

УДК 677. 11. 021

В.В. КАРМАНОВ, С.І. КУЗНЕЦОВ

Херсонський національний технічний університет

**АНАЛИЗ ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ЛЬНОЗАВОДОВ**

*При работе технологического оборудования заводов первичной обработки льна выделяются твердые, жидкие и газообразные вредные вещества, которые загрязняют окружающую среду. В ряду различных отрицательных последствий, вызванных проблемой загрязнения воздушного бассейна вредными веществами, на первом месте, стоит вредное действие атмосферного загрязнения на здоровье человека. Работа посвящена улавливанию, отводу, накоплению и переработке пыли. Процессы очистки отходящих газов от пыли исследовались с помощью циклонно-роторного пылеуловителя (ЦРП) и других типов пылеулавливающего оборудования.*

*Ключевые слова: центробежная сила, пылеуловитель, биотопливо.*

В.В. КАРМАНОВ, С.І. КУЗНЕЦОВ

Херсонський національний технічний університет

**АНАЛІЗ ПИЛОВЛОВЛЮЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ ЛЬНОПІДПРИЄМСТВ**

*При роботі технологічного обладнання заводів первинної обробки льону виділяються тверді, рідкі та газоподібні шкідливі речовини, які забруднюють навколишнє середовище. В ряду різних негативних наслідків, викликаних проблемою забруднення повітряного басейну шкідливими речовинами, на першому місці, стоїть шкідлива дія атмосферного забруднення на здоров'я людини. Робота присвячена уловлюванню, відведенню, накопиченню і переробки пилу. Процеси очищення газів, що відходять від пилу досліджувалися за допомогою циклоно-ротаційного пиловловлювача (ЦРП) та інших типів пиловловлюючого обладнання.*

*Ключові слова: відцентрова сила, пиловловлювач, біопаливо.*

V.V. KARMANOV, S.I. KUZNYETSOV

Kherson National Technical University

**ANALYSIS OF DUST SOFTWARE EQUIPMENT**

*When operating the technological equipment of primary flax processing plants, solid, liquid and gaseous pollutants are released that pollute the environment. Among the various negative consequences caused by the problem of air pollution by harmful substances, in the first place, there is a harmful effect of atmospheric pollution on human health. The work is devoted to catching, tapping, accumulation and processing of dust. The processes of purification of waste gases from dust were investigated with the help of a cyclone-rotary dust collector and other types of dust-collecting equipment.*

*Key words: centrifugal force, dust collector, biofuel.*

**Постановка проблемы**

Работа оборудования льнозаводов сопровождается образованием пыли, которая загрязняет воздух рабочей зоны и представляет опасность для здоровья персонала. Она представляет собой смесь, состоящую из органических частиц и минеральных остатков (12-74%) с примесью (до 57%) кварца. Пыль с более низким содержанием минеральных остатков (до 30%) выделяется в рабочей зоне на операциях с готовым продуктом. Органическая (растительная) пыль состоит преимущественно из частиц, размер которых не превышает 10 мкм (80-95%). Частицы этого размера имеют тенденцию следовать потоку воздуха. В спокойном воздухе частицы пыли размером 0,1-10 мкм оседают медленно, более крупные пылинки размером от 10 мкм и более оседают быстро, а пылинки менее 0,1 мкм почти не оседают.

**Анализ последних исследований и публикаций**

Существует много методов и типов оборудования для очистки газов от пыли. Среди них известно несколько десятков различных конструкций аппаратов, в которых используется центробежная сила.

Несмотря на многообразие, все они являются вариантами аппаратного оформления, где использованы немногие основные принципы осаждения или задержания взвешенной фазы. Из инерционных аппаратов центробежного типа наибольшее распространение получили циклоны. Частицы

пыли выделяются в них под действием центробежной силы в процессе вращения газового потока в корпусе аппарата.

Основную опасность для организма человека при вдыхании представляют твердые частицы размеры, которых менее 10 мкм. Применяемые сегодня системы пылеулавливания работают с проектной эффективностью в узком диапазоне скоростей, концентраций, термодинамических параметров несущей среды и при всех достоинствах, в ряде случаев, их применение становится малоэффективным. Это касается улавливания мелкодисперсной, слипающейся пыли, а также при недостаточном напоре очищаемого газа.

#### Формулировка цели исследований

Целью исследований является разработка инновационной технологии первичной переработки льняных культур. Эффективная очистка производственных помещений и технологического оборудования от пыли, с последующим ее прессованием и использованием в качестве биотоплива.

Очистка отходящих газов перед их поступлением в атмосферу предотвращает загрязнение атмосферного воздуха, позволяет вернуть в производство полезные вещества и утилизировать их без ущерба для окружающей среды. В результате увеличивается выпуск готовой продукции и полностью или частично окупаются расходы на очистку.

Количество основных вредных выделений от технологического оборудования льнозаводов представлено в табл. 1.

Таблица 1

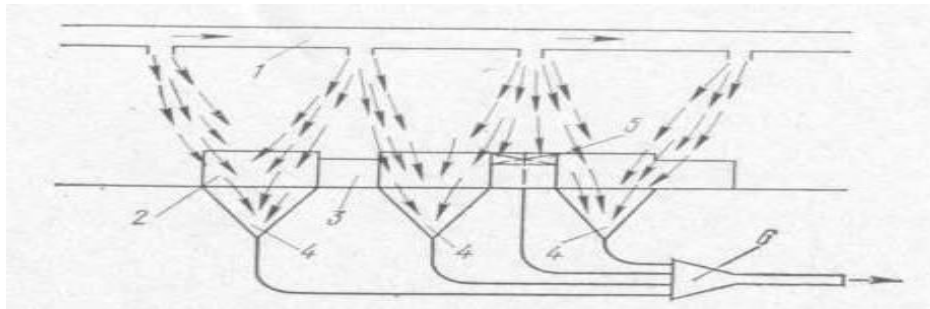
#### Вредные выделения от технологического оборудования льнозаводов

Оборудование	Производительность оборудования, кг/машино-ч	Вид перерабатываемого сырья	Вид выделения	Тепло, тыс. кДж/ч		Кол-во, кг/ч	
				полное	явное	влаги	пыли
Мяльно-трепальный агрегат МТ-100-Л1	890-1190	Стланцевая треста	Валовое	-	-	-	13-18
Мяльно-трепальный агрегат МТА-1Л	1050	То же	Валовое	-	-	-	15,7
			Пыль, осевшая на поверхность выше 0,7 м от уровня пола	-	-	-	4,42
Мяльная машина М-100-Л	890-7790		Валовое	-	-	-	13-18
Куделеприготовительный агрегат КПМГ-2М	440	Отходы трепания	Валовое	-	-	-	22
Трясильная машина ТГ-135Л	527-596	Отходы трепания	Валовое	-	-	-	26,3-29,8
Питатель колковый ПКМ-1	890-1190	Стланцевая треста		-	-	-	8,9-11,9
Волокноотделительная машина ВОМ-2	1200	Отходы без короткого волокна		-	-	-	12

#### Изложение основного материала

Вентиляция цеха сухой обработки льна. Воздухообмен в цехах и цехах сухой обработки льна рекомендуется рассчитывать с учетом выделяющейся при работе технологического оборудования пыли по схеме рис.1. В общем количестве воздуха, подаваемого в цех сухой обработки, его минимальное количество определяют исходя из компенсации объемного расхода удаляемого воздуха системами аспирации и пневмотранспорта, а также количества воздуха, необходимого для поддержания в цехе (при блокировании с помещениями тепловой мочки и сушки) некоторого подпора (избыточного давления приблизительно 5%). В рабочей зоне подвижность воздуха принимается не более 0,3 м/с (при достаточном обосновании допускается повышать до 0,5-0,6 м/с), поэтому в качестве воздухораспределителей применяют сопла с круглым или прямоугольным (щелевидным) отверстием [1].

При этом воздухораспределительные каналы располагают в верхней зоне и на продольных стенах в помещениях.

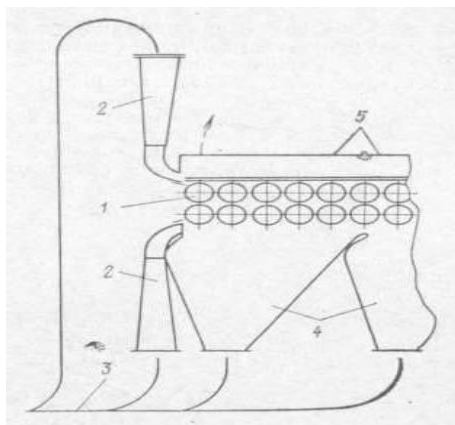


**Рис. 1. Схема работы общеобменной вентиляции при  $V_{пр} \leq V_{м.о.}$**

**1 – приточный воздуховод; 2 – агрегатная линия; 3 – воздухонепроницаемые перегородки; 4 – бункера; 5 – аспирационное устройство; 6 – коллектор**

Примечания: если  $V_{м.о.} > V_{пр}$ , то  $V_{пр}$  принимается равным  $V_{м.о.}$  ( $V_{пр}$  – объемный расход проточного воздуха,  $V_{м.о.}$  – объемный расход местных отсосов)

Обеспыливание мяльной машины. Вследствие вращения мяльных вальцов, подобных в аэродинамическом отношении рабочему колесу радиального вентилятора, выше и ниже мяльного поля образуются потоки воздуха. Эти потоки направлены против движения материала, в связи с чем зона повышенного давления находится на входе сырья в машину. Чтобы предотвратить поступление пыли и костры в рабочую зону, машина оборудована вентиляционным укрытием с верхним и нижним воздухоприемниками на входе волокнистого материала в аппарат, и бункерами под мяльными вальцами. Воздухоприемники и бункеры присоединяются к системе пневмотранспорта [2]. Устройство для удаления костры и пыли мяльной машины показано на рис.2. Крышки вентиляционного укрытия выполняют легкими и откидными. Для удаления костры, выделяющейся из сырца, между мяльной и трепальной машинами устанавливают костроприемник, который при пневматическом удалении отходов трепания включается в эту систему.

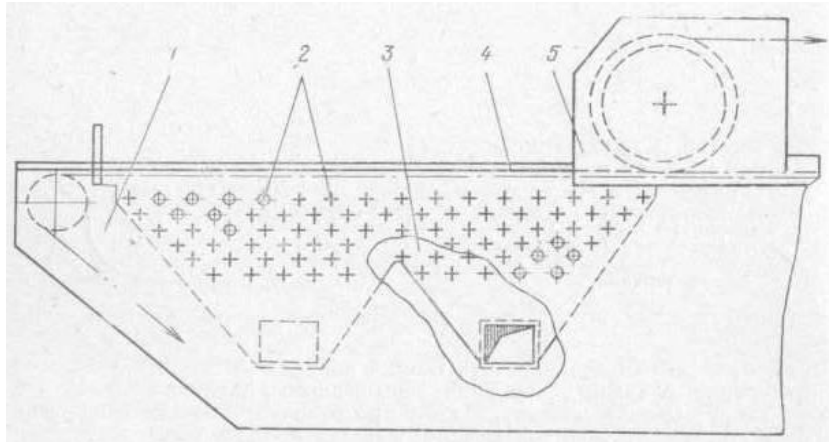


**Рис. 2. Схема аспирации мяльной машины**

**1 – мяльные вальца; 2 – воздухоприемники на входе в машину; 3 – система пневмотранспорта; 4 – бункера; 5 – крышки от легкого материала**

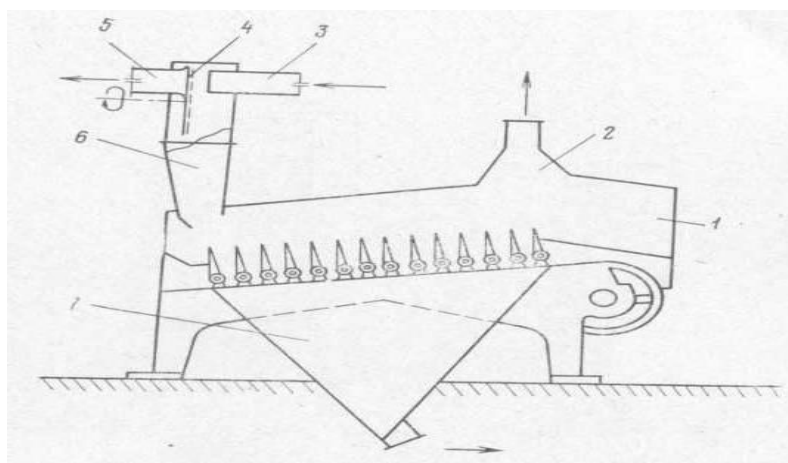
Аспирация и пневмотранспорт трепальной машины. Трепальная машина оборудована герметичным вентиляционным укрытием. Вследствие высоких окружных скоростей, развиваемых рабочими органами машины, под укрытием возникает избыточное динамическое давление воздуха. Машина находится под разрежением, причем разрежение воздуха на внутренних поверхностях стенок укрытия должно быть не меньше динамического давления, создаваемого рабочими органами. В вентиляционном укрытии предусмотрены воздухоприемники на входе в машину, от каждой секции и межсекционного пространства, от места съема длинного волокна. На рис.3 показано пространства для обеспыливания места съема длинного волокна. Участок ограждения транспортируемого ремня выполняется гладким и перфорированным круглыми отверстиями диаметром 1мм. Живое сечение

перфорированной поверхности рассчитывается исходя из средней скорости воздуха в отверстиях (1,2-2,5 м/г). Над щелью для выхода волокна может быть дополнительно установлен щелевой воздухоприемник. В нижней части укрытия, под каждой секцией и межсекционным пространством, предусмотрены бункеры [3].



**Рис. 3. Схема обеспыливания выпускной части мяльно-трепального агрегата**  
 1 – ограждения транспортируемого ремня; 2 – перфорированный участок ограждения; 3 – плоский бункер с фланцем; 4 – щель для выхода волокна; 5 – ограждение шкива главного контейнера

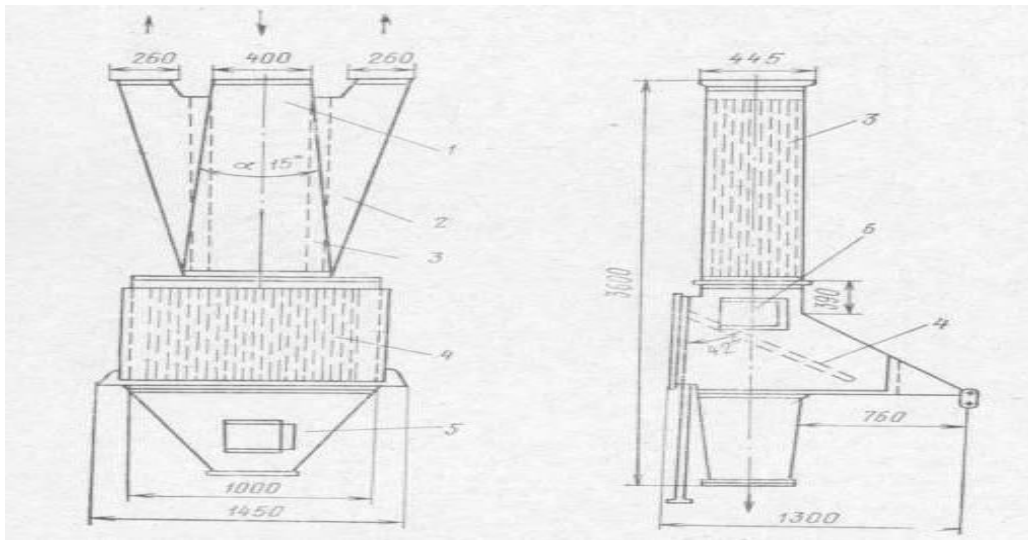
Аспирация и пневмотранспорт трясильной машины. Машина оборудована вентиляционным укрытием с патрубком для приема отходов трепания воздухоприемником над верхней частью трясильного поля. Под трясильным полем должен быть предусмотрен бункер. Бункер и встроенный в укрытие воздухоприемник соединяют соответственно с системами пневмотранспорта и аспирации. В одной из стенок бункера должен размещаться плотно закрывающийся люк. Повышенная запыленность воздуха в рабочей зоне трясильных машин объясняется главным образом несовершенством подачи в машину отходов трепания через циклон: отделенные от воздуха в циклонах отходы трепания вместе со значительным количеством минеральной пыли подаются на игольчатое поле трясильной машины и вновь распыляются, попадая в больших количествах в помещение. Для создания нормальных санитарно-гигиенических условий в рабочей зоне трясильной машине необходимо изменить схему подачи в нее отходов трепания, предусмотрев отделения от отходов трепания растительной и минеральной пыли. Один из вариантов без циклонной подачи отходов трепания в трясильную машину показан на рис.4. Количество воздуха, проходящего по отсасывающему воздухопроводу, принимается на 10-15% выше, чем по воздухопроводу подачи отходов. Коэффициент живого сечения вращающегося диска принимается 0,45-0,65; частота вращения 0,05-0,16 с<sup>-1</sup>. Отходы трепания в машину подаются через специальный отделитель. Количество подаваемого в отделитель воздуха равно 15-18 тыс. м<sup>3</sup>/ч. Количество отсасываемого от отделителя воздуха принимается на 15-25% больше подаваемого [4].



**Рис. 4. Обеспыливание трясильной машины ТГ-135Л**  
 1 – вентиляционное укрытие; 2 – патрубок; 3 – воздухопровод подачи отходов трепания; 4 – дисковый отделитель; 5 – отсасывающий воздухопровод; 6 – полноприемный патрубок; 7 – бункер

Процентное отношение объема воздуха, отсасываемого через боковые патрубки и костроотсос, составляет соответственно 70 и 30. Коэффициенты местных сопротивлений: подводящего патрубка 0,1; боковых патрубков 1,1; костроотсосы 0,31.

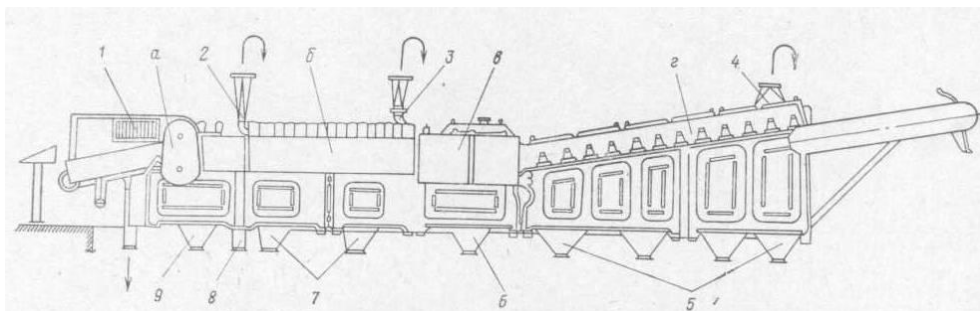
Обеспыливание куделеприготовительной машины. Колковые барабаны и вытяжные вальцы колкового питателя, мяльная часть машины, питающие валики, трепальные и отбойные барабаны трепальной части, верхнее гребенное поле и планчатый конвейер трясильной части должны иметь вентиляционные укрытия [5]. Машина оборудована бункерами установленными под колковым питателем, включая часть питающего конвейера, а также под мяльной, трепальной и трясильной частями. На машине предусматриваются: воздухоприемник (боковой отсос) у конвейера колкового питателя; верхний и нижний воздухоприемники на входе волокнистого материала в мяльную часть; воздухоприемники на входе в трепальную часть и на выходе волокна из трясильной части (рис.5).



**Рис. 5. Отделитель отходов трепания**

**1 – входящий патрубок; 2 – боковой патрубок; 3 – вертикальная пластинчатая решетка; 4 – наклонная пластинчатая решетка; 5 – костроотсос; 6 – ревизия**

Все воздухоприемники имеют отводы для присоединения к системе пневмотранспорта. Особенности обеспыливания агрегата. Внутренние поверхности и входные края встроенных в машину средств генерации и пневмотранспорта для удаления пыли, костры, отходов и т.п. неокрашены, гладкие, без вмятин и уступов.



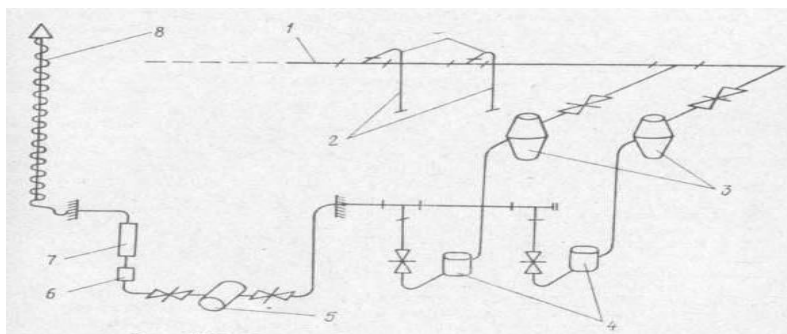
**Рис. 6. Схема обеспыливания куделеприготовительной машины.**

**а – колковый питатель; б – мяльная часть; в – трепальная часть; г – трясильная часть; 1 – воздухоприемник у питающего конвейера; 2 – верхний воздухоприемник на входе материала в мяльную часть; 3 – воздухоприемник на входе материала в трепальную часть; 4 – воздухоприемник на выходе материала на трясильной части; 5 – бункера под трясильной частью; 6 – бункер под трясильной частью; 7 – бункер под мяльной частью; 8 – воздухопровод от нижнего воздухоприемника; 9 – бункер под колковым питателем**

В зависимости от расположения оборудования, кустороссы мяльно-трепального и куделеприготовительного агрегата могут быть объединены в одну установку или выполнены самостоятельными для каждого агрегата. Самостоятельные аспирационные установки обслуживают места загрузки и выгрузки льноматериала у сушильной машины, столы сортировки длинного и короткого волокна, прессы для длинного и короткого волокна. Как правило, самостоятельно выполняется установка для пневматического транспортирования отходов трепания от трепальной машины (рис. 6).

Сборные магистрали воздухопроводов система аспирации и пневмотранспорта должны быть наиболее короткими. Для этого вентиляторы следует располагать по возможности в центре магистрали, а не в конце ее. Установки с меньшим количеством воздухоприемников работают более надежно.

Централизованная пылеуборка. Для уборки цеха сухой обработки льна и фильтрованных камер смонтирована стационарная централизованная система вакуумной пылеуборки, состоящая из побудителя тяги например газодувки 1А24-30-2А, фильтров I и II ступеней соответственно для сбора отходов и очистки воздуха, разветвленной сети трубопроводов из стальных бесшовных труб, гибких шлангов и насадок [6]. Расход воздуха на одно сопло принимается на  $300\text{ м}^3/\text{ч}$ .



**Рис. 7. Схема централизованной пылеуборки**

**1 – магистральный трубопровод; 2 – опуски со штуцерами; 3 – фильтр первой степени; 4 – фильтр второй степени; 5 – газодувка; 6 – маслоотделитель; 7 – глушитель шума; 8 – выхлопная труба с изоляцией**

Допускается одновременная работа не более двух сопел. Уборка пола и оборудования проводится не реже 1 раза в смену. Уборка стен, строительных конструкций и светильников следует проводить не реже 1 раза в неделю. Побудитель тяги оборудуется съемным звукоизолирующим кожухом, а отдельная помещение, где его устанавливают, звуковой изоляции. Воронки располагаются в безопасных для обслуживания местах. Скорости воздуха при удалении и транспортирования различных материалов представлено в табл.2.

Льняная пыль (отход мяльно-трепальных агрегатов и чесальных машин) содержит около 5% восков и свыше 10% пектиновых веществ. После удаления из пыли мелких волокон и кистринок содержание воска доходит до 10%, пектинов до 20%. Кроме того, в такой пыли содержится около 2,5% азота, 0,76% калия и 0,1% фосфорной кислоты. Льняной воск влияет на технологический процесс прессования. Спрессованное биотопливо более надежно сохраняется при воздействии внешней влаги.

В ХНТУ разработан двухступенчатый пылеуловитель (ЦРП), который способен задерживать мелкую производственную пыль гораздо лучше, чем существующие аналоги [7].

Циклонно-ротационный пылеуловитель представлен на рис. 8.

Пылеуловитель ЦРП состоит из цилиндра 4, соединённого с конусом 2. Внутри по оси аппарата закреплена центральная труба 9, к верхнему срезу которой примыкает ротор с лопастями 7, приводимый во вращение с помощью вала 5 и электродвигателя 6. К центральной трубе жёстко прикреплена горизонтальная конусная перегородка 8, делящая аппарат на две ступени: нижнюю - циклонную и верхнюю - ротационную. Между конусной перегородкой 8 и внутренней стенкой цилиндра 4 предусмотрен коаксиальный зазор для стока жидкости с верхней ступени. Циклон имеет тангенциальный штуцер 3 для ввода запылённого воздуха в циклонную часть и тангенциальный штуцер 11 для вывода очищенного воздуха из ротационной части. Циклон имеет бак 1 для сбора пыли и насос для циркуляции жидкости 10.

Запылённый воздух по штуцеру 3 поступает в первую ступень. Благодаря тангенциальному подводу воздух приобретает вращательное движение и перемещается по винтовой линии сверху вниз. Под действием центробежных сил наиболее крупные частицы пыли отбрасываются к смачиваемой стенке аппарата и поступают в бак 1. Затем поток всасывается в центральную трубу 9 и попадает в полость вращающегося ротора. Сюда же с помощью насоса 10 подаётся осветлённая вода из бака 1. Воздухопылежидкостная смесь с большой скоростью выбрасывается из каналов ротора, смоченные

частицы пыли при этом ударяются о стенку аппарата, и смываются жидкостью в нижнюю - циклонную часть аппарата, а затем в бак 1. Очищенный воздух выводится из циклона через штуцер 11.

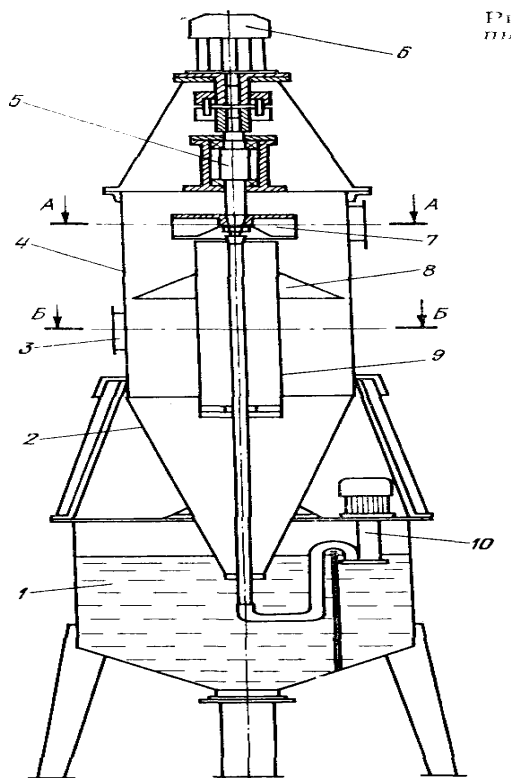


Рис. 8. Циклонно-ротационный пылеуловитель ЦРП

Действуя, как воздуходувка, он создаёт разрежение во всасывающем и повышение давления в нагнетательном патрубке, благодаря чему может работать автономно (без вентилятора), не имеющие начального избыточного давления; благодаря большой центробежной силе, действующей на частицу в ротационной части пылеуловителя, он эффективно улавливает частицы диаметром менее 10 мкм; изменяя в определенных пределах обороты ротора, можно оптимизировать производительность и напор пылеуловителя.

С помощью ротора достигается тонкое распыление жидкости и равномерное орошение свободного объема и стенок аппарата, что увеличивает эффективность улавливания тонкодисперсной пыли. Это особенно важно при улавливании слипающейся пыли, которая осаждаясь на стенки, может забивать пылеуловитель [8].

При очистке воздуха от сыпучей пыли льнозавода рекомендуется использовать сухой режим работы.

#### Выводы

Широкому использованию отходов первичной обработки в настоящее время препятствуют сравнительно малые количества отходов, получаемые на небольших льнозаводах, которые не всегда могут обеспечить цеха по переработке костры, а перевозка отходов россыпью может оказаться экономически невыгодной. Поэтому, первой задачей в использовании костры и пыли является приведение их в транспортабельный вид путем брикетирования или прессования. Использование инновационной технологии улавливания, осадки и отводки костры и частиц пыли позволяет оздоровить производственные помещения, улучшить и облегчить технологические процессы переработки лубяных культур. Уловленная костра и пыль является сырьем для производства плотно спрессованного биотоплива.

## Список использованной литературы

1. Справочник по заводской первичной обработке льна / под общ. Ред. В.Н. Храмцова. - М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. - 512 с.
2. Палейчук В.К. Совершенствование и оптимизация технологических процессов получения короткого льняного волокна. Дис. ... канд. техн. наук: 05.19. 02 – Х., 1997.- 126 с.
3. Живенин В.В., Гинзбург Л.Н., Ольшанская О.М. Лен и его комплексное использование. – М.: Информ-Знание, 2002.-400 с.
4. Чурсіна Л.А., Клевцов К.М., Калінський Є.О. Основи фундаментальних досліджень комплексної переробки луб'яних культур. – Херсон: ВКФ «Стар» ЛТД, 2009. – 172 с.
5. Чурсіна Л.А., Євтушенко В.В., Тіхосова Г.А. Нові технології переробки луб'яних культур. – Херсон: ХНТУ, 2008. -170 с.
6. Ляліна Н.П. Первинна переробка соломи без наркотичних конопель з метою одержання целюлозовмісних матеріалів: Дис. канд. техн. наук: 05.18.03. –х., 2003.- 148 с.
7. Kuznyetsov S.I. Modeling of hydrodynamics of a tsiklonno-rotational deduster of the raised efficiency. Modeling of the hydrodynamics of a cyclonic rotational dust collector of increased efficiency has now been published in the following paginated issue of Journal of Engineering Physics and Thermophysics: Volume 85, Issue 2 (2012), Page 349-355.69129. New-York. USA.
8. Патент на корисну модель №62802 Україна, МПК В04С3/04(2006.01), В04С5/24(2006.01), В04С5/30(2006.01). Циклонно-ротаційний пиловловлювач / Кузнецов С.І. (Україна); Заявл.22.04.11; Опубл. 12.09.11, Бюл. №17, 2011.