального змішування, яка дозволяє розрахувати режимні параметри реактора для досягнення максимального виходу продукту реакції, що відповідає екологічним нормативам.

Ключові слова: техногенний вплив, токсичні відходи, діоксид нітрогену, нітратна кислота.

АННОТАЦІЯ

Аблеев А. Г. Экологические аспекты утилизации некондиционных продуктов военно-промышленного комплекса. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. – Сумский государственный университет Министерства образования и науки Украины, Сумы, 2014.

Диссертация посвящена повышению уровня экологической безопасности за счет разработки технологии утилизации окислителя ракетного топлива путем переработки его в азотное удобрение с использованием экологически безопасных процессов.

Определена экологическая проблематика воздействия объектов накопления и складирования окислителей ракетного топлива на здоровье человека и окружающую среду. Исследованы отечественные и зарубежные технологии обезвреживания и утилизации окислителей. Обоснован выбор наиболее эффективного способа утилизации меланжей.

Экспериментально определены механизм процесса взаимодействия в системе «окислитель – раствор карбамида», и условия эффективного извлечения токсического N_2O_4 из азотнокислых окислителей. Установлено, что процесс взаимодействия состоит из нескольких параллельных и стадийных реакций, о чем свидетельствует дробный порядок реакции, равный 1,68. Доказано, что в системе протекают параллельно две реакции: одна – с образованием продукта реакции – азотной кислоты, другая – с образованием смеси нетоксичных газов (N_2 и CO_2). Полученные значения энергии активации (100,1 кДж / моль) свидетельствуют о том, что данный процесс проходит достаточно активно уже при комнатных температурах. Показано, что оптимальными режимными параметрами являются температура не выше 298 К, содержание карбамида в растворе на уровне 5–6 %, и внутриобъемный способ введения окислителя в реактор.

Теоретически рассчитана и экспериментально подтверждена интенсивность смешивания в реакционной среде, составляющая $Re_m = 1,8 \cdot 10^4 - 2,5 \cdot 10^4$. Разработанная методика инженерного расчёта реактора позволяет рассчитать его конструктивно-технологические параметры. Универсальность алгоритма расчёта

позволяет получить оптимальные технологические параметры проведения процесса окисления и размеры аппарата для достижения максимального выхода продукта реакции.

Разработана аппаратурно-технологическая схема процесса экологически безопасной технологии утилизации компонентов азотнокислого окислителя путём переработки его в минеральное азотное удобрение. Проведены опытно-промышленные испытания технологии переработки токсичных компонентов окислителя в минеральное удобрение «Удобрение азотное жидкое (КАС)».

Осуществлена оценка экологических рисков при хранении и переработке компонентов азотнокислых окислителей ракетного топлива, степени негативного воздействия на окружающую среду. На основании анализа аварийной ситуации при длительном хранении токсического окислителя установлено, что индекс риска для здоровья человека равен 1,08, поэтому не может быть приемлемым. В работе предлагается использование мобильных передвижных установок по переработке меланжа в азотные удобрения. Доказано, что данный технологический процесс полностью безопасен, концентрации загрязняющих веществ не превышают предельно допустимых концентраций (ПДК), поэтому риск приближается к нулю. Определено, что при применении предложенной технологии переработки меланжа отвлеченный эколого-экономический ущерб составляет 268,8 тыс. грн на каждые утилизированные 15 тонн меланжа.

Ключевые слова: техногенное воздействие, токсичные отходы, диоксид азота, азотная кислота.

SUMMARY

Ableyev A. G. Environmental aspects of off-spec military-industrial complex products recycling. – Manuscript.

Thesis for the academic degree of the Candidate of Engineering Science in specialty 21.06.01 – environmental safety. – Sumy State University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Sumy, 2014.

The thesis is dedicated to improving the environmental safety through the development of technology utilization oxidizer propellant by processing it into nitrogen fertilizer, using environmentally friendly processes.

The estimation of risks in possible emergency situations in storage oxidant and extent of the negative impact on the environment during processing components of nitric oxidants in accordance with the technology.

Experimentally determined conditions for effective removal of toxic nitrogen dioxide and its dimer - dinitrogen tetraoxide N_2O_4 in nitric oxidants in solutions of urea and determined kinetic and thermodynamic features of the interaction of these substances. Experimentally hydrodynamic peculiarities of interaction of components nitrate oxidant (AO) from aqueous solutions, and the method of calculating rational engineering of operating parameters of the reactor under conditions of ideal mixing, which allows to calculate the parameters of the reactor regime to achieve the maximum yield of the reaction product that meets environmental standards

Key words: technogenic impact, toxic waste, nitrogen dioxide, nitric acid.

Підписано до друку 19.08.2014.

Формат 60x90/16. Ум. друк. арк. 1,1. Обл. - вид. арк. 0,9. Тираж 100 пр. Зам. № 423

Видавець і виготовлювач

Сумський державний університет,

вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.