

10. Лисовенко, С.И. Исследование туковысевающих аппаратов европейского типа / С.И. Лисовенко // Сборник научных работ «Харьковский институт механизации социалистического сельского хозяйства». – Харьков, 1940. – Вып. 2. – С. 45–70.
11. Кардашевский, С.В. Высевающие устройства посевных машин / С.В. Кардашевский. – М.: Машиностроение, 1973. – 178 с.
12. Атомян, В.М. Исследование свободного истечения и высева семян зерновыми сеялками с катушечными высевающими аппаратами / В.М. Атомян. – Ереван: Изд-во Главного управления с.-х. наук МСХ АРМ. ССР, 1960. – 164 с.

УДК 331.472

**Л.В. Мисун, Т.В. Севастюк,  
А.П. Утенков**  
(УО «БГАТУ»,  
г. Минск, Республика Беларусь)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЫЛЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ЛЬНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

### **Введение**

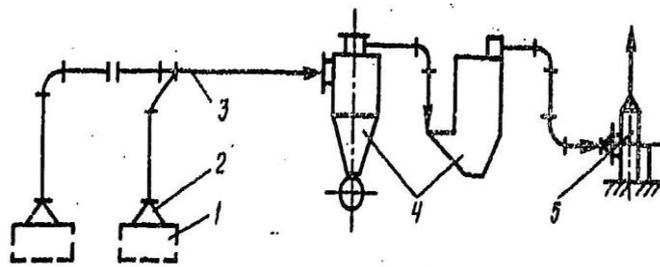
Работники льноперерабатывающих предприятий в процессе своей трудовой деятельности взаимодействуют с предметами и средствами труда (машинами, механизмами, оборудованием), а также с производственной средой, включающей производственные помещения и промплощадки. Все эти составляющие производственной деятельности часто не соответствуют требованиям безопасности труда, сохранения жизни и здоровья работников.

Одним из основных показателей, не отвечающих гигиеническим нормативам охраны труда работников, является уровень запыленности рабочего места. Так, согласно данным ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», на рабочих местах сортировщиков, раскладчиков сырья, съемщиц длинного и короткого волокна мяльно-трепальных линий концентрация пыли превышала ПДК в два и более раз [1]. Особую опасность для организма работающего представляют респираторные и трахеобронхиальные пылинки, способные проникать в альвеолы и в периферии легкого.

Анализ ранее проведенных исследований показывает, что еще недостаточно изучены закономерности формирования пылевой обстановки на объектах льноперерабатывающей отрасли АПК. В частности, не исследованы взаимосвязь пылевого состояния внутренней и внешней воздушной среды, закономерности формирования пылевого режима производственных помещений.

### **Основная часть**

Одним из основных средств борьбы с пылью и предотвращения аварийных взрывопожарных ситуаций при льнопереработке является аспирация (рисунок 1) – удаление запыленного воздуха из полостей технологического и транспортного оборудования или из укрытий источников интенсивного пылеобразования. Аспирация позволяет также локализовать источники пылеобразования и существенно уменьшить пылевое загрязнение производственных помещений и окружающей среды. При этом аспирация оборудования способствует увеличению срока его службы, улучшению качества выпускаемой продукции [2].



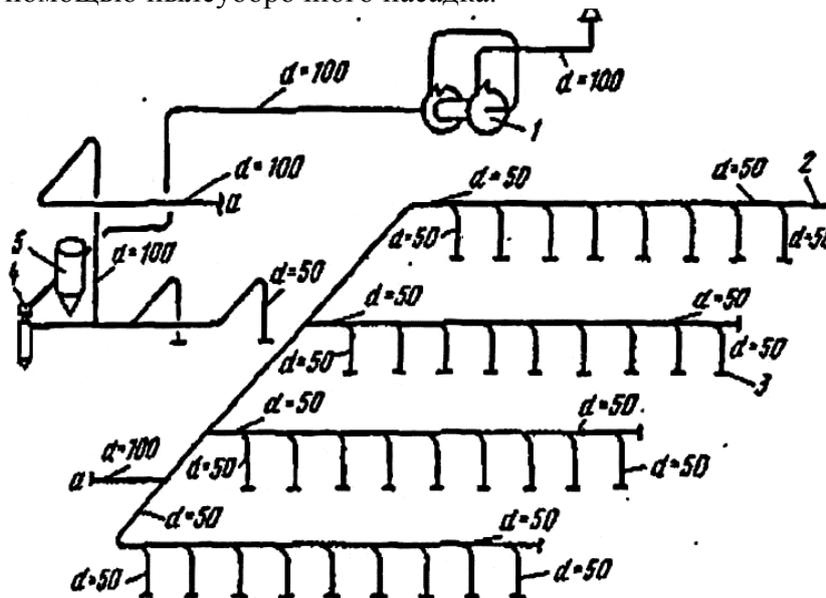
1 – герметизирующие укрытия; 2 – отсасывающие патрубки;  
3 – воздуховоды; 4 – пылеуловители; 5 – вентилятор

**Рисунок 1. – Аспирация пылевывделяющего оборудования**

Однако нормализовать санитарно-гигиеническую обстановку с помощью одной лишь аспирации технологического оборудования затруднительно по следующим причинам:

- работа аспирационных установок сопровождается выбиванием и диффузионным выносом пыли из локализирующих укрытий и кожухов оборудования;
- аспирацией невозможно охватить распределенные источники вторичного (поверхностного) выделения пыли;
- определенное количество пыли поступает в производственные помещения вместе с приточным воздухом, компенсирующим работу местных вытяжек.

Источником пылевого загрязнения производственной воздушной среды также является взметывание пыли, осевшей на поверхности помещения и оборудования. При этом наиболее вредная для здоровья тонкодисперсная пыль вторично попадает в воздух и из помещения практически не удаляется. По соображениям производственной санитарии и взрыво- и пожаробезопасности совершенно недопустима уборка пыли путем ее сдува струей сжатого воздуха, а мокрая пылеуборка поверхностей малопродуктивна и приводит к потере сырья и готовой продукции. Для решения этих вопросов может использоваться вакуумная пылеуборка (рисунок 2), при которой очистка поверхностей осуществляется путем всасывания пылевоздушной смеси, образуемой с помощью пылеуборочного насадка.



1 – вентилятор высокого давления; 2 – прочистка;  
3 – штуцер-пробка; 4 – циклон; 5 – рукавный фильтр

**Рисунок 2. – Схема централизованной системы вакуумной уборки пыли в помещении и на оборудовании**

Теоретическое обоснование (математическая модель) процесса пылевого загрязнения воздушной среды (или системы обеспыливания) представляет собой совокупность уравнений, неравенств, алгоритмов, которые соответствуют реальному объекту и способны в определенном смысле его имитировать. Уравнения дополняются граничными и начальными условиями, а также неравенствами, определяющими области допустимых значений определяемых величин. При построении математической модели формирования пылевого состояния воздушной среды, а также функционирования средств защиты от пыли использовался блочно-иерархический подход, согласно которому модель строится из отдельных логически завершенных блоков, соответствующих структурным частям системы или процессам [3]. Так, в качестве отдельных блоков рассматривалось теоретическое обоснование загрязнения помещений и промышленных площадок, аспирации технологического оборудования. При этом параметры формирования пылевой обстановки в помещениях следующие [4]:

- дисперсный состав и концентрация взвешенной пыли внутри помещения;
- интенсивность поступления пыли из аспирируемого оборудования и локализирующих укрытий;
- интенсивность вторичного пыления, связанного с взметыванием осевшей на поверхностях пыли;
- интенсивность гравитационного осаждения пыли;
- массовый расход воздуха, удаляемого из помещения аспирационными установками;
- массовые расходы приточного воздуха, поступающего в помещение механическим и естественным способами;
- концентрация пыли в приточном воздухе.

Для определения дисперсного состава пыли, взвешенной в зоне дыхания работающих ( $\Delta D_i^g$ ), выполнялся пересчет дисперсности осажденной пыли по формуле [5]:

$$\Delta D_i^g = \frac{\Delta D_i}{V_{si} \sum_{i=1}^n \Delta D_i / V_{si}},$$

где  $\Delta D_i$  – относительное массовое содержание  $i$ -той фракции взвешенной в воздухе и осажденной пыли;

$V_{si}$  – средняя скорость осаждения частиц  $i$ -той фракции.

Для оценки гигиенических свойств взвешенной пыли необходим дисперсный состав по относительной массе фракций:

$$\Delta D_i = \frac{\Delta D_i^c (\bar{\delta}_i / p_i)^3}{\sum_{i=1}^n \Delta D_i^c (\bar{\delta}_i / p_i)^3},$$

где  $\Delta D_i^c$  – относительная масса частиц, принадлежащих  $i$ -той фракции (в долях единицы);

$\bar{\delta}_i / p_i$  – относительное количество частиц, находящихся в той же фракции;

$\bar{\delta}$  – средний размер частиц  $i$ -той фракции;

$p_i$  – эмпирический коэффициент, учитывающий отличие формы частиц  $i$ -той фракции от сферической и неоднородность (рыхлость, пористость) их структуры.

Важным параметром процесса формирования пылевой обстановки в помещениях является интенсивность технологического и вторичного (поверхностного) выделения

пыли. Так, интенсивность выноса пыли из аспирационного укрытия ( $G_{дифф.}$ ) находилась с помощью уравнения конвективной диффузии частиц аэрозоля:

$$G_{дифф.} = D_{тр} F_n (C - C_{pz}) / d,$$

где  $F_n$  – площадь неплотностей оборудования;

$C$  – концентрация пыли внутри укрытия;

$C_{pz}$  – концентрация пыли в рабочей зоне;

$d$  – ширина переходного слоя, равная эквивалентному диаметру полости укрытия;

$D_{тр}$  – коэффициент турбулентной диффузии частиц:

$$D_{тр} = 0,25 \cdot \sqrt[3]{\frac{F_y^2 (F_y U_y + F_n U_n)}{2W_y} + F_y^2 \cdot \varepsilon_{po}},$$

где  $F_y$  – площадь поперечного сечения укрытия;

$U_y$  – скорость аспирируемого воздуха;

$W_y$  – объем укрытия;

$U_n$  – скорость потока воздуха через щели и неплотности укрытия;

$\varepsilon_{po}$  – мощность, отдаваемая воздушной среде рабочими органами и отнесенная к единице массы воздуха, находящегося внутри укрытия или кожуха оборудования:

$$\varepsilon_{po} = \frac{C_{po} F_{po} v^3}{2W_y},$$

где  $C_{po}$  – коэффициент аэродинамического сопротивления движущегося рабочего органа;

$F_{po}$  – площадь его поперечного сечения;

$v$  – скорость движения рабочего органа.

Из условия  $m_{\max} = 0,04 F_n H C_{нквн}$ ,

где  $F_n$  – площадь пола;

$H$  – высота помещения;

$C_{нквн}$  – нижний концентрационный предел взрываемости пылевоздушных смесей, определялось критическое значение удельной интенсивности пылеотложений на полу помещения ( $q_{кр}$ ):

$$q_{кр} = \frac{0,04 H C_{нквн}}{1,1n + \tau \cdot N (0,1 + 0,15 \frac{F_{cm}}{F_n} + 0,5 \frac{F_{об}}{F_n})},$$

где  $\tau$  – продолжительность работы предприятия в течение суток;

$F_{cm}, F_o, F_{об}$  – площади соответственно стен, окон, оборудования;

$N$  – количество участков.

Массовые расходы воздуха через приточные  $G_n$  и вытяжные  $G_в$  проемы определялись по формулам [5]:

$$G_n = \mu_n F_n \sqrt{2\rho_n (P_p - P_o)} ;$$

$$G_в = \mu_в F_в \sqrt{2\rho P_o},$$

где  $F_n, F_в$  – площади приточных и вытяжных проемов;

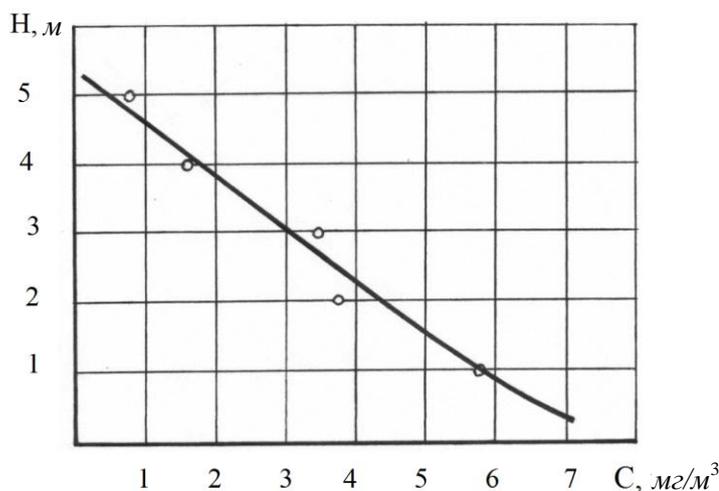
$\mu_n$  и  $\mu_в$  – коэффициенты расходов приточных и вытяжных проемов соответственно ( $\mu_n = 0,65$ ;  $\mu_в = 0,45$ );

$P_o$  – избыточное статическое давление в помещении;

$P_p$  – располагаемое давление.

Максимальное значение приземной концентрации пыли при холодном выбросе пылевоздушной смеси из одиночного точечного источника, концентрация пыли, обусловленная выбросами близко расположенных источников запыленного воздуха, рассчитывались по известной методике [6].

Экспериментальные исследования проводились в ОАО «Пружанский льнозавод». Результаты исследований показали, что распределение концентрации пыли по высоте помещений отличалось большой неоднородностью. С увеличением высоты концентрация пыли снижалась (рисунок 3).



**Рисунок 3. – Изменение концентрации пыли по высоте помещения**

Для обеспыливания производства льнопереработки применялась аспирация технологического оборудования, дополненная организованным притоком воздуха для компенсации работы местных отсосов и разбавления попадающей в помещение пыли. Подачу приточного воздуха в помещениях осуществляли через потолочные воздухораспределители по схеме «сверху вниз». В этом случае приточный воздух движется сплошным ниспадающим потоком, который не нарушает процесса гравитационного осаждения пыли и не вызывает вторичного ее взметывания с поверхности пола и оборудования. Кроме того, при такой организации воздухообмена обеспечивается относительно равномерное распределение параметров воздушной среды по площади рабочей зоны помещения. Также установлено, что содержание наиболее опасных тонкодисперсных фракций пыли в зоне дыхания составляет значительную часть общей запыленности воздуха и существенно возрастает по сравнению с пылью, выделяемой технологическим оборудованием.

### **Заключение**

Полученные результаты позволяют констатировать, что борьба с пылью в производственных помещениях льноперерабатывающих предприятий может быть эффективной лишь при комплексном применении различных методов и средств: местной вытяжной вентиляции (аспирации), вакуумной пылеуборки поверхностей, систем очистки запыленных выбросов, общеобменной вентиляции, а также средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД).

Для прогнозирования концентрации взвешенной пыли и осадочной запыленности поверхностей помещения и оборудования, нормализация которых является основным условием поддержания здоровых и безопасных условий труда работников, предлагается использовать блочно-иерархический подход, согласно которому теоретическое обоснование процесса пылевого загрязнения воздушной среды представляет собой совокупность уравнений, неравенств, алгоритмов, дополненных граничными и начальными условиями, позволяющими реально описывать функционирование процесса.

### **Литература**

18.05.2016

1. Мисун, Л.В. Состояние условий труда и профессиональной заболеваемости в отраслях экономики Республики Беларусь / Л.В. Мисун, Т.В. Севастюк // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК:

- материалы Междунар. науч.-практ. конф.; Минск, 4–6 июня 2014 г.: в 2 ч. Ч. 1. – Минск: БГАТУ, 2014. – С. 393–396.
2. Алешковская, В.В. Практическое руководство по эксплуатации аспирационных и пневмотранспортных систем на предприятиях перерабатывающей промышленности / В.В. Алешковская. – М.: ДеЛи, 2000. – 148 с.
  3. Самарский, А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – М.: Физматлит, 2002. – 320 с.
  4. Шаптала, В.В. Обоснование оптимальных параметров аспирационных систем по критериям охраны труда / В.В. Шаптала // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2005. – № 12. – С. 91–94.
  5. Шаптала, В.В. Исследование факторов формирования запыленности производственных помещений перерабатывающих предприятий агропромышленного комплекса / В.В. Шаптала, Б.А. Храмов // Тонкие наукоемкие технологии: доклады науч.-практ. конф. – Губкин: БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2004. – С. 124–127.
  6. Мисун, Л.В. Экологическая безопасность на объектах АПК: пособие / Л.В. Мисун, И.Н. Мисун, А.Н. Гурина. – Минск: БГАТУ, 2012. – 216 с.
  7. Состояние условий труда и профессиональной заболеваемости в Республике Беларусь. Информационный бюллетень / Сост.: А.В. Ракевич, А.А. Макарыч, Т.И. Бирюк. – Минск: ГУ РЦГЭ и ОЗ, 2013. – 11 с.

УДК 634.437.8

**А.Л. Мисун**  
**(УО «БГАТУ»,**  
**г. Минск, Республика Беларусь)**

## **УПРАВЛЕНИЕ УРОВНЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ В ПРОМЫШЛЕННОМ ВЫРАЩИВАНИИ КЛЮКВЫ**

### **Введение**

Развитие агропромышленного комплекса Республики Беларусь предусматривает устойчивый рост сельскохозяйственного производства за счет повышения производительности и качества работы, которое напрямую зависит от состояния условий и охраны труда. Следует, однако, отметить, что состояние условий и охраны труда в АПК на протяжении последних десятилетий остается непростым, а наиболее травмоопасной отраслью сельскохозяйственного производства является растениеводство (плюс переработка сельскохозяйственной продукции) – около 30 процентов от всех случаев травматизма. Совершенно очевидно, что процесс эффективного управления системной безопасностью работника в природно-техногенной среде невозможен без научно обоснованного прогноза и ожидаемых последствий негативного воздействия опасных и вредных факторов, сопутствующих производственной деятельности.

Основным понятием, характеризующим степень защищенности операторов мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ) от влияния риска в процессе их производственной деятельности, является безопасность. На сегодняшний день экономическое стимулирование создания безопасных условий труда приобретает новую социальную значимость. Одну из важнейших ролей здесь играет идентификация опасностей профессиональных рисков [1] при выполнении механизированных работ, их количественная оценка.

Актуальность изучения вопросов профессиональных рисков в ряде стран, в том числе и в Республике Беларусь, в настоящее время резко возрастает. Это обусловлено, во-первых, необходимостью активизации профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья работников, во-вторых, правовыми последствиями, связанными с учетом уровня риска при оценке качества управления охраной труда в рассматриваемой производственной системе. На данный момент существует много различных подходов к оценке профессиональных рисков, среди