

УДК 004.056.5:35.078.3(02)

DOI: 10.18372/2310-5461.37.12376

Т. І. Дмитруха, канд. техн. наук, доц.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0001-5195-9519
e-mail: Dmitrucha79@gmail.com;

С. М. Маджд, канд. техн. наук, доц.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0003-2857-894x
e-mail: madzhd@i.ua;

В. П. Петрусенко, канд. техн. наук, доц.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0003-3120-9379
e-mail: petrusenko76@ukr.net;

А. О. Павчелюк
Національний авіаційний університет
e-mail: Anna.pavchelyuk @ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЗЕМНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ФОРМАЛЬДЕГІДУ У СЕЛИЩІ БОРОВА ЗАЛЕЖНО ВІД ВИСОТИ ТРУБИ

Вступ

Із розв'язанням проблем екологічної безпеки в Україні нерозривно пов'язані питання оцінки небезпеки забруднення атмосферного повітря формальдегідом, оскільки останнім часом вагомими стали наслідки діяльності меблевої промисловості, що розміщена поблизу населених пунктів та чинять негативний вплив на здоров'я людей.

Постановка проблеми

Основний вид діяльності Мотовилівського меблевого комбінату — виробництво меблів.

На сьогодні річна діюча виробнича потужність — 90 тис. умовних кубічних метрів деревостружкових плит на рік.

Згідно з санітарної класифікації СН 245-71 підприємство належить до класу санітарно-захищеної зони. Зона проживання людей знаходиться від неї на відстані 300 м. На території селища проживає біля 12 тис. населення. Територія підприємства озеленена [1, с. 2].

Викиди забруднювальних речовин на підприємстві здійснюються через вихлопи циклонів, вихлоп рукавного фільтра, димові труби, вентиляційні труби.

Джерелами виділення шкідливих речовин у атмосферу є: прес гарячого спресовування, сушильне відділення, хімічна лабораторія, шліфувальна лінія, відділення сепарації, станція збирання пилу, котельня.

У результаті роботи підприємства в атмосферу викидаються: пил деревини, зважені речовини (сажа), оксид вуглецю, діоксид азоту, ртуть металічна, метан, діоксид вуглецю, формальдегід, ферум оксид, марганець та його сполуки.

Викиди забруднювальних речовин на підприємстві здійснюються через вихлопи циклонів, вихлопи вентиляторів, вихлоп рукавного фільтра, димові труби, вентиляційні труби. Частково викиди на підприємстві носять неорганізований характер.

Одним із найнебезпечніших сполук, що утворюються на підприємстві є формальдегід.

Метою цієї статті є розрахунок приземної концентрації формальдегіду залежно від висоти труби джерела викиду забруднювача у селищі Борова та оцінка його зміни.

Аналіз досліджень і публікацій

У даний час в світі виробляється більше 57 млн м³/рік деревно-стружкових плит (ДСтП), які використовуються переважно, у виробництві меблів [1, с. 117].

Для виготовлення меблів використовуються також інші плитні матеріали, в основному, деревно-волокнисті плити (ДВП). В останні роки успішно застосовуються для виготовлення фасадів меблів деревно-волокнисті плити середньої щільності — МДФ. Крім плит в технології меблів використовується фанера, хоча і в менших обсягах.

Токсичність готових виробів викликана виділенням із них в навколишнє середовище канцерогенного газу — формальдегіду [1, с. 118].

Особливо істотні серед чинників концентрації формальдегіду внутрішня температура і відносна вологість. У діапазоні від 18 до 30 °С зростання температури на кожні 5 °С призводить до підвищення концентрації формальдегіду в повітрі приблизно в два рази. Відповідно, зниження на 5° С викличе 50 %-ве зниження рівня формальдегіду.

Важливо при цьому враховувати і вологість повітря, хоча її вплив дещо менше впливу температури. Висока відносна вологість протягом зимового періоду в багатьох з досліджених складських приміщень — одна з головних причин значних концентрацій формальдегіду, що реєструються взимку.

Спостерігається і зворотна залежність: за низької вологості концентрації формальдегіду в приміщеннях також будуть нижчими. Більш низькі зимові рівні формальдегіду викликані і більш активною вентиляцією приміщень, яка, природно, знижує вміст формальдегіду в повітрі приміщень, що пов'язано з більшою різницею температури всередині і зовні і більш сильними потоками повітря.

Чим більше різниця температур між внутрішньою і зовнішньою частиною будівлі, тим нижче рівень формальдегіду [2, с. 107–108].

Формальдегід надає багатоаспектну токсичну дію на живі організми. Він є сильним сенсibiliзатором при контакті зі шкірою. Професійним захворюванням медичного персоналу, що працює з водним розчином формальдегіду (формаліном), є екзема рук. При постійному контакті з формаліном розвиваються важкі алергічні дерматити. Формальдегід також призводить до розвитку астми та інших порушень легеневої функції [3, с. 39]. Є дані про збільшення захворюваності на рак робітників, що контактують з формальдегідом

Прояв канцерогенних і імунодепресивних властивостей формальдегіду різко посилюється в присутності звичайних для міського повітря забруднювачів, тому зростання забруднення атмосфери формальдегідом стає істотним фактором ризику, який визначає онкологічну захворюваність.

Вирішення завдання

Оскільки формальдегід є надзвичайно отруйною речовиною і відноситься до класу небезпеки, одним із завдань роботи є дослідження максимального значення приземної концентрації формальдегіду C_m мг/м³ під час викиду газопо-

вітряної суміші з одиничного джерела з круглим гирлом:

$$C_{\max} = \frac{A F M m n \eta}{H^2 \sqrt[3]{VT}},$$

де A — коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери (для України $A = 160$); M — маса викидів шкідливої речовини за одиницю часу, г/с; F — безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі; m, n — коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела; H — висота джерела викидів над рівнем землі, м; η — безрозмірний коефіцієнт, який враховує вплив рельєфу місцевості (при перепаді висот не більшому ніж 50 м на 1 км, $\eta = 1$); V_1 — витрати газоповітряної суміші (в кубічних метрах за секунду) визначаються за формулою

$$V_1 = \frac{\pi D^2 W_0}{4},$$

де D — діаметр гирла джерела, м; W_0 — швидкість виходу газоподібної суміші з гирла джерела викидів, м/с.

Значення коефіцієнту $F = 1$ для газоподібних шкідливих речовин і дрібнодисперсних аерозолів.

Значення коефіцієнтів m і n визначають залежно від параметрів f, V_m, V'_m і f_e :

$$f = 1000 \cdot \frac{W_0 D}{H^2 \Delta T}, \quad V_m = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{V_1 \Delta T}{H}},$$

$$V'_m = 1,3 \cdot \frac{W_0 D}{H}, \quad f_e = 800 \cdot V_m'^2.$$

Коефіцієнт m розраховують залежно від f :

$$m = 0,67 + 0,1 \sqrt{f + 0,34 \sqrt{f}} \quad \text{при } f < 100.$$

Коефіцієнт n при $f < 100$ визначають залежно від V_m :

$$n = 0,532 V_m^2 - 2,13 V_m + 3,13 \quad \text{при } 0,5 \leq V_m \leq 2.$$

Відстань X_m від джерела викидів, на якій приземна концентрація C за несприятливих метеоумов досягає максимального значення C_m дорівнює:

$$X_m = \frac{5 - F}{4} d H,$$

де безрозмірний коефіцієнт d при $f < 100$ розраховують за формулою:

$$d = 4,95 V_m (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}) \quad \text{при } 0,5 \leq V_m < 2.$$

Значення небезпечної швидкості U_m (у метрах за секунду) на рівні 10 м від рівня землі, за якої досягається найбільше значення приземної

концентрації шкідливих речовин C_m у випадку $f < 100$ визначається за формулою:

$$U_m = V_m \text{ при } 0,5 \leq V_m < 2.$$

При небезпечній швидкості вітру U_m приземна концентрація формальдегіду C_m в атмосфері вздовж осі факелана на різних відстанях X (у метрах) від джерела викиду дорівнює:

$$S_1 = 1,13 \cdot \left(0,13 \left(\frac{X}{X_m} \right)^2 + 1 \right)^{-1} \text{ при } 1 < X/X_m \leq 8,$$

$$S_1 = \frac{X}{X_m \left(3,58 \left(\frac{X}{X_m} \right)^2 - 3,52 \left(\frac{X}{X_m} \right) + 120 \right)}$$

при $F \leq 1,5$; $8 < X/X_m \leq 100$.

де S_1 — безрозмірний коефіцієнт, що обчислюють залежно від співвідношення X/X_m і коефіцієнта F . Вихідні дані:

$$H = 6 \text{ м}; D = 0,5 \text{ м}; T_a = 60 \text{ }^\circ\text{C}; T_{\text{пов}} = 25 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$W_0 = 2,7 \text{ м}^3/\text{с}; M = 0,2 \text{ г/с};$$

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 0,52}{4} \cdot 2,7 = 0,53 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$f = 1000 \frac{2,7^2 \cdot 0,5}{6^2 \cdot 35} = 289;$$

$$V_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{0,53 \cdot 35}{9}} = 0,95;$$

$$V_m = 1,3 \frac{2,7 \cdot 0,5}{6} = 0,29;$$

$$f_e = 800 \cdot (0,29)^3 = 19,5;$$

$$m = (0,84 + 0,48) = 1,32;$$

$$n = 0,48 - 2 + 3,13 = 1,61;$$

$$d = 4,7 \cdot 1,4 \approx 6,6; X_m = \frac{5-1}{4} \cdot 6,6 \cdot 6 = 39,4 \text{ м};$$

$$U_m = V_m = 0,95; S_1 = 1,13(7,5+1)^{-1} = 0,13;$$

$$C = 0,7 \cdot 0,13 = 0,09 \text{ мг/м}^3.$$

За умови, що $X = 250 \text{ м}$, $C = 0,12 \text{ мг/м}^3$; при $X = 300 \text{ м}$, $C = 0,09 \text{ мг/м}^3$; при $X = 350 \text{ м}$, $C = 0,02 \text{ мг/м}^3$; при $X = 400 \text{ м}$, $C = 0,015 \text{ мг/м}^3$; при $X = 500 \text{ м}$, $C = 0,013 \text{ мг/м}^3$. У результаті проведених розрахунків концентрація формальдегіду на відстані 300 м перевищує гранично допустиму концентрацію (рис. 1). Для вирішення питання пропонуємо збільшити висоту труби джерела викиду забруднювача до 10 м (рис. 2).



Рис. 1

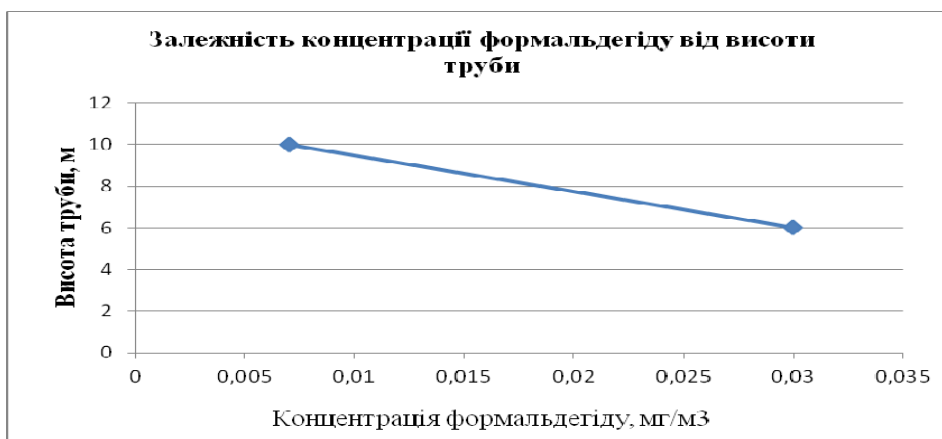


Рис. 2

У результаті:

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 0,52}{4} \cdot 2,7 = 0,53 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$f = 1000 \frac{2,7^2 \cdot 0,5}{10^2 \cdot 35} = 1,04;$$

$$V_m = 0,653 \sqrt[3]{\frac{0,53 \cdot 35}{10}} = 0,8;$$

$$V_m = 1,3 \frac{2,7 \cdot 0,5}{10} = 0,2;$$

$$f_e = 800 \cdot (0,2)^3 = 6,4;$$

$$m = 0,77 + 0,34;$$

$$n = 0,34 - 1,704 + 3,13 = 1,766;$$

$$d = 3,96 \cdot 1,28 = 5,08;$$

$$X_m = \frac{5-1}{4} \cdot 5,08 \cdot 10 = 50,8 \text{ м};$$

$$U_m = V_m = 0,8;$$

$$S_1 = 5,9(124,9 + 20,8 + 120)^{-1} = 0,125;$$

$$C = 0,125 \cdot 0,24 = 0,03 \text{ мг/м}^3.$$

Як видно з графіків, концентрація формальдегіду не перевищує ГДК, тому для зниження концентрації формальдегіду в атмосферному повітрі селища пропонуються рекомендації:

– знизити надходження в атмосферу первинного антропогенного формальдегіду за рахунок очищення викидів;

– збільшити висоту труби джерела викиду забруднювача до 10 м.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Разиньков Е. М.** Миграция формальдегида из древесно-стружковых плит // Лесотехнический журнал. — 2013., doi.:10.12737/2190.

2. **Жук П. М.** Исследование загрязнения окружающей среды формальдегидом на предприятиях строительных материалов // Вестник МГСУ. — 2013., — №. 4, doi.:10.22227/1997-0935.20134102-112.

3. Формальдегид в атмосферном воздухе городов. Известия Российской академии наук. Серия географическая. — 2012. — №. 5, doi.:10.15356/0373-2444-2012-5-82-89.

Дмитруха Т. І., Маджд С. М., Петрусенко В. П., Павчелюк А. О. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЗЕМНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ФОРМАЛЬДЕГІДУ У СЕЛИЩІ БОРОВА ЗАЛЕЖНО ВІД ВИСОТИ ТРУБИ

У статті зролено розрахунок приземної концентрації формальдегіду залежно від висоти труби джерела викиду забруднювача у селищі, де розміщений меблевий комбінат, а також надано оцінку її зміни. Показано, що однією із найнебезпечніших сполук, що утворюються на підприємстві є формальдегід. Зроблено наголос на тому, що токсичність готових виробів викликана виділенням з них в навколишнє середовище, в основному, канцерогенного газу — формальдегіду. Показано, що концентрація формальдегіду на відстані 300 м від джерела викиду перевищує граничнодопустиму концентрацію, що має прямий зв'язок із висотою труби. З'ясовано, що для встановлення приземної концентрації в межах граничнодопустимої, потрібно збільшити висоту труби джерела викиду забруднювача до 10 м. Запропоновані рекомендації щодо зниження приземної концентрації формальдегіду в селищі.

Ключові слова: формальдегід; деревообробна промисловість; гранично-допустима концентрація; небезпека.

Dmytrukha T. I., Madzhd S. M., Petrusenko V. P., Pavchelyuk A. O. INVESTIGATION OF FORMALDEHYDE GROUND CONCENTRATION DEPENDING ON THE HEIGHT OF PIPE IN THE SMALL TOWN BOROWA

In the article the calculation of the ground concentration of formaldehyde is performed depending on the height of the pollution source in the settlement, where a furniture plant is located, and also the analysis of its change is provided. It was shown that one of the most dangerous compounds emitted by plant is formaldehyde. It is emphasized that finished products are caused by the release of the toxicity of the carcinogenic gas — formaldehyde into the environment. It is shown that concentration of formaldehyde at the distance of 300 m from the source of emissions exceeds the maximum permissible concentration, which has a direct connection with the height of the pipe. It has been found that for the formation of the ground concentration within the limits of the maximum permissible, it is necessary to increase the height of the pipe emission of the source to 10 m. Recommendations for the reduction of the ground concentration of formaldehyde in the settlement are given.

Keywords: formaldehyde; woodprocessing industry; maximum permissible concentration; hazard.

Дмитруха Т. И., Маджд С. М., Петрусенко В. П., Павчелюк А. О.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЗЕМНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ФОРМАЛЬДЕГИДА В ПОСЕЛКЕ БОРОВАЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫСОТЫ ТРУБЫ

В статье сделан расчет приземной концентрации формальдегида в зависимости от высоты трубы источника выброса загрязнителя в поселке, где расположен мебельный комбинат, а также дана оценка ее изменения. Показано, что одним из самых опасных соединений, образующихся на предприятии является формальдегид. Сделан упор на том, что токсичность готовых изделий вызвана выделением из них в окружающую среду, в основном, канцерогенного газа — формальдегида. Показано, что концентрация формальдегида в 300 м от источника выброса превышает предельно допустимую концентрацию, имеет прямую связь с высотой трубы. Выяснено, что для установления приземной концентрации в пределах предельно допустимой, нужно увеличить высоту трубы источника выброса загрязнителя до 10 м. Предложены рекомендации по снижению приземной концентрации формальдегида в поселке.

Ключевые слова: формальдегид; деревообрабатывающая промышленность; предельно допустимая концентрация; опасность.

Стаття надійшла до редакції 28.02.2018 р.

Прийнято до друку 28.02.2018 р.

Рецензент — д-р техн. наук, проф. Бойченко С. В.