

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА В ДРОБИЛЬНОМ ОТДЕЛЕНИИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА

Елена Анатольевна Высоцкая
Андрей Сергеевич Корнев
Роман Александрович Дружинин
Олег Евгеньевич Соцков

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Во время работы в дробильных отделениях возникают различные вредные производственные факторы, одним из которых является повышенный уровень шума. На сельскохозяйственном предприятии Липецкой области проведены экспериментальные исследования по определению уровня шума в дробильном отделении. В ходе исследований измеряли уровень шума, создаваемый всеми машинами, находящимися в отделении: непосредственно молотковой дробилкой, шнековыми и ленточным транспортерами и кормосмесителем. Замеры выполняли при работе оборудования на холостом ходу и при полной загрузке, используя шумомер AZ 8922, согласно инструкции, прилагаемой к прибору, и с учетом требований ГОСТ Р ИСО 9612-2013. Выявлено, что при полной загрузке оборудования создаваемый шум на 16,1 дБА превышает нормативный эквивалентный уровень шума на рабочих местах (80 дБА), установленный в СанПиН 2.2.4.3359-16. С целью снижения шумовых характеристик в дробильном отделении сельскохозяйственного предприятия на молотковую дробилку был изготовлен защитный звукоизолирующий корпус, представляющий собой раму из деревянных планок 50×50 мм, обшитых фанерой толщиной 19 мм. Корпус устанавливался на дробилку с зазором 100 мм, на нем были предусмотрены отверстия для подвода электроэнергии, измельчаемого материала и отвода измельченного продукта. Для достижения наибольшего эффекта звукоподавления корпус дополнительно с внутренней стороны был обработан полиуретановой огнезащитной (с целью устранения вероятности возникновения пожара) пеной, толщина слоя которой составляла 25 мм. Использование предложенного корпуса позволило снизить уровень шума на 5,8–6,6 дБА без обработки его внутренней поверхности полиуретановой пеной и на 8,5–9,9 дБА при обработке. Оснащение дробилки корпусом, обработанным ПУ пеной, позволяет снизить шумовые характеристики производственного помещения до нормативных показателей уровня шума в 80 дБА при работе на холостом ходу и 85 дБА (max) при полной загрузке.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: молотковая дробилка, дробильное отделение, вредные условия, уровень шума, шумомер, защитный звукоизолирующий кожух, нормативный уровень шума.

IMPROVEMENT OF WORKING CONDITIONS IN THE BREAKING PLANT OF THE LIVESTOCK PRODUCTION UNIT THROUGH A DECLINE IN THE LEVEL OF OCCUPATIONAL NOISE

Elena A. Vysotskaya
Andrey S. Kornev
Roman A. Druzhinin
Oleg E. Sotskov

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

During the operation of breaking plants there are various harmful production factors, one of which is an increased noise level. The authors have conducted experimental studies in an agricultural enterprise of Lipetsk Oblast in order to determine the noise level in the breaking plant. In the course of research the authors measured the level of noise created by all machines operating in the plant, i.e. hammer crusher, auger and belt conveyors, and feed mixer. The measurements were taken when the equipment was operating at idle and at full load. For this purpose the AZ8922 sound level meter was used according to the instruction manual and taking into account the requirements of GOST R ISO 9612-2013. It was found that when the equipment was fully loaded, the generated

noise was by 16.1 dBA higher than the standard equivalent noise level at workplaces (80 dBA) specified in SanPiN 2.2.4.3359-16. In order to reduce the noise characteristics in the breaking plant of the agricultural enterprise the authors have made a protective acoustic enclosure for the hammer crusher. It consisted of a frame made of 50 × 50 mm wooden slats sheathed with 19 mm thick plywood. The enclosure was mounted on the crusher with a gap (100 mm), and it also had holes for supplying electric power, material for crushing and removal of the crushed product. To achieve the greatest effect of noise reduction the inner surface of the enclosure was additionally treated with 25 mm thick fireproof polyurethane foam (in order to eliminate the likelihood of fire). The use of the proposed enclosure allowed reducing the noise level by 5.8-6.6 dBA without treating the inner surface with polyurethane foam and by 8.5-9.9 dBA with foam treatment. Equipping the crusher with an enclosure treated with PU foam allows reducing the noise characteristics of the production room to standard noise levels of 80 dBA at idling and 85 dBA (max) at full load.

KEYWORDS: hammer crusher, breaking plant, harmful conditions, noise level, sound level meter, protective acoustic enclosure, standard noise level.

Введение

В процессе производства кормовой продукции для животноводческой отрасли АПК важную роль играет измельчительное и кормосмесительное оборудование. Самой сложной и энергоемкой операцией в процессе приготовления кормов является измельчение. Для этих целей используются различного рода дробилки. В настоящее время наибольшей популярностью пользуются молотковые измельчители, которыми оснащаются свыше 60% всех дробильных отделений [1, 7, 8, 11].

В дробильных отделениях животноводческих предприятий агропромышленного комплекса процесс приготовления кормов связан со значительными рисками для здоровья обслуживающего персонала. К вредным факторам, возникающим в рассматриваемых отделениях, можно отнести повышенные уровни запыленности, шума, вибрации, не соответствие параметров микроклимата рабочих зон, а также возможность поражения электрическим током [12, 13]. Улучшение условий труда в дробильных отделениях путем снижения уровня действия таких вредных факторов, как шум и вибрация от техники, задействованной в технологической линии по производству кормов, является актуальной народнохозяйственной задачей.

В дробильном отделении любого предприятия АПК главным источником шума является молотковая дробилка. Звук, который издает дробилка, исходит как непосредственно от зоны измельчения из-за происходящего в ней ударного взаимодействия рабочих органов машины с измельчаемым материалом, так и от приводного электродвигателя [3, 6].

Помимо измельчающего устройства в цехе имеются два шнековых и один ленточный транспортеры, а также кормосмеситель. Все перечисленное оборудование в отдельности хотя и является менее шумным в сравнении с дробилкой, но в процессе комплексной работы лишь усугубляет общую шумовую ситуацию в здании дробильного отделения [5].

Также источником вредного шума в рассматриваемом помещении является система вентиляции и пылеудаления. Коммуникации вентиляционной системы располагаются под потолком, а так как они не заизолированы, то при включенном электродвигателе система приточно-вытяжной вентиляции издает звуковые волны, неблагоприятно воздействующие на организм человека и мешающие его работе.

При совокупной работе всех описанных выше технических средств происходит усиление шума [2, 10]. Длительное пребывание в данном производственном помещении вызывает неприятные болевые ощущения в органах слуха, что впоследствии может привести к возникновению хронических заболеваний, частичной или полной потере слуха [13].

Методика эксперимента

На сельскохозяйственном предприятии Липецкой области были проведены экспериментальные исследования по определению уровня шума в дробильном отделении.

В ходе исследований измеряли уровень шума, создаваемый всеми машинами, находящимися в отделении:

- непосредственно молотковой дробилкой;
- шнековыми транспортерами;
- ленточным транспортером;
- кормосмесителем.

Замеры выполняли при работе оборудования на холостом ходу и при полной загрузке, используя шумомер AZ 8922 (цифровой измеритель уровня звука – измеритель шума портативный звуковой), согласно инструкции, прилагаемой к прибору, и с учетом требований ГОСТ Р ИСО 9612-2013 [4].

В ходе замеров микрофон персонального дозиметра шума AZ 8922 располагался на уровне слухового прохода оператора, обращенного в сторону максимального шума, на расстоянии от 0,1 до 0,4 м от источника шума, на высоте $1,55 \pm 0,08$ м над уровнем поверхности, на которой стоит работник.

Прибор устанавливался таким образом, чтобы движения работника и его одежда не искажали измерения, при этом сам прибор не мешал выполнению необходимых операций.

Результаты и их обсуждение

Результаты замеров уровня шума в дробильном отделении сельскохозяйственного предприятия представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты замеров уровня шума в дробильном отделении на рабочем месте оператора

№	Источник шума	Условия проведения	Эквивалентный уровень звука, дБА
1	Молотковая дробилка	Холостой ход	89,9
		Полная загрузка	93,3
2	Шнековый транспортер	Холостой ход	79,8
		Полная загрузка	84,2
3	Ленточный транспортер	Холостой ход	71,5
		Полная загрузка	79,4
4	Кормосмеситель	Холостой ход	80,9
		Полная загрузка	83,4
5	Система вентиляции	При включенном электродвигателе	86,0
6	Комплексная работа отделения	Холостой ход	90,1
		Полная загрузка	96,1

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что при полной загрузке оборудования издаваемый шум на 16,1 дБА превышает предельно допустимый уровень звука в 80 дБА, установленный в СанПиН 2.2.4.3359-16 [14]. Превышение ПДУ наблюдается при полной загрузке почти всего применяемого оборудования.

В дробильном отделении стены выполнены из бетонных плит. Коэффициент звукопоглощения бетонной стены очень мал, поэтому она работает на отражение звуковой волны, а в связи с тем, что облицовка стен отсутствует, неизбежно образуется акустический резонанс («стоячая волна») или эхо.

В случае превышения уровня шума на рабочем месте выше 80 дБА (СанПиН 2.2.4.3359-16 [14]) работодатель должен провести оценку риска здоровью работающих и подтвердить приемлемый риск.

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

При воздействии шума в границах 80–85 дБА работодателю необходимо минимизировать возможные негативные последствия путем выполнения различных мероприятий:

- а) подбор рабочего оборудования с меньшими шумовыми характеристиками;
- б) информирование и обучение персонала таким режимам работы, при которых оборудование генерирует минимальные уровни шума;
- в) использование для защиты от шума всех необходимых технических средств (защитные экраны, кожухи, звукопоглощающие покрытия, изоляция, амортизация);
- г) ограничение продолжительности и интенсивности воздействия до уровней приемлемого риска;
- д) проведение контрольных мероприятий всех виброакустических факторов;
- е) ограничение доступа в рабочие зоны с уровнем шума более 80 дБА персонала, не связанного с основным технологическим процессом;
- ж) обязательное предоставление работающим средств индивидуальной защиты органов слуха;
- з) ежегодное проведение медицинских осмотров работающих, находящихся в зоне шумовых воздействий выше 80 дБ.

Проведение работ в условиях воздействия эквивалентного уровня шума выше 85 дБА не допускается.

В дробильном отделении исследуемого сельскохозяйственного предприятия отсутствует какое-либо ограждение места оператора, которое могло бы препятствовать распространению звука, поэтому при подходе работника непосредственно к оборудованию показатели уровня шума возрастают на 6–12% [10]. Единственным средством защиты оператора являются наушники.

Как известно, одним из источников шума при работе техники является вибрация, повышенный уровень которой также негативно сказывается на надежности работы машин [5]. Вращающиеся детали молотковой дробилки при большой загрузке в процессе работы изменяют соосность валов, что приводит к увеличению вибрации, вследствие чего уровень шума возрастает.

В ходе проведения экспериментальных исследований выполняли замеры уровня вибрации в дробильном отделении, для чего устанавливали вибродатчики у пульта управления оборудованием и в зоне технического контроля выполняемых процессов (табл. 2).

Таблица 2. Результаты замеров уровня вибрации в дробильном отделении на рабочем месте оператора

№	Источник шума	Зона расположения датчика	Условия проведения	Уровень вибрации, Lv, дБА
1	Молотковая дробилка	Пульт управления	Холостой ход	106
			Полная загрузка	121
		Технического контроля	Холостой ход	136
			Полная загрузка	152
2	Шнековый транспортер	Технического контроля	Холостой ход	97
			Полная загрузка	104
3	Ленточный транспортер	Технического контроля	Холостой ход	84
			Полная загрузка	89
4	Кормосмеситель	Пульт управления	Полная загрузка	101
		Технического контроля	Холостой ход	127
			Полная загрузка	133
5	Комплексная работа отделения	Пульт управления	Холостой ход	114
			Полная загрузка	124
		Технического контроля	Холостой ход	139
			Полная загрузка	156

В таблице 2 отсутствуют строчки с уровнем вибрации у пульта управления для транспортеров, а также показатели в рассматриваемых рабочих зонах от системы вентиляции, так как их значения незначительны. В целом можно отметить, что наибольшая вибрация исходит от молотковой дробилки. Показатели уровня вибрации от молотковой дробилки существенно превышают ПДУ в 120 дБА в зоне технического контроля: на 16 дБА – на холостом ходу и на 32 дБА – при полной загрузке. Это отражается и на значениях уровня шума при комплексной работе отделения, где превышение составило соответственно 19 и 36 дБА.

Результаты проведенных исследований по определению уровня шума и вибрации в дробильном отделении указывают на необходимость замены или модернизации молотковой дробилки в линии по производству кормов в дробильном отделении. Также в помещении необходимо провести ряд конструктивных изменений, которые позволили бы снизить действие вредных факторов на работающих в дробильном отделении.

Для борьбы с шумом могут использоваться различные способы защиты. В частности, снизить значение этого показателя можно за счет уменьшения уровня звука непосредственно у источника, подобрав соответствующий тип оборудования [15]. Недостатком данного способа являются значительные финансовые затраты на покупку нового оборудования. Снизить уровень звука от молотковой дробилки можно и менее затратным способом, таким как создание звукового барьера. Данный способ является наиболее простым и эффективным. В качестве материала для звукового барьера могут использоваться различные металлы, дерево, стекло, бетон, пластик и композиты.

С целью снижения шумовых характеристик в дробильном отделении сельскохозяйственного предприятия на молотковую дробилку был изготовлен защитный звукоизолирующий корпус, представляющий собой раму из деревянных планок 50 × 50 мм, обшитых фанерой толщиной 19 мм. Корпус устанавливался на дробилку с зазором 100 мм, также на нем были предусмотрены отверстия для подвода электроэнергии, измельчаемого материала и отвода измельченного продукта. Для достижения наибольшего эффекта звукоподавления корпус дополнительно с внутренней стороны был обработан полиуретановой огнезащитной (с целью устранения вероятности возникновения пожара) пеной, толщина слоя которой составляла 25 мм.

Данные, подтверждающие эффективность предложенного технического решения, представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты замеров уровня шума от молотковой дробилки

Расстояние от молотковой дробилки, м	Условия проведения	Исходный уровень, дБА	Корпус без обработки ПУ пеной, дБА	Корпус, обработанный ПУ пеной, дБА
1,2	Холостой ход	92,7	82,8	86,9
	Полная загрузка	98,0	89,1	91,4
4,6	Холостой ход	89,9	80,0	84,1
	Полная загрузка	93,3	84,8	87,0

Использование корпуса позволило снизить уровень шума на 5,8–6,6 дБА без обработки его внутренней поверхности полиуретановой пеной и на 8,5–9,9 дБА при обработке.

Таким образом, установка на молотковую дробилку защитного звукоизолирующего корпуса, обработанного полиуретановой пеной, позволяет снизить шумовые характеристики в производственном помещении до нормативных показателей уровня шума в 80 дБА при работе оборудования на холостом ходу и до 85 дБА (max) при полной загрузке.

Библиографический список

1. Акименко А.В. Совершенствование измельчения зерна в рабочей камере дробилки / А.В. Акименко, А.А. Сундеев, В.В. Воронин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 10. – С. 12–14.
2. Анализ и улучшение условий труда в ремонтно-механическом цехе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.refbzd.ru/viewreferat-116-6.html> (дата обращения: 12.08.2019).
3. Борщев В.Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы / В.Я. Борщев. – Тамбов : Изд-во Тамбовского государственного технического университета, 2004. – 102 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ci.kpi.ua/Books/borchev.pdf> (дата обращения: 12.08.2019).
4. ГОСТ Р ИСО 9612-2013. Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах. – Введ. 2014–12–01 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200107818> (дата обращения: 12.08.2019).
5. Коношин И.В. Обоснование эффективности применения сегментного решета в молотковых дробилках закрытого типа / И.В. Коношин, А.В. Звеков // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 6. – С. 35–38.
6. Коношин И.В. Повышение эффективности рабочего процесса молотковых дробилок закрытого типа / И.В. Коношин, А.В. Звеков // Агротехника и энергообеспечение. – 2014. – № 1 (1). – С. 165–174.
7. Коношин И.В. Повышение эффективности функционирования молотковых дробилок при измельчении зерна / И.В. Коношин, А.В. Звеков, А.В. Черепков // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2014. – № 1 (13). – С. 127–132.
8. Корнев А.С. Технические решения для снижения вибраций, возникающих в процессе работы решетчатых зерноочистительных машин / А.С. Корнев, В.И. Оробинский // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4 (51). – С. 100–105.
9. Лебедев А.Т. К вопросу оценки процесса измельчения зерновых материалов / А.Т. Лебедев, Р.Р. Искендеров, А.С. Шумский // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК : матер. XIV Международной науч.-практ. конф. в рамках XX Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал-2018» (Россия, г. Ставрополь, 11–13 2018 г.). – Ставрополь : Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2018. – С. 177–181.
10. Негативное воздействие шума на человека и защита от него [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ftemk.mpei.ac.ru/bgd/_private/Shum/Deistv_shuma_3/3_E_metod_snig_shum.htm (дата обращения: 12.08.2019).

11. Пат. 2683869 Российская Федерация, МПК В02С 13/00, В02С 18/00, В02С 9/00, В02С 23/00 (2006.01). Дробильная установка пророщенного высушенного зерна / С.В. Вендин, Ю.В. Саенко, А.Н. Макаренко, К.В. Казаков, А.А. Гетманов, М.С. Широков ; заявитель патентообладатель ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина». – № 2018117135 ; заявл. 07.05.2018 ; опубл. 02.04.2019, Бюл. № 10. – 9 с.

12. Практикум по безопасности жизнедеятельности : учеб. пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям 38.03.07 (100800.62) – «Товароведение» и 35.03.07 (110900.62) – «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» / Е.А. Андрианов, А.А. Андрианов, Е.А. Высоцкая, А.С. Корнев ; под общ. ред. проф. Е.А. Андрианова. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – 213 с.

13. Производственный шум [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vmede.org/sait/?id=Gigiena_truda_izmerov_2010&menu=Gigiena_truda_izmerov_2010&page=13 (дата обращения: 01.08.2019).

14. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. Утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 21 июня 2016 г. № 81 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420362948> (дата обращения: 12.08.2019).

15. Reduction of external noise of mobile energy facilities by using active noise control system in muffler / O.I. Polivaev, A.N. Kuznetsov, A.N. Larionov, R.G. Beliansky // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment : Proceedings of 11th International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS 2017 (Tomsk, December 04–06, 2017). – Institute of Physics IOP Publishing, 2018. – Vol. 327 (04). – No. 042082.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Елена Анатольевна Высоцкая – доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности, декан факультета технологии и товароведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, murka1979@mail.ru.

Андрей Сергеевич Корнев – кандидат технических наук, доцент кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: kornev.andr@mail.ru.

Роман Александрович Дружинин – кандидат технических наук, доцент кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: roman.druzhinin@mail.ru.

Олег Евгеньевич Соцков – магистрант кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: anders_flint@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 14.11.2019

Дата принятия к печати 17.12.2019

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Elena A. Vysotskaya, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Dept. of Technological Equipment, Processing Plants' Processes, Agricultural Engineering, Health and Safety, Dean of the Faculty of Technology and Merchandizing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: murka1979@mail.ru.

Andrey S. Kornev, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Technological Equipment, Processing Plants' Processes, Agricultural Engineering, Health and Safety, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: kornev.andr@mail.ru.

Roman A. Druzhinin, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Technological Equipment, Processing Plants' Processes, Agricultural Engineering, Health and Safety, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: roman.druzhinin@mail.ru.

Oleg E. Sotskov, Master's Degree Student, the Dept. of Technological Equipment, Processing Plants' Processes, Agricultural Engineering, Health and Safety, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: anders_flint@mail.ru.

Received November 14, 2019

Accepted after revision December 17, 2019