Оригинальное исследование
DOI: https://doi.org/10.17816/0321-4443-630213 EDN: FJBJIQ

Обеспечение экологических требований при разработке клеверотёрки-сепаратора

М.В. Симонов[1], А.И. Бурков[2], В.Ю. Мокиев[2]

[1] Вятский государственный университет, Киров, Россия;
[2] Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, Киров, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В работе рассмотрены вопросы экологических требований при разработке клеверотёрки-сепаратора КС-1,0 производительностью 1,0...1,3 т/ч. Клеверотёрка-сепаратор КС-1,0 обеспечивает не только высокую производительность, но и удовлетворяет экологическим стандартам. Чтобы гарантировать полную очистку отработанного воздуха, была разработана трёхступенчатая система очистки. Она включает в себя ротационный поперечно-поточный пылеуловитель, циклон и тканевый фильтр. Такая система обеспечивает эффективное удаление пыли и загрязняющих веществ из воздуха, что имеет большое значение для обеспечения экологической безопасности. Важно отметить, что при работе клеверотёрки-сепаратора в закрытом помещении уровень запылённости воздуха в рабочей зоне составляет всего 6,8 мг/м^3. Это значительно ниже предельно допустимого уровня и гарантирует безопасные условия для персонала. Кроме того, при удалении отработанного воздуха за пределы помещения, экологическая безопасность достигается даже без использования тканевого фильтра. Концентрация запылённости воздуха не превышает 15 г/м^3, что также соответствует установленным нормам. Таким образом, клеверотёрка-сепаратор КС-1,0 не только обеспечивает высокую производительность в процессе обработки, но и обеспечивает экологическую безопасность, благодаря применению всасывающего воздушного потока и трёхступенчатой системы очистки, эта машина минимизирует выбросы вредных веществ и обеспечивает безопасные условия для персонала и окружающей среды.

Цель работы — провести исследования и проанализировать соответствия клеверотёрки-сепаратора КС-1,0 экологическим требованиям.

Методы. При исследовании проводились испытания опытного образца клеверотёрки-сепаратора КС-1,0 в закрытом помещении при вытирании семян клевера сорта Дымковский и определение эффективности работы всех пылеулавливающих устройств при различной подаче q материала по известным ранее методикам.

Результаты. Экологическая безопасность и санитарно-гигиенические условия обслуживающему персоналу обеспечиваются за счёт применения всасывающего воздушного потока в пневмосепарирующем канале и осадочной камере.

Заключение. Установлено, что при работе машины в закрытом помещении запылённость воздуха в рабочей зоне составляет 6,8 мг/м^3. При удалении отработанного воздуха за пределы помещения экологическая безопасность достигается без тканевого фильтра (концентрация запыленности воздуха не превышает 15 г/м^3).

Ключевые слова: клеверотёрка-сепаратор; тканевый фильтр; запылённость; циклон.

Как цитировать:
Симонов М.В., Бурков А.И., Мокиев В.Ю. Обеспечение экологических требований при разработке клеверотёрки-сепаратора // Тракторы и сельхозмашины. 2025. Т. 92, № 1. С. 74–80. DOI: 10.17816/0321-4443-630213 EDN: FJBJIQ

Рукопись получена: 10.04.2024 **Рукопись одобрена:** 09.02.2025 **Опубликована online:** 08.03.2025

Статья доступна по лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2025

Original Study Article
DOI: https://doi.org/10.17816/0321-4443-630213 EDN: FJBJIQ

Meeting the ecological requirements at the development of a clover thresher-separator

Maksim V. Simonov[1], Alexander I. Burkov[2], Valentin Yu. Mokiev[2]

[1] Vyatka State University, Kirov, Russia;
[2] Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The paper considers the issues of environmental requirements in the development of the KS-1.0 clover thresher-separator with a capacity of 1.0...1.3 t/h. The KC-1.0 clover thresher-separator ensures not only high performance, but also meets environmental standards. In order to guarantee complete purification of the used air, a three-stage purification system has been developed. It includes a rotary cross-flow dust collector, a cyclone and a fabric filter. This system ensures the effective removal of dust and pollutants from the air, which is of great importance for ensuring environmental safety. It is important to note that when the clover thresher-separator operates indoors, the dust level of the air in the working area is only 6.8 mg/m^3. This is well below the maximum permissible level and guarantees a safe environment for staff. In addition, when the used air is removed outside the room, environmental safety is achieved even without the use of a fabric filter. The dust content in the air does not exceed 15 g/m^3, which also complies with the established standards. Thus, the KS-1.0 clover thresher-separator ensures high productivity during processing as well as environmental safety. Given the use of a suction air flow and the three-stage cleaning system, this machine minimizes emissions of harmful substances and ensures safe conditions for personnel and the environment.

AIM: Research and analysis of the compliance of the KS-1.0 clover thresher-separator with the environmental requirements.

METHODS: During the research, a prototype of the KS-1.0 clover thresher-separator was tested indoors when operating the Dymkovsky variety clover seeds, and the efficiency of all dust collecting devices with various material supply *q* was defined according to the well-known methods.

RESULTS: Environmental safety and sanitary and hygienic conditions for service personnel are ensured through the use of a suction air flow in a pneumatic separation channel and a sedimentation chamber.

CONCLUSION: It was found that when the machine is operating indoors, the dust content of the air in the working area is 6.8 mg/m^3. When removing the used air outside the room, environmental safety is achieved without a fabric filter (the dust content in the air does not exceed 15 g/m^3).

Keywords: clover thresher-separator; fabric filter; dust content; cyclone.

To cite this article:
Simonov MV, Burkov AI, Mokiev VYu. Meeting the ecological requirements at the development of a clover thresher-separator. *Tractors and Agricultural Machinery.* 2025;92(1):74–80. DOI: 10.17816/0321-4443-630213 EDN: FJBJIQ

Received: 10.04.2024 **Accepted:** 09.02.2025 **Published online:** 08.03.2025

moscow polytech
The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International license
© Eco-Vector, 2025
ECO•VECTOR

ВВЕДЕНИЕ

Производство семян многолетних злаковых и бобовых трав играет важную роль в системе кормопроизводства. Однако сельское хозяйство обеспечивает только 70% ежегодной потребности в семенах кормовых трав. Бобовые травы, такие как клевер, люцерна и лядвенец рогатый, также играют важную роль в повышении плодородия почвы, обеспечивая биологический азот и органическое вещество. Одной из проблем при уборке семян бобовых трав является сложность их отделения от растений с помощью молотильного аппарата комбайна [1, 2].

При работе комбайнов без специальных тёрочных приспособлений содержание невытёртых семян может достигать 20–65%, а дроблёных — 50–60%. Это зависит от погодных условий, физико-механических свойств растений, технологии уборки и последующей обработки [3]. В настоящее время широко применяется прямое комбайнирование с получением пыжины, которая затем обрабатывается на стационарных пунктах [4]. Такой подход позволяет снизить потери семян в два-пять раз и уменьшить их дробление на 20–30%. Технология обработки семян трав на стационарном пункте включает три основных этапа: сушку вороха, вытирание семян на специальных тёрочных устройствах и их очистку. В промышленном семеноводстве для вытирания семян трав применяются клеверотёрки, такие как К-310А и К-0,5. Клеверотёрка К-310А предназначена только для вытирания семян клевера и имеет производительность до 0,75 тонн в час. Её установленная мощность составляет 7,5 кВт. Клеверотёрка К-0,5, помимо вытирания, также осуществляет очистку вытёртых семян от лёгких примесей. Она имеет производительность 0,59–0,67 тонн в час при вытирании семян клевера, степень вытирания до 98% и дробление семян не более 2,5%. Установленная мощность этой модели составляет 9,0 кВт [3, 5, 6].

Однако следует отметить, что клеверотёрка К-0,5 не имеет устройства для очистки отработанного воздуха, что может нарушать экологическую безопасность при автономной работе и делает невозможным её использование в закрытых помещениях [7].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Отличительной особенностью клеверотёрки-сепаратора КС-1,0 является наличие пылеуловительной системы, поэтому необходимо проверить её качество работы.

МЕТОДЫ

В ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока была разработана новая машина для сельскохозяйственной обработки семян — клеверотёрка-сепаратор КС-1,0. Эта машина имеет производительность от 1,0 до 1,3 тонн в час и выполняет три важные операции: вытирание семян, обработку вытёртой пыжины воздухом и очистку отработанного воздуха от лёгких примесей и пыли [8].

Клеверотёрка-сепаратор КС-1,0 состоит из нескольких ключевых компонентов, которые обеспечивают его эффективную работу (рис. 1). Во-первых, есть тёрочное устройство, которое осуществляет первичную обработку семян. Оно состоит из бильного барабана диаметром 0,6 м и 12 бичей с V-образными лопатками. Эти лопатки выполняют две функции: они служат и лопатками диаметрального вентилятора, и лопатками ротационного пылеуловителя. Кроме того, в клеверотёрке-сепараторе присутствует пневмосепаратор, который дополнительно обрабатывает вытертую пыжину воздухом, удаляя из неё лёгкие примеси и пыль. Это способствует повышению экологической безопасности процесса и улучшает качество конечной продукции. Для обеспечения безопасной работы и защиты окружающей среды, клеверотёрка-сепаратор оснащена ротационным поперечно-поточным пылеуловителем. Он эффективно улавливает пыль и другие мелкие примеси, предотвращая их попадание в окружающую среду. Это позволяет улучшить условия работы оператора и снизить вредные выбросы в атмосферу. Клеверотёрка-сепаратор КС-1,0 имеет также устройства для загрузки исходного материала и выгрузки очищенных семян и отходов. Это позволяет автоматизировать процесс работы и повысить его производительность. Важным компонентом клеверотёрки-сепаратора являются механизмы привода и электрооборудование, которые обеспечивают надёжную и эффективную работу всей системы.

Процесс работы этого устройства включает несколько этапов. Сначала обрабатываемый материал загружается в приёмный бункер, который может быть заполнен вручную или с помощью специального механизма. Затем, при открытии заслонки, материал скатывается по наклонному дну бункера и попадает в норию. Оттуда он поднимается вверх и поступает на питающий барабан, который передает его в тёрочное устройство. Когда бильный барабан начинает вращаться, материал протаскивается по тёрочной поверхности, где происходит его вытирание. Затем материал выбрасывается в приёмную камеру. Далее он подаётся в пневмосепарирующий канал с помощью питающего валика. В этом канале материал очищается от мелких, щуплых, дроблёных семян, а также лёгких примесей и пыли с помощью воздушного потока, создаваемого специальными лопатками. Тяжелая фракция материала падает вниз и направляется в выход I через переключатель потока. Лёгкие примеси, пыль, мелкие, щуплые, дроблёные семена поднимаются вверх и направляются в осадочную камеру с помощью ротационного поперечно-поточного пылеуловителя. Затем они выводятся из машины через шлюзовой затвор и переключатель потока в выход II. Часть лёгких примесей и пыли, вместе с отработанным воздухом, попадает в ротационный поперечно-поточный пылеуловитель

и выводится в выходной патрубок, откуда они направляются через воздухопровод в циклон, где происходит их эффективное улавливание. Очищенный воздух, содержащий незначительное количество пыли, проходит через электровентилятор и направляется в тканевый фильтр для окончательной очистки. После этого воздух удаляется из помещения. Уловленная пыль и лёгкие примеси выводятся из циклона и тканевого фильтра через выходы III и IV соответственно.

Таким образом, клеверотёрка-сепаратор КС-1,0, разработанная в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, представляет собой модернизированную машину, объединяющую несколько технологических операций и обеспечивающую высокую производительность, качество и экологическую безопасность. Это значительно упрощает процесс обработки семян и способствует повышению эффективности сельскохозяйственного производства.

Пневмосепаратор — это устройство, которое используется для очистки воздуха от пыли и других лёгких частиц. Он состоит из нескольких основных компонентов, включая: приёмную камеру, питающий валик, пневмосепарирующий канал и осадочную камеру. В системе присутствует ротационный поперечно-поточный пылеуловитель, который состоит из тёрочного барабана, его поверхности, корпуса и выходного патрубка вентилятора. Для эффективной очистки отработанного воздуха в закрытых помещениях в систему включён циклон с электровентилятором и тканевым фильтром. Циклон отделяет более крупные частицы, а фильтр задерживает более мелкую пыль. Это позволяет значительно улучшить качество воздуха в помещении. Исследования клеверотёрки-сепаратора проводились на экспериментальном образце машины, которая имела натуральные размеры всех компонентов и рабочих органов. Ширина тёрочного устройства составляла 0,22 м, а пневмосепаратора — 0,25 м.

Для проверки эффективности работы пылеулавливающих устройств использовался метод определения эффекта очистки отработанного воздуха. Этот эффект выражается в отношении массы уловленных лёгких частиц к общей массе всех лёгких частиц, выделенных в пневмосепарирующем канале, и измеряется в процентах.

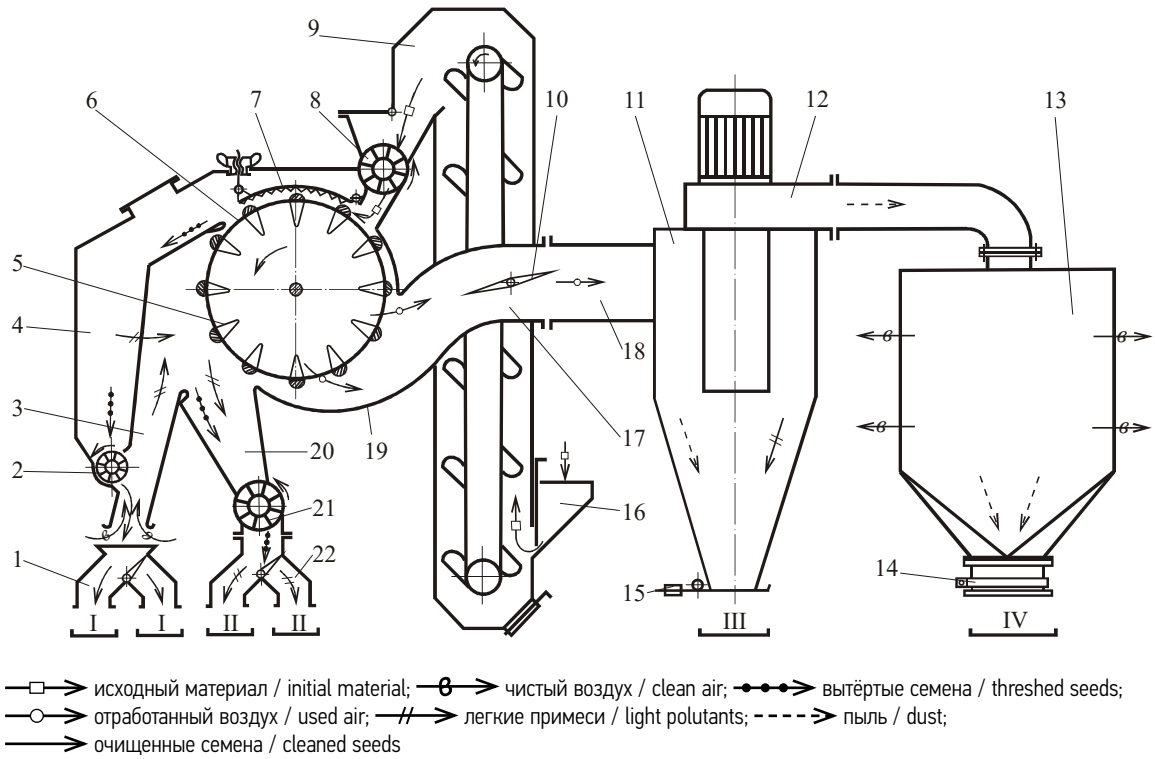

Рис. 1. Технологическая схема клеверотёрки-сепаратора КС-1,0: *1, 22* — переключатели потока; *2* — питающий валик; *3* — пневмосепарирующий канал; *4* — приёмная камера; *5* — V-образная лопатка барабана; *6* — бильный барабан; *7* — тёрочная поверхность; *8* — питающий барабан; *9* — нория; *10* — дроссельная заслонка; *11* — циклон; *12* — электровентилятор; *13* — тканевый фильтр; *14* — мешкодержатель; *15* — клапан; *16* — загрузочный бункер; *17* — выходной патрубок; *18* — воздухопровод; *19* — корпус вентилятора; *20* — осадочная камера; *21* — шлюзовый затвор; I, II — выходы очищенных семян и второго сорта; III, IV — выходы легких примесей и пыли.

Fig. 1. Technological diagram of the KS-1.0 clover thresher-separator: *1, 22* — flow switches; *2* — a feeding roller; *3* — a pneumatic separating channel; *4* — a suction chamber; *5* — a V-shaped drum vane; *6* — a beater drum; *7* — a threshing surface; *8* — a feeding drum; *9* — a bucket elevator; *10* — a throttle; *11* — a cyclone; *12* — an electric fan; *13* — a fabric filter; *14* — a bag holder; *15* — a valve; *16* — a loading hopper; *17* — an outlet; *18* — an air supply pipe; *19* — a fan body; *20* — a sediment chamber; *21* — a sluice valve; I, II —outlets for cleaned seeds and second-quality seeds; III, IV — outlets for light pollutants and dust.

Эффект очистки воздуха ротационным поперечно-поточным пылеуловителем, циклоном и тканевым фильтром определяли по формулам [9–11]:

$$Э_Р = \frac{m_Р}{m_Р + m_Ц + m_{ТФ}} \cdot 100,\%; \quad (1)$$

$$Э_Ц = \frac{m_Ц}{m_Р + m_Ц + m_{ТФ}} \cdot 100,\%; \quad (2)$$

$$Э_{ТФ} = \frac{m_Ц}{m_Р + m_Ц + m_{ТФ}} \cdot 100,\%, \quad (3)$$

где $m_Р, m_Ц, m_{ТФ}$ — масса уловленных лёгких частиц соответственно в ротационном пылеуловителе, циклоне, тканевом фильтре.

Таким образом, можно оценить эффективность работы пневмосепаратора и его способность улавливать пыль. В эксперименте использовался опытный образец клеверотёрки-сепаратора КС-1,0, который тестировался при вытирании семян клевера красного сорта Дымковский.

Результаты показали, что пневмосепаратор успешно улавливает пыль и другие лёгкие частицы, что подтверждается высоким процентом эффекта очистки отработанного воздуха. Таким образом, пневмосепараторы являются эффективными устройствами для очистки воздуха, особенно в закрытых помещениях. Они способны значительно улучшить качество воздуха, улавливая пыль и другие лёгкие частицы. Это особенно важно для обеспечения здоровья и комфорта людей, работающих или проживающих в таких помещениях.

При этом пропуск пыли тканевым фильтром не превышал 1,0%.

РЕЗУЛЬТАТЫ

После того, как были определены оптимальные параметры бильного барабана, включающие число лопаток ($Z_Л$ = 12), длину лопаток ($l_Л$ = 0,13 м) и угол установки лопаток на наружном диаметре (β_2 = 102,5°), а также параметры пневмосепарирующего канала, включающие глубину канала (h_K = 0,2 м), угол наклона канала от вертикали (K = 30°) и частоту вращения питающего валика диаметром 0,1 м (n = 210 мин-1), были сняты аэродинамические характеристики ротационного поперечно-поточного пылеуловителя и циклона с встроенным центробежным вентилятором (рис. 2).

Ротационный поперечно-поточный пылеуловитель, который функционирует как диаметральный вентилятор, имеет некоторые особенные характеристики. При частоте вращения бильного барабана равной 1300 оборотов в минуту, он достигает максимального расхода воздуха на холостом ходу, равного 0,38 м^3/с при полном давлении 60 Па. Это соответствует скорости воздуха в пневмосепарирующем канале, равной 7,5 м/с. Форма характеристики полного давления $P_{Vкл}$ в зависимости от расхода Q имеет монотонно убывающий характер. Максимальное полное давление P_{Vmax}, которое достигается при Q = 0, составляет 105 Па. Центробежный вентилятор циклона, который используется вместе с пылеуловителем, имеет внешний диаметр колеса 0,21 м и 32 загнутые вперед цилиндрические лопатки. При частоте вращения колеса 3000 оборотов в минуту и работе на всасывающей и нагнетательной ветвях сети, вентилятор развивает расход воздуха $Q_Ц$, равный 0,23 м^3/с при полном давлении $P_{VЦ}$, равном 130 Па. Наибольшее полное давление $P_{VЦ}$, которое достигается при Q = 0, составляет 980 Па.

Характеристика полного давления $P_{VЦ}$ в зависимости от расхода Q является крутопадающей и не имеет перегибов. Аэродинамическая характеристика всей установки, включающей ротационный пылеуловитель и вентилятор циклона, получена путём суммирования полных давлений $P_{Vкл}$ и $P_{VЦ}$. Крутопадающий характер этой аэродинамической характеристики обеспечивает стабильную подачу воздуха в пневмосепарирующий канал и циклон при изменении сопротивления пневмосистемы, вызванного колебаниями подачи материала и износом тканевого фильтра в процессе работы. В результате испытаний опытного образца клеверотёрки-сепаратора КС-1,0, проведённых в закрытом помещении при вытирании семян клевера сорта Дымковский, была определена эффективность работы всех пылеулавливающих устройств при различных подачах материала. Ниже приведена табл. 1 с результатами испытаний.

Ротационный поперечно-поточный пылеуловитель является эффективным средством для удаления примесей из воздуха. Он обладает высокой эффективностью улавливания и способен удалять до 64,6–66,7% примесей

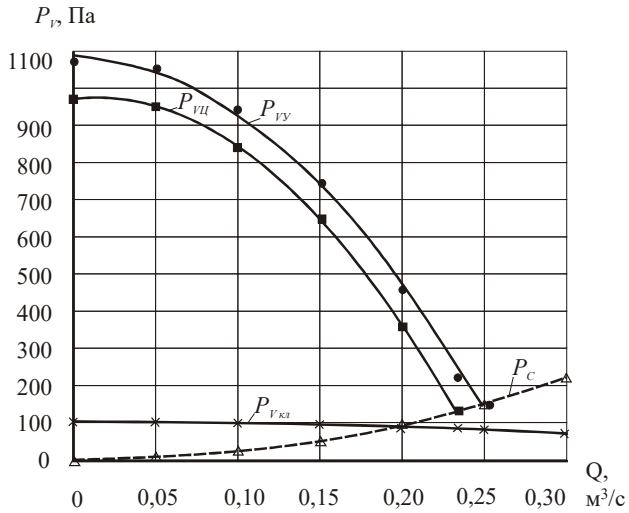

Рис. 2. Аэродинамические характеристики клеверотёрки-сепаратора и циклона.

Fig. 2. Aerodymanic curves of the clover thresher-separator and the cyclone.

Таблица 1. Эффект пылеулавливания, %

Table 1. The dust collecting efficiency, %

Пылеулавливающее устройство	Подача, *q*, т/ч		
	0,9	1,1	1,3
Ротационный поперечно-поточный пылеуловитель, $Э_Р$	66,7	64,6	65,7
Циклон, $Э_Ц$	29,6	32,7	31,3
Тканевый фильтр, $Э_{ТФ}$	3,7	2,7	3,0

из пневмосепарирующего канала лёгких примесей. Кроме того, циклон и тканевый фильтр также играют важную роль в процессе очистки воздуха, улавливая 29,6–32,7% и 2,7–3,7% примесей соответственно. Однако основная часть тяжёлых частиц, таких как невытёртые бобики, щуплые семена и мякина, осаждаются в осадочной камере. Это позволяет снизить количество примесей, попадающих в циклон и тканевый фильтр. Важным фактором, влияющим на пропускную способность пыли и примесей, является скорость воздуха в проточной части пылеуловителя. Она регулируется с помощью дроссельной заслонки 10, чтобы обеспечить допустимые потери семян в отходы, составляющие 1,5%. Также была измерена концентрация запылённости воздуха, выходящего из ротационного поперечно-поточного пылеуловителя и циклона, составляющая соответственно 112–185 г/м^3 и 9–15 г/м^3. Эти показатели свидетельствуют о высокой эффективности работы пылеуловителя и циклона в удалении примесей из воздуха. Тем не менее, стоит отметить, что в зоне обслуживания машины концентрация запыленности воздуха близка к нормативному показателю, который составляет 6 мг/м^3 [12, 14, 15, 16, 17]. Фактическая концентрация запылённости равна 6,8 мг/м^3.

ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, при автономной работе клеверотёрки-сепаратора в закрытых помещениях обеспечиваются нормальные условия работы обслуживающему персоналу, а при удалении отработанного воздуха из циклона наружу (тканевый фильтр снят) соблюдается экологическая безопасность окружающей среды. При установке клеверотёрки-сепаратора в технологическую линию, снабжённую централизованной воздушной системой, необходимость в циклоне и тканевом фильтре отпадает. Для этого необходимо учитывать концентрацию запылённости отработанного воздуха. При расчётах концентрацию запылённости воздуха целесообразно принять на уровне 200 г/м^3, а подачу отработанного воздуха — 0,25 м^3/с

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Клеверотёрка-сепаратор КС-1,0, содержащая последовательно установленные ротационный поперечно-поточный пылеуловитель, циклон и тканевый фильтр, обеспечивает качественную очистку отработанного воздуха и может быть использована при работе в закрытых помещениях. При удалении отработанного воздуха за пределы помещения экологическая безопасность достигается без тканевого фильтра (концентрация запылённости воздуха не превышает 15 г/м^3). При удалении отработанного воздуха из ротационного поперечно-поточного пылеуловителя в централизованную воздушную систему расчётную концентрацию запыленности целесообразно принимать на уровне 200 г/м^3, а подачу — 0,25 м^3/с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. М.В. Симонов — поиск публикаций по теме статьи, написание текста рукописи; А.И. Бурков — редактирование текста рукописи; В.Ю. Мокиев — редактирование текста рукописи, создание изображений. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям *ICMJE* (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Раскрытие интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источники финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions. M.V. Simonov — search for publications, writing the text of the manuscript; A.I. Burkov — editing the text of the manuscript; V.Yu. Mokiev — editing the text of the manuscript, creating images. Authors confirm the compliance of their authorship with the ICMJE international criteria. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Disclosure of interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding sources. This study was not supported by any external sources of funding.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Khalansky VM, Gorbachev IV. Development of technical means for combine harvesting of seed crops of herbs. *Achievements of science and technology of the agroindustrial complex.* 2009;10:36–39. (In Russ.) EDN: LURKZB

2. Smelik VA, Novikov MA, Perekopsky AN. Analysis of machine technologies for harvesting meadow clover seeds in the conditions of the North-western region of the Russian Federation. *Izvestia of the St. Petersburg State Agrarian University.* 2022;2(67):164–174. (In Russ.) doi: 10.24412/2078-1318-2022-2-164-174

3. Akhlamov YuD, Otroshko SA, Shevtsov AV. Seed wiping machine. *Machinery in agriculture.* 1997;28. (In Russ.) EDN: VJITKH

4. Zhalnin EV. Scientific foundations of grain harvesting with crop processing in stationary conditions. *Mechanization and electrification of agriculture.* 1986;8:3–6. (In Russ.) EDN: ULULUH

5. Simonov MV, Plotnikov SA, Mokiev VYu. Theoretical justification of the main parameters of axial devices for wiping grass seeds. *Engineering technologies and systems.* 2023;33(3):339–355. (In Russ.) doi: 10.15507/2658-4123.033.202303.339-355

6. Karpov NA, Kshnikatkin SA, Voronova IA, Kiryukhina TA. Review and analysis of machines for threshing and wiping grass seeds. In: *Contribution of young scientists to the innovative development of the agro-industrial complex of Russia: Collection of materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference of young scientists.* Penza; 2020;3:29–32. (In Russ.) EDN: RIHOE

7. Kleveroterka K-0,5. *Machinery in agriculture.* 1978;4:64–66. (In Russ.)

8. Patent RUS 2215398 / 10.11.2003. Burkov AI, Simonov MV. A device for wiping grass seeds. (In Russ.) EDN: PGMWTK

9. Andreev VL. Reducing the energy intensity of the seed cleaning process by developing a closed-open pneumatic system with an inertial louver-countercurrent air cleaner [abstract dissertation] Saint Petersburg, Pushkin; 1994. (In Russ.) EDN: ZKGULR

10. Burkov AI, Roshchin OP. The influence of the air removal method on the efficiency of the inertial centrifugal louver dust collector of a grain cleaning machine. In: *Proceedings of the international scientific and technical conference Energy supply and energy saving in agriculture.* 2006;2:168–171. (In Russ.) EDN: PGYFOZ

11. Burkov AI, Gusev SI, Roshchin OP. Results of comparative tests of rotary dust collectors. *Tractors and agricultural machinery.* 2009;3:32–34. (In Russ.) EDN: MSNFZV

12. Gordon GM, Peisakhov IP. Dust collection and gas purification. Moscow: Metallurgiya; 1968. (In Russ.)

13. Paltsev VS. Improvement of mill ventilation systems. Moscow: Zagotizdat; 1954. (In Russ.)

14. Revenko NA. The choice of dust collectors for grain cleaning and drying complexes. *Tractors and agricultural machinery.* 1979;6:22–25. (In Russ.)

15. Buksman VV. The use of bag filters for cleaning industrial gases from dust. *Ecology and technosphere safety : Collection of reports of the I All-Russian Youth Scientific and Practical Conference, Tula, June 27, 2022 / Tula State University.* Tula: Innovative Technologies, 2022;68–70. (In Russ.) EDN: GGKJER

16. Application of electrostatic filters in the food industry [Cleaning indoor air from dust]. *Engineering and technical support of the agro-industrial complex. Abstract journal.* 2008;1:45. (In Russ.) EDN: IIWADX

ОБ АВТОРАХ

*** Мокиев Валентин Юрьевич,**
канд. техн. наук,
научный сотрудник лаборатории зерно- и семяочистительных машин;
адрес: Россия, 610007, Киров, ул. Ленина, д. 166а;
ORCID: 0000-0002-3368-1151;
eLibrary SPIN: 2330-1404;
e-mail: dizel154@bk.ru

Симонов Максим Васильевич,
д-р техн. наук, доцент,
профессор кафедры «Технологии машиностроения»;
ORCID: 0000-0003-3805-9246;
eLibrary SPIN: 1216-7568;
e-mail: simaksim@mail.ru

Бурков Александр Иванович,
д-р техн. наук, профессор,
старший научный сотрудник лаборатории зерно- и семяочистительных машин;
ORCID: 0000-0002-5287-1532;
eLibrary SPIN: 6469-1959;
e-mail: burkov.46@mail.ru

AUTHORS' INFO

*** Valentin Yu. Mokiev,**
Cand. Sci. (Engineering),
Researcher of the Laboratory of Grain and Seed Cleaning Machines;
address: 166A Lenin st, Kirov, Russia, 610007;
ORCID: 0000-0002-3368-1151:
eLibrary SPIN: 2330-1404;
e-mail: dizel154@bk.ru

Maksim V. Simonov,
Dr. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Professor of the Mechanical Engineering Technology Department;
ORCID: 0000-0003-3805-9246;
eLibrary SPIN: 1216-7568;
e-mail: simaksim@mail.ru

Alexander I. Burkov,
Dr. Sci. (Engineering), Professor,
Senior Researcher of the Laboratory of Grain and Seed Cleaning Machines;
ORCID: 0000-0002-5287-1532;
eLibrary SPIN: 6469-1959;
e-mail: burkov.46@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author