4.3.1. ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья
УДК 614.8.086.3:631.36
DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_3_33 EDN: VIBOCJ

Оценка запыленности воздуха в процессе послеуборочной обработки на действующем сельскохозяйственном предприятии

Владимир Иванович Оробинский[1], Андрей Сергеевич Корнев[2]✉, Павел Александрович Скуридин[3]

[1, 2, 3] Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия
[2] kornev.andr@mail.ru✉

***Аннотация*.** Процесс очистки зернового вороха сопровождается целым рядом вредных факторов, действующих на персонал, при этом одним из наиболее опасных является запыленность воздуха рабочей зоны, что негативно влияет не только на оператора зерноочистительной машины, но и наносит экологический вред. Для оценки процесса пылеобразования при послеуборочной обработке провели исследования на маслоэкстракционных заводах Воронежской и соседних областей с целью определения масштабов проблемы. Экспериментальная часть выполнялась при сепарации вороха озимого ячменя кондиционной влажности, поступающего после комбайна непосредственно на ЗАВ. Загрузка зерноочистительной линии составляла 25 т/ч. Замер запыленности осуществлялся при помощи портативного тестера запыленности воздуха НТ-9600 по стандартной методике. Измерения производили на рабочем месте оператора, а далее по точкам контроля: 1 – зона настройки и контроля работы машины БИС-100; 2 – зона настройки и контроля работы машины МПО-50; 3 – зона настройки и контроля норий и циклона. Контролируемые размеры пылевых частиц – PM2,5 и PM10. Результаты замеров по показателю PM2,5 выявили, что только две точки замеров соответствовали ПДК «максимальная разовая», а именно рабочее место оператора и точка контроля № 2. Замеры по показателю PM10 превышали ПДК на всех точках замера, включая место оператора, где превышение составило 0,55 мг/м^3. Худшие результаты по запыленности воздуха были определены в зоне настройки и контроля норий и циклона, при этом максимальное разовое превышение ПДК достигало соответственно 0,2 и 16,2 мг/м^3 для PM2,5 и PM10. Бороться с пылью на этапе послеуборочной обработки можно путем использования более совершенных обеспыливающих устройств, герметизации основных применяемых механизмов, укомплектования рабочего места оператора мониторами, а зон контроля работы агрегатов – видеокамерами, что позволит сократить количество выходов оператора в зону действия вредных факторов или даже полностью исключить необходимость таких выходов.

***Ключевые слова*:** пыль, пылевые частицы, зернохранилища, запыленность, взрывоопасность, очистка, зерноочистительные машины

***Для цитирования*:** Оробинский В.И., Корнев А.С., Скуридин П.А. Оценка запыленности воздуха в процессе послеуборочной обработки на действующем сельскохозяйственном предприятии // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 18, № 3(86). С. 33–37. https//:doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_3_33–37.

4.3.1. TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT FOR
AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

Air dust measurement during post-harvest processing at an operating agricultural enterprise

Vladimir I. Orobinsky[1], Andrey S. Kornev[2]✉, Pavel A. Skuridin[3]

[1, 2, 3] Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia
[2] kornev.andr@mail.ru✉

***Abstract*.** When cleaning a grain pile, specialists face a number of harmful factors affecting personnel, while one of the most harmful is the dustiness of the air in the working area, which negatively affects not only the operator of the grain cleaning machine, but also causes environmental damage. To assess the dust formation process during post-harvest processing, studies were conducted at oil extraction plants in Voronezh and neighboring Oblasts in order to determine the scale of the problem. The experimental part was performed during the separation of a pile of winter barley with conditioned humidity, which was supplied directly to the plant after the combine. The loading

of the grain cleaning line was 25 t/h. The dust content was measured using a portable HT-9600 air dust tester according to a standard procedure. Measurements were made at the operator's position, and then at the following control points: 1 – zone of setting up and monitoring the operation of the BIS-100 machine; 2 – zone of setting up and monitoring the operation of the MPO-50 machine; 3 – zone of setting up and monitoring bucket elevators and cyclone. The controlled sizes of particulate matters (PM) are 2.5 and 10. The results of measurements in terms of PM2.5 revealed that only two control points correspond to the highest non-recurrent MAC (in the working zone), namely the operator's position and control point No. 2. The results of measurements in terms of PM10 exceed the highest non-recurrent MAC (in the working zone) at all control points, including the operator's location, where the excess was 0.55 mg/m^3. The worst results in terms of air dust were determined in the area of setting and monitoring bucket elevators, with the highest non-recurrent MAC exceeding 0.2 and 16.2 mg/m^3, respectively, for PM2.5 and PM10. It is possible to control dust content during post-harvest processing by using more advanced dust removal devices, sealing the main mechanisms used, equipping the operator's workplace with monitors, and monitoring areas of the units with video cameras, which will reduce the number of operator exits into the zone of harmful factors or even completely eliminate the need for such exits.

***Key words*:** dust, particulate matters (PM), grain storage facilities, dustiness, explosion hazard, cleaning, grain cleaning machines

***For citation*:** Orobinsky V.I., Kornev A.S., Skuridin P.A. Air dust measurement during post-harvest processing at an operating agricultural enterprise. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2025;18(3):33-37. (In Russ.). https//:doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_3_33-37.

Введение

Сельскохозяйственное производство в настоящее время, ввиду сложившихся геополитических вызовов, находится под пристальным вниманием государства, так как агропромышленный комплекс обеспечивает продовольственную независимость страны. В связи с этим рост количественных и качественных показателей животноводческой и растениеводческой отраслей входит в круг приоритетных, для реализации которых требуется совершенствование технической оснащенности как крупных агрохолдингов, так и небольших хозяйств [7].

Решая поставленную задачу, предприятия обновляют и оптимизируют оборудование, научно-исследовательские институты, университеты и конструкторские бюро заняты созданием новой высокопроизводительной техники, отвечающей основным запросам производства. При этом, обеспечивая рост эффективности, нужно не забывать и о человеческом ресурсе. Так, в угоду производительности пренебрегают показателями вредности и экологичности производства, что отрицательно сказывается не только на персонале, непосредственно занятом в технологических процессах, но и на жителях близлежащих территорий.

Рассматривая растениеводство как отрасль сельского хозяйства, которая реализует один из самых важных процессов технологической линии производства зерна, а именно послеуборочную обработку, следует отметить, что процесс очистки зернового вороха характеризуется целым рядом вредных факторов, оказывающих существенное негативное воздействие на персонал, к числу которых в первую очередь относят шум, вибрацию, запыленность воздуха рабочей зоны и др. [1, 2, 3]. При недостаточно эффективных мерах, принимаемых с целью устранения запыленности воздуха, вред наносится не только здоровью оператора зерноочистительной машины, но и окружающей среде. Поэтому при разработке образцов новой техники и совершенствовании существующих, необходимо уделять внимание нейтрализации или доведению пиковых показателей возникающих вредных факторов до нормативных значений [8, 10].

Исследования, проведенные на маслоэкстракционных заводах Воронежской и соседних областей, показали актуальность проблемы пылеобразования в сельскохозяйственной отрасли, для решения которой используются различное противопыльное оборудование [9]. Но если мы говорим о производстве растительных масел, то их производители, во-первых, находятся под пристальным контролем надзорных органов, а во-вторых, сами заинтересованы в обеспечении обеспыливания производства и минимизации выбросов в атмосферу ввиду высокой степени взрывоопасности пыли. Хуже

обстоят дела на большинстве растениеводческих предприятий, в особенности малых, при реализации послеуборочной обработки в зерноочистительных агрегатах и на токах. В погоне за получением максимальной финансовой выгоды производители пренебрегают не только человеческим ресурсом, но и простыми нормами безопасности. Большинство мелких фермеров вообще не используют обеспыливающее оборудование, а там где оно есть, за ним либо не следят, либо несвоевременно обслуживают, либо используют оборудование, не соответствующее по уровню производительности [4, 5, 6].

Материалы и методы

Для оценки запыленности воздуха в процессе послеуборочной обработки зерна проведены экспериментальные исследования на действующих сельскохозяйственных предприятиях. Исследования проводились при сепарации вороха озимого ячменя кондиционной влажности, поступающего после комбайна непосредственно на ЗАВ.

Загрузка зерноочистительной линии составляла 25 т/ч.

Замер запыленности осуществлялся при помощи портативного тестера запыленности воздуха HT-9600 по стандартной методике.

Влажность воздуха составляла 48,8%, температура – 28,9 °С.

Измерения производили на рабочем месте оператора, а далее по точкам контроля:

1 – зона настройки и контроля работы машины БИС-100;

2 – зона настройки и контроля работы машины МПО-50;

3 – зона настройки и контроля норий и циклона.

Оценка результатов производилась на основе САНПИН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Определяли концентрацию в воздушной среде частиц пыли с размерами не более 2,5 и 10 мкм. При вдыхании загрязненного воздуха частицы PM10 и PM2,5 проникают в верхние дыхательные пути и легкие, что вызывает повреждение легочной ткани, респираторные заболевания.

Результаты и их обсуждение

В ходе проведения экспериментов определяли концентрацию в воздушной среде частиц пыли с размерами не более 2,5 и 10 мкм.

PM2,5 и PM10 – это общепринятое обозначение мелкодисперсных взвешенных частиц, что означает дисперсность пыли соответственно 2,5 мкм и меньше и 10 мкм и меньше (см. табл.). При этом концентрация мелкодисперсных частиц PM2,5 является одним из ключевых показателей качества воздуха, поскольку такой размер пыли позволяет ей проникать в глубокие области легких, что провоцирует возникновение серьезных проблем со здоровьем, включая легочные заболевания, астму, болезни сердца и даже онкологию. Зерновая пыль размера PM10 включает в свой состав споры грибов и пыльцу растений, что добавляет к вышеперечисленному перечню еще и аллергические реакции.

Результаты замеров запыленности воздуха при послеуборочной обработке зерна

Показатель	Размер частиц	Запыленность, мг/м³				ПДК по САНПИН 1.2.3685-21, мг/м³	
		на рабочем месте оператора	по точкам контроля				
			1	2	3	максимальная разовая	средне-суточная
Зерновая пыль	PM2,5	0,042	0,561	0,245	0,709	0,5	0,15
	PM10	1,054	13,992	6,572	16,796		

Что касается размера частиц PM2,5, то только две точки замеров соответствуют ПДК «максимальная разовая» (при воздействии до 20–30 мин.): это рабочее место оператора и точка контроля № 2. Учитывая, что на рабочем месте оператор находится большую часть рабочего времени, а выход к точкам для контроля и регулирования носит

временный характер, то условия труда с точки зрения воздействия такого вредного фактора, как пыль размером PM2,5, можно отнести к допустимым, но количество пыли с дисперсным составом PM10 превышает ПДК на 0,55 мг/м^3, что говорит об обратном. В точке № 2, то есть в зоне настройки и контроля работы машины МПО-50, показатели запыленности по PM2,5 не превышают ПДК, но по PM10 они выше на 6 мг/м^3. Относительно сопоставимые по концентрации пыли значения данной точки контроля с рабочим местом оператора можно объяснить конструкцией машины МПО-50, а именно более плотным закрытием корпуса агрегатов, препятствующего выходу пыли из машины.

Худшие результаты по запыленности воздуха были определены в зоне настройки и контроля норий и циклона, что обусловлено наличием открытых участков, свободного падения зерновой массы с нории в бункеры зерноочистительных машин. При этом превышение ПДК отмечено по максимальной разовой для PM2,5 и PM10 соответственно на 0,2 и 16,2 мг/м^3. Такие показатели концентрации пыли не допустимы для осуществления персоналом любых трудовых функций без применения средств индивидуальной защиты.

Сократить попадание зерновой пыли в воздух рабочей зоны и в атмосферу в процессе послеуборочной обработки зерна можно за счет:

- обновления оборудования технологической линии;
- использования более совершенных обеспыливающих устройств;
- герметизации основных механизмов;
- укомплектования рабочего места оператора мониторами, а зон контроля работы агрегатов – видеокамерами, что позволит снизить или даже исключить выход оператора в зону действия вредных факторов;
- применения дополнительных фильтрующих устройств на проблемных участках, внедряя их в основную аспирационную систему зерноочистительного комплекса в качестве вспомогательных элементов пылеудаления.

Реализация совокупного использования представленных выше способов снижения концентрации зерновой пыли в воздухе в процессе послеуборочной обработки зерна позволит не только обеспечить нормативные условия труда работников предприятия и снизить экологическую нагрузку на атмосферу, но и обеспечит устранение риска возникновения взрывопожароопасных ситуаций.

Список источников

1. Азаров В.Н., Ребров В.А., Козловцева Е.Ю. и др. О совершенствовании алгоритма компьютерной программы анализа дисперсного состава пыли в воздушной среде // Инженерный вестник Дона. Сетевое издание. 2018. № 2(49). С. 92.

2. Азаров В.Н., Тертишников И.В., Калюжина Е.А. и др. Об оценке концентрации мелкодисперсной пыли (PM10 и PM2,5) в воздушной среде // Вестник Волгоградского архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2011. № 25(44). С. 402–406.

3. Белова Т.И., Шкрабак В.С., Агашков Е.М. Алгоритм лабораторного исследования эффективности вытяжных устройств системы пылеудаления // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 39. С. 324–329.

4. Белова Т.И., Шкрабак В.С., Агашков Е.М. и др. Исследование запыленности воздуха при приемке подсолнечного шрота // Аграрный научный журнал. 2023. № 1. С. 117–123. DOI: 10.28983/asj.y2023i1pp117-123.

5. Белова Т.И., Агашков Е.М., Камовский С.Н. Современные способы дисперсного анализа пыли при производстве комбикормов // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 2(102). С. 72–77.

6. Кибирев Л.К. Очистка и сортирование зерна: ключевые аспекты в производстве качественного сельскохозяйственного сырья // Инновационные подходы и технологии в агроинженерии: сборник тезисов факультета инженерных технологий (Екатеринбург, 12–14 июня 2024 г.). Екатеринбург: Издательство Уральского государственного аграрного университета, 2024. С. 68–69.

7. Кузнецова Ю.В., Михеева Я.Э. Значение современных технологий в сельскохозяйственной науке // Научные исследования и разработки в эпоху глобализации: сборник статей международной научно-практической конференции (Пермь, 25 ноября 2016 г.. В 7 ч. Пермь: АЭТЕРНА, 2016. Ч. 7. С. 84–86.

8. Новикова Т.А., Алешина Ю.А., Данилов А.Н. и др. Современное состояние условий труда и оценка профессионального риска здоровью работников мукомольного производства // Анализ риска здоровью. 2019. № 1. С. 50–57. DOI: 10.21668/health.risk/2019.1.0.

9. Оробинский В.И., Корнев А.С., Тертерашвили Д.Г. и др. Оценка выбросов вредных веществ от предприятий агропромышленного комплекса на примере маслоэкстракционных заводов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 1(76). С. 61–68. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_1_61.

10. Пат. на полезную модель 212706 Рос. Федерация. Устройство для очистки воздуха от зерновой пыли / А.С. Корнев, В.И. Оробинский, Д.Г. Тертерашвили. № 2022114777: заявл. 01.06.2022: опубл. 03.08.2022; Бюл. № 22. 4 с.

References

1. Azarov V.N., Rebrov V.A., Kozlovtseva E.Yu. et al. On the improvement of the algorithm of the computer program for analyzing the dispersion of dust in the air. *Engineering Journal of Don*. 2018;2(49):92. (In Russ.).

2. Azarov V.N., Tertishnikov I.V., Kalyuzhina Ye.A. et al. About concentration estimation of fine dust (PM10 and PM2.5) in the air. *Vestnik Volgogradskogo Gosudarstvennogo Arhitekturno-Stroitelnogo Universiteta. Seriya : Stroitelstvo i Arhitektura*. 2011;25(44)402-406. (In Russ.).

3. Belova T.I., Shkrabak V.S., Agashkov E.M. The algorithm of laboratory research on the effectivenes of exhaust devices for extraction. *Izvestiya Saint Petersburg State Agrarian Uiversity*. 2015;39:324-329. (In Russ.).

4. Belova T.I., Shkrabak V.S., Agashkov E.M. et al. Study of air dust content during acceptance of sunflower meal. *Agrarian Scientific Journal*. 2023;1:117-123. DOI: 10.28983/asj.y2023i1pp117-123. (In Russ.).

5. Belova T.I., Agashkov E.M., Kamovskiy S.N. Modern methods of disperse dust analysis in mixed fodder production. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2024;2(102):72-77. (In Russ.).

6. Kibirev L.K. Grain cleaning and sorting: key aspects in the production of high-quality agricultural raw materials. In: Innovative approaches and technologies in agroengineering: collection of abstracts of the Faculty of Engineering Technologies (Yekaterinburg, June 12-14, 2024). Yekaterinburg: Publishing House of the Ural State Agrarian University, 2024:68-69. (In Russ.).

7. Kuznetsova Yu.V., Mikheeva Ya.E. The importance of modern technologies in agricultural science. Scientific research and development in the era of globalization: Proceeding of the International Research-to-Practice Conference (Perm, November 25, 2016); in 7 parts. Perm: AETERNA Publishers; 2016;7:84-86. (In Russ.).

8. Novikova T.A., Aleshina Yu.A., Danilov A.N. et al. Contemporary working conditions and assessment of occupational health risk for workers employed at flour-grinding productions // *Health Risk Analysis*. 2019;1:50-57. (In Russ.).

9. Orobinsky V.I., Kornev A.S., Terterashvili D.G. et al. Assessment of emissions of harmful substances into the atmosphere from agro-industrial enterprises in a specific context of oil extraction plants. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16:1(76):61-68. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_1_61. (In Russ.).

10. Patent for Utility Model 212706 Russian Federation. Device for air purification from grain dust. A.S. Kornev, V.I. Orobinsky, D.G. Terterashvili. No. 2022114777: claimed 01.06.2022; published 03.08.2022, Bulletin No. 22. 4 p. (In Russ.).

Инфомация об авторах

В.И. Оробинский – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, декан агроинженерного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», main@agroeng.vsau.ru.

А.С. Корнев – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой механизации животноводства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», kornev.andr@mail.ru.

П.А. Скуридин – аспирант кафедры механизации животноводства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», gad45789r@gmail.com.

Information about the authors

V.I. Orobinsky, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Dean of the Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, main@agroeng.vsau.ru.

A.S. Kornev, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Livestock Production Engineering and Health & Wellness, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, kornev.andr@mail.ru.

P.A. Skuridin, Postgraduate Student, the Dept. of Livestock Production Engineering and Health & Wellness, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, gad45789r@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 23.06.2025; одобрена после рецензирования 26.07.2025; принята к публикации 28.07.2025.

The article was submitted 23.06.2025; approved after reviewing 26.07.2025; accepted for publication 28.07.2025.