

## ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

УДК 636.085.55; 504.064.2.001.18

В. І. УРСУЛОВА

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ ПИЛОВИХ ВИКИДІВ КОМБІКОРМОВИХ ЗАВОДІВ

Розглянута технологія виробництва та технологічне обладнання, яке використовується під час виготовлення комбікормових сумішей. Представлено методики розрахунку викидів від робіт з навантаження і розвантаження, зерно переробки та елеваторів. Розглянуто недоліки розрахунків та визначено шляхи покращення отриманих результатів. Побудовано розсіювання, на основі проведених розрахунків викидів речовин у вигляді твердих суспендованих частинок та покладено на місцевість. Створено та проаналізовано математичну модель розподілу пилових викидів типового комбікормового заводу.

**Ключові слова:** пил, викиди, концентрація, розсіювання, розподіл, модель, комбікорм.

Рассмотрена технология производства и технологическое оборудование, которое используется при изготовлении комбикормов смесей. Представлены методики расчета выбросов от работ по погрузке и разгрузке, зерно переработки и элеваторов. Рассмотрены недостатки расчетов и определены пути улучшения полученных результатов. Построено рассеивание на основе проведенных расчетов выбросов веществ в виде твердых взвешенных частиц, и положено на местность. Создана и проанализирована математическая модель распределения пылевых выбросов типового комбикормового завода.

**Ключевые слова:** пыль, выбросы, концентрация, рассеяние, распределение, модель, комбикорм.

The object of the study in this article is technological emissions of feed mill. Technological equipment and feed production technology were considered. Techniques for determining emissions from corn processing, operations of loading and unloading and elevators were chosen. Disadvantages of calculations were identified and eliminated.

The values of concentration of suspended solid particles were obtained during direct measurements directly in the production technology in the emissions of a typical feed mill, resulting in the use of considered techniques. Dust dispersion was built and assigned to the area on the basis of calculated data. Distribution model of dust emissions for a typical feed mill was established with accounting the main parameters of the organized and unorganized sources of emissions. Size, pitch and centers coordinate plane were given. This model facilitates the determination of zones of influence of emission sources from planned activity and capacity of emissions in the nodes of coordinate plane to the level of air pollution. The model makes it possible to assess the individual (point) sources of emissions.

**Keywords:** dust, emissions, concentration, dispersion, model, feed.

**Вступ.** Сучасний аграрно–промисловий комплекс (АПК) є важливим сектором економіки України. Ядром АПК є сільське господарство до складу якого входить комбікормова галузь, яка представлена 120–ма різними виробниками кожен з яких має в розпорядженні в середньому 4 комбікормових заводи (КЗ), що забезпечують виробничу потужність галузі на рівні 12 – 15 млн. тонн на рік. Основними виробниками комбікормів є агрохолдинги, що займають 87 % загального виробництва [1]. До початку 2000 років значна кількість агрохолдингів та незалежних КЗ, розташовувалась, як правило неподалік від міста та в промислових зонах, загалом за межами міської забудови. За останні роки ситуація суттєво змінилась через розширення та глобалізацію міст заводи почали обростати житловими будинками та спорудами, що з огляду на тенденцію збільшення виробництва спричиняє негативний вплив на людський організм, та довкілля загалом.

**Аналіз літературних даних та постановка задачі.** Кожний КЗ є джерелом викиду забруднюючих речовин (ЗР) зважаючи на особливості технологічного процесу основною ЗР, яка потрапляє в атмосферне повітря, є тверді суспендовані частинки (пил). Враховуючи динаміку зростання виробництва комбікормів [2], та виходячи з вище зазначених даних можна підрахувати що комбікормова галузь України щорічно викидає в атмосферне повітря більше 170 тис. тонн пилу в рік. З огляду на це виникає необхідність детального підходу до вивчення впливу роботи КЗ на навколишнє середовище [3]. Основою для даного під

ходу є не лише визначення кількості ЗР, що викидаються, а й проведення розрахунків розсіювання ЗР з метою визначення зони впливу ЗР і факторів, що впливають на утворення зони. Дослідження закордонних вчених, щодо параметрів, які впливають на розповсюдження викидів від зерно перероблювальних виробництв та елеваторів визначають основні фактори впливу [4, 5]. Виникає потреба у створенні математичної моделі розподілу концентрацій з урахуванням організованих та неорганізованих джерел викиду. Особливо важливим є необхідність постійного контролю прямими інструментальними вимірюваннями рівня концентрації пилу безпосередньо під час технологічних процесів [6–8].

**Об'єкт, мета та задачі дослідження.** Об'єкт дослідження – технологічні викиди комбікормових заводів.

Мета дослідження – створення математичної моделі розподілу концентрації пилу при врахуванні параметрів усіх джерел комбікормового виробництва.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

5. Розглянуто технологію та обладнання виробництва комбікормів.

6. Проаналізувати методики розрахунку викидів від робіт з навантаження і розвантаження, зерно переробки та елеваторів.

7. Провести розрахунки викидів комбікормового заводу по методикам, та побудувати розсіювання викидів.

© В. І. Урсулова. 2016

8. Створити та проаналізувати математичну модель розподілу пилових викидів комбікормового заводу.

**Матеріали та методи дослідження для створення математичної моделі розподілу викидів пилу.** Стисла характеристика технології виробництва, технологічного обладнання та їх вплив на забруднення атмосферного повітря

Комбікормовий завод здійснює приймання сировини для виробництва і відвантаження комбікормів споживачам. Для виробництва комбікормів використовуються різні види зернової, білкової та мінеральної сировини.

Зерно поступає на підприємство по залізниці та автотранспортом і розвантажується в приймальних пристроях елеватора. Після розвантаження зерно подається в елеватор для зберігання та передачі в цех розсипних комбікормів (РКК). Елеватор має робочу вежу, де розміщено зерноочисне та вагове обладнання і силосні корпуси для зберігання зерна. Робоча вежа елеватора і силосні корпуси ємністю 48 тис. тон, оснащені сімома аспіраційними мережами, викидають зерновий пил. Для відокремлення пилу використовуються циклони ЦОЛ та батареї циклонів типу 4БЦШ. Час роботи цих джерел відповідає часу роботи технологічного устаткування.

Двоюрисний силосний склад борошністої сировини (відноситься до цеху розсипних комбікормів) призначений для отримання, очистки, подрібнення та зберігання сировини, а також для передачі на подальшу обробку. Транспортне та технологічне обладнання обслуговують аспіраційні установки з високоефективними пиловідокремлювачами типу РЦЕ.

Приймальні пункти (завальні ями) для автотранспорту та залізниці є неорганізованими джерелами викиду, по типу закриті з двох сторін. Річний період їх праці залежить від плану випуску продукції і корегується протягом року. Також до неорганізованих джерел на елеваторі відносяться чотири однакових бункери з під циклонів, під час розвантаження яких у атмосферу надходить зерновий пил. Об'єм одного бункера – 25 м<sup>3</sup>. Розвантажуються приблизно 1 раз на місяць, саме розвантаження триває в середньому 20 хвилин, на відкритій місцевості.

В цеху розсипних комбікормів основа (пшениця, жито, горох, шрот, соя тощо), яка поступає з елеватора, подрібнюється дробарками (сумарною потужністю 20 і 30 т/год). Після цього через дозатори додаються компоненти згідно рецепту і вся суміш проходить стадію змішування з наступним зважуванням і транспортуванням в склад готової продукції (ГП) та в цех гранульованих комбікормів (ГКК). Пости, які призначено для розвантаження сировини (переважно шроти) з автотранспорту та вагонів є неорганізованими джерелами викиду. Відвантаження сировини відбувається до завальної ями під навісом, який закрито з двох сторін – для залізничного транспорту, та для автотранспорту. Основним обладнанням в цьому цеху є транспортне обладнання (ланцюгові конвеєри, норії), дробарки, дозатори, змішувачі, ваги. Для відокремлення пилу від цього обладнання використовуються чотири аспіраційні мережі з пиловідокремлювачами типу РЦЕ, що викидають в атмосферу зерновий пил, пил борошна і комбікормовий пил.

В цеху гранульованих комбікормів здійснюється гранулювання комбікорму, охолодження гранул, зважування готової продукції і транспортування в силоси для зберігання та відпуск на автомобільний та залізничний транспорт. Даний цех оснащений транспортним та технологічним обладнанням – норіями, ланцюговими конвеєрами, просіювачами, пресами типу ДГ з охолоджуючими колонками, вагами ДН – 1000 та бункерами для зберігання гранул. Технологічне та транспортне обладнання обслуговують дві аспіраційні мережі, охолоджуючі колонки обслуговують п'ять аспіраційних мереж з пиловідокремлювачами типу ЦОЛ що викидають в атмосферу пил борошна і комбікормовий пил. Час роботи цих джерел відповідає часу роботи технологічного устаткування.

Цех готової продукції виконує відвантаження продукції на транспорт і являє собою два неорганізовані джерела викиду. Відвантаження відбувається за допомогою рукавів на відкритій або під закритим з двох сторін навісом та рухомою завісою з третьої сторони.

Загальна кількість джерел викиду на підприємстві становить 29. Безпосередньо задіяні у виробництві комбікормів 22 джерела, з них 8 джерел представляють собою не організовані джерела викидів.

Розрахунок викидів від зернопереробних установок, елеваторів та від постів завантаження і розвантаження. Валовий викид пилу в атмосферу аспіраційними та пневмотранспортними установками зернопереробних установок та елеваторів визначається відповідно до методики [9]. Розрахунки проводяться за формулою:

$$M^0 = 10^{-6} \cdot T \cdot \sum_{i=1}^n Q_i \cdot B_i \cdot \tau_i, \quad (1)$$

де  $B_i$  – концентрацію пилу в повітрі, що викидається  $i$ -ю аспіраційною чи пневмотранспортною установкою, г/м<sup>3</sup>;  $Q_i$  – витрата повітря на вихлопі  $i$ -ої аспіраційною чи пневмотранспортною установкою, м<sup>3</sup>/год;  $n$  – кількість аспіраційних установок;  $n=1$   $T$  – час роботи підприємства, діб/рік;  $\tau_i$  – час роботи  $i$ -ої установки, год/добу; Час роботи підприємства – 250 діб/рік

$$Q_i = V \cdot 3600, \quad (2)$$

$V$  – витрата повітря на виході з ГОУ, м<sup>3</sup>/с;

$$B_i = C / 1000, \quad (3)$$

$C$  – концентрація забруднюючої речовини на виході з ГОУ, мг/м<sup>3</sup>.

Розрахунок валових викидів забруднюючих речовин в атмосферу від постів завантаження і розвантаження (ПЗР) виконується за методикою [10]. Розрахунок валових викидів виконується по формулі:

$$M_n^0 = a \cdot P \cdot K, \quad (4)$$

де  $M_n^0$  – валовий викид забруднюючої речовини, т/рік;  $P$  – план заготовок зерна/комбікормів  $K$  – коефіцієнт, який враховує масову долю пилу в мате-

ріалі 0,2 – 0,4%; а – коефіцієнт, який дорівнює  $10^{-3}$  при виробництві комбікормів,  $10^{-2}$  при заготівлі зерна.

Методики визначення викидів від різних процесів комбікормового виробництва наведені у формулах (1 – 4), розрахунки призначенні для оптимальних (ідеальних) умови технологічних процесів КЗ, але не враховують старіння обладнання, наростаюче порушення герметичності, зміни у складі сировини, втрату ефективності пилогазоочисних установок. Відповідно виникає потреба у моделюванні процесів викидів КЗ з урахуванням реального стану технологічного обладнання та обов'язковим корегуванням вищенаведених розрахункових формул даними прямих інструментальних вимірів концентрації забруд-

нюючих речовин (пилу) безпосередньо у виробничому процесі КЗ

### Результати досліджень по визначенню викидів та побудові розсіювання і математичної моделі розподілу пилу

*Експериментально – розрахункові дослідження типового комбікормового заводу*

За результатами проведених вимірювань концентрацій пилу від організованих джерел викиду було проведено розрахунки викидів у відповідності до методик. [9] В табл. 1. представленні результати розрахунків викидів від зернопереробних підприємств та елеваторів по джерелам.

Таблиця 1 – Валові викиди пилу по джерелам

№ дж.	Найменування джерела утворення, цех	Максимальна концентрація забруднюючої речовини, мг/м <sup>3</sup>	Прямі виміри, г/с	Розрахунок, т/рік
1	Норія*, РКК*	24,15	0,034921	0,314288
2	Дробарки 1,2; РКК*	15,45	0,024241	0,218169
4	Дробарки 3,4; РКК*	88,14	0,09114	0,820231
5	Рукав розвантаження, РКК*	79,44	0,018033	0,162296
8	Прес 1, ГКК*	19,65	0,043878	0,394906
9	Прес 2, ГКК*	20,21	0,061499	0,553491
10	Прес 3, ГКК*	26,22	0,057448	0,517032
12	Транспортер, елеватор	32,84	0,0111331	0,100195
13	Норія*, елеватор	42,68	0,0306862	0,276182
14	Норія*, елеватор	32,68	0,0215388	0,193825
15	Транспортер, елеватор	28,429	0,0119402	0,107462
16	Транспортер, елеватор	16,523	0,008278	0,074502
17	Транспортер, елеватор	133,824	0,1112077	1,00087
18	Транспортер, елеватор	112,125	0,0951941	0,856747

\*Норія – транспортний засіб для переміщення сипких матеріалів системою ковшів, що закріплені через певні проміжки на нескінченній стрічці; РКК – цех розсипних комбікормів; ГКК – цех гранульованих комбікормів.

Максимальна концентрація ЗР коливається від 24,15 мг/м<sup>3</sup> до 112,125 мг/м<sup>3</sup>, відповідно до цих концентрацій величина валових викидів забруднюючих речовин в атмосферу від зерно переробки та елеваторів становить 0,621138 г/с, річний розрахований викид дорівнює 5,590196 т/рік від 14 організованих джерел викиду. Порівнюючи отриманні данні з пороговими значеннями викидів [11, 12] бачимо, що викиди джерел № 9, 10 перевищують поріг, а джерела №4, 17, 18 вище за порогові майже в два рази.

Необхідно зазначити, що об'єм викидів без

очистки ГОУ становить 182,6342 т/рік, а після очистки значення зменшується в середньому на 97 % і сумарний викид становить 5,590196 т/рік. Отриманні результати свідчать про необхідність використання та контролю ефективності ГОУ.

Відповідно до результатів вимірювання у табл. 2 – 4 представленні розрахунки, відповідно до методик [10], які проведенні по неорганізованими джерелам викиду під час робіт з завантаження і розвантаження у різних цехах КЗ.

Таблиця 2 – Валові викиди від завантажувальних і розвантажувальних робіт у цеху розсипу

№ дж.	Найменування джерела утворення, цех	Прямі виміри, г/с	Розрахунок, т/рік
3	Пост розвантаження, РКК*	0,085	1,656

\*РКК – цех розсипних комбікормів.

Валові викиди забруднюючих речовин в атмосферу від завантажувальних і розвантажувальних постів у цеху розсипу становлять 0,085 г/с, річний розрахований викид дорівнює 1,656 т/рік від джерела №3 викиду. Порогове значення перевищене у три рази.

В табл. 3 представлено викиди від цеху готової продукції.

Викиди забруднюючих речовин від завантажувальних і розвантажувальних постів від цеху гото-

вої продукції становлять 0,1158 г/с, річний розрахований викид дорівнює 0,45871 т/рік від джерел викиду №6 та №7. Викиди від проведених робіт у цеху готової продукції не перевищують порогові значення, та мають амортизаційний запас у разі розвитку потужностей підприємства.

Визначенні та розраховані значення викидів представленні у табл. 4.

Таблиця 3 – Валові викиди завантажувальних і розвантажувальних робіт від цеху готової продукції

№ дж.	Найменування джерела утворення, цех	Навантаження, %	Визначенні, г/с	Розрахунок, т/рік
6	ПЗР* сировини, ГП*	0,75	0,0869	0,34403
7	ПЗР* сировини, ГП*	0,25	0,0289	0,11468

\*ПЗР – пост завантаження/розвантаження; ГП – цех готової продукції.

Таблиця 4 – Валові викиди від завантажувальних і розвантажувальних робіт елеватора

№ дж.	Найменування джерела утворення, цех	Визначенні, г/с	Розрахунок, т/рік
11	Транспортування сировини ПЗР*, елеватор	0,358	1,937
25	Транспортування сировини ПЗР*, елеватор	0,0245	0,00035
26	Транспортування сировини ПЗР*, елеватор	0,0245	0,00035
27	Транспортування сировини ПЗР*, елеватор	0,0245	0,00035
28	Транспортування сировини ПЗР*, елеватор	0,0245	0,00035

\*ПЗР – пост завантаження/розвантаження.

Об'єм забруднюючих речовин в атмосферу від завантажувальних і розвантажувальних постів елеватора становить 0,456 г/с, річний розрахований викид дорівнює 1,9384 т/рік. Викид джерела №11 відносно порогового вищій у 4 рази, джерела №25 – 28 мають великий амортизаційний запас у разі розвитку потужностей підприємства. При оцінці викидів від організованих та неорганізованих джерел викиду треба враховувати, що в останніх відсутні аспіраційні уста-

новки. Дослідивши сумарні обсяги викидів по джерелам №1 – 18 та №25 – 28, речовин у вигляді твердих суспендованих частинок, можна побачити, що найбільші значення викидів притаманні тим джерелам діяльності, яких пов'язана з сировиною, яка використовується для виготовлення комбікормів.

Обсяги викидів по кожному з цехів підприємства представлені у табл. 5.

Таблиця 5 – Обсяги викидів пилу по кожному з цехів

Назва цеху	Кількість джерел	Визначенні, г/с	Розрахунок, т/рік
Цех розсипних комбікормів	5	0,253335	3,170984
Цех готової продукції	2	0,1158	0,45871
Цех гранульованих комбікормів	3	0,162825	1,465429
Елеватор	12	0,745978	4,548183

Дослідження по обсягам викидів по кожному цеху представлені у табл. 5 з них видно, що найбільші викиди у розмірі 4,548183 т/рік виникають від елеваторів, наступним йде цех розсипних комбікормів з показником у 3,170984 т/рік. Втричі менші показники від елеваторів має цех гранульованих комбікормів. Найнижчий викид становить 0,45871 т/рік у цеху готової продукції.

Таким чином можна сказати, що значна кількість викидів виникає при транспортуванні, пересипці й обробці сировини. Треба зазначити що кількість використаної сировини за рік становить 230648 тонн, об'єм виготовленої продукції дорівнює 229351 тонн, відповідно до цих даних та враховуючі, що при виготовленні комбікормів втрата маси в середньому складає 40 %, 777 тонн – це верхня межа потенційного викиду.

Розсіювання та математична модель розподілу концентрацій забруднюючих речовин від джерел типового комбікормового заводу

Розрахунок проведений за допомогою спеціалізованої програми призначеної для розрахунку концентрацій забруднення атмосферного повітря, селітебних і промислових територій. В результаті розрахунку одержані концентрації у вузлових точках розрахункової сітки, які слугують основою для побудови карт розсіювання забруднюючих речовин на розрахунковій ділянці. Величина концентрації визначається у відносних одиницях (частках ГДК). Встановлення і нормування величини гранично допустимих викидів (ГДВ) шкідливих речовин в атмосферному повітрі за ГОСТом 17.2.3.02 – 78 проводиться згідно з критерієм якості атмосферного повітря.

К = С<sub>р</sub>/ГДК, (5)

де С<sub>р</sub> – розрахункова величина концентрації ЗР в приземному шарі атмосферного повітря над заданою точкою поверхні, мг/м<sup>3</sup>.

ГДК – граничнодопустима концентрація ЗР.

Якість повітря за ступенем забрудненості шкідливими речовинами вважається задовільною, якщо К=1,0, а величина викидів М (г/с), яка обумовила концентрацію С<sub>р</sub> при несприятливих умовах розсіювання, є допустимою по відношенню до даної точки. Таким чином, завдання нормування величини викидів М зводиться до розрахунку С<sub>р</sub> і перевірки умови К=1,0.

СЗЗ типового комбікормового заводу становить 100м. Створено модель розсіювання, що зображена на рис. 1, та покладено отримане розповсюдження на місцевість.



Рис. 1 – Модель розсіювання речовин у вигляді твердих суспендованих частинок та зони по часткам ГДК: 1 – 61,825 ГДК; 2 – 110,980 ГДК; 3 – 160,135 ГДК; 4 – 209,290 ГДК; 5 – 258,445 ГДК; 6 – 307,600 ГДК; 7 – 356,755 ГДК; 8 – 405,910 ГДК; 9 – 455,065 ГДК;

Результати розсіювання, щодо рівня забруднення пилом повітря джерелами викидів на прилеглий території до підприємства коливаються в межах від 61 до 455 часток ГДК. Показники свідчать про перевищення викидів. Лише на відстані у 1,5 км значення коефіцієнта К дорівнює одиниці. Таким чином навіть 9 т/рік мають величезний вплив на здоров'я людини та довкілля.

Для детального аналізу та врахування необхідних параметрів створено математичну модель розподілу концентрації пилу, яка зображена на рис.2. Для побудови моделі використано наступні дані:

- організованих джерел викиду – висота, об'ємна витрата та швидкість вітру в залежності від висоти (для високих джерел від 4м – найбільша швидкість вітру, для низьких джерел менше 4м – найнижча швидкість вітру, притаманна для даної місцевості);

- неорганізованих джерел викиду – показники концентрації пилу, при вимірюванні на відстані в 0,5 м від місця проведення робіт, та швидкість вітру для низьких джерел викиду.

Центром координат обрано  $x:11470$  та  $y:19620$ , заданий розмір координатної площини становить  $400\text{м} \times 400\text{м}$ , значення концентрацій у вузлах розраховані з кроком у 5м.

Розрахункові величини концентрації речовин у вигляді твердих суспендованих частинок в атмосфер-

ному повітрі на заданій площині коливаються від  $6,3 \text{ мг/м}^3$  до  $252 \text{ мг/м}^3$ . Точки з найбільшою концентрацією відповідають розміщенню джерел викиду пилу по мірі віддалення від джерел відбувається розсіювання ЗР, що загалом знижує значення концентрації на відстані від території підприємства. Розглянемо детальніше: найвища концентрація безпосередньо над джерелом викиду становить  $252,59 \text{ мг/м}^3$  на відстані у 20м концентрація зменшується вдвічі і становить  $129,46 \text{ мг/м}^3$ , значення у  $80,88 \text{ мг/м}^3$  відповідає відстані у 40 м. На межі СЗЗ, що становить 100 м від джерел забруднення, концентрація дорівнює  $32,3 \text{ мг/м}^3$ . Усі значення, що наведені вище перевищують значення ГДК навіть без урахування фонових концентрацій.

На перший погляд незначні викиди комбікормового заводу насправді мають велику зону впливу та постійно забруднюють атмосферне повітря [3, 7] Тому необхідно зменшувати кількість неорганізованих, використовувати аспіраційні установки для очищення викидів з організованих джерел та безперервно контролювати викиди під час технологічних процесів.

Обговорення результатів створення математичної моделі розподілу пилових викидів типового комбікормового заводу. Запропонована модель розподілу викидів комбікормових заводів враховує висоту, об'ємну витрату та швидкості вітру в залежності від висоти джерел викидів (для високих джерел від 4м – найбільша швидкість вітру, для низьких джерел ме-

нше 4 м – найнижча швидкість вітру, притаманна для даної місцевості). Основною відмінністю є врахування значень концентрації, які отримані в результаті вимірювань, не лише організованих джерел, а й неор-

ганізованих. Дана модель дає змогу оцінити потужність та зону впливу, як від окремих джерел викидів так і від їх скупчення.

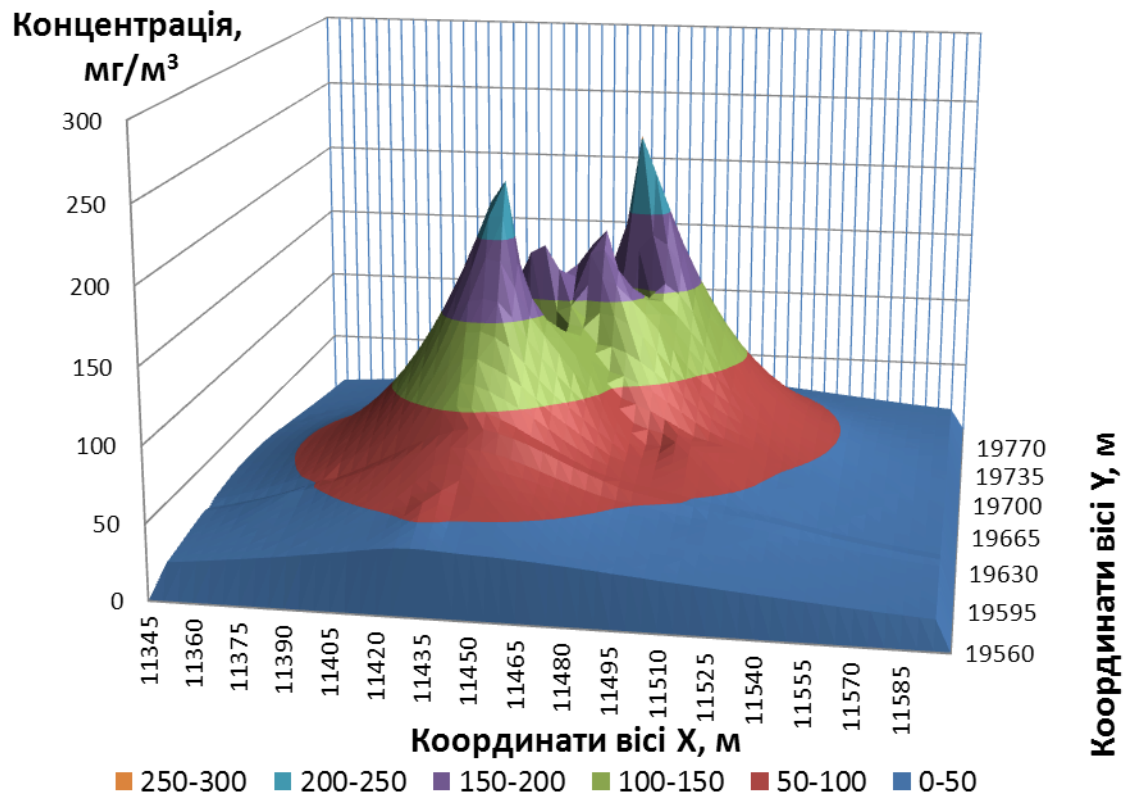


Рис. 2 – Розподіл концентрацій речовин у вигляді твердих суспендованих частинок в районі КЗ.

### Висновки.

У результаті проведених досліджень:

1. Розглянуто технологію та обладнання виробництва комбікормів визначено, що час роботи обладнання становить 2500 год/рік, кількість джерел викидів – 22, з них неорганізованих 8, висота джерел викидів коливається від 2 м до 52 м, швидкість вітру по сторонам світу має середнє значення у 8 м/с.

2. Проаналізовано методики розрахунку викидів від робіт з навантаження і розвантаження, зерно переробки та елеваторів, виявлено, що під час розрахунку не враховується багато параметрів таких як щільність забудови, вага забруднюючої речовини, неорганізовані джерела викидів, через це похибка становить 10–15 % при використанні прямих вимірювань похибка дорівнює 3–5 %.

3. Проведено розрахунки викидів пилу, від кожного джерела на основі прямих вимірювань, комбікормового заводу, по методикам. На базі розрахунків побудовано розповсюдження викидів на місцевості.

4. Створено математичну модель розподілу пилових викидів комбікормового заводу з врахуванням швидкості вітру відповідно до параметрів організованих та неорганізованих джерел викиду, під час аналізу моделі встановлено, що над джерелом викиду концентрація пилу становить 252,59 мг/м<sup>3</sup>, на відстані у 20 м концентрація зменшується вдвічі і становить 129,46 мг/м<sup>3</sup>, значення у 80,88 мг/м<sup>3</sup> відповідає відстані у

40 м. На межі СЗЗ, що становить 100 м від джерел забруднення, концентрація дорівнює 32,3 мг/м<sup>3</sup>.

### Список літератури:

1. Економічні новини [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ukrexport.gov.ua/w...=view&id=3222&country=pol?new=9333&country=ukr>
2. Інформаційне агентство «AgroNews» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://agronews.ua/node/48203>
3. Урсулова, В. І. Вплив викидів комбікормових заводів на довкілля [Текст] / В. І. Урсулова // Приладобудування: стан і перспективи. – Київ, 2016. – 218 с.
4. Shaw, B. W. Emission factors for grain receiving and feed loading operations at feed mills [Text] / B. W. Shaw, P. P. Buharivala, C. B. Pamell Jr., M. A. Demny // Transactions of the ASAE. – 1997. – Vol. 41, Issue 3. – P. 757–765. doi: 10.13031/2013.17212
5. Air Emissions from Animal Feeding Operations: Current Knowledge, Future Needs. Chapter: Appendix I: Emission Factors for a Feed Mill or Grain Elevator, 2003. doi: 10.17226/10586
6. Балтренас, П. Б. Методы и приборы определения физико-механических свойств пылей и аэрозолей [Текст] / П. Б. Балтренас, В. Шпакаускас // Вильнюс: Техника – 1994. – 237 с.
7. Урсулова, В. І. Контроль викидів комбікормових заводів [Текст] / В. І. Урсулова // Всеукраїнська наукова Інтернет – конференція "Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення". – 2016. – Вип. 15. – С. 43–44.
8. Вовна, А. Методы и средства измерения концентрации газовых компонент [Текст] / А. Вовна, А. Зори, М. Хламов // Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG. – 2012. – 244 с. – Режим доступа: <https://www.lap-publishing.com/catalog/>.

9. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Т. 1–3 [Текст]. – Донецьк, 2004. – 184 с.
10. Временная методика расчета плановых показателей по охране атмосферного воздуха зерноперерабатывающих предприятий и элеваторов. Министерство хлебопродуктов СССР, ВНИО «КОМБИКОРМ», Украинский филиал Всесоюзного научно-исследовательского института комбикормовой промышленности. Москва, 1989 г.
11. Наказ No177 від 10.05.2002 «Про затвердження Інструкції про порядок та критерії взяття на державний облік об'єктів, які справляють або можуть справити шкідливий вплив на здоров'я людей і стан атмосферного повітря, видів та обсягів забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря
12. Приміський, В. П. Технологічні нормативи допустимих викидів забруднюючих речовин і їх інструментальний контроль [Текст] / В. П. Приміський, В. М. Івасенко, Д. Г. Корнієнко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – Vol 3, Issue 1 (69). – С. 8–15. doi: 10.15587/1729-4061.2014.24973
5. Air Emissions from Animal Feeding Operations: Current Knowledge, Future Needs (2003). Chapter: Appendix I: Emission Factors for a Feed Mill or Grain Elevator. doi: 10.17226/10586
6. Baltrenas, P. B., Shpakauskas, V. (1994). Metody i pribory opredeleniya fiziko-mexanicheskix svojstv pylej i aerozolej. Vilnyus: Texnika, 237.
7. Ursulova, V. I. (2016). Kontrol vikidiv kombikormovix zavodiv. Vseukraïnska naukova Internet – konferenciya "Informacijne suspilstvo: tehnologichni, ekonomichni ta texnicni aspekti stanovleniya", 43–44.
8. Vovna, A., Zori, A., Xlamov, M. (2012). Metody i sredstva izmerneniya koncentracii gazovyx komponent. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG. 244.
9. Zbirnik pokaznikov emisii (pitomix vikidiv) zabrudnyuyuchix rečovin v atmosferne povitrya ríznimi virobničtvami, 1–3, 2004, 184.
10. Vremennaya metodika rasčeta planovyx pokazatelej po oxrane atmosferного vozduxa zernopererabatyvayushhix predpriyatij i elevatorov. Ministerstvo xleboproduktov SSSR, VNPO «КОМБИКОРМ», Ukrainskij filial Vsesoyuznogo nauchno issledovatel'skogo instituta kombikormovoj promyshlennosti. Moskva, 1989».
11. Nakaz No177 vid 10.05.2002 «Pro zatverdzhennya Instrukcii pro poryadok ta kriterii vzyattya na derzhavnij oblik ob'ektiv, yaki spravlyayut abo mozhut spraviti shkidlivij vpliv na zdorov'ya lyudej i stan atmosferного povitrya, vidiv ta obsyagiv zabrudnyuyuchix rečovin, shho vikidayutsya v atmosferne povitrya.
12. Primiskij, V. P., Ivashenko, V. M. Kornienko, D. G. (2014). Technologichni normativi dopustimix vikidiv zabrudnyuyuchix rečovin i ix instrumentalnij kontrol. Eastern European Journal of advanced technologies, 3, 1 (69), 8–15. doi: 10.15587/1729-4061.2014.24973

**Bibliography (transliterated):**

1. Ekonomichni novini [Elektronnij resurs]. Rezhim dostupu: <http://ukrexport.gov.ua/w...=view&id=3222&country=pol?new=9333&country=ukr>
2. Informacijne agentstvo «AgroNews» [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://agronews.ua/node/48203>
3. Ursulova, V. I. (2016). Vpliv vikidiv kombikormovix zavodiv na dovkillya. Priladobuduvannya: stan i perspektivi. Kiev, 218.
4. Shaw, B. W., Buharivala, P. P., Parnell Jr., C. B., Demny, M. A. (1997). Emission factors for grain receiving and feed loading operations at feed mills. Transactions of the ASAE, Vol. 41, Issue 3, 757–765. doi: 10.13031/2013.17212

*Надійшла (received) 23. 03.2016*

*Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions*

**Математична модель розподілу пилових викидів комбикормових заводів/ В. І. Урсулова** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 17(1189). – С.94–100. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-5459.

**Математическая модель распределения пылевых выбросов комбикормовых заводов/ В. И. Урсулова** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 17(1189). – С.94–100. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-5459.

**Mathematical model of distribution of dust emissions feed mill/ V. Ursulova**//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2016. – No 17 (1189). – P.94–100. – Bibliogr.: 12. – ISSN 2079-5459.

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Урсулова Валентина Іванівна** – магістрант, кафедра наукових, аналітичних та екологічних приладів і систем, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056, e-mail: [vect\\_ra@ukr.net](mailto:vect_ra@ukr.net).

**Урсулова Валентина Іванівна** – магістрант, кафедра наукових, аналітичних та екологічних приладів і систем, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» пр. Перемоги, 37, г. Київ, Україна, 03056, e-mail: [vect\\_ra@ukr.net](mailto:vect_ra@ukr.net).

**Ursulova Valentyna Ivanivna** – Graduate student, Department of scientific, analytical and ecological devices and systems, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», prospect Peremohy, 37, Kiev, Ukraine, 03056, e-mail: [vect\\_ra@ukr.net](mailto:vect_ra@ukr.net).