

**Р.Д. Сулейменова**, канд. пед. наук, доцент

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Оренбургский государственный аграрный  
университет», г. Оренбург  
e-mail: raislu\_2707.ru@mail.ru*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ОЦЕНКЕ РИСКОВ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ АПК**

**Ключевые слова:** акустическое воздействие, математическое моделирование, шумовое загрязнение, оценка рисков, цифровые технологии, экологическая устойчивость.

**Key words:** acoustic impact, mathematical modeling, noise pollution, risk assessment, digital technologies, environmental sustainability.

**Аннотация:** Исследование подчеркивает необходимость комплексного подхода, сочетающего теоретические уравнения с практическими измерениями. В работе рассмотрены: волновое уравнение; формула расчета уровня звукового давления на расстоянии от источника; формула точной оценки постоянного смещения порога слышимости и т.д.

**Summary:** The study emphasizes the need for a comprehensive approach that combines theoretical equations with practical measurements. The work considers the following: the wave equation; the formula for calculating the sound pressure level at a distance from the source; the formula for accurately estimating the constant offset of the hearing threshold, etc.

Моделирование акустического воздействия играет ключевую роль в оценке рисков для здоровья работников агропромышленного комплекса и экосистем, особенно в сельском хозяйстве и транспорте. В условиях современной цифровизации математические модели позволяют предсказывать и минимизировать негативные эффекты шума, интегрируя данные реального времени для повышения безопасности и устойчивости.

Эффективное моделирование и математическая оценка акустического воздействия представляют собой фундаментальные задачи для обеспечения безопасности труда и защиты окружающей среды в различных отраслях. В сельскохозяйственном секторе, где шум от оборудования часто превышает допустимые нормы, такие подходы помогают предотвращать профессиональные заболевания, например, нейросенсорную тугоухость, и снижать негативное влияние на экосистемы. С развитием цифровой трансформации эти методы эволюционируют, интегрируя сенсоры, искус-

ственный интеллект (ИИ) и вероятностные модели для анализа данных в реальном времени. Такой комплексный подход повышает точность прогнозов и способствует созданию инновационных стратегий минимизации рисков, что особенно актуально в эпоху глобального промышленного роста [1].

1. Фундаментальным инструментом для понимания динамики акустического воздействия служит волновое уравнение, которое описывает распространение звуковых волн в различных средах. Оно выражается в следующей форме:

$$\Delta u = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (1)$$

где  $\Delta$  – оператор Лапласа;

$u = u(x, t)$  – неизвестная функция.

Эта модель учитывает ключевые аспекты, такие как затухание сигнала и отражения от поверхностей, что особенно важно в замкнутых пространствах, например, в подземных горных выработках.

В тех сферах, где оборудование генерирует интенсивный шум, расчет уровня звукового давления на расстоянии от источника проводится с использованием специализированной формулы:

$$L = L_w - 15 \lg r + 10 \lg \Phi - \frac{\beta_{\alpha} r}{1000} - 10 \lg \Omega, \quad (2)$$

где  $L_w$  – шумовая характеристика источника, дБ;

$r$  – расстояние источника шума до расчетной точки, м;

$\Phi$  – фактор направленности источника шума, безразмерный; для источника шума с равномерным излучением звука  $\Phi = 1$ ;

$\Omega$  – пространственный угол излучения звука, принимаемый для источников шума, расположенных на поверхности –  $\Omega = \pi$ ;

$\beta_{\alpha}$  – поправка, учитывающая затухание звука в атмосфере, дБ.

Исследования показывают, что превышения нормативных значений уровня шума сохраняются на расстоянии до 20 м от оборудования, что значительно повышает риск развития нейросенсорной тугоухости среди персонала [2].

Эта модель подчеркивают важность учета геометрии пространства. Интеграция этих уравнений с цифровыми симуляторами позволяет моделировать сценарии в реальном времени.

2. Математическая оценка рисков акустического воздействия на здоровье работников АПК часто опирается на вероятностные модели, учитывающие длительность экспозиции и индивидуальные факторы. Вероятностный риск профессиональной нейросенсорной тугоухости рассчитывается путем суммирования общих потерь слуха от шума и возраста на клю-

чевых частотах (500, 1000, 2000 и 4000 Гц). Риск потери слуха определяется как разница между общими и возрастными потерями [3].

Для более точной оценки постоянного смещения порога слышимости (NIPTS) применяется формула:

$$N_{50} = \left[ u + v \lg \left( \frac{t}{t_0} \right) \right] (L_{EX,sh} - L_0)^2, \quad (3)$$

где  $L_{EX,sh}$  – уровень звукового воздействия за номинальный 8-часовой рабочий день, выраженный в дБ;

$L_0$  – уровень звукового давления, зависящий от частоты;

$t$  – продолжительность воздействия (выражена в годах);

$u, v$  – параметры, зависящие от частоты.

Организационно-технические меры позволяют снизить NIPTS на 40–45%. Это демонстрирует практическую ценность моделей, они не только позволяют оценить риски, но и обосновывают внедрение сенсорных систем для непрерывного контроля.

3. Акустическое воздействие редко бывает изолированным — оно часто сочетается с другими вредными факторами, такими как пыль или вибрация. Для оценки совокупного влияния используется балльная система, где относительная величина воздействия по  $i$ -му фактору рассчитывается как:

$$F_{\Pi\Phi_i} = \frac{f_i}{f_{\max}}, \quad (4)$$

где  $f_{\max}$  – балльная оценка  $i$ -го фактора;

$f_i$  – максимальная балльная оценка.

Совокупное воздействие определяется формулой:

$$A = \sum_i \frac{F_{\Pi\Phi_i}}{F_{\max}}, \quad (5)$$

где  $F_{\Pi\Phi_i}$  – относительная величина воздействия по  $i$ -му фактору.

В сельскохозяйственных комбинатах для профессий вроде дробильщиков значение  $A$  может достигать 0,7 при учете шума и пыли, что указывает на высокий риск ошибок, травм и хронических заболеваний.

Такие модели позволяют интегрировать акустику в общую систему управления профессиональными рисками, включая разработку рекомендаций по ротации персонала и улучшению вентиляции. Обязательно нужно учитывать взаимодействия факторов, что требует гибридных моделей, сочетающих статистику с машинным обучением.

4. В экологическом контексте важны сезонные факторы, влияющие на распространение шума в открытых пространствах. Расчет уровня шума в лесных и лесостепных зонах у магистралей использует формулу:

$$L_{\text{рт}} = L_{\text{иш}} - \Delta L_{\text{расст}} - \Delta L_{\text{возд}} - \Delta L_{\text{зел}} \quad (6)$$

где  $L_{\text{рт}}$  – расчетное значение уровня звука, дБА;

$L_{\text{иш}}$  – эквивалентный уровень звука, дБА;

$\Delta L_{\text{расст}}$  – затухание звука с расстоянием, дБА;

$\Delta L_{\text{возд}}$  – затухание звука в воздухе, дБА;

$\Delta L_{\text{зел}}$  – звукопоглощение растительностью, дБА.

Такие подходы требуют интеграции с геоинформационными системами (ГИС) для пространственного анализа, что позволит прогнозировать влияние на фауну и разрабатывать буферные зоны.

Цифровая трансформация радикально меняет подходы к оценке акустического воздействия, выступая катализатором повышения точности и оперативности. Автоматизация и ИИ открывают новые возможности: алгоритмы машинного обучения анализируют большие объемы данных для предиктивной аналитики, прогнозируя пиковые нагрузки и оптимизируя графики работ [4]. Это не просто техническое улучшение, а комплексная стратегия.

Таким образом, моделирование и математическая оценка акустического воздействия предоставляют мощные инструменты для прогнозирования и минимизации рисков в агропромышленном комплексе от базовых волновых уравнений до вероятностных моделей рисков и сезонных расчетов – все эти подходы формируют целостную систему, усиленную цифровой трансформацией.

#### Список используемой литературы

1. Анализ и моделирование линейных динамических систем: Учебно-методическое пособие для обучающихся по направлениям подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, 27.03.04 Управление в технических системах, очной и очно-заочной форм обучения / В. Д. Павлидис, М. В. Чкалова, Р. Д. Сулейменова, А. М. Осипова. – Оренбург: "Полиарт", 2025. – 89 с.
2. Бастаева, Г. Т. Цифровая платформа ФГИС ЛК как механизм устойчивого управления лесным хозяйством / Г. Т. Бастаева // Современное состояние и перспективы производства и переработки сельскохозяйственной продукции и продуктов питания: Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, Оренбург, 15 марта 2024 года. – Оренбург: Изд-во PROофис, 2024. – С. 630-633.
3. Левченко, Д. В. Математическое моделирование систем и процессов: Учебно-методическое пособие для обучающихся по специальностям 23.05.03 Подвиж-

ной состав железных дорог, 23.05.04 Эксплуатация железных дорог, 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов, 23.05.06 Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей очной и заочной формы обучения / Д. В. Левченко, Ю. А. Генварева, Р. Д. Сулейменова. – Оренбург: Оренбургский институт путей сообщения – филиал ФГБОУ ВО «Приволжский государственный университет путей сообщения», 2025. – 58 с.

4. К вопросу эргономической оценки системы "человек-машина-животное" / И. В. Герасименко, А. А. Панин, Д. В. Фролов [и др.] // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем: Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 75-летию основания инженерного факультета ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ, Оренбург, 07 февраля 2025 года. – Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет, 2025. – С. 138-141.

**УДК 331.538.2**

**И.В. Демченко**, канд. экон. наук, доцент,

**Д.С. Гнатко**, студентка

*Учреждение образования «Мелитопольский государственный университет»,*

*г. Мелитополь*

*dinylgnatko@gmail.com*

## **НАПРАВЛЕНИЯ И МЕТОДЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ СИСТЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ**

**Ключевые слова:** молодые специалисты, выпускники, трудоустройство, рынок труда.

**Key words:** young specialists, graduates, job placement, labor market.

**Аннотация:** молодые специалисты являются одним из основных ресурсов развития кадрового потенциала РФ, повышения конкурентоспособности ее экономики. В то же время наблюдается недоиспользование молодых специалистов как трудового ресурса, в том числе вследствие их неустойчивого положения на рынке труда.

**Summary:** young specialists are one of the main resources for the development of the Russian Federation's human resources potential, enhancing the competitiveness of its economy. At the same time, there is a lack of use of young specialists as a labor resource, including because of their precarious position in the labor market.

Меры поддержки молодых специалистов – это экономические и социальные способы их привлечения и закрепления в различных сферах и отраслях: государственные субсидии, компенсации и стимулирующие доплаты, ссуды на обустройство, прочие выплаты работодателей.