

*А.С. Воронов, В.А. Крутова*

## МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАКТОРА

**Аннотация.** Изложена методика проведения натурных измерений виброакустических характеристик трактора – виброускорений на рабочем месте оператора трактора, а также в наиболее вибрационно нагруженных местах; методика определения эквивалентного уровня шума на рабочем месте оператора трактора для проверки выполнения требований санитарных норм. Приведенная методика позволит верифицировать математические модели распространения вибраций и шума с учетом особенностей конструкции трактора.

**Ключевые слова:** общая вибрация, локальная вибрация, эквивалентный уровень шума, акселерометры, экспериментальное определение.

**Для цитирования:** Воронов, А. С. Методика экспериментального определения виброакустических характеристик трактора / А. С. Воронов, В. А. Крутова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 27–31. – DOI 10.46973/1818-5509\_2026\_2\_27.

Неотъемлемой частью процесса составления математических моделей распространения виброакустических характеристик различных машин и механизмов является верификация полученных результатов. В рамках исследования распространения вибраций, возникающих при работе тракторов серии К-7 и К-5 (рис.1) были проведены натурные измерения виброакустических характеристик в период с октября 2025 года по февраль 2026 года на испытательной площадке АО «Петербургский тракторный завод» (ПТЗ).



**Рис. 1. Трактор К-742М**

Для обеспечения статистической достоверности полученных экспериментальных данных проводилось не менее трех измерений на трактор. Основными задачами исследования являлись:

- Измерение шума в процессе работы трактора внутри кабины и вблизи трактора на различных дистанциях с различных сторон для составления картины распространения шума и проверки выполнения критериев ГОСТов и СанПиН;

- Измерение вибрации в ключевых точках – пол сиденье, рулевое колесо, а также опорные узлы трактора;

- Выявление наиболее виброактивных участков в машине;

- Сравнительный анализ полученных экспериментальным путем данных с требованиями, установленными нормативной документацией [1-6];

- Разработка практических мероприятий по снижению вибрации трактора на основе анализа полученных данных.

В процессе измерений применялись следующие шумомеры с микрофонами и вибропреобразователи, представленные в таблице.

Таблица

Используемое оборудование

| № | Наименование                                                 | Зав. №   | Микрофон                 | Предусилитель         |
|---|--------------------------------------------------------------|----------|--------------------------|-----------------------|
| 1 | Шумомер – анализатор спектра                                 | 110096   | ВМК-205<br>зав. № 6918   | P200<br>зав. № 112671 |
| 2 | Шумомер – анализатор спектра<br>«Октава-110А»                | 120118   | B&K 4133<br>зав. № 32365 | P200<br>зав. № 154329 |
| 3 | Шумомер-виброметр,<br>анализатор спектра<br>«Экофизика-110А» | БА170428 | ВМК-205<br>зав. № 5538   | P200<br>зав. № 175187 |
| 4 | Шумомер-виброметр,<br>анализатор спектра<br>«Экофизика-110А» | БА170427 | ВМК-205<br>зав. № 5942   | P200<br>зав. № 175191 |

Для измерения общей и локальной вибрации, а также вибрации на опорах были выбраны следующие точки, представленные на рисунке 2.

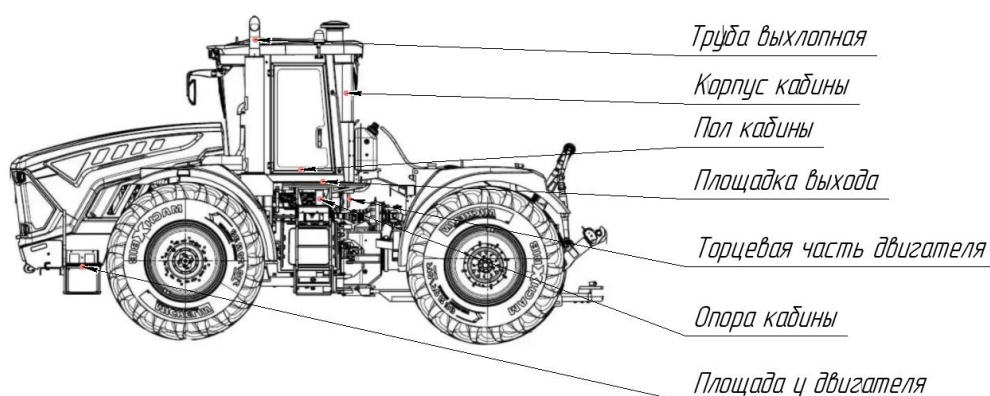


Рис. 2. Схема установки датчиков для измерений на тракторе

Для измерения общей вибрации местами крепления датчиков являлись пол, сиденье оператора трактора (с пневмоподушкой и без нее), а также площадка выхода оператора. Измерения проводились также на холостых и максимальных оборотах.

Локальная вибрация измерялась на рулевом колесе в точках около кистей рук, которые держат руль в обычном положении при управлении машиной, на лестнице у капота двигателя

(с двух сторон), на торцевой части двигателя, а также на корпусе кабины и на выхлопной трубе. При измерении вибрации на опорах кабины (рисунок 3) датчики устанавливались в местах, которые максимально информативны для оценки вибрационной активности машины и состояния ее конструкции, а также как можно ближе к области, где вибрация передается на опору, что позволило получить наиболее точные данные о динамических характеристиках, возникающих при работе трактора.



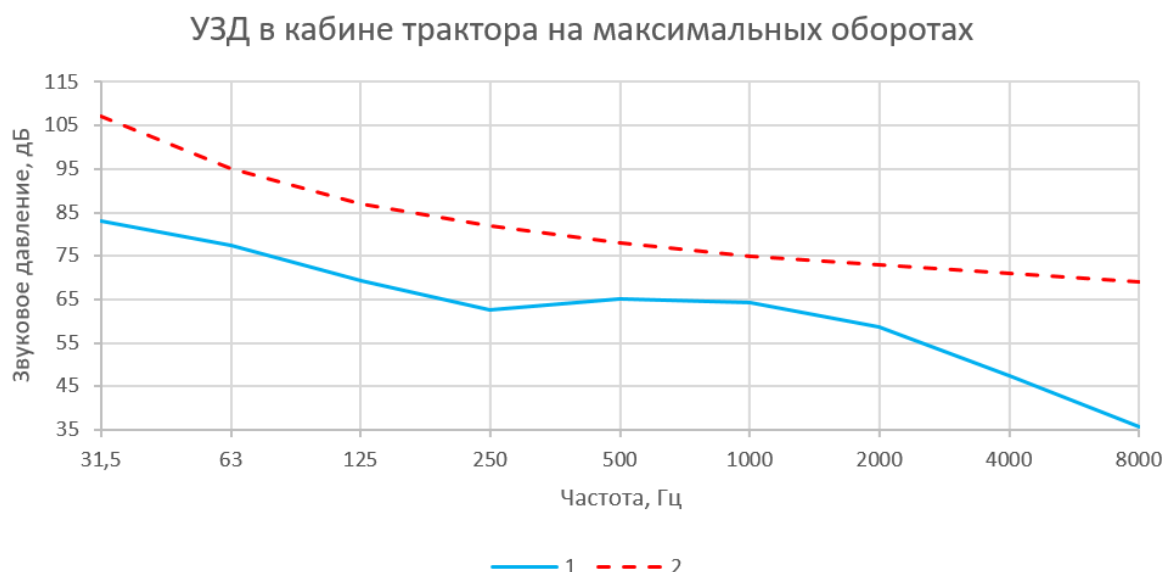
**Рис. 3. Измерение вибраций на опоре кабины трактора**

Акселерометры закреплялись с соблюдением стандартов, инструкции производителя и так чтобы они не влияли на измеряемую величину: масса акселерометра вместе с креплением не приводила к существенному изменению вибрации. Резонансная частота закреплённого акселерометра составила не ниже 500 Гц. В связи с тем, что датчики являются трёхкомпонентными датчиков, было проведено одновременное измерение в направлениях X, Y, Z. Перед окончательной установкой датчиков были проведены пробные замеры в нескольких точках, что позволило выбрать наиболее информативные из них. Поскольку трактор работал в разных режимах (при различной нагрузке и скорости), измерения выполнялись для каждого режима отдельно, что занесено в протоколы измерений. Все исследуемые тракторы имели полностью заполненные топливные баки и радиаторы, измерения проводились как со вспомогательными грузами, навесным оборудованием так и без него. Износ протектора шин трактора составлял не более 35 %, а давление находилось в пределах рекомендованного диапазона. Перед началом проведения измерений трактор находился на прогреве не менее 15 минут для достижения рабочих температур всей машины в целом. Далее трактор двигался по ровному испытательному участку на разных скоростях и режимах, скорость варьировалась на 5 км/ч.

Основными параметрами, которые измерялись являлись: среднеквадратичное значение скорректированного виброускорения ( $\text{м/с}^2$ ), виброскорость ( $\text{мм/с}$ ); виброперемещение ( $\text{мкм}$ ); спектральный состав вибрации (в диапазоне 1–1000 Гц).

Измерения шума проводились внутри кабины с выключенным двигателем (для измерения фоновых шума), с включенным двигателем на холостых и полных оборотах внутри кабины, на площадке выхода, по периметру от трактора на расстоянии 1-8 метров, около выхлопной трубы, около двигателя с открытым капотом. Также были проведены измерения шума во время движения трактора на 16 режимах работы в скоростном диапазоне от 8 до 35 км/ч.

Уровни звукового давления в кабине трактора К-742М на максимальных оборотах двигателя (1900 об/мин) представлены на рисунке 4.



**Рис. 4. УЗД в кабине трактора К-742М**

Как видно из рисунка 4, уровни звукового давления в кабине трактора К-742М на оборотах двигателя 1900 об/мин не превышают допустимые в соответствии с Санитарными правилами по устройству тракторов и сельскохозяйственных машин [7]. Экспериментально определенный эквивалентный уровень звука составляет 68 дБА, допустимый 80 дБА. Следовательно, на рабочем месте оператора трактора нормы по шуму выполняются.

#### Список литературы

1. ГОСТ 31193-2004 (ЕН 1032:2003). Вибрация. Определение параметров вибрационной характеристики самоходных машин. Общие требования: межгосударственный стандарт: издание официальное. – Введ. 2008–07–01. – Москва: Стандартиформ, 2008. – 29 с.
2. ГОСТ 31323-2006 (ИСО 5008:2004). Вибрация. Определение параметров вибрационной характеристики самоходных машин. Тракторы сельскохозяйственные колесные и машины для полевых работ: межгосударственный стандарт: издание официальное. – Введ. 2008–07–01. – Москва: Стандартиформ, 2008. – 16 с.
3. ГОСТ 12.1.012-2004. Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования: межгосударственный стандарт: издание официальное. – Введ. 2008–07–01. – Москва: Стандартиформ, 2008. – 23 с.
4. ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1:1997). Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования:

#### References

1. GOST 31193-2004 (EN 1032:2003). Vibration. Determination of vibration characteristic parameters of self-propelled machines. General requirements: interstate standard: official publication. – Introduced 2008–07–01. – Moscow: Standartinform, 2008. – 29 p.
2. GOST 31323-2006 (ISO 5008:2004). Vibration. Determination of vibration characteristic parameters of self-propelled machines. Agricultural wheeled tractors and machines for field work: interstate standard: official publication. – Introduced 2008–07–01. – Moscow: Standartinform, 2008. – 16 p.
3. GOST 12.1.012-2004. Occupational safety standards system. Vibration safety. General requirements: interstate standard: official edition. – Introduced 2008–07–01. – Moscow: Standartinform, 2008. – 23 p.
4. GOST 31191.1-2004 (ISO 2631-1:1997). Vibration and shock. Measurement of whole-body vibration and assessment of its impact on humans. Part 1. General requirements:

межгосударственный стандарт: издание официальное. – Введ. 2008–07–01. – Москва: Стандартинформ, 2009. – 26 с.

5. ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001). Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка её воздействия на человека. Часть 1. Общие требования: межгосударственный стандарт: издание официальное. – Введ. 2008–07–01. – Москва: Стандартинформ, 2008. – 24 с.

interstate standard: official edition. – Introduced 2008–07–01. – Moscow: Standartinform, 2009. – 26 p.

5. GOST 31192.1-2004 (ISO 5349-1:2001). Vibration. Measurement of local vibration and assessment of its impact on humans. Part 1. General requirements: interstate standard: official edition. – Introduced 2008–07–01. – Moscow: Standartinform, 2008. – 24 p.

*A.S. Voronov, V.A. Krutova*

## METHODOLOGY FOR THE EXPERIMENTAL DETERMINATION OF TRACTOR VIBROACOUSTIC CHARACTERISTICS

**Abstract.** The methodology for conducting field measurements of a tractor's vibroacoustic characteristics is presented – specifically, vibration acceleration at the tractor operator's workplace, as well as in the most vibration-stressed locations. The methodology for determining the equivalent noise level at the operator's workplace and at key points for creating a noise map is also outlined. This methodology will allow for the verification of mathematical models of vibration and noise propagation, taking into account the specific design features of the tractor.

**Keywords:** whole-body vibration, local vibration, equivalent noise level, accelerometers, experimental determination.

**For citation:** Voronov, A. S. Methodology for the Experimental Determination of Tractor Vibroacoustic Characteristics / A. S. Voronov, V. A. Krutova // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 27–31. – DOI 10.46973/1818-5509\_2026\_2\_27.

### Сведения об авторах

#### **Воронов Алексей Сергеевич**

Балтийский государственный технический университет «ВОМЕНЕХ» им. Д.Ф. Устинова, кафедра НЗ «Механика деформируемого твердого тела», ассистент, e-mail: voronov\_as@voenmeh.ru

#### **Крутова Вероника Александровна**

Балтийский государственный технический университет «ВОМЕНЕХ» им. Д.Ф. Устинова, кафедра НЗ «Механика деформируемого твердого тела», доцент, д.т.н., и.о. заведующего кафедрой, e-mail: krutova\_va@voenmeh.ru

### Information about the authors

#### **Voronov Aleksey Sergeevich**

Baltic States Technical University «VOENMEH» named after D.F. Ustinov, Chair of Mechanics of Deformable Solids, Assistant, e-mail: voronov\_as@voenmeh.ru

#### **Krutova Veronica Alexandrovna**

Baltic States Technical University «VOENMEH» named after D.F. Ustinov, Chair of Mechanics of Deformable Solids, Associate Professor, Doctor of Technical Sciences, Acting Head of the Chair, e-mail: krutova\_va@voenmeh.ru