

**ОЦІНКА РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
ОЧИЩЕННЯ МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ****Є. О. Бовсуновський**

Національний авіаційний університет

просп. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, 03058, Україна. E-mail: period@nau.edu.ua

Проаналізовано процес оцінки ризику для здоров'я людини при забрудненні навколишнього середовища викидами під час процесів очищення металевих поверхонь деталей від забруднення та корозії. Встановлено, що значення рівня екологічного ризику технології в основному залежить від рівня екологічного ризику очищаючого розчину, суміші або речовини. Проведено розрахунки ризику для традиційних технологій очищення: очищення методом занурення, очищення струменем розчинника, електролітичне, електрогідравлічне очищення, ультразвукове, пневмоабразивне та гідроабразивне очищення. Визначено, що при застосуванні традиційних технологій очищення більше ніж у 70 % випадків створюється неприйнятні рівні екологічного ризику. Проведено аналіз основних еколого-технологічних недоліків традиційних технологій та визначено напрямки створення нових екологічно безпечних технологій очищення металевих поверхонь деталей від забруднення.

Ключові слова: екологічна безпека, ризик, очищення.**ОЦЕНКА УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ОЧИСТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ****Е. А. Бовсуновский**

Национальный авиационный университет

просп. Космонавта Комарова, 1, г. Киев, 03058, Украина. E-mail: period@nau.edu.ua

Проанализирован процесс оценки риска для здоровья человека при загрязнении окружающей среды выбросами во время процессов очистки металлических поверхностей деталей от загрязнения и коррозии. Установлено, что значение уровня экологического риска технологии в основном зависит от уровня экологического риска очищающего раствора, смеси или вещества. Проведены расчеты риска для традиционных технологий очистки: очистка методом погружения, очистка струей растворителя, электролитическая, электрогидравлическая очистка, ультразвуковая, пневмоабразивная и гидроабразивная очистка. Определено, что при использовании традиционных технологий очистки больше чем в 70 % случаях образуются неприемлемые уровни экологического риска. Проведен анализ основных эколого-технологических недостатков традиционных технологий и определены направления создания новых экологически безопасных технологий очистки металлических поверхностей деталей от загрязнения.

Ключевые слова: экологическая безопасность, риск, очистка.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Розвиток нових технологій часто супроводжується докорінною зміною технологічних процесів. На кожному етапі виробництва при цьому можуть використовуватися та утворюватися нові речовини, суміші та змінюватися параметри рівня екологічної безпеки. У технологіях ремонту транспортних засобів процеси очищення поверхонь деталей хоч і займають майже третину часу, що витрачається на відновлення, але залишаються найконсервативнішими та найменш досконалими з технічної, економічної та, найважливіше, з екологічної точки зору.

Традиційні способи очищення металевих поверхонь деталей такі як: очищення методом занурення, очищення струменем розчинника, електролітичне очищення, електрогідравлічне очищення, ультразвукове очищення, пневмо-абразивне (з використанням електрокорунду, гранул CO₂, гідрокарбонату натрію) та гідроабразивне очищення, мають низку суттєвих недоліків: екологічна небезпечність, пожежонебезпечність та вибухонебезпечність миючих розчинів (використання розчинників: ацетонів, трихлоретилену, перхлоретилену, чотирихлористого вуглецю); відносно великі витрати матеріалів, які у своїй більшості відносяться до невідновних ресурсів планети; значна енергоємність; комплексний негативний вплив на навколишнє середовище, працівників та населення.

Очищення методом занурювання. Найбільш розповсюджений спосіб видалення забруднень з поверхні – очищення методом занурення в місткості з миючими розчинами [1]. При цьому в якості миючих розчинів використовуються суміші ПАР, різних розчинників, слабкі розчини лугів і кислот, бензини, гас. Ефективність очищення підвищується при перемішуванні миючого розчину. Недоліками цього способу є використання великих об'ємів небезпечних для навколишнього середовища та здоров'я людей речовин, які, в основному, є легко летючими сполуками.

Аналіз закордонних літературних джерел [2, 3] показує, що використання нехлорованих вуглеводневих розчинників (KW), незважаючи на пожежонебезпечність, весь час збільшується за рахунок удосконалення обладнання, в якому інтенсифікація процесів очищення та обезжирення здійснюється за допомогою ультразвуку, флотажі та вакуумної сушки. У цьому випадку KW можуть замінити методи де використовуються хлоровані вуглеводневі розчинники (СКW) [4].

Електролітичне та електрогідравлічне очищення. За такого способу деталь, що очищається, занурена в струмопровідний розчин миючих речовин і виконує роль електрода. При електролітичному очищенні застосовують широку гаму таких хімічних речовин, як кислоти, луги, феноли і їхні похідні, поліа-

міни, а також солі нікелю, міді, цинку, кадмію, хрому, нітрит натрію, ціаністий калій і натрій, висококонцентровані електроліти (10–40 %, мас.) при високих температурах розчину (до 93°C).

Ультразвукове очищення. Як миючі складові застосовують органічні розчинники, а також водні розчини миючих речовин. До недоліків ультразвукових установок, крім їхньої високої енергоємності, варто віднести і складність обладнання, а також застосування різних видів розчинників, що можуть негативно впливати на працюючих і навколишнє середовище, утворення токсичних відходів.

При пневматичному очищенні як абразивні частки застосовують: натуральні мінерали (кварцовий чи гранітний пісок, пемза, алмазний порошок) чи штучні речовини (синтетичні алмазні порошки, ельбор, електрокорунд, карбід кремнію, скло, шлак (піскоструйка), дріб з вибіленого чи ковкого чавуна, гранули зі сталевих дроту, сталева стружка, а також дріб з важких і легких металів (дробоструйка), органічні рослинні матеріали (горіхова шкарлупа, крихта з фруктових кісточок сливи, абрикосів (кісточкоструйка), деревні обпилювання), органічні штучні речовини (гранули з пластмаси). Частина відпрацьованих абразивних матеріалів може бути використана повторно після переробки, але основна маса традиційних абразивів після використання є відходами.

При гідроабразивній обробці абразивні частинки змішують з рідиною і транспортують суміш до оброблюваної поверхні, використовуючи рідинні насоси, а також якщо як абразив використовуються феромагнітні частки, розганяючи струмись повітрям за допомогою відцентрових сил чи магнітним полем [5]. Як абразивні частки при гідроабразивній обробці застосовують ті ж матеріали, що і при пневмоабразивній. Як основний компонент робочої рідини при гідроабразивній обробці використовується вода. Масове співвідношення компонентів, що рекомендується, у робочому складі: вода – 64 %; абразив (наприклад, карбід кремнію, електрокорунд, окалина чорних металів) – 34 %; сода кальцинована – 1,5 %; нітрит натрію – 0,5 %; або вода – 76,5 %; абразив – 20 %, сода – 3,5 % і ін.

Аерозольні способи очищення. В основу аерозольних методів очищення покладено використання газодинамічних потоків стиснутого повітря та інших газів для розгону багато-компонентних складів, наприклад, гранул CO_2 в суміші з електрокорундом [3].

М'який бластинг. Група технологічних способів м'якого бластингу поєднує в собі сухі та вологі способи обробки з використанням як абразивів: гідрокarbonату натрію, carbonату кальцію та оксиду кальцію. Особливістю таких способів є використання сухої обробки, але під час проведення робіт у закритих приміщеннях, а також для підвищення рівня безпеки праці до аерозольного потоку вводять воду. Додавання води зменшує запиленість.

Наведені способи, хоча і різноманітні, мають спільну рису – шкодять довкіллю. А отже, потребують змін – аналізу, оцінки та вдосконалення.

Метою роботи є аналіз та оцінка рівнів екологіч-

ного ризику традиційних способів очищення та визначення напряму їх вдосконалення на основі отриманих значень ризику.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Загальний рівень екологічної безпеки відходів технологічних процесів очищення металевих поверхонь деталей залежить від рівнів екологічної безпеки складових (рис. 1). В сучасних умовах виробництва рівень екологічної безпеки відходів технологічного очищення на 50 – 100 % залежить від рівня екологічної безпечності очищаючих сумішей, виключаючи процеси очищення від високотоксичного забруднення, такого, як радіоактивного та інших. Застосування індексної методики оцінки у даному випадку дозволить провести оцінку пріоритетності реалізації заходів мінімізації, як загального екологічного навантаження, так і ризику виникнення токсичного ефекту [6].

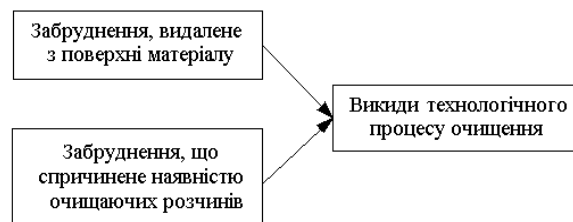


Рисунок 1 – Складові частини викидів технологічних процесів очищення

Оскільки, змінити рівень екологічної безпеки забруднення, що видаляється з поверхні, практично не представляється можливим, оцінку екологічної безпеки різних технологій очищення будемо вести за рівнем екологічної безпеки (ризик виникнення токсичного ефекту) компонентів очищаючих складів.

При розрахунках ризиків звичайно виходять з припущення, що токсичність забруднюючих речовин при низьких рівнях концентрації прямо пропорційна цій концентрації, а також, що ймовірність токсичної дії (токсичного ефекту) на живі організми та навколишнє природне середовище тим більше, чим довший час контакту. На основі цього розрахунок екологічного ризику будемо вести за формулою [7]:

$$Risk = 1 - e^{-UR \cdot C}, \quad (1)$$

де $Risk$ – ймовірність (у долях одиниці) виникнення ефекту від дії забруднюючої речовини при заданих початкових умовах; C – концентрація речовини в організмі або у навколишньому природному середовищі, mg/m^3 ; UR – одиниця ризику, що визначається як фактор пропорції росту ризику в залежності від дози m^3/mg .

Один з методів розрахунку UR оснований на даних про ступінь порушення здоров'я при зміні рівня забруднення природного навколишнього середовища (атмосферного повітря). Якщо для деякої концентрації C_i відома ймовірність захворювання (у долях одиниці), то UR визначається як

$$UR = \frac{-\ln(1 - Risk)}{C_i} \quad (2)$$

Очевидно, що значення UR (2) будуть різними для різних забруднювачів.

Інший спосіб [8] передбачає безпосередній розрахунок значення UR для кожної речовини за її граничними концентраціями. У якості граничних концентрацій C_g (мг/м³) приймаються мінімальні концентрації речовини, що викликають негативний токсичний ефект з ймовірністю не менше 16 %. Максимальні разові концентрації зв'язані з граничними співвідношенням:

$$ГДК = \frac{C_g}{K}, \quad (3)$$

де $ГДК$ – максимальна разова гранична допустима концентрація мг/м³; K – коефіцієнт запасу, що дорівнює 7,5 для речовини першого класу небезпечності, 6 – для речовини другого класу, 4,5 – для третього класу та 3 – для четвертого класу. Приймавши у рівнянні ризику $C=C_g$ та $Risk = 0,16$, (3) отримаємо:

$$e^{-UR \cdot C_g} = 0,84 \quad \text{та,} \quad UR = \frac{-\ln 0,84}{ГДК \cdot K} \quad (4)$$

Отже, вираз для ризику з врахуванням (4) приймає вигляд:

$$Risk = 1 - e^{\frac{\ln 0,84}{ГДК \cdot K} \cdot C} \quad (5)$$

Рівень екологічного ризику будемо оцінювати за орієнтовною шкалою ризиків табл.1 [7]. Подальші оцінки екологічного ризику проведені за вказаною методикою та відповідно до орієнтовної шкали ризиків з використанням концентрацій шкідливих речовин, що утворюються під час традиційних способів очищення металевих поверхонь деталей табл. 2 [10], розрахованих для типового точкового джерела холодних викидів висотою за ОНД – 86.

При висоті $H = 7,5$ м та діаметрі джерела викиду $d = 0,25$ м величина максимальної приземної концентрації C_m визначається за допомогою виразу наведеного у роботі:

$$C_m = \frac{AMFn\eta}{H^{3/8}} \cdot \frac{d}{8V_1} \quad (6)$$

де A – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери та визначає умови горизонтального та вертикального розсіювання атмосферних домішок, для європейської території $A = 160$; M – маса викидів шкідливої речовини, що надходить в навколишнє середовище за одиницю часу, у даному випадку значення маси викидів взяті зі «Звіту інвентаризації викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел на ДП «Завод 410 цивільної авіації»» на ділянках очищення поверхні деталей та гальванічного виробництва [9], г/с; F – коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосфері, для газоподібних речовин; n – коефіцієнт, що враховує умови виходу газів з джерела; η – коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості на розсіювання домішок; V_1 – об'ємна

витрата газоповітряної суміші, $V_1 = 1$ м³/с.

Для визначення n розраховують V_m за формулою:

$$V_m = 1,3 \frac{W_0 d}{H} \quad \text{де} \quad W_0 = \frac{4V_1}{\pi d^2}$$

$$\text{При} \quad \begin{cases} V_m \leq 0,3 & n = 3 \\ 0,3 < V_m \leq 2 & n = 3 - \sqrt{(V_m - 0,3)(4,36 - V_m)} \\ V_m > 2 & n = 1 \end{cases} \quad (7)$$

$$W_0 = \frac{4 \cdot 1}{3,14 \cdot 0,0625} = 20,5 \text{ м/с,}$$

$$V_m = 1,3 \frac{20,5 \cdot 0,25}{7,5} = 0,85.$$

У цьому випадку

$$n = 3 - \sqrt{(0,85 - 0,3)(4,36 - 0,85)} = 1,94$$

За допомогою виразу (6) з врахуванням (7) визначається значення максимальної приземної концентрації, мг/м³:

$$C_m = \frac{160 \cdot M \cdot 1 \cdot 1,94 \cdot 1 \cdot 0,25}{7,5^{3/8} \cdot 8 \cdot 1} = 0,66 \cdot M \quad (8)$$

Розрахунок максимальних приземних концентрацій шкідливих речовин, характерних для проаналізованих процесів очищення, проведених за виразами (5–8), представлено у зведеній табл. 2, що характеризує ступінь використання речовин у відповідності до рівня їх екологічної безпеки.

Статистичну обробку результатів розрахунків представлено у діаграмі (рис. 2)

Таблиця 1 – Орієнтовна шкала оцінки екологічного ризику

Рівень ризику, ймовірність виникнення ефекту	Оцінка ризику виникнення токсичного ефекту
Більше 10 ⁻²	Надзвичайно високий рівень ризику
10 ⁻³ – 10 ⁻²	Високий рівень ризику
10 ⁻⁴ – 10 ⁻³	Відносно невисокий рівень ризику, що є прийнятним значенням ризику у соціальному середовищі
Менше 10 ⁻⁴	Малий рівень ризику

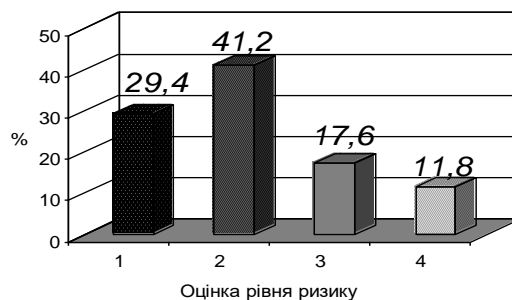


Рисунок 2 – Використання речовин, різного рівня екологічного ризику, у процесах очищення (у відсотках від загальної кількості): 1 – надзвичайно високий рівень; 2 – високий рівень; 3 – середній рівень; 4 – малий рівень

Більш ніж у 70 % випадків використовуються шкідливі речовини, що створюють неприйнятні рівні екологічного ризику (надзвичайно високий та високий рівень). Вклад у загальний ризик очищаючих рідин та сумішей може досягати більш ніж 50 %, причому токсичність та екологічна небезпечність залежить головним чином від рівня екологічної безпеки робочого середовища, а не забруднення, що видаляється. Як правило основним напрямком підвищення екологічної безпеки традиційних способів очищення є зменшення "небезпеки" за рахунок встановлення додаткових фільтруючих елементів, вловлювачів, відстійників. Після таких змін у бага-

тьох випадках утворюються додаткові відходи: солі важких металів та інші важкорозчинні осади, які проявляють токсичність, мутагенність, тератогенність, канцерогенність, алергенність і підлягають обов'язковій утилізації способом захоронення у могильниках. Також способи очищення, у яких використовуються розчинники, а також інші легкозаймисті речовини характеризуються високою пожежо-вибухонебезпечністю та майже неминучою втратою до 10 % робочих речовин за рахунок випаровування, що істотно знижує рівень їх екологічної безпеки.

Таблиця 2 – Характеристики речовин, що використовуються у традиційних способах очищення

№ з/п	Речовина	Клас небезпечності	ГДК, мг/м ³	M, г/с	C, мг/м ³	Risk	Оцінка ризику виникнення токсичного ефекту
1	Окис нітрогену	I	0,085	0,012	0,008	2,29·10 ⁻³	Високий рівень ризику
2	Хромовий ангідрид	I	0,01	0,002	0,001	3,47·10 ⁻³	Високий рівень ризику
3	Фтористий водень	I	0,5	0,15	0,1	4,62·10 ⁻³	Високий рівень ризику
4	Ацетон	IV	200	4,62	3,05	0,59·10 ⁻³	Середній рівень ризику
5	Бензин	IV	100	7,5	4,96	1,92·10 ⁻³	Високий рівень ризику
6	Кислота сірчана	II	1	0,45	0,3	8,67·10 ⁻³	Високий рівень ризику
7	Кислота азотна	III	2	0,06	0,04	7,71·10 ⁻⁴	Середній рівень ризику
8	Озон	I	0,1	1,5·10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	3,65·10 ⁻⁵	Малий рівень ризику
9	Тетрахлоретилен	III	10	11,35	7,48	2,86·10 ⁻²	Надзвичайно високий рівень ризику
10	Трихлоретилен	III	10	4,55	3	1,15·10 ⁻²	Надзвичайно високий рівень ризику
11	Вуглець чотирихлористий	IV	20	3	2	5,76·10 ⁻³	Високий рівень ризику
12	Хлор	II	1	0,15	0,1	2,89·10 ⁻³	Високий рівень ризику
13	Двоокис хлору	I	0,1	0,12	0,07	2,29·10 ⁻²	Надзвичайно високий рівень ризику
14	Хлорбензол	III	100	75	49,5	1,91·10 ⁻²	Надзвичайно високий рівень ризику
15	Хром амоній сірчанокислий	I	0,02	0,022	0,015	2,29·10 ⁻²	Надзвичайно високий рівень ризику
16	Етилацетат	IV	200	0,1	0,06	9·10 ⁻⁶	Малий рівень ризику
17	Етилендіамін	III	2	0,22	0,15	3,79·10 ⁻³	Високий рівень ризику

Примітки: M – інтенсивність викиду, C - максимальна приземна концентрація.

Особливо необхідно виділити пневмо- та гідроабразивні способи в яких є можливість зміни робочого середовища, що є перспективою з точки зору підвищення рівня екологічної безпеки.

ВИСНОВКИ. Аналізуючи вищенаведені традиційні технології очищення, їх шкідливий вплив на довкілля, можна зробити висновок, що сучасні технології очищення повинні мати такі основні еколого-технологічні властивості:

- високі швидкості очищення і ступінь чистоти оброблюваної поверхні;
- простота реалізації і надійність роботи обладнання;
- виконання вимог екологічної безпеки: дотримання значень максимальних приземних концентрацій шкідливих речовин у межах ГДК, забезпечення раціонального використання природних ресурсів та виключення з технологічного процесу очищення небезпечних речовин;

- збереження стабільності і фізичної форми деталей;
- відносно невелика витрата робочого складу;
- можливість багаторазового використання робочого складу;
- високий рівень екологічної безпеки основної складової робочої суміші (води);
- миючі та очищаючі склади повинні мати природне походження, бути розповсюдженими дешевими (глина);
- видалення якнайбільшого спектру забруднень;
- використовувати мінімальні кількості нейтральних чи близьких до нейтральних миючих речовин на водяній основі;
- попередження повторного осадження забруднень;
- зменшення корозії після очищення.

Таким чином досконала технологія очищення повинна відповідати жорстким вимогам: технологічної реалізації, економічності, екологічної безпеки.

Багатьом з вищенаведених вимог відповідає аерозольний газодинамічний потік рідких частинок (води). Його використання має більшу пріоритетність, але при цьому необхідно вводити нові технологічні рішення: захист металічних поверхонь деталей від корозії, додавання поверхнево-активних речовин безпечних для довкілля.

Отже, одним з найефективніших способів підвищення екологічної безпеки відходів технологічних процесів очищення є зміна рівня екологічної безпеки забруднення, що спричинене наявністю очищаючих розчинів. Найкращим рішенням проблеми було б використання екологічно чистої очищаючої суміші, яка б одночасно була нейтралізатором для самого забруднення, що необхідно видалити з поверхні матеріалу, а також мала показники ефективності очищення не менші ніж у традиційних способів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Dini J.W. The assessment of the environmental damage caused by the processes of protective cover layering. *Plating & Surface Finishing* 90 (2003) 3, p. 30–31.
2. Cottica D.; Tech – Schrott vom Auftragen der Silisium-Schichten. *AIFM galvanotechnical nuove finitura* 12/53 (2002) 3, p. 140–142.
3. Stollreiter M. et al; Verarbeitung der Abfdlle von chemisch-thermischer Bearbeitung der Details mit Titanlegierungen. *Arbeitsschutz aktuell; Beilage zu Farbe und Lack* 109 (2003) 10, p. 14.
4. Очищення стічних вод від органічних розчинників / М.С. Мальований, І.М. Петрушка, Р. Петрус, О.В. Стокалюк: Сб. науч. трудов XIII Междун. научно-технич. конф. [Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов,

утилизация отходов], (Алушта 13-17.06.2005)/ *УкрВОДГЕО.* – Харків, 2005. – С. 902–905.

5. Малахов А.В. Гидродинамика ограниченных потоков. – Одесса: АстроПринт, 1999. – 203 с.
6. Мальований М.С., Шмандій В.М., Харламова О.В. і ін. Аналіз та систематизація існуючих методів оцінювання ступеня екологічної небезпеки // *Екологічна безпека.* – 2013. – № 1(15). – С. 37–44.
7. Киселев А.В., Саватеева Л.А. Методические рекомендации по оценке риска здоровью населения от загрязнения атмосферного воздуха. – С.-П.: Машиностроение, 1995. – 104 с.
8. Франчук Г.М., Бовсуновский Е.А. Комплексный подход к обеспечению экологической безопасности в перспективном машиностроении // *Вестник БГТУ.* – 2004. – №8. – ч. III. – С. 166–169.
9. Перспективні природоохоронні технології в аерокосмічній галузі / Г.М. Франчук, Е.О. Бовсуновський, С.М. Маджд, О.Ю. Драч // VIII Міжнародна науково-практична конференція Проблеми управління якістю підготовки фахівців – екологів у світлі інтеграції освіти України в Європейський простір та перспективні природоохоронні технології. Львів: Львівська політехніка, 15-17 жовтня 2003. – 36 с.
10. Бовсуновський Є.О., Франчук Г.М. Екологічно чисті процеси експлуатації авіаційної та ракетно-космічної техніки // *Екологія і ресурси: Зб. наук. праць Інституту проблем національної безпеки.* – К.: ІПБН, 2006. – № 14. – С. 30–35.

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL SAFETY LEVEL IN THE PROCESS OF CLEANING THE METAL PARTS SURFACES

Y. Bovsunovskyy

National Aviation University

prosp. Kosmonavta Komarova, 1, Kiev, 03058, Ukraine. E-mail: period@nau.edu.ua

Purpose. It was done the assessment of environmental safety level in cleaning metal parts surfaces due to using of the cleaning mixture of traditional purification technologies based on acetone, kerosene, sulfuric acid, nitric acid, tetrachlorethylene, carbon tetrachloride, chlorobenzene, ethyl acetate, ethylenediamine. It all leads to significant pollution of the environment and creates a danger to human health. **Methodology.** Paper reviews the conditions of formation and specificity of environmental risk assessment in the technology parts cleaning (cleaning dip, jet cleaning solvent, electrolytic, electro-cleaning, ultrasonic, water jet cleaning and dry ice, sandblast and soda blasting). **Results.** The traditional purification technologies in more than 70% of cases produces an unacceptable levels of environmental risk (more than 10^{-3} – the probability of toxic effects): 29,4% more than 10^{-2} – the probability of toxic effects, 41,2% from 10^{-3} to 10^{-2} – the probability of toxic effects. **Originality.** The value of the level of environmental risk technology is mainly dependent on the level of environmental risk cleaning solution, mixture or substance. **Practical value.** Replacement of the purifying toxic compounds in a mixture based on water makes it possible to achieve acceptable levels of environmental risk. References 10, tables 2, figures 2.

Key words: environmental safety, risk, cleaning

REFERENCES

1. Dini, J.W. (2003), "The assessment of the environmental damage caused by the processes of protective cover layering", *Plating & Surface Finishing*, no. 90(3), pp. 30–31.
2. Cottica, D. (2002), "Tech – Schrott vom Auftragen der Silisium-Schichten", *AIFM galvanotechnical nuove finitura*, no. 12/53 (3), pp. 140–142.
3. Stollreiter, M. et al (2003), "Verarbeitung der von chemisch-thermischer Bearbeitung der Details mit Titanlegierungen", *Arbeitsschutz aktuell; Beilage zu Farbe und Lack*, no. 109 (10), p.14.
4. Malovanyy, M.S., Petrushka, I.M., Petrus, R., and Stokaluk, O.V. (2005), "Wastewater treatment from organic solvents", *Ekologia I zdorovia ludini. Ohorona vodnogo I povitryanogo baseiniv, utilizatsia vidhodiv.*

Zbirnyk naukovykh prac XII Mizhnarodnoi naukovo-tehnichnoi konferentsii [Environmental and human health. Protection of water and air, recycling. Collection of scientific papers 12th International. scient-tech. conference], Alushta 13-17.06.2005/ UkrVogGeo. – Kharkiv, pp. 902–905.

5. Malahov, A.V. (1999), *Hydrodynamica ogranichennyh potokov* [Hydrodynamics of limited flows], AstroPrint, Odessa, Ukrainian.

6. Malovanyy, M.S., Shmandiy, V.M., Kharlamova, O.V., Chelyadin, L.I. and Sakalova, G.V. (2013), "Analysis and systematization of existing methods for assessing the degree of environmental hazards", *Environmental Safety*, vol. 1, no. 15, pp. 37–44.

7. Kiselev, A.V. and Savateeva, L.A. (1995) *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke riska zdoroviu naselenia ot zagryaznenia atmosfernogo vozduha* [Methodic recommendations on the assessment of the risks to human health from air pollution], Mashinostromie, Saint Petersburg, Russia.

8. Franchuk, G.M. and Bovsunovskyy, Y.O. (2004), "An integrated approach to environmental safety in perspective mechanical engineering", *Transactions*

Belgorod state technological university, vol. 3, no. 8, pp. 166–169.

9. Franchuk, G.M., Bovsunovskyy, Y.O., Madzhd, S.M., and Drach, O.Y. (2003), "Promising environmental technologies in the aerospace industry", *Problemi upravlinnya yakistiu pidgotovki fahivtsiv – ekologiv u svitli integratsii osviti Ukraini v Evropeisky prostir ta perspektivni prirodoohoronnii tehnologiy. Zbirnyk naukovykh prac VII Mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferentsii* [Management Challenges quality of preparation of experts - ecologists in the light of Ukraine's integration into the European educational space and advanced environmental technologies. Conf. proceedings of the 8th International scient-pract. conferens] Lviv: Lviv Polytechnic, October 15-17, 2003, p. 36.

10. Bovsunovskyy, Y.O. and Franchuk, G.M. (2006), "Environmental friendly processes exploitation of aviation and space equipment", *Environment and Resources: Zbirnyk naukovykh prac Institutu problem natsionaloy bezpeky*, no.14, pp. 30–35.

Стаття надійшла 15.01.2016.