

УДК 629.7.067.8:614.842.6

DOI: <https://doi.org/10.31731/2524-2636.2020.4.1.-5-14>

*В. С. Бабенко,¹ канд. техн. наук, доцент, А. П. Кремена,² канд. техн. наук,
¹ТОВ «Імпульс», м. Дніпро, ²ДП «КБ «Південне»», м. Дніпро*

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СТАРТОВИХ КОМПЛЕКСІВ КОСМІЧНИХ РАКЕТ-НОСІЇВ

Наводяться результати теоретичних і експериментальних досліджень, дані про розробки, захищені патентами України, що створили передумови для модернізації штатних технічних засобів стартових комплексів, що дозволяють при мінімальних технологічних доробках реалізувати гідроімпульсний спосіб перетворення технологічної рідини в об'ємно-поверхневий потік, що забезпечує ефективне попередження, локалізацію та ліквідацію негативного впливу об'єктів ракетно-космічної техніки на навколишнє середовище.

Ключові слова: *екологічна безпека, технологічні доробки, локалізація і ліквідація негативного впливу.*

Постановка проблеми. Освоєння космічного простору, крім фундаментальних наукових досліджень, все більш широко використовується для комерційних цілей. Супутниковий зв'язок, навігація, космічні знімки, прогноз погоди та родовищ корисних копалин, моніторинг стану атмосфери, ґрунту і водних ресурсів, космічний туризм і т. д. – все це міцно увійшло в життя сучасного суспільства. Все більше країн отримують доступ до космічних технологій, в зв'язку з чим збільшується негативний вплив на поверхню Землі, її атмосферу, навколоземний космічний простір.

Запуски ракет-носіїв (РН), падіння відпрацьованих ступенів ракет із залишками ракетного палива і особливо аварії РН чинять негативний вплив на навколишнє середовище.

Найбільш актуальними ці питання є для країн, космодромі і райони падіння ступенів РН яких знаходяться на континентальній частині земної кулі. Так, наприклад, на території Архангельської області розташовано 8 районів падіння відокремлюваних частин РН загальною площею понад 2 млн. га.

За час експлуатації космодрому Плесецьк в районах падіння накопичилася значна кількість металобрухту, залишків агресивних компонентів ракетного палива (КРТ) (азотного тетраоксиду (АТ), несиметричного диметилгідрозина (НДМГ)), а також вуглеводневого палива /1/.

Аналіз екологічно небезпечного впливу виробів ракетно-космічної техніки (РКТ) на навколишнє середовище дозволяє виділити два основних види впливу: фізичний і хімічний.

Фізичний вплив об'єктів РКТ здебільшого виражається в механічному впливі (падіння ступенів і частин РН, які відокремлюються), електромагнітне випромінювання, тепловому і світловому випромінюванні двигунів РН, акустичному впливі працюючих двигунів РН, а також у вигляді вибухів і пожеж (при аваріях на стартовому комплексі (СК)), обумовлених наявністю великої кількості КРТ і енергосистем СК РН.

Хімічний вплив об'єктів РКТ обумовлений токсичністю і хімічною активністю КРТ.

Найбільш істотний хімічний вплив, викликаний витоком, випаровуванням і

окисленням висококиплячих КРТ, що виникають при заправці-зливці компонентів з баків РН, аваріях на СК, що спричиняє витік КРТ.

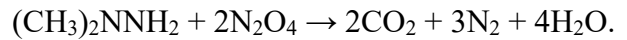
Практика експлуатації РН показує, що найбільш істотний негативний вплив на навколишнє середовище має хімічний вплив, а також вибухи і пожежі на СК, тому в подальшому розглядаються саме вони, як найбільш небезпечні і ті, які зустрічаються найчастіше.

Розрізняють чотири класи шкідливих речовин: 1 клас – «надзвичайно небезпечні», 2 клас – «високонебезпечні», 3 клас – «помірно небезпечні», 4 клас – «малонебезпечні» /2/.

Висококиплячі самозаймисті КРТ підпадають під категорію найбільш небезпечних речовин (1 і 2 класи безпеки). У таблиці 1 наведені значення гранично допустимих концентрацій таких КРТ і основних продуктів їх окислення для атмосфери і водних об'єктів /3/.

У разі стехіометричного згоряння компонентів палива НДМГ – АТ згідно

хімічної реакції не виділяється надзвичайно небезпечних речовин:



Однак в реальних умовах роботи рушійних установок РН стехіометричне горіння не забезпечується, тому що подача КРТ здійснюється у співвідношеннях, що забезпечують максимальний питомий імпульс тяги за рахунок збільшення (у порівнянні зі стехіометричним) витрати НДМГ /4/. Це призводить до утворення надзвичайно небезпечних продуктів згоряння пального (див. Табл. 1).

Крім того, у разі витoku НДМГ відбувається його окислення киснем повітря з утворенням тетраметилтетрацена, диметиламіна, аміаку, діметілнітрозоаміна, діметилметіленгідразина, діазометана та інших речовин, здебільшого мають 1 і 2 клас безпеки (див. Табл. 1). Швидкість окислення НДМГ залежить від концентрації кисню, температури, часу окислення і наявності каталізаторів.

Таблиця 1 – Гранично допустима концентрація висококиплячих КРТ і деяких продуктів їх окислення

№ п/п	Речовина, клас безпеки		ГДК для атмосфери, мг/м ³		ГДК для водних об'єктів господарсько-питного водокористування, мг/м ³
			Максимальна разова	Середньодобова	
1	2		3	4	5
Окислювач					
1	Тетраоксид азоту, 2 кл.		0,085	0,04	45000
Деякі продукти окислення тетраоксид азоту					
2	Оксид азоту, 2 кл.		0,4	0,06	-
3	Діоксид азоту, 2 кл.		0,2	0,04	-
Пальне					
4	Несиметричний диметилгідразин, 1 кл.	0,001	0,0001		20
Деякі продукти окислення несиметричного диметилгідразину					
5	Аміак, 2 кл.		0,2	0,04	2000
6	Диметиламін, 1 кл.		0,005	-	100

Продовження таблиці 1

7	Нітрозодіметіламін, 1 кл.	-	0,0001	10
8	Тетраметилтетразен, 1 кл.	0,005	-	10
9	Ціаністий водень (синильна кислота), 1 кл.	-	0,01	100

Також необхідно відзначити, що НДМГ добре сорбується металами і бетонними покриттями, утворює вибухонебезпечну суміш з киснем повітря в широкому діапазоні концентрацій (від 2 до 99 % початкового об'єму), а займання витоку НДМГ відбувається до 50 % концентрації водного розчину технологічної рідини у витоку /4, 5/.

У разі витоку АТ необхідно мати на увазі, що азотно-кислотні окислювачі надто хімічно активні; при взаємодії з ними окислюються багато органічних речовин. Такі матеріали як деревина, текстиль в контакт з АТ спалахують. Збільшення вмісту води в АТ підвищує його корозійну активність за рахунок збільшення кількості азотної кислоти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За тривалий період експлуатації космічних ракетних комплексів випробувано і впроваджено у практику безліч різних за фізико-хімічною природою способів нейтралізації негативного впливу

різних об'єктів РКТ на довкілля (див. Табл. 2) /1/.

Однак, всі існуючі способи нейтралізації не мають універсального характеру, і тому застосовуються тільки в конкретних випадках.

Так, термічний спосіб нейтралізації застосовується при обробці невеликого обсягу парів і промислових стоків з високим вмістом токсичних КРТ, а біохімічний спосіб використовується при знешкодженні великих обсягів промислових стоків з низьким вмістом токсичних КРТ.

Серйозною проблемою є нейтралізація витоків висококиплячих КРТ. Нейтралізація витоків горючих висококиплячих КРТ здійснюється, здебільшого, хімічним і рідинним способами за допомогою хлорних солей кальцію і води /6/.

Поверхні (бетон, ґрунт), які зазнають дії витоку НДМГ, обробляються кашкою (у співвідношенні один до одного води і хлорної солі) і змиваються водою.

Таблиця 2 – Методи нейтралізації негативного впливу об'єктів РКТ

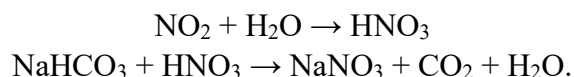
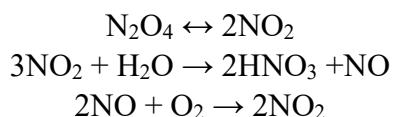
Найменування методу	Принцип дії	Засоби, що використовуються	Пристрої, що реалізують
Нейтралізація парів КРТ			
Абсорбційний	Розчинення пари в рідині	Технологічна рідина на основі води, водні розчини кислот, лугів	Абсорбери
Адсорбційний	Осадження парів на поверхні розділу фаз або в обсязі твердої речовини	Активне вугілля, силікагелі, алюмогелі, синтетичні цеоліти	Фільтри-поглиначі
Термічний	Спалювання	Вуглеводневе паливо (гас)	Циклонні та інші печі, агрегати спеціальної конструкції

Продовження таблиці 2

Каталітичний	Хімічне розкладання в присутності каталізатора	Нікель, мідь, хром	Хімічні реактори
Адсорбційно-каталітичний	Адсорбція з подальшим окисленням	Гетерогенні каталізатори (оксид алюмінію, імпрегнований перманганатом барію)	Адсорбційно-каталітичні апарати
Нейтралізація промислових стоків КРТ			
Відновлення нітритів	Хімічна реакція відновлення	Сечовина та інші відновники	
Відновлення нітратів	Хімічна реакція відновлення	Двовалентне залізо, алюмінієва стружка	
Термічний	Спалювання	Вуглеводневе паливо (гас)	Камери нейтралізації
Нейтралізація обладнання			
Рідинний	Багаторазове заповнення, зрошення з подальшим сушінням	Вода, розчини на основі води (наприклад, МЛ-51)	Системи 15Г114, 11Г410, 11Г442, обмивально-нейтралізаційні машини
Газовий	Видалення парів кондиційним азотом або повітрям	Кондиційний азот або повітря	Системи 15Г78, 15Г85
Конденсаційний	Подача підігрітої парогазової суміші	Парогазова суміш	Система 15Г85-01
Нейтралізація витоків КРТ			
Хімічний, рідинний	хімічна реакція, розведення і змив КРТ	Солі кальцію, натрію, вода, розчини на основі води	Системи нейтралізації та вибухопожежобезпеки

Змивні води знешкоджують хімічним способом хлорними солями, узятими в 10-15-кратному надлишку. Додатково може бути забезпечена більш інтенсивна нейтралізація за рахунок використання технологічної рідини (ТР), що складається з води з добавками активованого вугілля, що здійснює фізичну сорбцію НДМГ /6/.

Нейтралізацію витоків АТ проводять шляхом обробки поверхні великою кількістю водного розчину солей (сода, гашене вапно і т.п.) /4/, що прискорює хімічну сорбцію N₂O₄ за схемою



У якості технічних засобів для локалізації і ліквідації хімічного та вибухопожежного впливу КРТ на навколишнє середовище на СК використовують обмивально-нейтралізаційні машини, систему нейтралізації парів і промислових стоків КРТ, систему пожежовибухобезпеки (в т.ч. пересувні установки) СК РН /7/.

Обмивально-нейтралізаційні машини призначені для осадження парових хмар, нейтралізації витоків КРТ, ємностей і пристроїв (після видалення з них КРТ) з

використанням нейтралізуючих розчинів поза зоною дії стаціонарних систем.

Система збору та нейтралізація парів і промислових стоків КРТ забезпечує збір і нейтралізацію парів і промислових стоків КРТ термічним способом розкладання до нетоксичних продуктів.

Система пожежовибухобезпеки СК РН призначена для попередження і нейтралізації горіння КРТ, а також їх змиву в спецканалізації для подальшої нейтралізації на спеціалізованій станції.

Формулювання цілей статті. Для попередження, локалізації і ліквідації хімічного та вибухопожежного впливу витоку КРТ на навколишнє середовище технічними засобами СК, здебільшого, використовується технологічна рідина, що складається з води і розчинів на її основі. Це обумовлено великою теплоємністю, хімічною нейтральністю, рухливістю, високою прихованою теплою випаровування води /8/. ТР подається в зону аварії для попередження і нейтралізації негативного впливу. Для цього використовується гідравлічне розпилення технологічної рідини, що характеризується високою економічністю витрат енергії на її дроблення ($2 \div 4$ Вт-год на 1 кг рідини).

Однак, розпил, який створюється, при цьому, є досить грубим і неоднорідним, а регулювати якість диспергування ТР при фіксованих витратах і дальності струменя вкрай складно.

Крім того, недоліками такого способу диспергування є невелика площа поверхні потоку ТР, істотна нерівномірність зрошення і витоку ТР із зони аварії. Таким чином, гідравлічне розпилення характеризується невеликою ефективністю використання ТР.

Істотно підвищити ефективність використання ТР можна за рахунок застосування гідроімпульсного способу диспергування, що є комбінацією гідравлічного і пульсаційного способів.

Суть гідроімпульсного способу диспергування полягає в генеруванні в

потоці ТР високошвидкісного струменя (зникає за умови тиску імпульсу) і малої швидкості струменя (зникає за умови тиску живлення) і надалі їх взаємодії з утворенням полідисперсного потоку крапель ТР. У цьому випадку економічність і далекобійність гідравлічного диспергування доповнюється не тільки характерними для пульсаційного диспергування високою якістю і однорідністю дроблення, але і можливістю управління дисперсністю та інтенсивністю розпаду струменя за умови фіксованої витрати рідини і забезпечення високої дальності без істотного збільшення енерговитрат /9/.

Можливість управління дисперсністю та інтенсивністю розпаду потоку ТР особливо важлива для більш інтенсивної абсорбції парів і продуктів окислення КРТ за рахунок збільшення площі поверхні потоку ТР.

Таким чином, гідроімпульсний спосіб диспергування ТР є більш перспективним способом попередження, локалізації і ліквідації не тільки вибухопожежного впливу, але і мінімізації хімічного впливу КРТ, а також парів і продуктів окислення КРТ.

Виклад основного матеріалу дослідження. З метою ефективного попередження і ліквідації наслідків аварій на СК РН, пов'язаних з витоками КРТ, і як наслідок, для підвищення екологічної безпеки при експлуатації СК РН, авторами були проведені комплексні теоретичні та прикладні дослідження, що включають:

1. Розробку концепції підвищення безпеки експлуатації СК РН /10/, що полягає у використанні диспергованої ТР, що дозволяє створювати захисні газокпельні середовища (з оперативно регульованими геометричними характеристиками щільності і дисперсності) для:

- розведення, нейтралізації і змиву витоків КРТ;
- пригнічення локальних і масштабних займань;

- гальмування і охолодження ударної хвилі від вибуху;
- гальмування фізичних тіл-осколків твердого палива, що рухаються в ударній хвилі;
- екранування теплового випромінювання;
- охолодження потоків гарячих газів (вогненної кулі, продуктів вибуху, згорання і т.п.)

2. Розробку моделей розпаду гідроімпульсного струменя, горіння і пригнічення горіння витоків КРТ, способу пригнічення горіння витоків КРТ /9, 11, 12, 13/.

3. Розробку конструкції пристрою генерування гідроімпульсних струменів /14/.

4. Експериментальні дослідження пристроїв генерування гідроімпульсних струменів ТР /15/.

Найбільш важливою частиною проведених досліджень є математичні моделі. Розроблені моделі дозволяють отримати співвідношення, за допомогою яких можна оцінити характеристики потоку

$$V = \frac{1}{3} \pi l_{ГИС} \left(\left(l_{ГИС} \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta_{\phi}}{2} \right)^2 + \frac{d_{\phi_0}^2}{4} + \left(l_{ГИС} \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta_{\phi}}{2} \right) \cdot \frac{d_{\phi_0}}{4} \right), \quad (2)$$

де V – обсяг потоку ТР, м³; $l_{ГИС}$ – дальність подачі потоку ТР, м; β_{ϕ} – кут розкриття гідроімпульсного струменя, $\beta_{\phi} \approx 22 \div 24^{\circ}$; d_{ϕ_0} – початковий діаметр факела гідроімпульсного струменя ТР, м.

$$J_0 \geq 0,0126 \cdot e^{\frac{0,81Z_1^2}{d_m^2}} \left[\frac{2,08M_{nn}^{0,83}}{\tau_T^{0,83} \cdot e^{13,9K_{cm}}} \cdot \frac{\chi \cdot m_{cz}^{0,17} Q_n}{r} + \frac{(\alpha \cdot L_0 + 0,775) m_{cz} Z_1^{1,5}}{(d_m^2 + 1,167Z_1^2)^{0,286}} \right], \quad (3)$$

де J_0 – інтенсивність подачі потоку ТР, кг/(м²·с); M_{nn} – питома навантаження КРТ, кг/м²; Z_1 – висота подачі потоку ТР над поверхнею горіння, м; m_{cz} – швидкість згорання кг/(с·м²); Q_n – найнижча теплота згорання, кДж/кг; χ – коефіцієнт повноти згорання; r – питома теплота випаровування

ТР, палаючого витоків КРТ, умови нейтралізації парів і продуктів згорання КРТ, а також попередження і пригнічення їх горіння.

Так, наприклад, вираз для визначення площі сорбуючої поверхні в краплинному шарі висотою Z над одним квадратним метром витоків має вигляд

$$S_{\Sigma k} = \frac{12J}{\rho_{ТЖ}} \cdot \frac{Z}{d_m (3 \cdot 10^3 d_m + 0,5)}, \quad (1)$$

де $S_{\Sigma k}$ – площа сорбуючої поверхні над одним квадратним метром витоків, м²/м²; J – інтенсивність подачі ТР, кг/(с·м²), $J = 4 \cdot 10^{-3} \frac{d_0 H_n}{d_m}$; d_0 – діаметр насадка пристрою генерування ТР, м; H_n – живильний напір, м; S_n – площа, що накрита потоком ТР; $\rho_{ТЖ}$ – густина ТР, кг/м³; d_m – медіанний діаметр крапель полідисперсного потоку ТР, м.

Об'єм потоку ТЖ, генерируемого одним пристроєм подачі ТЖ, определяется следующим выражением

Соотношение для определения интенсивности подачи потока ТЖ, обеспечивающего подавление горения пролива КРТ за время τ_T , имеет вид

ТР, кДж/кг; α – коефіцієнт надлишку окислювача; L_0 – обсяг повітря, теоретично необхідний для спалювання 1 кг КРТ, м³/кг; K_{cm} – концентрація (одичина частка) змочувача в обсязі ТР; τ_T – час пригнічення горіння, с.

На основі проведених досліджень, запропоновані:

- методологія побудови раціональної конструктивно-компоновочної схеми ствольної системи генерування далекобійних гідроімпульсних струменів, заснована на пристроях для генерації енергетичних імпульсів в потоці рідини, в якості яких використовуються пристрої гідроударного типу /14/;

- методика розрахунку і вибору оптимальних, з точки зору екологічної ефективності, характеристик диспергованого потоку ТР (витрати, медіанного діаметра крапель, площі сорбуючої поверхні потоку, що покривається диспергованим потоком площі і т.д.) /16/;

- методика вибору і розрахунку основних проектних і конструктивних параметрів ствольної системи генерування гідроімпульсних потоків технологічної рідини технічними засобами СК РН (інтенсивності подачі потоку ТР, діаметра і довжини живильної труби, жорсткості пружини гідроударного клапана і т.д.) /17/.

Ці розробки в сукупності дають можливість вибрати і розрахувати основні проектні, конструктивні і технологічні параметри технічних засобів, що забезпечують екологічну безпеку при впливі об'єктів РКТ на довкілля.

В даний час спроектовані, виготовлені і випробувані два типорозміри пристроїв (стаціонарний і ручний ствол), що забезпечують можливість генерування як

гідроімпульсного, так і суцільного струменя ТР.

З використанням розроблених пристроїв виготовлені пересувна установка системи пожежовибухобезпеки СК РН і експериментальна цистерна на буксирі з автономним приводом насоса, які, в тому числі, можуть використовуватися як обмивально-нейтралізаційна машина на СК. Цистерна обладнана штатними рукавами, розгалуженнями, ручними стволами і вогнегасниками.

Висновки. За допомогою розроблених пристроїв і установок можна проводити роботи по абсорбції парів КРТ, змиву і нейтралізації витоків КРТ на СК РН, екранування від джерел випромінювання, дезактивації та дезінфекції територій і приміщень; охолодження і осадження продуктів згоряння, пилопригнічення, і т.п. Перераховані види робіт характеризують багатофункціональність техніки, що використовує запропоновані пристрої генерування технологічної рідини.

У цілому результати проведених досліджень пристроїв генерування гідроімпульсних струменів /15, 18/ підтвердили раціональність і ефективність запропонованих схемних і конструктивних рішень.

Зазначені пристрої характеризуються високою ефективністю, надійністю і функціональною сумісністю з агрегатами і вузлами штатного гідравлічного обладнання системи безпеки СК РН і можуть бути рекомендовані для практичного застосування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Теория и практика эксплуатации объектов космической инфраструктуры / Н.Д. Аникейчик, О.А. Антропов, Л.Т. Баранов и др. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – Т. 1: Объекты космической инфраструктуры. – 400 с.

2. ГОСТ 12.1.007-76 Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

3. ГОСТ Р 52985 – 2008. Экологическая безопасность ракетно-космической техники. Общие технические требования

4. Цуцуран В.И. Военно-технический анализ состояния и перспектив развития ракетных топлив / В.И. Цуцуран, Н.В. Петрухин, С.А. Гусев. – М.: МО РФ, 1999. – 332 с.
5. Химмотология ракетных и реактивных топлив / Под ред. А.А. Браткова. – М.: Химия, 1987. – 380 с.
6. Герметичність у ракетно-космічній техніці: Навч. посіб. / Ф.П. Санін, Є.О. Джур, Л.Д. Кучма, В.А. Найдюнов. – Дніпропетровськ: Вид. ДДУ, 1995. – 168 с.
7. Бармин И.В. Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники / И.В. Бармин. – М.: Полиграфикс РПК, 2005 (книга 1). – 420 с.
8. Пожарная безопасность. Взрывобезопасность: Справ. изд./ А.Н. Баратов, Е.Н. Иванов, А.Я. Корольченко и др. – М.: Химия, 1987. – 272 с.
9. Бабенко В.С. Гидроимпульсная струя: теория и характеристики диспергированного потока / В.С. Бабенко, А.П. Кремена // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – №5/7(65). – С. 48–54.
10. Кремена А.П. Концепция и пути повышения безопасности эксплуатации стартовых комплексов ракет-носителей / А.П. Кремена, В.И. Перлик // Космическая техника. Ракетное вооружение: Сб. науч. трудов. – Днепропетровск, 2013. – Вып. 1. – С. 93–100.
11. Кремена А.П. Модель пожара при разливе самовоспламеняющихся компонентов топлива на стартовом комплексе ракеты-носителя / А.П. Кремена, Н.Ф. Свириденко // Техническая механика. – 2010. – №4. – С. 109–118.
12. Кремена А.П. Определение пожаротушающей интенсивности полидисперсного потока жидкости / А.П. Кремена // Теория и практика металлургии. – 2003. – №4. – С. 63–68.
13. Патент на корисну модель 43922 Україна, МПК А62С 3/02 (2009.01). Спосіб гасіння пожежі дисперговою пожежогасильною рідиною / Свириденко М.Ф., Заволока О.М., Кремена А.П.; заявник і патентоволодар Інститут технічної механіки НАНУ і НКАУ. – u 2009 02989; заявл. 30.03.09; опубл. 10.09.2009, Бюл. №17.
14. Кремена А.П. Синтез конструктивно-компоновочных схем устройств генерирования гидравлических импульсов // Науковий вісник національного гірничого університету. – 2005.- №10. – С. 50–53.
15. Результати випробувань ручного диспергувального пожежного ствола, розробленого на основі використання гідроімпульсних систем / В.С. Бабенко, В.Ф. Кравчуновський, В.В. Присяжнюк, А.П. Кремена // Пожежна безпека. – 2003. – №3. – С. 91–95.
16. Кремена А.П. Обеспечение химической и взрывопожарной безопасности проливов компонентов топлива на стартовых комплексах ракет-носителей / А.П. Кремена, Н.Ф. Свириденко // Техническая механика. – 2014.- №1. – С. 95–104.
17. Перлик В.И. Выбор и расчет основных проектных и конструктивных параметров ствольной системы пожаротушения на стартовом комплексе космической ракеты-носителя / В.И. Перлик, А.П. Кремена // Ракетная техника и вооружение. – 2005, вып. 1. – С. 65–78.
18. Патент 60373 Україна, МКИ А62С3/00. Пристрій для одержання струменя рідини з керованою дисперсністю крапель / А.П. Кремена, Ю.С. Олексієв, О.О. Нода та ін.; заявник і патентоволодар Нода О.О. (Україна). – 2001031839; заявл. 20.03.01; опубл. 15.10.2003, Бюл. №10.

REFERENCES

1. Teoriya i praktika ekspluatatsii ob'ektov kosmicheskoy infrastruktury / N.D. Anikeychik, O.A. Antropov, L.T. Baranov i dr. – SPb.: BKHV-Peterburg, 2006. – T. 1: Ob'ekty kosmicheskoy infrastruktury. – 400 s.
2. GOST 12.1.007-76 Vrednyye veshchestva. Klassifikatsiya i obshchiye trebovaniya bezopasnosti.
3. GOST R 52985 – 2008. Ekologicheskaya bezopasnost' raketno-kosmicheskoy tekhniki. Obshchiye tekhnicheskiye trebovaniya
4. Tsutsuran V.I. Voenno-tekhnicheskiy analiz sostoyaniya i perspektiv razvitiya raketnykh topliv / V.I. Tsutsuran, N.V. Petrukhin, S.A. Gusev. – M.: MO RF, 1999. – 332 s.
5. Khimotologiya raketnykh i reaktivnykh topliv / Pod red. A.A. Bratkova. – M.: Khimiya, 1987. – 380 s.
6. Hermetichnist' u raketno-kosmichiy tekhnitsi: Navch. posib. / F.P. Sanin, YE.O. Dzhur, L.D. Kuchma, V.A. Nayd'onov. - Dnipropetrovs'k: Vyd. DDU, 1995. - 168 s.
7. Barmin I.V. Tekhnologicheskkiye ob'ekty nazemnoy infrastruktury raketno-kosmicheskoy tekhniki / I.V. Barmin. - M.: Poligrafiks RPK, 2005 (kniga 1). - 420 s.
8. Pozharnaya bezopasnost'. Vzryvbezopasnost': Sprav. izd./ A.N. Baratov, Ye.N. Ivanov, A.YA. Korol'chenko i dr. – M.: Khimiya, 1987. – 272 s.
9. Babenko V.S. Gidroimpul'snaya struya: teoriya i kharakteristiki dispergirovannogo potoka / V.S. Babenko, A.P. Kremena // Vostochno-Yevropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy. – 2013. – №5/7(65). – S. 48–54.
10. Kremena A.P. Kontsepsiya i puti povysheniya bezopasnosti ekspluatatsii startovykh kompleksov raket-nositeley / A.P. Kremena, V.I. Perlik // Kosmicheskaya tekhnika. Raketnoye vooruzheniye: Sb. nauch. trudov. – Dnepropetrovsk, 2013. – Vyp. 1. – S. 93–100.
11. Kremena A.P. Model' pozhara pri razlive samovosplamenyayushchikhsya komponentov topliva na startovom komplekse rakety-nosatelya / A.P. Kremena, N.F. Sviridenko // Tekhnicheskaya mekhanika. – 2010. – №4. – S. 109–118.
12. Kremena A.P. Opredeleniye pozharotushashchey intensivnosti polidispersnogo potoka zhidkosti / A.P. Kremena // Teoriya i praktika metallurgii. – 2003. – №4. – S. 63–68.
13. Patent na korysnu model' 43922 Ukrayina, MPK A62S 3/02 (2009.01). Sposob Hasinnya pozhezhi dysperhovanykh pozhezhohasil'noyu ridinoyu / Svyrydenko M.F., Zavoloka O.M., Kremena A.P.; zayavnyk y patentovolodar Instytut tekhnichnoy mekhaniky NANU y NKAU. - u 2009 02989; zayavl. 30.03.09; opubl. 10.09.2009, Byul. №17.
14. Kremena A.P. Syntez konstruktyvno-komponovochnykh skhem ustroystv heneryovanyya hydravlycheskykh ympul'sov // Naukovyy visnyk natsional'noho hirnychoho universytetu. – 2005.- №10. – S. 50–53.
15. Rezul'taty vyprobuvan' ruchnoho dysperhuval'noho pozhezhnogo stvola, rozroblenoho na osnovi vykorystannya hidroimpul'snykh system / V.S. Babenko, V.F. Kravchunovs'ky, V.V. Prisyazhnyuk, A.P. Kremena // Pozhezha bezpeka. – 2003. – №3. – S. 91–95.
16. Kremennaya A.P. Obespecheniye khimicheskoy i vzryvopozharnoy bezopasnosti prolivov komponentov topliva na startovykh kompleksakh raket-nositeley / A.P. Kremennaya, N.F. Sviridenko // Tekhnicheskaya mekhanika. - 2014.- №1. - S. 95-104.
17. Perlik V.I. Vybor i raschet osnovnykh proyektnykh i konstruktivnykh parametrov stvol'noy sistemy pozharotusheniya na startovom komplekse kosmicheskoy rakety-nosatelya / V.I. Perlik, A.P. Kremena //

Raketnaya tekhnika i vooruzheniye. – 2005, вып. 1. – S. 65–78.

18. Patent 60373 Ukrayina, MKI A62S3 / 00. Prystriy dlya zdobuttya strumenyt' Ridyny z kerovanoho dispersnistyu krapel' / A.P.

Kremena, YU.S. Oleksiyev, O.O. Noda ta in .; zayavnyk y patentovolodar Noda O.O. (Ukrayina). - 2001031839; zayavl. 20.03.01; opubl. 15.10.2003, Byul. №10.

*V. S. Babenko,¹ candidate of technical science, docent,
A. P. Kremena,² candidate of technical science,
«Impuls» Ltd, Dnipro,
²Yuzhnoye State Design Office, Dnipro*

ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY DURING THE OPERATION OF STARTING COMPLEXES OF SPACE ROCKETS

The results of theoretical and experimental researches, data on the developments protected by patents of Ukraine which created preconditions for modernization of regular technical means of starting complexes allowing to realize at the minimum technological completions a hydro-pulse way of transformation of technological liquid into volume-surface flow that provides effective prevention, localization and elimination of the negative impact of rocket and space technology on the environment are presented. Analysis of the environmentally hazardous impact of rocket and space technology rocket and space technology products on the environment makes it possible to distinguish two main types of impact: physical and chemical. The physical impact of space objects is mainly expressed in

mechanical impact, electromagnetic radiation, thermal and light radiation of launch vehicle engines, acoustic impact of operating launch vehicles, as well as in the form of explosions and fires. The chemical effect of rocket and space technology objects is due to the toxicity and chemical activity of rocket and space technology. The most significant chemical impact is caused by spills, evaporation and oxidation of high-boiling rocket and space technology arising during filling and unloading of components from the LV tanks, accidents at the launch complex, entailing rocket and space technology leakage.

Key words: *environmental safety, technological improvements, localization and elimination of negative impact.*