

УДК 697.9:65.29

Д.С. Ефимов [D.S. Efimov]¹,
О.Е. Кротова [O.E. Krotova]²,
С.М. Челбин [S.M. Chelbin]³,
Д.В. Рудой [D.V. Rudoy]⁴,
Е.Н. Очирова [E.N. Ochirova]⁵,
Д.С. Маштыков [D.S. Mashtykov]⁶

DOI: 10.37493/2307-910X.2022.3.12

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
АСПИРАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ПРИ ПЫЛЕЗАЩИТЕ ЭЛЕВАТОРНЫХ
КОМПЛЕКСОВ ВМЕСТИМОСТЬЮ 20000
ТОНН**

**THE COMPARATIVE EFFICIENCY OF
ASPIRATION EQUIPMENT FOR DUST
PROTECTION OF ELEVATOR COMPLEXES
WITH A CAPACITY OF 20,000 TONS**

¹ *Донской государственный аграрный университет, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К.Кортюнова, г.Новочеркасск, Россия efimow.denis809@yandex.ru*
/ Don State Agrarian University, Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute.

A.K. Kortunova, Novocherkassk, Russia efimow.denis809@yandex.ru

² *Донской государственный технический университет, г.Ростов-на-Дону, Россия, alb9652@yandex.ru*
/ Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia, alb9652@yandex.ru

³ *Филиал ФГБУ «Россельхозцентр» по Ростовской области, г.Ростов-на-Дону, Россия, rsc61lab@yandex.ru*
/ Branch of the Federal State Budgetary Institution "Rosselkhoztsentr" in the Rostov region, Rostov-on-Don, Russia, rsc61lab@yandex.ru

⁴ *Донской государственный технический университет, г.Ростов-на-Дону, Россия, dmitriyrudoi@gmail.com*
/ Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia, dmitriyrudoi@gmail.com

⁵ *Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, г.Элиста, Россия, Oen75@mail.ru*
/ Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Russia, Oen75@mail.ru

⁶ *Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, г.Элиста, Россия, sanal2004@list.ru*
/ Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Russia, sanal2004@list.ru

Аннотация

Цель работы заключалась в исследовании эффективности использования аспирационного оборудования типа ББЦ и его эффективность использования на сегодняшний день по сравнению с передовыми достижениями техники по аспирации в элеваторной промышленности для процесса создания разрежения воздуха и удаления зерновой пыли при эксплуатации оборудования на примере современного силосного элеватора вместимостью 20000 тонн, при крупном производстве, включающем в себя приемку и хранение кондиционного зерна. Для достижения цели исследования и ответа на поставленные исследовательские вопросы об эффективности установок батарейных циклонов типа ББЦ был произведен расчет по количеству выбрасываемой зерновой пыли за период в 365 дней эксплуатации элеватора при режиме в 3 смены по «Временной методике расчёта плановых показателей по охране атмосферного воздуха зерноперерабатывающих предприятий и элеваторов», в соответствии с «Методикой расчёта аспирационных установок и взрыворазрядных устройств», серия 14, выпуск 1 «Промышленная безопасность взрывоопасных объектов хранения и переработки зерна». Согласно полученным результатам по произведенному расчету был установлен коэффициент

очистки батарейных установок, который составил 95-96%, количество удаленной зерновой пыли за год работы элеватора составляет 40,16 тонн. Данный показатель положительно влияет на оценку эффективности работы батарейных аспирационных установок типа ББЦ. Выявлены ряд недостатков и преимуществ аспирационных установок типа ББЦ перед современным аспирационным оборудованием на примере точечного локального фильтра. На сегодняшний день батарейные установки типа ББЦ являются эффективным аспирационным оборудованием, несмотря на неоспоримые преимущества инновационных точечных локальных фильтров, существенной проблемой которых является их мало универсальность.

Ключевые слова: элеватор, зерновая пыль, ББЦ, воздух, загрязнение, очистка.

Abstract

The purpose was to study the efficiency of the use of aspiration equipment of the BC type and its efficiency of use today in comparison with the advanced achievements of aspiration technology in the elevator industry for the process of creating air dilution and removing grain dust during the operation of equipment using the example of a modern silo elevator with a capacity of 20,000 tons, in grain production, including acceptance and storage of air-conditioned grains. In order to achieve the purpose of the study and answer the research questions about the effectiveness of the installations of battery cyclones of the BC type, a calculation was made on the amount of grain dust emitted for a period of 365 days of elevator operation in 3 shifts according to the "Temporary method of calculating planned indicators for the protection of atmospheric air of grain processing enterprises and elevators", in accordance with the "Calculation Method aspiration installations and explosion-discharge devices", series 14, issue 1 "Industrial safety of explosive grain storage and processing facilities". According to the results obtained, according to the calculation, the cleaning coefficient of battery installations was established, which amounted to 95-96%, the amount of grain dust removed during the year of operation of the elevator is 40.16 tons. This indicator has a positive effect on the evaluation of the efficiency of battery-operated aspiration units of the BBTS type. A number of disadvantages and advantages of BBC type aspiration units over modern aspiration equipment have been identified on the example of a point local filter. To date, battery installations of the BPC type are effective aspiration equipment, despite the undeniable advantages of innovative point local filters, the essential problem of which is their low versatility.

Keywords: elevator, aspiration equipment, grain dust, BBTS, air, pollution, cleaning.

Введение Сельское хозяйство России – крупная отрасль экономики страны. Россия занимает первое место в мире по экспорту пшеницы. В частности, зерновая промышленность – один из основных источников дохода страны при экспорте сельхозпродукции [1,3]. В связи с перспективным развитием сельскохозяйственной промышленности, где экспорт зерна является стратегически важным фактором для экономики государства, возрастает актуальность строительства предприятий по хранению и переработке зерна. По статистическим данным на 2020 год общий объем экспорта сельхоз-сырья и продовольствия достиг 30 млрд долларов [5,7,12].

Столь интенсивный рост развития зерновой промышленности влечет за собой активный спрос на строительство элеваторов. Основным сопутствующим явлением при работе такого предприятия является наличие зерновой пыли, которая содержит вредные вещества, влияющие на здоровье рабочих и населения близь расположенных от территории элеватора [2,6,9]. Одним из жизненно важных элементов окружающей нас природной среды является атмосферный воздух [4,8,11], особую опасность представляет нахождение частиц зерновой пыли в неразряженном воздушном пространстве, что ведет к взрывоопасной ситуации на предприятии. Для этого на элеваторах согласно «Правилам безопасности взрывопожароопасных производственных объектов хранения и переработки растительного сырья», утвержденных Приказом Ростехнадзора от 15 ноября 2016 года № 475, следует использовать специальное аспирационное оборудование.

На сегодняшний день для разряжения воздуха при транспортировке зерна на предприятии и удаления зерновой пыли все чаще используют сравнительно современное оборудование, такое как точечные локальные фильтры, подразумевающие разряжение воздуха каждого оборудования отдельно, не объединяя в общую сеть [10,13]. Однако, параллельно новым техническим открытиям многие предприятия по-прежнему вот уже более полувека активно используют батарейные установки типа ББЦ, входящие в состав аспирационной сети [14]. Такой выбор обоснован значимыми факторами, которые исследованы и представлены в данной статье на примере современного силосного элеватора вместимостью 20000 тонн, при крупном производстве, включающем в себя приемку и хранение кондиционного зерна.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования является аспирационное оборудование типа ББЦ и его эффективность использования на сегодняшний день по сравнению с передовыми достижениями техники по аспирации в элеваторной промышленности и для процесса создания разрежения воздуха и удаления зерновой пыли при эксплуатации оборудования на примере современного силосного элеватора вместимостью 20000 тонн, при крупном производстве, включающем в себя приемку и хранение кондиционного зерна (рис. 1).

В технологический комплекс входят следующие здания и сооружения:

1. Устройство приема зерна из автотранспорта на два проезда (поз. 1);
2. Блок из двух бункеров для отходов (поз. 2);
3. Устройство отгрузки зерна на автотранспорт ОАТ2хСКД5/7-45 (поз. 3);
4. Пост управления и ПЩ (поз. 4);
5. Емкости для хранения зерна СПД 18/19 — 4 шт, общей вместимостью 20000 тонн (поз. 5...8);
6. Конвейерные надземные эстакады (поз. 9...12)

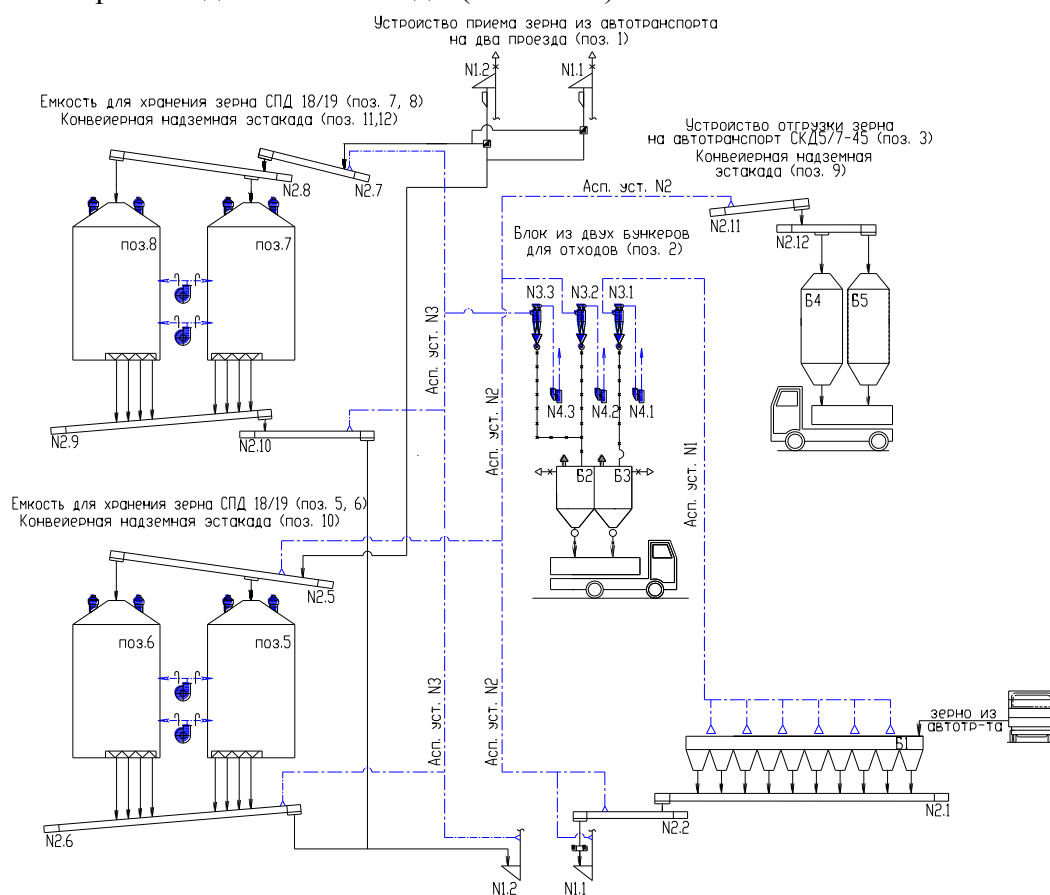


Рисунок 1. Технологическая схема элеватора вместимостью 20000 тонн

Схемой технологического процесса предусмотрено выполнение следующих операций:

- Приём зерна из автотранспорта с подачей в любой ряд емкостей для хранения зерна СПД 18/19;
- Перекачка зерна из емкости в емкость, а также из каждого ряда емкостей в любой ряд емкостей;
- Отгрузка зерна из емкостей для хранения зерна СПД 18/19 на автотранспорт

Управление производством осуществляется автоматической системой управления технологическим процессом (АСУТП) на базе персональных компьютеров с установкой оборудования в помещении поста управления.

Режим работы — 3 смены, 365 дней в году.

Очистка воздуха в аспирационных установках предусмотрена на установках батарейных циклонов ББЦ ООО «Корпорация «СКЭСС» с использованием вентиляторов фирмы «Завод «ВЕНТИЛЯТОР»». Для уменьшения объемов выбросов пыли до нормативных пределов предусмотрена аспирация всех мест пылеобразования. К таким местам относятся: место отгрузки зерна с автотранспорта в приемные бункера; башмаки нории; места загрузки и выгрузки конвейеров надсилосных, подсилосных и транспортирующих по предприятию. Произведена компоновка аспирационных сетей в общую сеть, по принципу согласованности и одновременности работы оборудования в целях более рационального использования энерго-ресурсов (таблица 1). Расчет и подбор оборудования осуществлен на основе паспортных данных упомянутых выше фирм.

Таблица 1. - Компоновка аспирационных установок

Наименование аспiriруемых машин	Отм. уста-новки	Кол. машин	Норма отсоса воздуха от 1 машины $м^3/час$	Всего отсасыв. воздуха $м^3/час$	Пылеотделитель, вентилятор
1	2	3	4	5	6
Устройство приема зерна из автотранспорта на два проезда (поз. 1)					
Аспирационная установка №1					
Бункеры устройства приема зерна из автотранспорта Б1	0,000	1	1300x5	6500	Установка батарейная циклонов ББЦ-500 №3.1 Вентилятор ВЦП 7-40-5 №4.1
Qвент.=6500x1,05+150=6975 м ³ /час					
Аспирационная установка №2					
Нория П-175 №1.1	0,000	1	1540	3070	Установка батарейная циклонов ББЦ-350 №3.2
Конвейер скребковый №2.2; №2.5; №2.11	-4,550 +10,500 +30,200	3	510x3		Вентилятор ВЦП 5-45-4,25 №4.2
Qвент.=3070x1,05+150=3376 м ³ /час					
Аспирационная установка №3					
Нория П-175 №1.2	-5,450	1	1540	3070	Установка батарейная циклонов ББЦ-350 №3.4
Конвейер скребковый №2.6; №2.7; №2.10	0,000	3	510x3		Вентилятор ВЦ 5-45-4,25 №4.4
	0,000				
	+30,200				
Qвент.=3070x1,05+150=3376 м ³ /час					

Аспирационное оборудование предназначено для удаления зерновой пыли и газов, которые образуются в ходе работы технологического оборудования на предприятии.

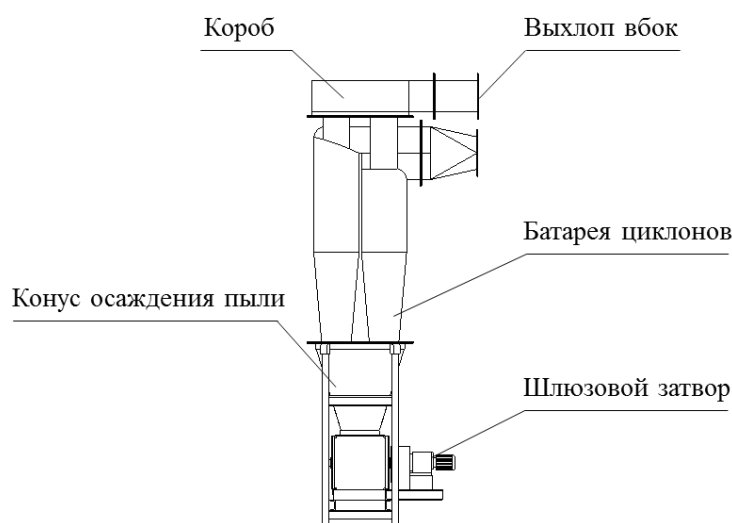
Зерновая пыль – субстанция, состоящая из мелких частиц, возникающих от процесса трения зерен друг о друга и о стенки оборудования при перемещении на производстве. Зерновая пыль многогранна по своему составу. Она содержит минеральную пыль (почва), разрушенное зерно и части растений, семена сорняков, мицелии и споры грибов, микробов, насекомых и клещей. Зерновая пыль и споры грибов опасны для здоровья работающих и населения прилегающих к предприятиям селитебных территорий. Является источником так называемой «зерновой лихорадки», хронических поражений лёгких («лёгкие фермеров») и других системных поражений внутренних органов при воздействии зерновой пыли (таблица 2).

Таблица 2. - Предельно допустимые концентрации (ПДК) зерновой пыли

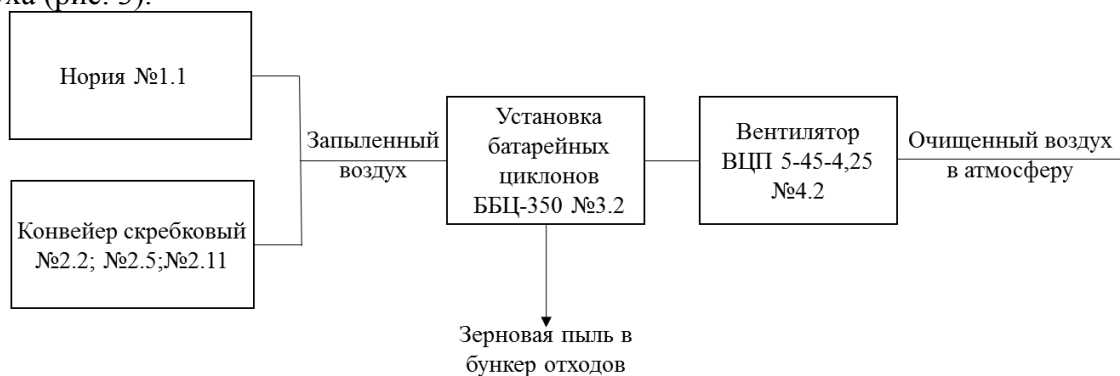
ПДК максимально концентрация зерновой пыли в атмосферном воздухе		
	разовая	среднесуточная
городское население	0,5 мг/м ³	0,15 мг/м ³
сельское население	0,5 мг/м ³	0,15 мг/м ³
ПДК зерновой пыли в воздухе рабочего пространства		
4 мг/м ³		

Главной опасностью является легкая воспламеняемость этой субстанции в сочетании с созданием пониженного давления при транспортировке зерна. Она относится к 3-му классу опасности по токсичности и взрывоопасности.

Объектом исследования является аспирационное оборудование типа ББЦ и его эффективность использования на сегодняшний день по сравнению с передовыми достижениями техники по аспирации в элеваторной промышленности. Батарейные установки типа ББЦ предназначены для улавливания среднedisперсной пыли в системах пневмотранспорта и аспирационных установках (рис. 2).

**Рисунок 2. Батарейная установка типа ББЦ**

Принцип действия заключается в выведении запыленного воздуха, который поступает через входной патрубок поступает в циклоны и получает вращательное винтообразное движение. Под действием центробежной силы частицы пыли прижимаются к стенкам циклонов, теряют скорость и осаждаются вниз в сборный конус. При помощи шлюзовых затворов собранная пыль выводится в пылеотвод, а очищенный воздух через выхлопные трубы циклонов и сборную коробку выводится из циклонов вверх или вбок в воздуховод очищенного воздуха (рис. 3).

**Рисунок 3. Схема движения воздушной массы в аспирационной установке №2 (см. Таблицу 1)**

Для достижения цели исследования и ответа на поставленные исследовательские вопросы об эффективности установок батарейных циклонов типа ББЦ был произведен расчет по количеству выбрасываемой зерновой пыли за период в 365 дней эксплуатации элеватора при режиме в 3 смены по «Временной методике расчёта плановых показателей по охране атмосферного воздуха зерноперерабатывающих предприятий и элеваторов», в соответствии с «Методикой расчёта аспирационных установок и взрыворазрядных устройств», серия 14, выпуск 1 «Промышленная безопасность взрывоопасных объектов хранения и переработки зерна».

Организованным источникам выбросов присвоены номера с №1 по №3, соответственно номерам аспирационных установок.

Расчет производится по формуле:

$$m = V \times Z_K, \text{ г/сек, где:}$$

m - выброс пыли, г/сек;

V - объем воздуха, выбрасываемый источником, $\text{м}^3/\text{сек}$.

Z_K - концентрация пыли в воздухе после очистки, $\text{г}/\text{м}^3$.

Объем воздуха (V), выбрасываемый источником определяется по формуле:

$$V = \frac{(\sum_{\text{отм.}} \times 1,05) + Q_{\text{б.у.}}}{3600}, \text{ м}^3 / \text{сек,}$$

где:

$Q_{\text{б.у.}}$ - количество воздуха, подсасываемого в циклонах, $\text{м}^3/\text{час}$.

Концентрация пыли в воздухе после очистки (Z_K) определяется по таблице 10 (приложение 32) «Методики расчёта аспирационных установок и взрыворазрядных устройств» в зависимости от концентрации пыли и скорости воздуха на входе в пылеотделитель.

Устройство приема зерна из автотранспорта

на два проезда (поз. 1)

Источник № 1

Аспирационная установка № 1

Загрязняющее вещество	- пыль зерновая
Объем воздуха	- 1,94 $\text{м}^3/\text{сек}$
Диаметр выхлопного воздуховода	- 0,50 м
Высота выброса	- 2,5 м от отм. 0,000 сооружения
Время работы	- 1450 час/год
Пылеотделитель	- установка батарейная циклонов ББЦ-500
Коэффициент очистки фильтра	- не менее 95%

Наименование аспирируемого оборудования	Объем отсасываемого воздуха, $\text{м}^3/\text{час}$	Концентрация пыли в воздухе, отходящем от оборудования, $\text{г}/\text{м}^3$
Бункера устройства приема зерна из автотранспорта на два проезда	6500	1,3

Средневзвешенная концентрация пыли до очистки - 1,21 $\text{г}/\text{м}^3$

Количество пыли в воздухе до очистки:

$$m = 1,21 \times 1,94 = 2,35 \text{ г/сек}$$

Концентрация пыли в воздухе после очистки — 0,0625 $\text{г}/\text{м}^3$

Выброс пыли после очистки составит:

$$m = 0,0625 \times 1,94 = 0,12 \text{ г/сек; } 0,63 \text{ т/год}$$

Коэффициент очистки батарейной установки составит - 95 %

Источник № 2Аспирационная установка № 2

Загрязняющее вещество	- пыль зерновая
Объём воздуха	- 1,54 м ³ /сек
Диаметр выхлопного воздуховода	- 0,450 м
Высота выброса	- 11,9 м от отм. 0,000 сооружения
Время работы	- 1450 час/год
Пылеотделитель	- установка батарейная циклонов ББЦ-350
Коэффициент очистки фильтра	- не менее 96%

Наименование аспирируемого оборудования	Объём отсасываемого воздуха, м ³ /час	Концентрация пыли в воздухе, отходящем от оборудования, г/м ³
Нория II-175 №1.1	1540	2,0
Конвейер скребковый №2.2; №2.5; №2.11	510х3	0,8

Средневзвешенная концентрация пыли до очистки - 1,28 г/м³.

Количество пыли в воздухе до очистки:

$$m = 1,28 \times 0,94 = 1,2 \text{ г/сек.}$$

Концентрация пыли в воздухе после очистки — 0,0513 г/м³

Выброс пыли после очистки составит:

$$m = 0,0513 \times 0,94 = 0,048 \text{ г/сек; } 0,25 \text{ т/год}$$

Коэффициент очистки батарейной установки составит - 96%

Источник № 3Аспирационная установка № 3

Загрязняющее вещество	- пыль зерновая
Объём воздуха	- 1,54 м ³ /сек
Диаметр выхлопного воздуховода	- 0,450 м
Высота выброса	- 11,9 м от отм. 0,000 сооружения
Время работы	- 1450 час/год
Пылеотделитель	- установка батарейная циклонов ББЦ-350
Коэффициент очистки фильтра	- не менее 96%

Наименование аспирируемого оборудования	Объём отсасываемого воздуха, м ³ /час	Концентрация пыли в воздухе, отходящем от оборудования, г/м ³
Нория II-175 №1.2	1540	2,0
Конвейер скребковый №2.6; №2.7; №2.10	510х3	0,8

Средневзвешенная концентрация пыли до очистки - 1,28 г/м³.

Количество пыли в воздухе до очистки:

$$m = 1,28 \times 0,94 = 1,2 \text{ г/сек.}$$

Концентрация пыли в воздухе после очистки — 0,0513 г/м³

Выброс пыли после очистки составит:

$$m = 0,0513 \times 0,94 = 0,048 \text{ г/сек; } 0,25 \text{ т/год}$$

Коэффициент очистки батарейной установки составит - 96%

В процессе эксплуатации предприятия, кроме загрязняющих веществ, выбрасываемых

в атмосферу, образуются некормовые отходы от аспирационных установок №1...3, которые накапливаются в блоке из двух бункеров для отходов (поз. 2). По мере накопления отходы отгружаются на автотранспорт для вывоза на полигон ТБО.

Сводная таблица данных по организованным источникам выбросов аспирационных установок приведена в таблице 3. Количество и характеристика отходов приведена в таблице 4.

Таблица 3 – Сводная таблица данных по организованным источникам выбросов аспирационных установок

№№ источников	Объём воздуха, м³/сек	Кол-во выделяемой пыли до очистки, г/сек	Количество выделяемой пыли после очистки, г/сек	Загрязняющее вещество	Тип пылеотделителя		Диаметр выхлопного воздуша, м	Высота выброса, м	Время работы источника, час/год
					Типа ББЦ	Коэф. эффективности очистки, %			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1,94	2,35	0,12	Пыль зерновая	Установка батарейная циклонов ББЦ-500	95,0	0,500	2,5	1450
2	0,94	1,12	0,048	Пыль зерновая	Установка батарейная циклонов ББЦ-350	96,0	0,355	11,9	1450
3	0,94	1,12	0,048	Пыль зерновая	Установка батарейная циклонов ББЦ-350	96,0	0,355	11,9	1450

Таблица 4 – Количество и характеристика отходов

Наим.	Место образования отходов	Класс опасности	Физико-химическая характеристика отходов (состав, содержание элементов, состояние, влажность и т.д.)	Периодичность образования отходов	Кол-во отходов, т/год	Использование отходов (т/год)	
						Передано другим организациям	Складирование в накопителях, на полигонах
1	2	3	4	5	6	7	8
Некормовые отходы зернового сырья	Устройство приема зерна из автотранспорта на два проезда (поз. 1)	III	Пыль аспирационная, осаждаемая в установках батарейных циклонов	Постоянно	40,16	-	Вывоз на полигон ТБО

Результаты исследований и их обсуждения. Согласно полученным результатам количество удаленной зерновой пыли за год работы элеватора составляет 40,16 тонн. Данный показатель положительно влияет на оценку эффективности работы батарейных аспирационных установок типа ББЦ. Так как выделенная зерновая пыль не только предотвращает пожаро-взрывоопасную обстановку, способствует сохранению здоровья работающих предприятия и ближайшие территориально от элеватора населения, но влияет на качество заготавливаемого для хранения зерна при крупяном производстве. Это существенное преимущество данных установок перед точечными локальными фильтрами, принцип работы которых имеет немного другую специфику (рис. 4).

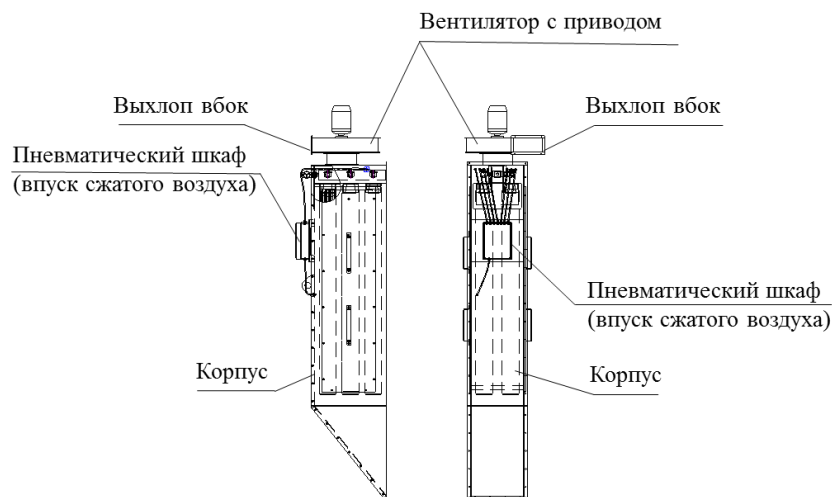


Рисунок 4. Локальный фильтр для вертикального монтажа

Локальный фильтр устанавливается непосредственно на оборудование, которое подлежит аспирации и работает параллельно с ним, то есть, когда транспортируется продукт и происходит образование пыли – запускается и локальный фильтр. Соответственно исчезает необходимость воздухопроводов. В момент, когда транспортное оборудование не работает, локальный фильтр также отключен. В каждом месте образующаяся пыль улавливается и возвращается эффективно в процессный поток, при этом поддерживается незначительное отрицательное давление в системе. В результате не происходит утилизация ценного продукта, повышается выход продукта и производительность. В это заключается ряд преимуществ точечного локального фильтра.

Однако, так как принцип работы локального фильтра не предполагает отвода зерновой пыли, а пускают ее обратно в продукт при транспортировке сохраняя выход продукта, но снижается качество заготавливаемого сырья, особенно это важно, если заготавливаемое сырье идет на переработку в крупяное или мукомольное производство.

Так как локальные фильтры работают, используя сжатый воздух, то обязательным пунктом становится постройка компрессорной. Это проблема сказывается на больших расходах в экономическом плане. Точечные локальные фильтры являются современной, высокоэффективной заменой централизованных систем аспирации. Но проблема заключается в том, что современные фирмы выпускающие данные фильтры, изготавливают их акцентировано под размеры нового технологического оборудования. В связи с этим не каждое предприятие может подобрать фильтр под свой типоразмер и перейти на его использование.

Закключение. В связи с перспективным развитием сельскохозяйственной промышленности страны, где экспорт зерна является стратегически важным фактором для экономики государства, возрастает актуальность строительства предприятий по хранению и переработке зерна.

В данной статье были рассмотрены основные отрицательные факторы, сопутствующие эксплуатации элеватора. Было дано определение зерновой пыли, как субстанции из мелких частиц, заключающих в себе ряд негативных явлений: вред здоровью работнику предприятия и населенным пунктам, входящим в район работы элеватора, провоцирующие заболевания легких; взрывопожароопасность; влияние на качество, заготавливаемого продукта.

Для аспирации оборудования предприятия была выбрана батарейная аспирационная установка типа ББЦ. На примере предполагаемого современного силосного элеватора вместимостью 20000 тонн, при крупяном производстве, включающий в себя приемку и хранение кондиционного зерна, была рассмотрена эффективность работы установок типа

ББЦ.

По произведенному расчету был установлен коэффициент очистки батарейных установок, который составил 95-96%. Количество отходов для утилизации составила 40,16 т/год.

Выявлены ряд недостатков и преимуществ аспирационных установок типа ББЦ перед современным аспирационным оборудованием на примере точечного локального фильтра. К недостаткам относится: необходимость в наличии аспирационной сети, включающей в себя различной протяженности воздуховоды, которые со временем стираются от постоянного соприкосновения абразивных частиц зерновой пыли со стенками трубы; осаждение в камерах части продукции совместно с зерновой пылью; обязательность утилизации собранных отходов. К преимуществам относится: высокая степень очистки; универсальность данной аспирационной установки для различного технологического оборудования; экономически выгоднее, так как присутствует только потребление электроэнергии, нет необходимости в компрессорной в отличие от локальных фильтров.

Таким образом можно сделать вывод, что на сегодняшний день батарейные установки типа ББЦ являются эффективным аспирационным оборудованием, несмотря на неоспоримые преимущества инновационных точечных локальных фильтров, существенной проблемой которых является их мало универсальность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ систем аспирации для малого зерноперерабатывающего производства / Калтыгин К.В., Пшенов Е.А. / В сборнике: Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования. Материалы XIII международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию кафедры Надежности и ремонта машин ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ. Новосибирск, 2021. С. 295-299.
2. Опыт модернизации аспирационных установок / Смольников Д. // Комбикорма. 2013. № 11. С. 55-57.
3. Правила эксплуатации аспирационных установок / Володин Н., Кривошеин А. // Мукомольно-элеваторная и комбикормовая промышленность. 1987. № 8. С. 38-39.
4. Исследования в области механизации, охраны труда, аспирационных и пневмотранспортных установок / Володин Н.П., Егоров В.Т., Меньшенин А.И. // В сборнике: 75 лет развития науки, технологии и техники хранения и переработки зерна. юбилейный сборник. Российская академия сельскохозяйственных наук, Государственное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки" (ГНУ ВНИИЗ Россельхозакадемии); отв. ред. Мачихина Л. И., Москва, 2005. С. 131-136.
5. Основные недостатки компоновочных решений аспирационных установок зерноперерабатывающих предприятий, возникающие на этапе проектирования / Лыткина Л.И., Григорьев Р.Г. // В сборнике: Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений. Материалы IV Международной научно-технической конференции. 2014. С. 262-264.
6. Аспирационная установка / Олифер В.Д., Попова Н.П., Лиходед Е.В., Халецкий И.М., Поветкин Ф.Ф. // Авторское свидетельство SU 1372160 A1, 07.02.1988. Заявка № 3993045 от 23.12.1986.
7. Контроль выбросов пыли из аспирационных и пневмотранспортных установок / Володин Н., Разворотнев А. // Мукомольно-элеваторная и комбикормовая промышленность. 1986. № 11. С. 28-29.
8. Зерновая пыль. негативное влияние на экологию методы очистки / Теслюк В.С. // Наука через призму времени. 2018. № 12 (21). С. 22-23.

9. Модернизация аспирационных установок на элеваторах / Смольников А. // Хлебобпродукты. 2007. № 5. С. 49-52.
10. Проблемы аспирации оборудования подсилосного этажа элеватора / Земелькин В., Земелькин А. // Комбикорма. 2019. № 3. С. 32-33.
11. Проблемы функционирования аспирационных установок и пути их совершенствования / Гапонюк О.И., Гончарук А.А., Липин А.П. // Научные труды Одесской национальной академии пищевых технологий. 2014. Т. 46. № 1. С. 201-204.
12. Аспирационная пылеулавливающая установка / Лаврентьева Л.М., Азаров А.В., Жукова Н.С., Евтушенко А.И., Тertiшников И.В., Добринский Д.Р. // Патент на полезную модель 204195 U1, 14.05.2021. Заявка № 2020131157 от 22.09.2020.
13. Модернизация аспирационных установок / Смольников А. // Комбикорма. 2009. № 6. С. 45.
14. Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса / Сборник научных трудов XXIV Международной научно-практической конференции. В рамках Агропромышленного форума юга России: выставок «Интерагромаш», «Агротехнологии», 2021.

REFERENCES

1. Analiz sistem aspiratsii dlya malogo zernopererabatyvayushchego proizvodstva / Kaltygin K.V., Pshenov E.A. / V sbornike: Sostoyanie i innovatsii tekhnicheskogo servisa mashin i oborudovaniya. Materialy XIII mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, posvyashchennoi 70-letiyu kafedry Nadezhnosti i remonta mashin FGBOU VO Novosibirskogo GAU. Novosibirsk, 2021. S. 295-299.
2. Opyt modernizatsii aspiratsionnykh ustanovok / Smol'nikov D. // Kombikorma. 2013. № 11. S. 55-57.
3. Pravila ehkspluatatsii aspiratsionnykh ustanovok / Volodin N., Krivoshein A. // Mukomol'no-ehlevatornaya i kombikormovaya promyshlennost'. 1987. № 8. S. 38-39.
4. Issledovaniya v oblasti mekhanizatsii, okhrany truda, aspiratsionnykh i pnevmotransportnykh ustanovok / Volodin N.P., Egorov V.T., Men'shenin A.I. // V sbornike: 75 let razvitiya nauki, tekhnologii i tekhniki khraneniya i pererabotki zerna. yubileinyi sbornik. Rossiiskaya akademiya sel'skokhozyaistvennykh nauk, Gosudarstvennoe nauchnoe uchrezhdenie "Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut zerna i produktov ego pererabotki" (GNU VNIIZ Rossel'khozakademii); otv. red. Machikhina L. I., Moskva, 2005. S. 131-136.
5. Osnovnye nedostatki komponovochnykh reshenii aspiratsionnykh ustanovok zernopererabatyvayushchikh predpriyatii, vznikayushchie na ehtape proektirovaniya / Lytkina L.I., Grigor'ev R.G. // V sbornike: Novoe v tekhnologii i tekhnike funktsional'nykh produktov pitaniya na osnove mediko-biologicheskikh vozzrenii. Materialy IV Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii. 2014. S. 262-264.
6. Aspiratsionnaya ustanovka / Olifer V.D., Popova N.P., Likhoded E.V., Khaletskii I.M., Povetkin F.F. // Avtorskoe svidetel'stvo SU 1372160 A1, 07.02.1988. Zayavka № 3993045 ot 23.12.1986.
7. Kontrol' vybrosov pyli iz aspiratsionnykh i pnevmotransportnykh ustanovok / Volodin N., Razvorotnev A. // Mukomol'no-ehlevatornaya i kombikormovaya promyshlennost'. 1986. № 11. S. 28-29.
8. Zernovaya pyl'. negativnoe vliyanie na ehkologiyu metody ochistki / Teslyuk V.S. // Nauka cherez prizmu vremeni. 2018. № 12 (21). S. 22-23.
9. Modernizatsiya aspiratsionnykh ustanovok na ehlevatorakh / Smol'nikov A. // Khleboprodukty. 2007. № 5. S. 49-52.
10. Problemy aspiratsii oborudovaniya podsilosnogo ehtazha ehlevatora / Zemel'kin V., Zemel'kin A. // Kombikorma. 2019. № 3. S. 32-33.

11. Problemy funktsionirovaniya aspiratsionnykh ustanovok i puti ikh sovershenstvovaniya / Gaponyuk O.I., Goncharuk A.A., Lipin A.P. // Nauchnye trudy Odesskoi natsional'noi akademii pishchevykh tekhnologii. 2014. T. 46. № 1. S. 201-204.

12. Aspiratsionnaya pyleulavlivayushchaya ustanovka / Lavrent'eva L.M., Azarov A.V., Zhukova N.S., Evtushenko A.I., Tertishnikov I.V., Dobrinskii D.R. // Patent na poleznuyu model' 204195 U1, 14.05.2021. Zayavka № 2020131157 ot 22.09.2020.

13. Modernizatsiya aspiratsionnykh ustanovok / Smol'nikov A. // Kombikorma. 2009. № 6. S. 45.

14. Sostoyanie i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa / Sbornik nauchnykh trudov XXIV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. V ramkakh Agropromyshlennogo foruma yuga Rossii: vystavok «InteragromaSH», «Agrotekhnologii», 2021.

Вклад авторов:

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS

Ефимов Денис Сергеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры гидротехнического строительства, Донской государственный аграрный университет, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К.Кортунова, efimow.denis809@yandex.ru

Efimov Denis Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Hydraulic Engineering, Don State Agrarian University, Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute named after A.K.Kortunov, efimow.denis809@yandex.ru

Кротова Ольга Евгеньевна, д-р биол. наук, доцент кафедры техника и технология пищевых производств, Донской государственный технический университет, alb9652@yandex.ru

Krotova Olga Evgenievna, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Technology and Technology of Food Production, Don State Technical University, alb9652@yandex.ru

Челбин Сергей Михайлович, канд. техн. наук, Филиал ФГБУ «Россельхозцентр» по Ростовской области, г.Ростов-на-Дону, Россия, rsc61lab@yandex.ru

Chelbin Sergey Mikhailovich, Candidate of Technical Sciences, Branch of the Federal State Budgetary Institution "Rosselkhozcentr" in the Rostov region, Rostov-on-Don, Russia, rsc61lab@yandex.ru

Рудой Дмитрий Владимирович, канд. техн., доцент кафедры техника и технология пищевых производств, Донской государственный технический университет, dmitriyrudoi@gmail.com

Rudoy Dmitry Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology and Technology of Food Production, Don State Technical University, dmitriyrudoi@gmail.com

Очирова Елена Николаевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, Oen75@mail.ru

Ochirova Elena Nikolaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Oen75@mail.ru

Маштыков Данзан Саналович, бакалавр Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, sanal2004@list.ru

Mashtykov Danzan Sanalovich, Bachelor of Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, sanal2004@list.ru

Дата поступления в редакцию: 07.08.2022

После рецензирования: 22.08.2022

Дата принятия к публикации: 03