

# Descripción matemática de la naturaleza física de la dinámica de la contaminación acústica del medio ambiente por ferrocarril

Citar como: Actas de la conferencia AIP **2188**, 060010 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5138479> Publicado en línea: 17 de diciembre de 2019

VI Bepalov, NS Samarskaya, EP Lysova, et al.



View Online



Export Citation

## ARTÍCULOS QUE TE PUEDEN INTERESAR

[Monitorización de estructuras metálicas con los métodos dinámicos](#)

Actas de la Conferencia AIP **2188**, 060012 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5139656>

[Cosechadora, trilladora, operador, lugar de trabajo, estudio de carga vibratoria y justificación de sus principios de diseño de sistemas de amortiguación secundarios.](#) Actas de la Conferencia AIP **2188**, 050030 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5138457>

[Ensayos de conducción de materia prima pétrea para la producción de cerámicas de alta resistencia para la construcción de carreteras](#) Actas de la Conferencia AIP **2188**, 060005 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5138474>



**Trailblazers.** New

Meet the Lock-in Amplifiers that measure microwaves.

Zurich Instruments [Find out more](#)

## Descripción matemática de la naturaleza física de la acústica Dinámica de la Contaminación del Medio Ambiente por Ferrocarril

VI Besspalov<sup>1</sup>, a), NS Samarskaya<sup>1</sup>, b), EP Lysova<sup>1</sup>,  
c), VVBaklakova<sup>2</sup>, d), NV Udina<sup>1</sup>, e)

<sup>1</sup>Universidad Técnica Estatal de Don, Rostov-on-Don, Federación Rusa

<sup>2</sup>Instituto de servicio y emprendimiento (filial) Universidad Técnica Estatal Don, Shakhty, Federación Rusa

b) Autor para correspondencia: nat-samars@yandex.ru

a) jizos-rgsu@mail.ru

c) katerina.lysova0803@gmail.com

d) valeriya.baclackowa@yandex.ru e) udi-  
natasha@yandex.ru

**Resumen.** El artículo está dedicado a resolver el problema real: reducir la contaminación acústica que genera el ferrocarril. El objetivo es garantizar la seguridad acústica del ferrocarril mediante el modelado físico de la dinámica de la contaminación acústica del entorno del proceso ferroviario, seguido de una descripción matemática de este proceso sobre la base de métodos de teoría de probabilidad y estadística matemática. Los métodos de investigación se basaron en la generalización analítica de los resultados científicos y técnicos de la investigación de sistemas dinámicos sobre las disposiciones básicas del análisis de sistemas, teoría, simulación de sistemas técnicos, métodos de estadística matemática y teoría de probabilidad. Una onda de sonido en el curso de su interacción dinámica con objetos físicos en cada etapa cambia sus características físicas. Por lo tanto, la esencia de la dinámica del proceso físico de la contaminación acústica causada por el ferrocarril se puede expresar en una relación matemática que caracteriza la probabilidad de realización del proceso. El estudio resultante de la descripción matemática de naturaleza física dinámica de la contaminación acústica del fluido de proceso ferroviario permite fundamentar científicamente estas u otras soluciones técnicas encaminadas a reducir el malestar acústico en los territorios aledaños a las zonas pobladas.

### INTRODUCCIÓN

Modernos estudios de higiene [1-4] demostraron que actualmente la contaminación acústica por encima de la norma para las áreas urbanas triples se produce en primer lugar, a partir del transporte ferroviario, lo que representa un peligro para la salud pública, lo que genera malestar en la vida de las personas y causa muchas enfermedades. Por lo tanto, la construcción de nuevas instalaciones ferroviarias, sin duda, proporciona el diseño de las complejas medidas de reducción de ruido. En este caso, como muestra la práctica, la elección de dichos eventos es una tarea que requiere mucho tiempo [5-10]. El mayor problema, a nuestro juicio, es la falta de evidencia científica de las soluciones arquitectónicas y urbanísticas, organizativas y tecnológicas para reducir el impacto acústico. Es obvio que para cada proyecto de construcción, se debe tener en cuenta toda la gama de fuentes de ruido que afectan tanto durante la construcción como durante la operación. Sin embargo, en la práctica del diseño, las estructuras lineales complejas requieren, en primer lugar, decisiones de diseño sobre la selección de la posición óptima de la vía en el suelo, que muchas veces no es lo mismo que proporcionar confort acústico en las áreas circundantes de las zonas pobladas [11-15]. La opción seleccionada se considerará óptima con la máxima justificación desde el punto de vista técnico y económico, y al mismo tiempo desventajosa por la incomodidad acústica en la vía adyacente a zonas pobladas. En este sentido, una tarea importante es encontrar soluciones que aseguren no solo la eficiencia económica sino también la seguridad acústica de cualquier proyecto ferroviario. Para lograr este objetivo, en nuestra opinión, es posible hacer un estudio cuidadoso de la dinámica

Se basa principalmente principalmente en la generalización analítica de los resultados científicos y técnicos [4-5,8,16-22]. Muchos científicos, como VA Asdrubali, EN Belaya, YS Boiko, Brambilla G., Vasiliev AV, Ivanov NI, Kasini D., Kelai G., Kopitenkova OI, Kuklin DA, Lutsi S. La mayoría de los trabajos de estos autores están dedicados a la metodología para calcular el nivel de presión sonora del material rodante y el diseño de tecnología antiruido.

De acuerdo con el enfoque físico-energético seleccionado para investigar el proceso de la contaminación acústica por ferrocarril se analiza como un proceso físico. Este proceso es visto como una serie de etapas interrelacionadas e interdependientes. Dado que el ruido mecánico del transporte ferroviario está desordenado con vibraciones de carácter físico, que difieren en la estructura espectral y temporal y las fuerzas de fricción, colisión y excitación inercial resultantes, aislamos la etapa inicial del proceso de contaminación acústica: la formación de una onda sónica. La onda sonora resultante tiene sus características físicas: amplitud de oscilación, intensidad, densidad de energía sónica, nivel de presión y potencia sonora, velocidad de propagación. Resumiendo los resultados de muchos investigadores [1, 4-5, 11, 21-21], hemos encontrado que las características físicas de la onda de sonido resultante dependerán de muchos factores, como el diseño rodante, su velocidad, el tipo de sistema de frenado. También es importante la fuente misma de formación de las ondas sonoras, que es una entidad física directamente involucrada en el proceso de contaminación acústica. Para el material rodante ferroviario, consideramos el conjunto de dichas fuentes. Así como los generadores de contaminación acústica instalaron juegos de ruedas durante el movimiento, tanto directo como en tramos de vía en curva. : La interacción "rueda-bloque" y "rueda-riel" conduce a tal contaminación acústica, que generalmente se percibe como un chirrido, chirrido, chirrido, golpeteo. También, como fuente de formación de la onda sonora, consideramos compresores, trenes eléctricos y otros equipos mecánicos. Creemos que otra fuente de formación de la onda de sonido puede llamarse ruido aerodinámico del aire que fluye alrededor de la estructura móvil. Por lo tanto, la presión del nivel de sonido en el momento de la formación de la onda de sonido se determinará como la suma de los niveles de energía del sonido debido a todas las fuentes consideradas.

$$\bar{y}\bar{y} = \frac{\bar{y}\bar{y}}{\bar{y}\bar{y}} \bar{y} \bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y} \quad (1)$$
$$yy \quad \frac{\overset{**}{y}\overset{**}{y}}{\text{Sh}} \quad y \quad \frac{\overset{**}{y}\overset{**}{y}\overset{**}{y}\overset{**}{y}}{\text{Sh}} \quad y \quad \frac{\overset{**}{y}\overset{**}{y}}{\overset{**}{y}\overset{**}{y}\overset{**}{y}\overset{**}{y}} \quad (2)$$
$$\ddot{y} \ddot{y} \ddot{y} = \frac{\ddot{y} \ddot{y} \ddot{y}}{\ddot{y}} \text{juan} \quad (3)$$

donde C es la velocidad del sonido,  $\rho$ - densidad del ambiente, kg/m<sup>3</sup> , - presión del sonido, dB, u- velocidad de vibración del partículas del medio, m/

s densidad de energía sonora  $\bar{y}$ , que caracteriza la energía contenida en una unidad de volumen del medio de propagación se mide en W • s / m<sup>3</sup> o J / m<sup>3</sup>

$$\bar{y} = \frac{\bar{y}}{\bar{y}\bar{y}} \quad (4)$$

donde: I- intensidad del sonido, W • s/ m<sup>3</sup> ;  $\bar{y}$ - velocidad del sonido, m/s.

La densidad de energía a través de su presión:

$$\bar{y} \bar{y} = \frac{\bar{y}\bar{y}}{\bar{y}\bar{y}\bar{y}} \quad (5)$$

donde: p<sub>0</sub>- presión atmosférica, Pa; p- presión sonora, dB;  $\bar{y}$ - velocidad del sonido, m/s.

Para ciertos valores de la velocidad de la onda de sonido oscilante, se produce el siguiente paso del proceso: contaminación acústica: emisión de la onda de sonido. En esta etapa, un objeto físico juega un papel importante como fuente de radiación. Tendrá un efecto sobre las características físicas de la onda sonora. En el papel de las fuentes de radiación en el proceso bajo consideración de contaminación acústica, en nuestra opinión, son la superficie rodante de los pares de ruedas, la superficie del motor o compresor. Presión de sonido de nivel L<sub>w</sub>, onda de sonido portátil a través de la superficie dada por unidad de tiempo, dB se determina mediante la fórmula:

$$\bar{y}\bar{y} \bar{y} \bar{y} \bar{y} \bar{y} \bar{y} \quad (6)$$

donde: w- potencia de las ondas sonoras cerca del ruido sonoro, vatios; w<sub>0</sub>- valor cero de la potencia de las ondas sonoras.

En la tercera fase de la contaminación acústica del medio ambiente por el ferrocarril se produce la distribución espacial de las ondas sonoras emitidas. En esta etapa juega un papel importante el espacio donde se propaga directamente la onda sonora, es decir, el material rodante del tren de rodaje del espacio aéreo. La propagación escalonada de la onda sonora se caracteriza por un gran número de factores que afectan a las características físicas de la onda sonora. Normalmente, en los diferentes métodos conocidos, se tienen en cuenta factores como el desvanecimiento debido a la divergencia (disminución de la distancia), la atenuación atmosférica, la contribución de ganancia debido a los reflejos del sonido de los obstáculos (fachadas de edificios y edificios en el sitio) y la superficie de la tierra, el amortiguamiento debido a efectos de difracción en obstáculos:

$$\bar{y} \bar{y} \bar{y} \bar{y} \bar{y} \bar{y} \quad (7)$$

donde: ZS- impedancia de onda (acústica) del medio, Pa • s / m; p- presión sonora instantánea dB.

Por lo tanto, la intensidad del sonido en campo libre es:

$$\bar{y} \bar{y} = \frac{\bar{y}}{\bar{y}\bar{y}} \quad (8)$$

donde: p<sub>2</sub>- presión sonora, dB;  $\bar{y}$ - densidad del ambiente, kg/m<sup>3</sup> .

Si la fuente de radiación de ondas sonoras está rodeada por un área de superficie cerrada S, m<sup>2</sup>, la intensidad de la fuente sonora viene dada por:

( 9 )

Así, la onda de sonido está en proceso de interacción con objetos físicos en cada etapa cambia sus características físicas. Por lo tanto, la esencia del proceso físico de la contaminación acústica causada por el ferrocarril expresa la relación matemática:

$$\bar{y}\bar{y}z = \bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y} \cdot \bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y}(\bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y}) \cdot \bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y}(\bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y}) \quad (10)$$

donde  $\bar{y}\bar{y}z$ - la probabilidad de contaminación acústica del fluido de proceso causada por el ferrocarril;  $\bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y}$ - la probabilidad de formación de ondas de sonido de fase;  $\bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y}(\bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y})$ – la probabilidad de la fase de la radiación de ondas de sonido proporcionada paso de formación completa;  $\bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y}(\bar{y}\bar{y}\bar{y}\bar{y})$  - probabilidad de propagación espacial de fase de la onda de sonido proporcionada etapas de radiación completas.

## DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

El estudio resultante de la descripción matemática de la naturaleza física dinámica de la contaminación acústica provocada por los raíles posibilita una fundamentación científica u otras soluciones técnicas encaminadas a reducir el malestar acústico en las inmediaciones de las zonas pobladas. Al considerar las características dinámicas de las condiciones de la onda de sonido de su formación, la radiación y la propagación, encontramos que el objeto físico básico en todas las etapas de la contaminación acústica sobresale de la onda de sonido, que interactúa con los objetos físicos, cambia los valores de sus parámetros dinámicos (frecuencia de oscilación, la velocidad de propagación, la intensidad del sonido). Significa que estos parámetros son guiados por ondas acústicas. Así, los parámetros de control de la onda sonora a través de los respectivos objetos físicos; medios influyen en el proceso de reducción de la contaminación acústica ferroviaria.

## REFERENCIAS

1. G. Brambilla: Londres, Reino Unido: Actas de la 24.ª Conferencia Internacional sobre Sonido y Vibraciones: Caracterización de eventos de ruido de corta duración para la evaluación de la molestia en escuelas expuestas al ruido del tráfico, 23-27 pp. (2017).
2. EN Belaya: Nueva ciencia: Estado actual y tendencias de desarrollo, 8: El ruido del tráfico como factor de la ambiente acústico en áreas urbanas, 130-134 pp. (2016).
3. VA Loginova, GG Onischenko: El análisis del riesgo para la salud, 1: Evaluación higiénica de los factores de riesgo para la formación de condiciones para los trabajadores del transporte ferroviario y el público (sobre el ejemplo de South-Eastern Railway) (2018).
4. S. Lutsi, AV Vasiliev: enfoques italiano y ruso para el monitoreo del ruido y la evaluación de su impacto sobre salud humana Ecología e Industria de Rusia, 3, 58-63 pp. (2016).
5. NI Ivanov, DA Kuklin, PV Matveev: Ecología y seguridad de complejos de transporte industrial: formas de resolver el problema del ruido transporte ferroviario zonas residenciales, 179-184 92015).
6. NI Ivanov, AE Shashurin, YS Boyko: teoría y práctica del ruido, V.2, 4(6): Influencia del material en la eficiencia acústica de barreras acústicas, (2016).
7. D. Casini: Actas del XXII Congreso Internacional de Sonido y Vibraciones: Ruido urbano y necesidades Aislamiento acústico de fachadas de edificios: el caso de algunas aglomeraciones en Italia. Florencia, Italia, 12-16 págs. (2015).
8. VV Bulkin, MV Kalinichenko, IN Sal'nikov: Teoría y práctica del ruido, V.1, 1 (1): La posibilidad de uso de pantallas de resonadores acústicos de dos piezas para reducir el ruido, (2015).
9. A. Vasiliev y otros: Teoría y práctica del ruido, V.1, 1 (1): La eficacia de los pequeños escudos acústicos para proteger el ruido del tráfico ferroviario, (2016).
10. VV Bulkin, IN Kirillov, TD Schelkova: Métodos y dispositivos de transmisión de información y procesamiento, 18: Monitoreo de la contaminación acústica del área urbana local, 22-26 pp. (2016).
11. PH Zannin: Ciudades, V.31: Caracterización del ruido ambiental basado en mediciones de ruido, ruido mapeo y entrevistas: Un estudio de caso en un campus universitario en Brasil, 317-327 pp. (2013).
12. A. Pyko. Occup Environ Med, V.72, 8: Exposición al ruido del tráfico y marcadores de obesidad //Occup Environ Con, 594-601 págs. (2015).
13. NI Ivanov, AE Shashurina, YS Boyko: Protección contra ruido y vibraciones excesivos: Evaluación de contribuciones y la aproximación de las principales fuentes de ruido de los trenes de alta velocidad, 129-135 (2017).
14. TV Polyakov, AV Saibel, SV Khalezin: Ingeniería Don Vestnik, V.23, 4: Construcción y ecología, (2012).
15. VA Alyabiev, EA Losminkaya, SA Grin': Young, V.51, 11: La contaminación acústica como uno de los principales problemas ambientales, (2017).
16. OI Kopitenkova y otros: Higiene y saneamiento, V.96, 7: Enfoques en el estudio del impacto de ruido del tráfico ferroviario sobre la base de la metodología de evaluación de riesgos, (2017).
17. AP Pronin: Transporte automático, V.2, 4: El impacto del transporte ferroviario en el medio ambiente, V.2, 4, (2016).
18. Y. Gerlitsi y otros. Análisis de las causas del ruido durante el movimiento del vehículo ferroviario, y métodos para su reducción, (2018).
19. SF Podust, AN Chukarin: Seguridad y Economía Laboral, 2(23): Maneras de reducir el ruido y la vibración cuerpos eléctricos, 49-53 pp. (2016).

20. VI Bespalov, NS Samarskaya, OS Gurova: Actas de la conferencia científico-práctica internacional "Investigación aplicada teoretichiskih de dirección co-temporal, V.3, 10-15 pp, (2014).

21. VI Bespalov, NS Samarskaya, EP Lisova, OM Akai: Proporcionar comodidad acústica de zonas construidas y habitaciones en la planificación urbana. Web de Conferencias MATEC: Conferencia Científica Internacional «Tecnologías Empresariales para el Desarrollo Urbano Sostenible 2018» (Universidad Politécnica de San Petersburgo Pedro el Grande, Instituto de gestión industrial, economía y comercio, Rusia), (2018).

22. VI Bespalov, NS Samarskaya, OS Gurova: Actas de la conferencia científico-práctica internacional "Tendencias modernas de la investigación teórica y aplicada", V.3: Investigación del proceso de contaminación acústica del aire colección urbana de trabajos científicos SWorld , 10-15 págs., (2014).