

УДК 621.81

МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ ДЖЕРЕЛА ШУМУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МЕЗ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ОХОРОНИ ПРАЦІ НА ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСАХ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА

С. М. Виговський, І. Л. Роговський

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Стаття з спеціальності: 05.26.01 – охорона праці.

Кореспонденція автора: rogovskii@nubip.edu.ua.

Історія статті: отримано – квітень 2019, акцептовано – серпень 2019.

Бібл. 10, рис. 1, табл. 0.

Анотація. Формування шуму на робочому місці механізатора обумовлене взаємодією окремих джерел шуму, якими є агрегати і вузли машин і устаткування, що застосовуються в технологічних процесах. У подібних технологічних процесах систему джерел шуму можна розглядати як замкнуту фізичну систему. Замикання відбувається або нескінченно віддаленою областю, в якій шум повністю поглинається, або граничними поверхнями, від яких шум може частково відбиватися і апроксимуватися вторинними джерелами шуму. З іншого боку відомо, що рівень шуму, що виникає від декількох некогерентних джерел, працюючих одночасно, розраховується на підставі принципу енергетичного підсумовування випромінюванні окремих джерел.

В статті розроблена математична модель формування шуму на робочому місці при взаємодії джерел шуму, обумовлених окремими вузлами і агрегатами машин і самими машинами, що входять в технологічний комплекс, дозволяє визначити процеси встановлення стаціонарних рівнів енергії шуму і розрахувати рівень шуму на робочому місці механізатора.

Ключові слова: модель, шум, небезпека, виробництво, процес, зерносклад.

Постановка проблеми

Формування шуму на робочому місці механізатора обумовлене взаємодією окремих джерел шуму, якими є агрегати і вузли машин і устаткування, що застосовуються в технологічних процесах [1]. У подібних технологічних процесах систему джерел шуму можна розглядати як замкнуту фізичну систему. Замикання відбувається або нескінченно віддаленою областю, в якій шум повністю поглинається, або граничними поверхнями, від яких шум може частково відбиватися і апроксимуватися вторинними джерелами шуму [2].

Аналіз останніх досліджень

Розглянемо розрахункову схему, приведену на рис. 1. Нехай маємо n локальних областей. У кожній області є джерело з рівнем енергії шуму (вібрацій) E_n . Розглянемо як змінюється рівень енергії шуму (вібрацій) у виділеній області k при взаємодії джерел. Вважатимемо, що система n областей замкнута [3].

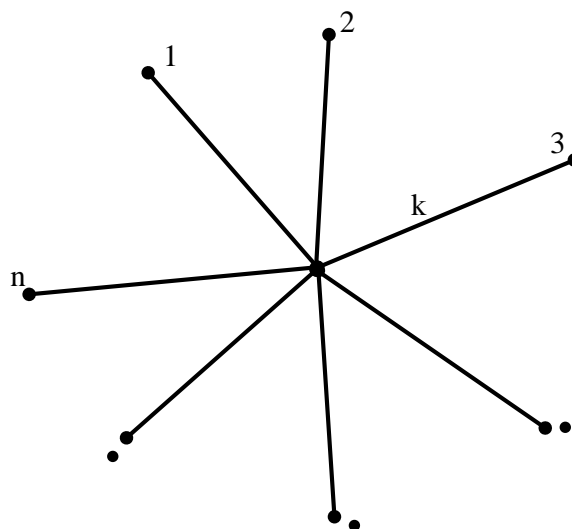


Рис. 1. Розрахункова схема замкнutoї системи джерел шуму(вібрації) 1, 2, 3, ... ,..... n – джерела енергії шуму.

Рис. 1. Розрахункова схема замкнutoї системи джерел шуму(вібрації) 1, 2, 3, ... ,..... n – джерела енергії шуму.

Джерело шуму області (виділена) взаємодіє з навколишніми джерелами шуму областей 1, 2, 3... n тому зміна характеристик одного з джерел 1, 2, 3... n призводить до зміни рівня енергії шуму (вібрацій) в області k [4]. Енергія шуму (вібрацій) E_n переноситься у виділену область з яким-небудь коефіцієнтом λ_n тоді в області матиме місце випадок

реалізації некогерентних джерел, працюючих одночасно, з відповідними рівнями енергії [5, 6].

$$E_n - \text{енергетична характеристика } n - \text{джерела.} \\ \lambda_{1,1} E_1, \lambda_{1,2} E_2, \dots, \lambda_{1,n} E_n \quad (1)$$

Таким чином, завдання звелось до визначення рівня енергії шуму і локальної області k якщо відомо, що в цій області існує нерівномірне поле джерел, що мають рівні шумів (вібрацій) [7-10].

Мета досліджень

Мета досліджень обґрунтувати зменшення взаємодії джерела шуму сільськогосподарських МЕЗ за параметрами охорони праці на виробничих процесах зберігання зерна.

Результати досліджень

Виділимо в локальній області k довільну замкнуту підобласть k_1 об'ємом V_1 і замкнутою поверхнею F . У підобласті виділимо деякі прошарки з рівномірно розподіленою енергією ΔE , які знаходяться на відстані Δr один від одного. У підобласті k_1 введемо декартові координати x, y, z з довільним початком відліку. Тоді потік енергії шуму q що проходить через одиницю площі в одиницю часу, пропорційний градієнту енергії.

$$q = m \frac{\Delta E}{\Delta r}, \quad (2)$$

де m - коефіцієнт пропорційності.

Загальна кількість енергії шуму q яка витікає через замкнуту поверхню F підобласті k_1 за час $\Delta t = t_2 - t_1$ дорівнює

$$q_1 = \int_{t_1}^{t_2} \iint_F m \frac{dE}{dn_1} dF dt, \quad (3)$$

де n_1 - зовнішня нормаль до поверхні F .

Останній вираз переписемо у вигляді

$$q_1 = \int_{t_1}^{t_2} \iint_F m \vec{\nabla} dF dt \quad (4)$$

Нехай $f(\vec{r}, t)$ де $\vec{r} = \vec{r}(x, y, z)$ - радіус вектору, ϵ щільність розподілу рівнів енергії шумів $\lambda_1 E_1, \lambda_2 E_2, \dots, \lambda_n E_n$ в локальній області k тоді в об'ємі V області k за час Δt буде реалізуватися кількість енергії шуму (вібрацій)

$$q_2 = \int_{t_1}^{t_2} \iiint_V f(\vec{r}, t) dV dt \quad (5)$$

Вказані процеси супроводжуються зміною рівня енергії шуму в кожній виділеній області n причому загальна зміна рівня енергії шуму в області об'ємом V за час Δt

$$q_3 = \int_{t_1}^{t_2} \iiint_V E \frac{\delta E}{\delta t} dV dt, \quad (6)$$

де E - коефіцієнт пропорційності.

Використовуючи співвідношення балансу енергії

$$q_2 - q_1 = q_3 \quad (7)$$

отримаємо, що різниця енергії шуму q_2 що утворюється в k і енергії шуму q_1 що виходить з області k через поверхню F є залишок енергії шуму у виділеній області k об'ємом V .

Підставляючи (4), (5), (6) у (7), отримаємо

$$\int_{t_1}^{t_2} \iiint_V f(\vec{r}, t) dV dt - \int_{t_1}^{t_2} \iint_F m \vec{\nabla} dF dt = q_2 = \int_{t_1}^{t_2} \iiint_V \epsilon \frac{\delta E}{\delta t} dV dt.$$

Перетворюючи другий доданок лівої частини останньої рівності по формулі Остроградського, визначимо

$$\int_{t_1}^{t_2} \iiint_V \left[f(\vec{r}, t) + \text{div}(m \text{ grad } E) - \epsilon \frac{\delta E}{\delta t} \right] dV dt = 0 \quad (8)$$

В силу довільності вибору інтервалу часу Δt і об'єму V рівність (8) виконується тоді і тільки тоді, коли

$$f(\vec{r}, t) + \text{div}(m \text{ grad } E) - \epsilon \frac{\delta E}{\delta t} = 0 \quad (9)$$

Вважаючи, що область k однорідна відносно коефіцієнта m і нормуючи коефіцієнт перед $\frac{\delta E}{\delta t}$, знайдемо

$$\frac{\delta E}{\delta t} = \frac{m}{\epsilon} \Delta^2 E + \frac{f(\vec{r}, t)}{\epsilon}$$

Додавши $\vec{\nabla} \vec{\nabla} E$ до обох частин останнього виразу, отримаємо

$$\frac{dE}{dt} = \frac{f(\vec{r}, t)}{\epsilon} + \left(\frac{m}{\epsilon} \vec{\Delta} + \vec{\nabla} \right) \vec{\nabla} E$$

Перетворивши

$$\frac{f(\vec{r}, t)}{\epsilon} = \varphi, \quad \frac{m}{\epsilon} \vec{\Delta} + \vec{\nabla} = \vec{\psi}$$

Знайдемо

$$\frac{dE}{dt} = \vec{\psi} \vec{\nabla} E + \varphi$$

Виразимо останню рівність у безрозмірних рівнях енергії, для чого поділимо рівність на нормуючий рівень енергії E_0 і помножимо на 10

$$10 \frac{d}{dt} \frac{E}{E_0} + \overrightarrow{\psi} \overrightarrow{\nabla} \left(10 \frac{E}{E_0} \right) + 10 \frac{\varphi}{E_0}$$

За визначенням безрозмірного рівня енергії

$$L = 10 \text{ Lg} \frac{E}{E_0}$$

Продиференціювавши обидві частини, знайдемо

$$\left. \begin{aligned} 10 \frac{d}{dt} \frac{E}{E_0} &= \frac{E}{E_0} \frac{dL}{dt} \\ 10 \overrightarrow{\nabla} \frac{E}{E_0} &= \frac{E}{E_0} \overrightarrow{\nabla} L \end{aligned} \right\}$$

Використовуючи рівняння останньої системи, визначимо

$$\frac{E}{E_0} \frac{dL}{dt} = \frac{E}{E_0} \overrightarrow{\psi} \overrightarrow{\nabla} L + 10 \frac{\varphi}{E_0}$$

Припустимо, що $\varphi = 0, 1\varphi_1 E$ тоді

$$\frac{dL}{dt} = \overrightarrow{\psi} \overrightarrow{\nabla} L + \varphi_1 \tag{10}$$

Вираз (10) визначає фізичний процес вирівнювання безрозмірного рівня енергії шуму, якщо в локальній області є джерела шуму (вібрації).

З іншого боку відомо, що рівень шуму, що виникає від декількох некогерентних джерел, працюючих одночасно, розраховується на підставі принципу енергетичного підсумовування випромінюванні окремих джерел. В зв'язку з цим повернемося до реалізовуючого процесу (1), тоді сумарний безрозмірний рівень енергії від k некогерентних джерел

$$L_{\Sigma K} = 10 \text{ Lg} \sum_{j=1}^n 10^{0,1\lambda_{jK} L_j} \tag{11}$$

Слід зауважити, що вклад k -го джерела в сумарну характеристику відбувається повністю, тобто $\lambda_{kk} = 1$.

Проведемо нескладне математичне перетворення рівності (11). Поділивши обидві частини (11) на 10 і потенціюючи, отримаємо

$$10^{0,1L_{\Sigma K}} = \sum_{j=1}^n 10^{0,1\lambda_{jK} L_j} \tag{12}$$

або $a^{L_{\Sigma K}} = \sum_{j=1}^n a^{0,1\lambda_{jK} L_j}$,

де $\text{Lg} a = 0,1$

Поділивши (12) на $L_{\Sigma K}$ знайдемо

$$1 = \sum_{j=1}^n a^{\lambda_{jK} L_j - L_{\Sigma K}}$$

Розклавши праву частину, що стоїть під знаком суми, в ряд з урахуванням перших двох членів, визначимо

$$(n-1) + \ln a \sum_{j=1}^n (\lambda_{jK} L_j - L_{\Sigma K}) = 0 \tag{13}$$

Допустимо, що процес стаціонарний, тоді

$$\frac{dL}{dt} = 0, \quad \overrightarrow{\psi} \overrightarrow{\nabla} L = \sum_{j=1}^n (\lambda_{jK} L_j - L_{\Sigma K}) \tag{14}$$

Остання операція виправдана тим, що безперервний градієнт замінюється дискретним значенням різниці рівнів енергії шумів по вибраним напрямкам. Після цього знайдемо з (10) з урахуванням (14) того, що

$$\varphi_1 + \sum_{j=1}^n (\lambda_{jK} L_j - L_{\Sigma K}) = 0 \tag{15}$$

Порівнюючи (15) і (13), визначимо, що

$$\varphi_1 = \frac{n-1}{\ln a} \tag{16}$$

З урахуванням зроблених допущень, встановлення рівноважного процесу рівня шуму (вібрацій) описується звичайним диференціальним рівнянням першого порядку

$$\frac{dL_{\Sigma K}}{dt} = \frac{n-1}{\ln a} + \sum_{j=1}^n (\lambda_{jK} L_j - L_{\Sigma K}), \tag{17}$$

де n - кількість джерел шуму (вібрацій);

L_j - рівень шуму в локальній області;

λ_{jk} - коефіцієнт, що враховує поширення шуму (вібрацій) з області j у область k .

Рівняння (17) є математичною моделлю процесу взаємодії замкнутої системи джерел шуму (вібрацій).

Повністю область з n - випромінювачів описується системою рівнянь

$$\frac{dL_{\Sigma K}}{dt} = \frac{n-1}{\ln a} + \sum_{j=1}^n (\lambda_{jK} L_j - L_{\Sigma K}) \tag{18}$$

$$K = 1, 2, 3, \dots, n$$

Математична модель (18) описує замкнуту систему джерел шуму (вібрацій). Причому в сільськогосподарському виробництві практично завжди система замикається.

Якщо устаткування у відкритому просторі знаходиться на відстані близько 10 характерних геометричних розмірів устаткування від захисних поверхонь, тоді можна прийняти, що шум, що випромінюється устаткуванням, йде в нескінченність і не повертається.

Якщо устаткування знаходиться в приміщенні на відстані менше 10 характерних геометричних розмірів

устаткування від стін і захисних поверхонь (не фанерованих спеціальним шумопоглинаючим матеріалом), то стіни і поверхні, що захищають, можна прийняти за вторинні джерела шуму.

Висновки

1. Таким чином, розроблена математична модель формування шуму на робочому місці при взаємодії джерел шуму, обумовлених окремими вузлами і агрегатами машин і самими машинами, що входять в технологічний комплекс, дозволяє визначити процеси встановлення стаціонарних рівнів енергії шуму і розрахувати рівень шуму на робочому місці механізатора.

Список літератури

1. *Ivanovs S., Bulgakov V., Nadykto V., Kuvachov V.* Theoretical investigation of turning ability of two-machine sowing aggregate. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, pp. 314-322.

2. *Bulgakov V., Ivanovs S., Adamchuk V., Nowak J.* Theoretical investigation of steering ability of movement of asymmetric swath headerand-tractor aggregate. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, pp. 301-308.

3. *Knapczyk A., Francik S., Pedryc N., Hebda T.* Bibliometric analysis of research trends in engineering for rural development. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, pp. 700-707.

4. *Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F.* Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal, vol. 19, 2017, pp. 158-163.

5. *Виговський С. М., Роговський І. Л.* Інженерні заходи забезпечення охорони праці при експлуатації МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: механізація та автоматизація виробничих процесів. Суми, 2016. Вип. 10/3 (31). С. 168–173.

6. *Виговський С. М., Роговський І. Л.* Логічна модель процесу перебігу подій-небезпек в заходах охорони праці при експлуатації МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК [Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK]. Київ. 2017. Вип. 275. С. 325–335.

7. *Виговський С. М., Роговський І. Л.* Вдосконалення навчання з охорони праці при експлуатації МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК.

Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування. XVIII Міжнародна конференція науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів: збірник тез. м. Київ, Україна, 26–30 березня 2018 року. Київ. 2018. С. 180–183.

8. *Виговський С. М., Роговський І. Л.* Підвищення безпеки праці при забезпеченні стійкості руху МЕЗ на зерноскладах підприємств АПК. Збірник тез доповідей XIV Міжнародної наукової конференції «Раціональне використання енергії в техніці. TechEnergy 2018» (19-22 травня 2018 року). Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2018. С. 136–138.

9. *Виговський С. М., Роговський І. Л.* Імітаційне моделювання фізичних небезпек на виробничих процесах при експлуатації МЕЗ на зерноскладах. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 1, 189-194.

10. *Виговський С. М., Роговський І. Л.* Стійкість сільськогосподарських мез за параметрами охорони праці на виробничих процесах зберігання зерна. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 2, 169-174.

References

1. *Ivanovs S., Bulgakov V., Nadykto V., Kuvachov V.* (2018). Theoretical investigation of turning ability of two-machine sowing aggregate. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, 314-322.

2. *Bulgakov V., Ivanovs S., Adamchuk V., Nowak J.* (2018). Theoretical investigation of steering ability of movement of asymmetric swath headerand-tractor aggregate. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, 301-308.

3. *Knapczyk A., Francik S., Pedryc N., Hebda T.* (2018). Bibliometric analysis of research trends in engineering for rural development. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17, 700-707.

4. *Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F.* (2017). Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal, vol. 19, 158-163.

5. *Vygovskii, S. M., Rogovskii I. L.* (2016). Engineering measures to ensure safety in the operation of the IES at the granaries of agricultural enterprises. Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: mechanization and automation of production processes. The amount of, Vol. 10/3 (31). 168-173.

6. *Vygovskii, S. M., Rogovskii I. L.* (2017). Logical process model flow of events-dangers in the activities of occupational safety in the operation of the extraction plant

on silos of agribusiness. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. Vol. 275. 325-335.

7. *Vygovskii, S. M., Rogovskii I. L.* (2018). Improvement of education on labor protection during operation of the IES at the granaries of agricultural enterprises. Problems and prospects of development of technical and bioenergetic environmental management systems. XVIII International conference of scientific and pedagogical workers, scientific employees and postgraduates: abstracts. Kyiv, Ukraine, 26-30 March 2018. Kyiv. 180-183.

8. *Vygovskii, S. M., Rogovskii I. L.* (2018). Improving workplace safety while ensuring the sustainability of the movement MEZ on the granaries of agricultural enterprises. The book of abstracts XIV International scientific conference "Rational use of energy in technology. TechEnergy 2018" (19-22 May 2018). National University of life and environmental Sciences of Ukraine. Kyiv. 136-138.

9. *Vygovskii, S. M., Rogovskii I. L.* (2019). Simulation of physical hazards in production processes when operating the extraction plant on silos. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 1, 189-194.

10. *Vygovskii, S. M., Rogovskii I. L.* (2019). Sustainability of agricultural MEZ in parameters of labor protection on production processes of grain storage. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 2, 169-174.

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ИСТОЧНИКА ШУМА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЭС ПО
ПАРАМЕТРАМ ОХРАНЫ ТРУДА НА
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ ХРАНЕНИЯ
ЗЕРНА

С. М. Выговский, И. Л. Роговский

Аннотация. Формирование шума на рабочем месте механизатора обусловленное взаимодействием отдельных источников шума, которыми являются агрегаты и узлы машин и оборудования, применяемых в технологических процессах. В подобных технологических процессах систему источников шума можно рассматривать как замкнутую физическую систему. Замыкание происходит или бесконечно удаленной областью, в которой шум полностью поглощается, или граничными поверхностями, от которых шум может частично отражаться и аппроксимоваться вторичными источниками шума. С другой стороны известно, что уровень шума, возникающий от нескольких некогерентных источников, работающих одновременно, рассчитывается на основании принципа энергетического суммирования излучения отдельных источников.

В статье разработана математическая модель формирования шума на рабочем месте при взаимодействии источников шума, обусловленных отдельными узлами и агрегатами машин и самими машинами, входящих в технологический комплекс,

позволяет определить процессы установления стационарных уровней энергии шума и рассчитать уровень шума на рабочем месте механизатора.

Ключевые слова: модель, шум, опасность, производство, процесс, зерносклад.

PROCESS MODEL OF INTERACTION OF NOISE
SOURCE AGRICULTURAL MEZ IN PARAMETERS
OF LABOR PROTECTION ON PRODUCTION
PROCESSES OF GRAIN STORAGE

S. M. Vygovskii, I. L. Rogovskii

Abstract. The formation of noise at the workplace of the operator due to the interaction of the individual noise sources, which are the units and components of machinery and equipment used in technological processes. In such processes the system noise sources can be considered as a closed physical system. Circuit occurs or the infinitely remote region where the noise is absorbed, or boundary surfaces, of which the noise can be partially reflected and approximates secondary sources of noise. On the other hand it is known that the noise level arising from several nekogerentnogo sources operating simultaneously is calculated on the basis of the principle of energy summation of the individual radiation sources.

In the article the mathematical model of the formation of noise at the workplace the interaction of sources of the noise caused by individual nodes and aggregates of machinery by the machinery included in the technological complex allows to define the processes establishing the stationary energy levels of the noise and calculate the noise level at the workplace of the machine operator.

Key words: model, noise, danger, manufacture, process, granary.

С. М. Выговський ORCID 0000-0002-0357-3141.

І. Л. Роговський ORCID 0000-0002-6957-1616.

