

Д. С. Завьялов, В. А. Крутова

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ШУМА КОМБАЙНА

Аннотация. В работе описан подход к измерению акустических характеристик комбайна. Рассматривается алгоритм проведения экспериментальных исследований шума комбайна с установленным навесным оборудованием для получения объективной картины соответствия уровней звукового давления санитарной норме как на рабочем месте комбайнера внутри кабины, так и на открытом рабочем месте, которым является площадка выхода и зона вокруг комбайна на расстоянии до 7,5 метров.

Ключевые слова: сельское хозяйство, кормоуборочный комбайн, эквивалентный уровень шума, уровень звукового давления, рабочее место оператора, санитарная норма.

Для цитирования: Завьялов, Д. С. Методология исследования шума комбайна / Д. С. Завьялов, В. А. Крутова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 1. – С. 37–42. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_1_37.

Кормоуборочный комбайн представляет собой многофункциональную сельскохозяйственную машину, предназначенную для полной механизации процесса сбора и подготовки кормов. Он осуществляет скашивание, измельчение и погрузку в транспортное средство сеяных или естественных трав, а также подбор и измельчение массы из валков. В отличие от зерноуборочного комбайна, основным продуктом является не зерно, а измельчённая зелёная масса (силос, сенаж), что определяет специфику его рабочих органов. На рисунке 1 приведена технологическая схема комбайна.

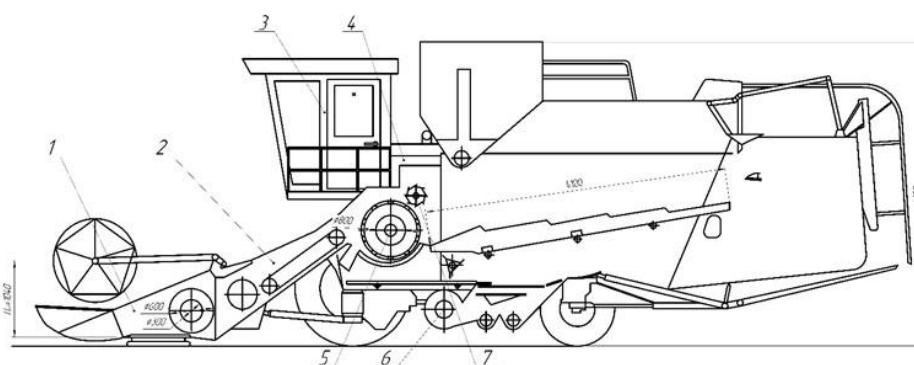


Рис. 1. Технологическая схема комбайна:

1 – жатка; 2 – наклонная камера; 3 – кабина; 4 – двигатель; 5 – измельчающий барабан; 6 – вентилятор; 7 – роторы

С точки зрения акустики, интерес представляют следующие узлы комбайна: двигатель внутреннего сгорания (4), барабан (5), роторы (7), вентилятор (6), жатка (1), наклонная камера (2).

В рамках исследования рассматривались комбайны немецкого производства CLAAS JAGUAR 830, 850 и 870 (рис.2). Измерения акустических характеристик проводились в соответствии с установленной нормативной документацией [1-7], в полевых условиях

эксплуатации комбайнов на ферме в Ленинградской области. Скорость ветра при испытаниях не превышала 5 м/с. Атмосферные осадки отсутствовали.



Рис. 2. Комбайн CLAAS JAGUAR 830

Испытания выполнялись последовательно с поэтапным подключением технологических агрегатов для оценки их вклада в общий акустический профиль:

- Холостой ход: работает только двигатель внутреннего сгорания на минимальных и номинальных оборотах.
- Запуск молотилки: подключается молотильно-сепарирующее устройство (МСУ).
- Включение жатки: активируются режущий аппарат и мотовило.
- Включение измельчителя: запуск соломотряса и измельчителя-разбрасывателя.
- Во время движения в скоростном диапазоне от 5 до 30 км/ч.

Каждый этап фиксировался отдельной спектрограммой. Контроль рабочих параметров, включая частоту оборотов двигателя и кинематику рабочих органов комбайна, производился на основе показаний штатной системы мониторинга, данные с которой считывались на информационной панели, расположенной в кабине оператора.

В качестве регистрирующей аппаратуры используются портативные многоканальные анализаторы спектра и прецизионные шумомеры 1-го класса точности (рис. 3).



Рис. 3. Шумомеры-виброметры, анализаторы спектра Экофизика-110А и Октава-110А

Для каждого режима работы комбайна проводилось не менее пяти измерений, длительность которых составляла не менее 5 минут для последующей статистической обработки. Измерения проводились в нормируемом диапазоне частот 31,5–8000 Гц.

Измерения шума внутри кабины (рис.4) проводились при закрытых окнах и дверях без щелей и зазоров. Микрофон устанавливался на высоте 0,6 метра поверхности сидения, а также смещен на 0,2 метра от его оси симметрии в направлении центра кабины.



Рис. 4. Схема кабины комбайна

Отдельно исследовался шум, возникающий на площадке выхода и вокруг машины. Согласно СанПиН 2.2.3.4282-87 № 4282-87 система мероприятий по ограничению шума должна обеспечивать на рабочем месте и на расстоянии 7,5 м от оси движения машины уровни звукового давления и уровня звука [7].

При исследовании шума на площадке выхода микрофон устанавливался на уровне слуха оператора на высоте 1,5 метра.

При исследовании шума на удалении от комбайна микрофон устанавливался на высоте 1,5 метра от поверхности земли. Точки замера на расстоянии до 7,5 метров.

Для последующей оценки раздельного вклада основных источников шума проводились измерения каждого агрегата приведенных ранее при отключении других. Замеры производились на расстоянии 1 метр от агрегата.

Результаты данных измерений в зависимости от разброса полученных значений усреднялись следующим образом:

- если разность полученных значений меньше 7 дБА, то среднее значение определяется по формуле:

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i, \quad (1)$$

где L_i – измеренный уровень звука, дБА; n – число измерений.

- если разность выше 7 дБА, то среднее значение определяется по формуле:

$$\bar{L} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0.1 L_i} - 10 \lg n. \quad (2)$$

Уровни звукового давления на площадке выхода комбайна представлены на рисунке 5.

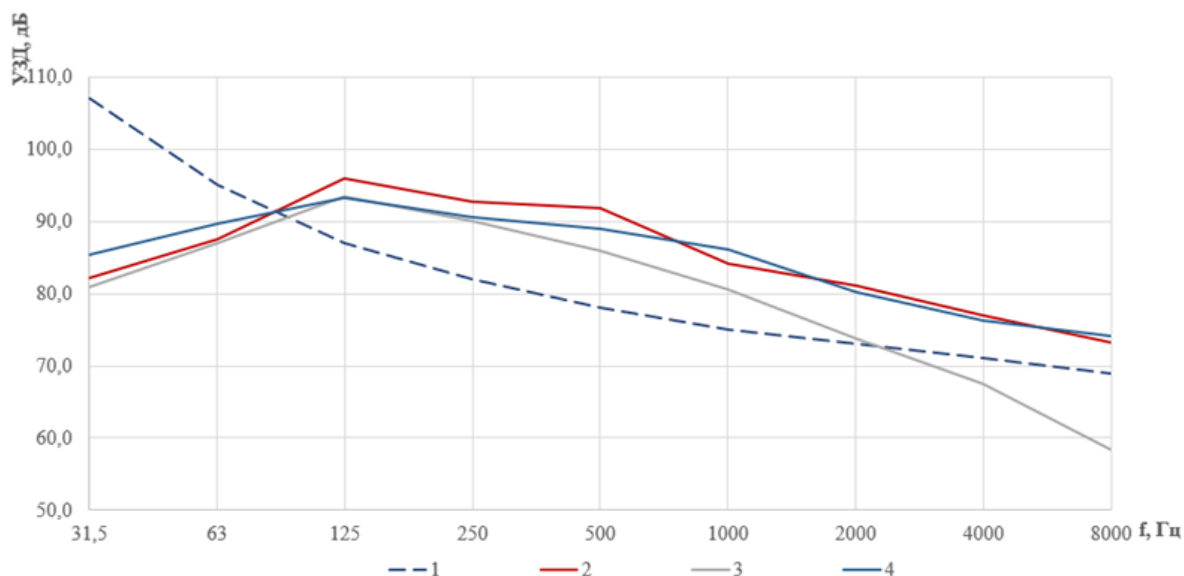


Рис. 5. Исследуемые спектры шума на площадке выхода комбайна с установленными технологическими агрегатами:

1 – санитарная норма; 2 – с включёнными двигателем, молотильным барабаном, вентилятором и роторами; 3 – с включёнными двигателем, молотильным барабаном, вентилятором, роторами и наклонной камерой; 4 – со всеми включенными технологическими агрегатами

Анализ спектров шума на площадке выхода комбайна, свидетельствует об отсутствии превышения норм уровня звукового давления. В то же время фиксируются отклонения сверх санитарной нормы, представленные в таблице.

Таблица

Наибольшие значения отклонения между санитарной нормой и полученным уровнем звукового давления по октавным частотам

Частота, Гц	Наибольшее значение отклонения от санитарной нормы, дБ
125	9
250	11
500	14
1000	11
2000	8
4000	6
8000	5

Спектры шума внутри кабины комбайна с активными технологическими узлами (рис. 6) демонстрируют полное соответствие нормам УЗД по всем частотам, независимо от режима. Таким образом, даже при совместной эксплуатации двигателя, молотильного барабана, вентилятора, роторов, наклонной камеры и жатки акустические параметры в кабине остаются в пределах допустимых значений.



Рис.6. Исследуемые спектры шума в кабине комбайна с установленными технологическими агрегатами:

1 – санитарная норма; 2 – с включёнными двигателем, молотильным барабаном, вентилятором и роторами; 3 – с включёнными двигателем, молотильным барабаном, вентилятором, роторами и наклонной камерой; 4 – со всеми включенными технологическими агрегатами

В кабине комбайна уровень шума полностью соответствует установленным санитарным нормам. Спектральные характеристики не превышают допустимых значений ни при работе только двигателя, ни при одновременной работе всех технологических агрегатов. Это свидетельствует о высокой эффективности системы шумоизоляции кабины, которая обеспечивает безопасные акустические условия для работы оператора.

Таким образом, чтобы гарантировать безопасность труда персонала, работающего рядом с машиной, требуются технические меры, направленные на снижение шумообразования и распространения шума от его рабочих органов.

Список литературы

1. ГОСТ Р 53490-2009 (ИСО 5131:1996). Тракторы сельскохозяйственные. Шум на рабочем месте оператора. Методы и условия измерений: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное. – Введ. 2011-01-01. – Москва: Стандартиформ, 2010. – 12 с.
2. ГОСТ 12.2.120-2005. Система стандартов безопасности труда. Кабины и рабочие места операторов тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин. Общие требования безопасности: межгосударственный стандарт: издание официальное. – Введ. 2010-07-01. – Москва: Стандартиформ, 2010. – 17 с.
3. ГОСТ 27435-87. Внутренний шум автотранспортных средств. Допустимые уровни и методы измерений: межгосударственный стандарт: издание

References

1. GOST R 53490-2009 (ISO 5131:1996). Agricultural tractors. Noise at the operator's workplace. Measurement methods and conditions: national standard of the Russian Federation: official publication. – Introduced 2011-01-01. – Moscow: Standartinform, 2010. – 12 p.
2. GOST 12.2.120-2005. Occupational safety standards system. Cabins and workplaces of tractor and self-propelled agricultural machinery operators. General safety requirements: interstate standard: official publication. – Introduced 2010-07-01. – Moscow: Standartinform, 2010. – 17 p.
3. GOST 27435-87. Interior noise of motor vehicles. Permissible levels and measurement methods: interstate standard: official publication. – Introduced 1989-01-01. –

официальное. – Введ. 1989–01–01. – Москва: Издательство стандартов, 1988. – 10 с.

4. Теоретическое описание виброакустической динамики несущих рам автотрактора дизельно-монтажных и балластно-распределительных машин / И. А. Баланов, В. А. Крутова, А. А. Порческо, Т. А. Финоченко // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 9. – С. 27-30. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-9-27-28.

Moscow: Publishing House of Standards, 1988. – 10 p.

4. Theoretical description of vibroacoustic dynamics of supporting frames of diesel-mounted and ballast-distributing machine railcars / I. A. Balanov, V. A. Krutova, A. A. Porchesko, T. A. Finochenko // Bulletin of Tula State University. Technical sciences. - 2023. – No. 9. – P. 27-30. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-9-27-28.

D. S. Zavialov, V. A. Krutova

COMBINE HARVESTER NOISE RESEARCH METHODOLOGY

Abstract. The paper describes an approach to measuring the vibroacoustic characteristics of a combine harvester. It considers an algorithm for investigating noise in the operator's cab and within the harvester's operating zone at a distance of up to 7.5 meters. Various operating modes are analyzed, accounting for the individual noise contributions of specific components.

Keywords: agriculture, forage harvester, equivalent noise level, sound pressure level, operator's workstation, the sanitary norm.

For citation: Zavialov, D. S. Combine Harvester Noise Research Methodology / D. S. Zavialov, V. A. Krutova // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2026. – № 1. – P. 37–42. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_1_37.

Сведения об авторах

Завьялов Дмитрий Сергеевич

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

Крутова Вероника Александровна

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

Information about the authors

Zavialov Dmitriy Sergeevich

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

Krutova Veronica Alexandrovna

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