

Мобильное устройство для удаления пыли, грязи, вредных газов и паров из производственных помещений сельскохозяйственного назначения

*Ю.Г. Горшков, д.т.н., профессор,
Н.А. Старикова, аспирантка, Челябинская ГАА*

Эффективность работ в производственных помещениях, имеющих оптимальные параметры микроклимата, неоспоримо выше, чем в условиях, находящихся за пределами нормируемых величин. Поэтому создание рабочих условий, отвечающих требованиям гигиены, является важным фактором повышения производительности труда, экономической эффективности производства сельскохозяйственной продукции [1].

При разработке устройств, оптимизирующих состояние воздушной среды, необходимо учитывать источники формирования отрицательных факторов в производственных помещениях сельскохозяйственного назначения. Так, например, в ремонтных мастерских и пунктах технического обслуживания источниками поступления большого количества пыли, грязи и паров являются непосредственно мобильные транспортные и технологические машины (МТТМ). На корпусах и механизмах МТТМ накапливается большое количество пыли, конденсируются водяные пары

при перепаде температур в холодное время года или в дождь, на колёсах и прицепах заносится грязь. В процессе ремонта и технического обслуживания техники происходит большое количество выбросов вредных газов и пыли в воздушную среду помещений [2].

В большинстве сельскохозяйственных помещений уборка в конце смены и после выезда обслуженного МТТМ осуществляется вручную с использованием метел, скребков, лопат; при этом поднимается большое количество пыли [3]. Этот процесс трудоёмок и длителен по времени, создаёт некомфортные условия не только для уборщиков, но и других работников. В возникшем при таком способе удаления пылевом облаке концентрация пыли в несколько десятков раз превосходит значение ПДК [4]. Особенно вредна мелкодисперсная пыль, которая долго витает в воздухе как в процессе уборки, так и после её завершения. Она наносит наибольший вред организму, так как проникает глубоко в дыхательные пути и оседает в альвеолах лёгких, что со временем вызывает различные заболевания дыхательной системы, в том числе профессиональные [5]. Только в тёплое время года в отдельных помещениях используется мокрая уборка с помощью водяной струи.

Правильная организация системы общеобменной вентиляции обеспечивает нормальное состояние воздушной среды помещений лишь частично: в течение рабочей смены постепенно удаляются избыточная влажность, мелкодисперсные частицы пыли, снижается общая загазованность среды. Грязь, внесённая МТТМ, прилипает к полу, остаётся там длительное время и высыхает, становясь в дальнейшем источником пыли.

Таким образом, общая вентиляция не решает проблем загрязнения воздушной среды непосредственно на рабочих местах, при обслуживании отдельных агрегатов, так как регулирует воздухообмен помещения в целом. При этом на рабочих местах операторы находятся в зоне вредного влияния производственных факторов (выбросов вредных газов, повышенной запылённости, влажности) до тех пор, пока в процессе диффузии не произойдёт выравнивание показателей воздушной среды в помещении и избыточная концентрация вредных веществ не будет удалена [6].

Использование средств индивидуальной защиты (СИЗ — респираторов, повязок, очков и др.) при ручной уборке малоэффективно. Во-первых, в связи с тем, что состояние респираторов не соответствует требованиям эксплуатации. Во-вторых, когда оператор надевает СИЗ, то зачастую происходит его дезориентация в пространстве. Замедляется темп работы, снижается производительность труда, вызывая психологи-

ческий и физический дискомфорт и стресс, что может привести к травматизму [1].

В связи с вышеизложенным авторами предлагается мобильное механизированное устройство (уборочная тележка) для очистки помещений от пыли, грязи, вредных газов и паров, стружки, солоmistых остатков и др., позволяющее оптимизировать параметры микроклимата непосредственно на рабочих местах.

Устройство (рис. 1) представляет собой механизированную мобильную уборочную тележку на пневматических колёсах 12, снабжённую электроприводом 2 и пультом управления 8. На платформе тележки закреплён вакуумный вентилятор 1, соединённый посредством гибкого сменного 18 воздуховода со сменной воздухозаборной насадкой 19, с одной стороны, и воздуховыпускным отводящим воздуховодом 5, снабжённым заслонкой-регулятором 6, — с другой. В передней части платформы закреплён вал с активной цилиндрической щёткой (или шарошкой) 10 для удаления грязи с пола, стационарный зонт 9, обеспечивающий под действием вакуума, подаваемого вентилятором, поступление грязи и пыли в отводящий воздуховод 7 и далее в пылегрязесборный мешок 15, расположенный в задней части тележки.

При включении двигателя, который приводит во вращение вентилятор, под действием разряжения в зонт или сменную насадку засасываются вредные газы, пары, пыль, грязь, солоmistые остатки, стружка и др. Вакуумный вентилятор снабжён заслонкой для регулирования подачи воздуха от сменной насадки (для устранения паров, газов, мелкой пыли и др.) или стационарного (для удаления грязи, пыли, стружки с пола) зонта. Направляя сменную насадку 19 в зону локальных вредных выбросов (например, от работающего двигателя МТТМ, ванны с горячей водой для промывки деталей и др.), можно обеспечить их быстрое удаление через воздуховыпускной отводящий воздуховод в систему общеобменной вентиляции. Регулирование направления выхода потока мелкой пыли, вредных газов и паров происходит посредством заслонки (6).

При необходимости удаления грязи с пола опускается рычаг подъёма щётки, которая прижимается пружиной к поверхности пола. Последняя приводится во вращение при включении электродвигателя через ремённую передачу. Грязь с помощью щётки измельчается и поднимается вверх, проходя через стационарный зонт, воздуховод и корпус вентилятора. По отводящему воздуховоду грязь, пыль, стружка, солоmistые остатки и др. попадают в пылегрязесборный мешок. Пылегрязесборный мешок крепится с помощью направляющих 16 на раме тележки и при наполнении легко снимается и освобождает-

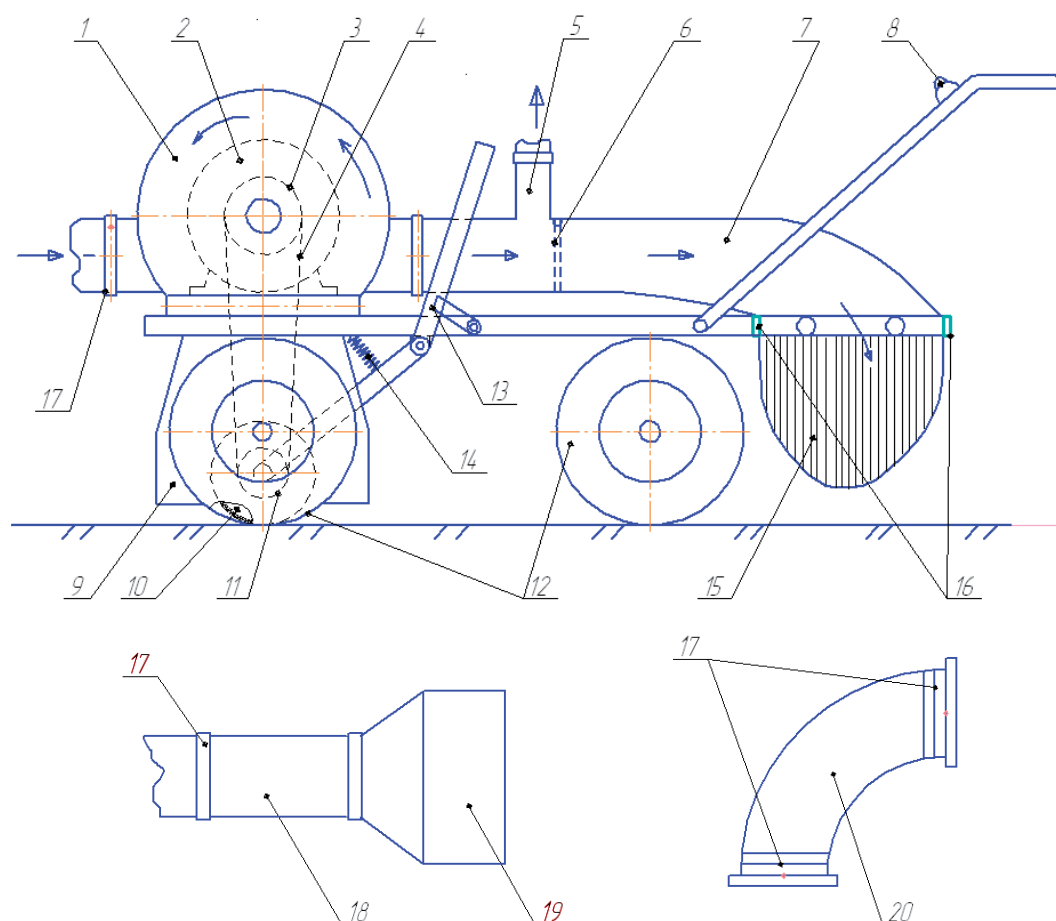


Рис. 1 – Принципиальная схема мобильной уборочной тележки:

1 – вакуумный вентилятор; 2 – электродвигатель; 3 – вал привода; 4 – ремённая передача; 5 – выпускной отводящий воздуховод; 6 – заслонка-регулятор; 7 – отводящий воздуховод; 8 – пульт управления; 9 – стационарный зонт; 10 – активная цилиндрическая щётка; 11 – шкив привода щётки; 12 – пневматические колёса; 13 – рычаг подъёма щётки с фиксатором; 14 – прижимная пружина; 15 – пылегрязесборный мешок-фильтр; 16 – направляющие крепления мешка; 17 – подвижная муфта; 18 – сменный воздуховод; 19 – сменная насадка; 20 – колено сменного воздуховода

ется от грязи. Возможно использование разовых грязесборных мешков, которые утилизируются по мере наполнения, что исключает распространение пыли во время очистки многоразового мешка.

При подборе вентилятора, электродвигателя и воздуховодов необходимо учитывать, что вместе с воздухом транспортируются соломистые остатки, стружка, опилки, грязь (влажная земля или песок) и т.п.

Для поддержания указанных транспортируемых компонентов во взвешенном состоянии, а также для поднятия частиц с пола или осевших в воздуховодах при остановке вентилятора скорость транспортируемого воздуха должна быть значительно выше скорости витания тяжёлых частиц материала и отходов.

Из практики проектирования и эксплуатации систем пневмотранспорта можно принять примерные скорости движения воздуха для предлагаемой установки (табл. 1) [7].

При расчёте основных параметров предлагаемого устройства следует предварительно

определить количество транспортируемого материала, количество транспортируемого воздуха, практическую скорость в воздуховоде, диаметры воздуховодов и потери давления в них, потери давления в фасонных элементах воздуховода, сопротивления в пылеотделителях или фильтрах.

Количество транспортируемого материала в каждом отдельном случае должно определяться экспериментально или задаваться технологами.

Для расчёта скорости в воздуховоде важно учитывать материал, из которого он изготовлен, так как это влияет на силу сопротивления движения частиц. Поскольку пластиковые воздуховоды быстро стираются, а асбестоцементные трубы тяжелы, то в мобильном устройстве используются воздуховоды, изготовленные из стали.

Диаметры стальных круглых воздуховодов можно определить, воспользовавшись нижеприведённой таблицей (табл. 2) [7].

Пользуясь данными, приведёнными в таблицах, можно определить расчётные потери давления в устройстве или всей сети ($P_{\text{расч.}}$ в кг/м^2 для чистого воздуха) [7]:

1. Рекомендуемые скорости движения воздуха и концентрации материалов для стальных воздуховодов

Наименование транспортируемого материала или отходов	Рекомендуемая скорость в горизонтальных участках воздуховода, м/сек.	Рекомендуемая концентрация материала в воздухе (μ), кг/кг	Опытный расчётный коэффициент, К
Песок, глина (молотые)	13	0,8–1	1,0
Тяжёлая наждачная минеральная пыль	16	0,5–0,7	1,1
Земля влажная (до 2%)	18	0,7–0,8	1,2
Земляная и песочная пыль	18	0,4–0,6	0,8
Соломка	10	0,2–0,5	1,2
Опилки и стружка	14	0,1–0,5	1,4
Крупная влажная стружка	20	0,5–0,7	1,5–2,5

2. Расчётные коэффициенты ($\xi_{зам.}$) для стальных круглых воздуховодов

Скорость (v), м/сек.	Диаметр воздуховода, d, мм						
	80	85	90	95	100	140	155
10	181* 0,256**	204 0,240	228 0,224	255 0,200	282 0,198	554 0,130	679 0,116
13	236* 0,244**	265 0,228	297 0,211	332 0,197	367 0,185	720 0,124	883 0,110
16	290* 0,232**	326 0,216	366 0,202	409 0,190	452 0,178	886 0,119	1086 0,106
18	326* 0,226	367 0,212	412 0,197	459 0,185	509 0,174	992 0,117	1222 0,104
20	362** 0,222	408 0,208	452 0,193	510 0,181	565 0,170	1108 0,115	1358 0,102

Примечание: * – объём воздуха, транспортирующего смесь (Q), м³/час; ** – справочный коэффициент ($\xi_{зам.}$).

$$P_{расч.} = (\xi_{зам.} \cdot l + \sum \xi_{зам.}) \frac{\gamma \cdot v^2}{2g}, \quad (1)$$

где $\sum \xi_{зам.}$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений (в т.ч. в фильтре-мешке);

l – длина воздуховода;

$\frac{\gamma \cdot v^2}{2g}$ – скоростное (динамическое) давление;

γ – удельный вес воздуха.

Расчёт сетей и, в частности, определение их сопротивления, не относится к числу точных расчётов, поэтому вентиляторы выбираются с некоторым запасом по давлению. Нормальным считается запас в пределах 10%.

Для сетей, транспортирующих смеси, потери давления составляют (кг/м²) [7]:

$$P = 1,1 P_{расч.} (1 + K\mu), \quad (2)$$

где значения K и μ находятся из таблицы 1.

Рассчитав потери давления (P) и определив производительность вентилятора (Q) по рекомендациям из таблиц 1 и 2, можно по известным характеристикам выбрать вентилятор (из семейства пылевых) и определить требуемую мощность на валу электродвигателя (N , кВт) для установки, транспортирующей смесь:

$$N = \frac{1,2Q \cdot P}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_e \cdot \eta_n}, \quad (3)$$

где η_e – КПД вентилятора;

η_n – КПД передачи.

Установочную мощность электродвигателя (N_y , кВт) определяем по формуле:

$$N_y = K_z \cdot N, \quad (4)$$

где K_z – коэффициент запаса мощности электродвигателя (определяется из справочника по электрооборудованию) находится в пределах от 1,05 до 1,5 [8].

Поскольку в данном устройстве электродвигатель вращает и щетку, учитывается и дополнительная нагрузка от этого элемента.

Учитывая вышеизложенное, считаем, что предложенная механизированная мобильная уборочная тележка позволяет удалять пыль, вредные газы и пары, грязь, стружку, соломистые остатки, опилки и др. непосредственно из локальной зоны (рабочего места) в производственных сельскохозяйственных помещениях, предотвращая их распространение по территории здания. Применение мобильной уборочной тележки сокращает время уборки в помещениях размером до 400 м² в 4–5 раз, повышает производительность труда оператора (уборщика) в 2–3 раза. При этом условия труда работников остаются в пределах нормируемых величин по содержанию пыли и вредных газов как в процессе уборки, так и по её окончании. Это связано с тем, что пары, газы, мелкодисперсная пыль непосредственно захватываются потоком воздуха в зонт или насадку устройства и не рассеиваются в воздухе помещения, как при уборке с помощью метел и лопат.

Литература

1. Горшков Ю.Г., Дмитриев М.С., Старунова И.Н. Повышение эффективности транспортно-технологических процессов и улучшение условий труда работников АПК за счёт инженерно-технических устройств: монография / под общей ред. докт. техн. наук, проф. Ю.Г. Горшкова. Челябинск: ЧГАА, 2010. С. 32.
2. Шкрабак В.С., Луковников А.В. Безопасность жизнедеятельности в сельскохозяйственном производстве. М.: КолосС, 2005. 512 с.
3. Белов С.В. Безопасность производственных процессов: справочник / под ред. С.В. Белова. М.: Машиностроение, 1985. С. 56.
4. Пирумов А.И. Обеспыливание воздуха. М.: Стройиздат, 1981. С. 16–19.
5. Величковский Б.Т. Фиброгенные пыли. Особенности строения и механизма биологического действия. Горький, 1980. 217 с.
6. Карташов Л.П., Козлов В.Т., Аверкиев А.А. Механизация и электрификация животноводства. М.: Колос, 1979. 351 с.
7. Рысин С.А. Вентиляционные установки машиностроительных заводов: справочник. М.: Машстройиздат, 1961. С. 536–539.
8. Поляков В.В., Скворцов Л.С. Насосы и вентиляторы. М.: Стройиздат, 1990. С. 336.