

**ОТАРБАЕВ МАДИ ЖАНГЕЛЬДИЕВИЧ**

**Снижение пылегазовых выбросов и улучшение условий труда  
при производстве стройматериалов и сварочных работах**

05.26.01 Охрана труда

**А в т о р е ф е р а т**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Республика Казахстан  
Алматы, 2010

Работа выполнена в Казахском национальном техническом университете им. К.И. Сатпаева.

**Научные руководители:** доктор технических наук,  
Унаспеков Б.А.,  
кандидат технических наук  
Бектурганова Г.С.

**Официальные оппоненты:** доктор технических наук,  
Даулетбаков Т.С.  
кандидат технических наук,  
Сыздыкова А.Н.

**Ведущая организация:** ДГП «Институт горного дела им. Д.А. Кунаева»

Защита состоится «18» июня 2010 года в 16.30 часов на заседании диссертационного Совета Д 14.61.25 при Казахском национальном техническом университете имени К.И. Сатпаева по адресу: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22, конференц-зал НК, allnt@ntu.kz

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева

Автореферат разослан «    » \_\_\_\_\_ 2010 года

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Жараспаев М.Т.

## ВВЕДЕНИЕ

**Общая характеристика работы.** В данной работе изучены вопросы, связанные с пылевыделением при производстве стройматериалов и сварочных работах. Изучены технические устройства, обеспечивающие пылеулавливание на рабочих местах при производственных процессах. Выявлены пути снижения вредностей и создание санитарно-гигиенических условий на рабочих местах. Выполнены работы по обоснованию параметров обеспыливания с использованием современных систем очистки воздуха от пыли и газов.

**Актуальность проблемы.** В соответствии с Программой развития «Казахстан-2030» в области дальнейшего развития промышленности и строительства, число предприятий по производству стройматериалов различного назначения будет постоянно расти. Увеличится объем их производства, и, как следствие, образование вредных веществ. В связи с этим перед отраслью промышленности строительных материалов стоит проблема коренного улучшения систем очистки выбросов от пылегазовых выбросов и вредностей на рабочих местах.

Несмотря на наличие большого количества законодательных актов об охране труда и выделение государством значительных финансовых средств на улучшение здоровья работников, занятых на производстве, практические мероприятия по данному вопросу выполняются не в полной мере.

Развитие строительной индустрии приводит к необходимости повышения темпов строительства, что ведет к увеличению загрязнения воздушной среды производственных помещений, атмосферного воздуха, воды, почвы, что, в свою очередь, оказывает негативное воздействие на здоровье людей. Изменить технологию производства, ввести новые эффективные газо- и пылеочистительные сооружения на всех действующих предприятиях пока не всегда и не везде возможно. В связи с этим особое значение приобретает изучение физико-механических, химических свойств и динамики пыли строительных материалов в ограниченных пространствах, а также определение ее концентрации и влияние различных факторов на трансформацию и распределение пыли в воздушной среде.

С учетом современных требований по защите атмосферного воздуха и созданию требуемых безопасных условий труда в строительстве необходимо шире применять мало- и безотходные технологии, современные конструкции пыле- и газоочистных установок, обеспечивающих снижение выбросов вредных веществ до предельно допустимых уровней. Эти проблемы становятся все более актуальными, поэтому, являются важнейшей практической и научной задачей в решении вопросов охраны труда.

**Объектом исследования** являются устройства пылеулавливания на рабочих местах при производстве стройматериалов и выполнении сварочных работ.

**Предмет исследования** – снижение вредностей и создание санитарно-гигиенических условий на рабочих местах производственных предприятий.

**Идея работы** заключается в обосновании параметров обеспыливания на основе физических законов движения воздушных потоков для современных систем очистки воздуха от пыли и газов.

**Цель работы:** научно обосновать и усовершенствовать работу систем, обеспечивающих снижение вредных выбросов на рабочих местах и улучшение условий труда.

В соответствии с идеей и целью работы в диссертации поставлены следующие задачи

- изучить запыленность воздуха рабочих зон при производстве стройматериалов различного назначения;
- выполнить исследования по утилизации каустической пыли для производства магнезитовых изделий;
- разработать теоретические предпосылки и экспериментально изучить процессы оседания пыли и изменение ее концентрации в воздушной среде производственного помещения;
- исследовать процессы удаления газовых выбросов с помощью местных отсосов на рабочих местах при выполнении сварочных работ;
- усовершенствовать работу систем пылеулавливания, вентиляции помещений и улучшить санитарно-гигиенические условия на рабочих местах.

**Научные положения, выносимые на защиту:**

- закономерности образования пыли от установок при производстве строительных материалов и изучение работы пылеулавливающих систем;
- особенности процессов спекания каустической пыли при производстве магнезитовых огнеупоров;
- закономерности оседания частиц пыли и изменения ее концентрации в воздушной среде производственного помещения;
- эффективность работы местных отсосов для улавливания вредностей при газосварочных работах.

**Научная новизна заключается в следующем:**

- использование пенных пылеуловителей более эффективно для улавливания крупнодисперсной пыли и менее эффективно для улавливания пыли фракции менее 2 мкм;
- установлено, что повышение уровня воды до 380 мм при начальной запыленности выбросов  $85 \text{ г/м}^3$  повышает эффективность очистки до 99,8%, тогда как снижение уровня воды до 350-150 мм приводит к снижению степени очистки в пределах от 99,4-98,2%.
- наибольший эффект обжига достигается при расходе природного газа в пределах  $7409\text{-}6800 \text{ м}^3/\text{ч}$  и увеличении количества пыли.
- лучшее спекание пыли из электрофильтров по сравнению с пылью из циклонов обусловлено большей удельной поверхностью частиц.
- теоретически и экспериментально установлено уменьшение скорости оседания частиц некоторых строительных материалов при довольно большой их плотности, наибольшую скорость приобретают частицы круглой или эллипсоидной формы, т.е. частицы с хорошей обтекаемостью воздушным потоком.

- на скорость всасывания оказывает влияние расположение всасывающих отверстий, при их расположении в плоской стенке зона всасывания уменьшается, а величина скоростей воздуха в спектрах увеличивается.

- изменение угла наклона козырька сварочного стола скорости в спектре всасывания повышаются, что обусловлено увеличением количества удаляемого воздуха.

**Научное значение:** теоретические и экспериментальные результаты работы позволяют снизить вредности на рабочих местах при производстве стройматериалов и выполнении сварочных работ. Теоретические предпосылки можно использовать при создании современных систем по очистке от пыли и газовых выбросов для аналогичных условий.

**Практическая ценность работы** заключается в том, что:

- разработана технологическая схема по производству огнеупорных изделий с использованием выбросов каустической пыли;

- исследованы процессы удаления газовых выбросов с помощью местных отсосов при выполнении сварочных работ;

- разработаны современные системы удаления пылегазовых выбросов, обеспечивающие санитарно-гигиенические условия на рабочих местах.

Рекомендации используются в проектных и научно-производственных предприятиях: ТОО «Асфальтобетон-1», ТОО «Железобетонные изделия», АО «Алматинский комбинат строительных материалов», ТОО «Центральная лаборатория по испытанию строительных материалов» (ЦеЛСИМ), ТОО «НИИСтромпроект» (г. Алматы).

Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения разработок на производственном предприятии ТОО «Асфальтобетон-1» составит 800 000 тенге.

**Методы исследования включают:** анализ современного состояния условий труда и изучение особенностей технологического режима и образования пыли от установок по производству бетонных изделий; оценка санитарно-гигиенической нормы и анализ работы систем вентиляции и местных отсосов при сварочных работах; математическая обработка результатов исследований.

**Обоснованность и достоверность научных положений и выводов и рекомендаций подтверждены:**

- сходимостью теоретических результатов с результатами лабораторных и натурных экспериментов с относительной погрешностью 10-15%;

- корректностью используемых подходов и методов, базирующихся на классических теориях гидравлики, аэродинамики, математики и физики.

Выводы работы согласуются с существующими теориями других авторов в области охраны труда, очистки пылегазовых выбросов и вентиляции.

**Личное участие автора** состоит в получении указанных выше научных результатов и научных положений, выносимых на защиту.

**Реализация результатов работы.** Результаты работ внедрены на предприятиях по производству железобетонных изделий (ЖБИ), ТОО «Асфальтобетон-1», комбината строительных материалов, Центральной лаборатории по испытанию строительных материалов (ЦеЛСИМ).

**Апробация работы.** Основные положения диссертации доложены на международных конференциях: Труды Международной Научно-практической конференции «Механика и строительство транспортных сооружений», посвященной 75-летию Заслуженного деятеля науки и техники Казахстана, академика НАН РК, д.т.н., профессора Айталиева Ш.М. (Алматы, 2010), Труды XI Международной научно-технической конференций «Новое в безопасности жизнедеятельности» (Алматы, 2009).

**Публикации по теме диссертации.** По теме диссертации опубликовано 6 научных статей, из них 3 статьи на Международных научно-практических конференциях и 3 статьи в изданиях, перечень которых утвержден Комитетом МОиН РК.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 5 разделов и заключения, которые изложены на 113 страницах компьютерного набора, иллюстрируется 42 рисунками и 29 таблицами, списка использованных источников из 103 наименований и приложения относящегося к практической реализации и внедрению результатов научно-исследовательских работ.

## **Основная часть**

Строительная отрасль занимает одно из ведущих мест в экономике нашей страны и остается отраслью с вредными, тяжелыми условиями труда. Различные аспекты борьбы с запыленностью посвящены исследованиям многих ученых СНГ и Казахстана. На сегодняшний день в строительных отраслях проводится мало мероприятий по уменьшению загрязнений и улучшению производственных условий труда, а существующие мероприятия, направленные на устранение причин пылевыделения и уменьшения запыленности атмосферного воздуха, недостаточно эффективны.

*В первом разделе* изучены источники пылевыделений при производстве строительных материалов, а также технологические особенности образования пыли, газовых выбросов на предприятиях стройиндустрии и их негативное воздействие на организм человека. Как известно, процессы производства строительных материалов, в том числе сварочные процессы отличаются интенсивными тепловыделениями (лучистыми и конвективными), пылевыделениями, приводящими к большой запыленности производственных помещений токсичной мелкодисперсной пылью, и газовыделениями, действующими отрицательно на организм работающих. Сварочная пыль – мелкодисперсная, скорость витания ее частиц – не более 0,08 м/с, оседает она незначительно, поэтому распределение ее по высоте помещения в большинстве случаев равномерно, что чрезвычайно затрудняет борьбу с ней.

Последствия воздействия на человеческий организм вредных веществ, выделяющихся при сварочных процессах, еще, к сожалению, полностью не изучены, хотя совершенно очевидно, что они оказывают на здоровье рабочих в сварочных производствах (и в первую очередь самих сварщиков) вредное влияние. Поэтому необходимо, чтобы концентрация этих веществ в воздухе производственных помещений была по возможности минимальной.

Во втором разделе предлагается методика проведения исследований запыленности рабочей зоны при производстве стройматериалов и исследования по утилизации каустической магнезитовой пыли. Изучена система очистки выбросов асфальтосмесительной установки при использовании скруббера Вентури и скоростного пылеуловителя. Установлено, что общая эффективность очистки выброса данной системы составляет 99,7%. Концентрация пыли в выбросе равна 0,12 г/м<sup>3</sup>, что соответствует не санитарным нормам.

Разработана технология получения пористых порошков из улавливаемой каустической пыли путем брикетирования смеси немолотой пыли от циклонов и электрофильтров в определенном соотношении и обжига брикета при умеренных температурах во вращающихся печах. Это соответственно оправдывает внедрение технологии производства магнезитовых изделий с использованием пористых зерен заполнителя из улавливаемой каустической пыли по предлагаемой технологической схеме. Однако запыленность помещений при производстве стройматериалов остается достаточно высокой и превышает ПДК.

В третьем разделе рассматривается математическая модель осаждения пыли, основанная на уравнении движения частицы, покоящейся в момент  $t = 0$  и оседающей под действием силы тяжести, который при малых числах Рейнольдса имеет вид:

$$\frac{dv}{dt} + \frac{v}{\tau} - g = 0, \quad (1)$$

где  $\tau = 2r_c^2\rho/9\eta\chi$ ,  $r$  - радиус, м,  $\rho$  - плотность частиц пыли, кг/м<sup>3</sup>,  $\chi$  - аэродинамический параметр, учитывающий форму частиц.

Решение уравнения (1), удовлетворяющее граничным условиям  $t = 0, v = 0$ , выражается формулой

$$v = v_s(1 - e^{-t/\tau}), \quad (2)$$

где  $v_s$  – стационарная скорость оседания частиц, м/с.

Для экспериментальных исследований использована физическая модель воздушной среды производственного помещения, где изучается процесс оседания высокодисперсных частиц пыли строительных материалов размером 0,4-10 мкм. В таблице 1 приведены расчетные значения времени релаксации, установившиеся скорости оседания частиц при единичном коэффициенте формы. Из таблицы 1 видно, что скорость оседания частиц возрастает с увеличением их размеров и плотности.

Таблица 1 – Расчетные значения времени релаксации, установившиеся скорости оседания частиц при единичном коэффициенте формы

Материал	Размер частиц d, мкм	Время релаксации $\tau$ , с	Скорость оседания $v'_s$ , м/с
1	2	3	4
Глина, $\rho = 1800 \div 2000$ кг/м <sup>3</sup>	0,4	$(1,24 - 1,37) \cdot 10^{-6}$	$(1,22 - 1,34) \cdot 10^{-5}$
	1,0	$(6,37 - 7,08) \cdot 10^{-6}$	$(6,25 - 6,94) \cdot 10^{-5}$

1	2	3	4
	2,0	$(2,36 - 2,62) \cdot 10^{-5}$	$(2,31 - 2,57) \cdot 10^{-4}$
	4,0	$(9,05 - 10,06) \cdot 10^{-5}$	$(8,87 - 9,87) \cdot 10^{-4}$
	10,0	$(5,54 - 6,16) \cdot 10^{-4}$	$(5,43 - 6,04) \cdot 10^{-3}$
Доломит, $\rho = 2800 \div 2900 \text{ кг/м}^3$	0,4	$(1,92 - 1,99) \cdot 10^{-7}$	$(1,88 - 1,95) \cdot 10^{-6}$
	1,0	$(9,91 - 10,27) \cdot 10^{-6}$	$(9,72 - 10,07) \cdot 10^{-5}$
	2,0	$(3,67 - 3,80) \cdot 10^{-5}$	$(3,60 - 3,73) \cdot 10^{-4}$
	4,0	$(1,41 - 1,46) \cdot 10^{-4}$	$(1,38 - 1,43) \cdot 10^{-3}$
	10,0	$(8,62 - 8,93) \cdot 10^{-4}$	$(8,45 - 8,76) \cdot 10^{-3}$
Цемент, $\rho = 2600 \div 3200 \text{ кг/м}^3$	0,4	$(1,79 - 2,20) \cdot 10^{-6}$	$(1,76 - 2,16) \cdot 10^{-5}$
	1,0	$(9,20 - 11,33) \cdot 10^{-5}$	$(9,02 - 11,11) \cdot 10^{-4}$
	2,0	$(3,41 - 4,19) \cdot 10^{-5}$	$(3,34 - 4,11) \cdot 10^{-4}$
	4,0	$(1,31 - 1,61) \cdot 10^{-4}$	$(1,28 - 1,58) \cdot 10^{-3}$
	10,0	$(8,01 - 9,86) \cdot 10^{-4}$	$(7,86 - 9,67) \cdot 10^{-3}$

Расчетным путем установлено также уменьшение скорости оседания частиц некоторых строительных материалов, например доломита, при довольно большой их плотности. Это можно объяснить тем, что частицы этих материалов имеют большой динамический коэффициент формы. Наибольшую скорость приобретают частицы круглой или эллипсоидной формы, т.е. частицы с хорошей обтекаемостью воздушного потока. Также рассматривалось оседание монодисперсных частиц в воздухе производственного помещения, в которой перемешивание таково, что потерей частиц за счет оседания на стенках можно пренебречь, а восходящие течения в среднем компенсируются нисходящими, в результате чего концентрация частиц в камере в любой момент времени приблизительно одинакова. Изменение концентрации пыли в зависимости от времени можно выразить формулой

$$n' = n_0 e^{-\left(\frac{v_s}{h} + b\right)t} \quad (3)$$

Сравнивая кривые на рисунке 1 (а), которые построены по результатам ежеминутных (до 10 мин) замеров изменения счетной концентрации пыли при коэффициенте общеобменной вентиляции  $b = 0,021 \text{ мин}^{-1}$ , и кривые на рисунке

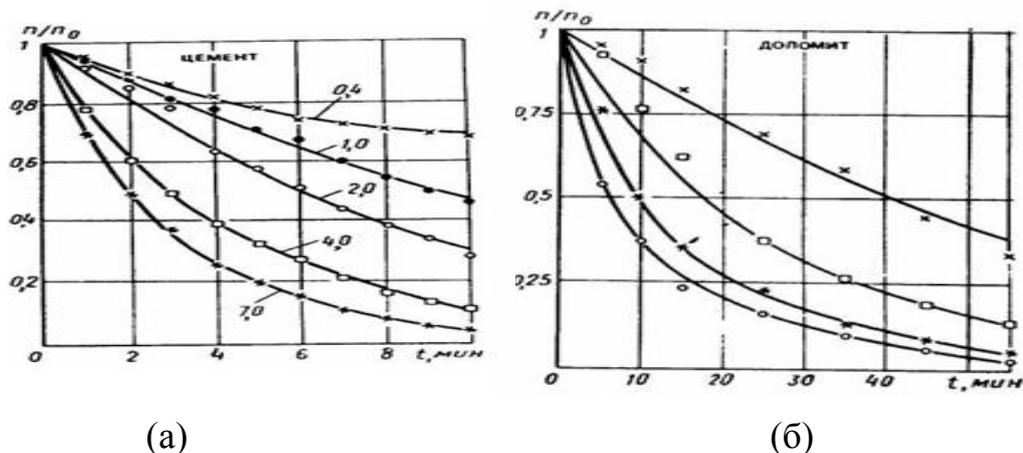


Рисунок 1 - Динамика изменения концентрации частиц пыли цемента, глины, доломита при ежеминутных замерах и коэффициенте общеобменной вентиляции  $b = 0,021 \text{ мин}^{-1}$  (а) и при 10-минутных замерах и  $b = 0,0042 \text{ мин}^{-1}$  (б)

1 (б), для которых замеры изменения счетной концентрации пыли проводились через каждые 10 мин (до 60 мин) при коэффициенте общеобменной вентиляции  $b = 0,0042 \text{ мин}^{-1}$ , видим, что закономерности остались прежними.

Скорость уменьшения концентрации частиц зависит от их размеров и плотности, а также от формы. Плотность частиц цемента больше, чем других строительных материалов (глины, доломита), а скорость уменьшения концентрации его частиц меньше. Для высокодисперсной фракции (0,4 мкм) расчетная скорость снижения концентрации частиц меньше, чем определенная экспериментальным путем. Для частиц размером 2,0 мкм разница между теоретической и экспериментальной скоростями снижения концентрации частиц уменьшилась вдвое, для частиц размером 4,0 мкм теоретические и экспериментальные кривые практически совпадают.

Таким образом, теоретические и экспериментальные исследования скоростей оседания частиц и изменения концентрации в воздушной среде производственного помещения дают возможность глубже познать нестационарные процессы, происходящие в воздушной пыльной среде, и реальнее оценить их, что очень важно для правильного выбора мест установки датчиков для автоматического контроля воздушной среды.

В четвертом разделе изучены закономерности спектров всасывания вытяжного устройства. Распределение и интенсивность скоростей в зоне всасывания вытяжного устройства в большой степени определяют эффективность улавливания пылевых частиц и газов. Расчетным путем определена скорость воздуха в точке спектра с координатами  $x = 0,5 \text{ м}$ ,  $y = 0,3 \text{ м}$ . Вытяжная панель имеет длину  $0,56 \text{ м}$ ,  $H = 0,5 \text{ м}$ ; козырек установлен горизонтально, по краям панели стоят боковые щитки, расход удаляемого боковым отсосом воздуха  $L_6 = 1600 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Величина зоны всасывания  $\varphi = (3/4)\pi = 2,36 \text{ радиан}$ . Удельный расход воздуха

$$L_{\text{уд}} = \frac{1600}{3600 \cdot 0,56} = 0,8 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Определены значения составляющих абсолютной скорости в заданной точке:

$$\begin{aligned} v_x &= -\frac{L_{\text{уд}}}{\varphi} \left[ \frac{x}{x^2 + (y - H)^2} + \frac{x}{x^2 + (y + H)^2} \right] = \\ &= -\frac{0,8}{2,36} \cdot \left[ \frac{0,5}{0,25 + (0,3 - 0,5)^2} + \frac{0,5}{0,25 + (0,3 + 0,5)^2} \right] = -0,5 \text{ м / с}; \\ v_y &= \frac{L_{\text{уд}}}{\varphi} \left[ \frac{y - H}{x^2 + (y - H)^2} + \frac{y + H}{x^2 + (y + H)^2} \right] = \\ &= \frac{0,8}{2,36} \cdot \left[ \frac{0,3 - 0,5}{0,25 + (0,3 - 0,5)^2} + \frac{0,3 + 0,5}{0,25 + (0,3 + 0,5)^2} \right] = 0,3 \text{ м / с}. \end{aligned}$$

По найденным величинам  $v_x$  и  $v_y$  определяем абсолютную величину скорости в интересующей нас точке зоны всасывания по формуле (4)

$$v_{\text{вс}} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{0,25 + 0,09} = 0,6 \text{ м/с.} \quad (4)$$

Найденная величина скорости хорошо согласуется с экспериментальной  $v_{\text{вс.э}} = 0,82 \text{ м/с}$ . Если данная вытяжная панель будет работать без боковых щитков, величину скорости (в м/с) следует определять по формуле  $v'_{\text{вс}} = v_{\text{вс}} / K_l$ , где  $K_l = 2,5$ . Тогда величина расчетной скорости в заданной точке будет  $0,24 \text{ м/с}$ , экспериментальной –  $0,39 \text{ м/с}$ . Расчеты показали удовлетворительную сходимость полученных экспериментальных данных с вычисленными значениями. Среди широкого набора местных отсосов значительное место занимают отсосы в виде зонтов, панелей или воронок, размещаемых на пути движения потока вредностей. На рисунке 2 показана расчетная схема местного отсоса с концентрическим диском.

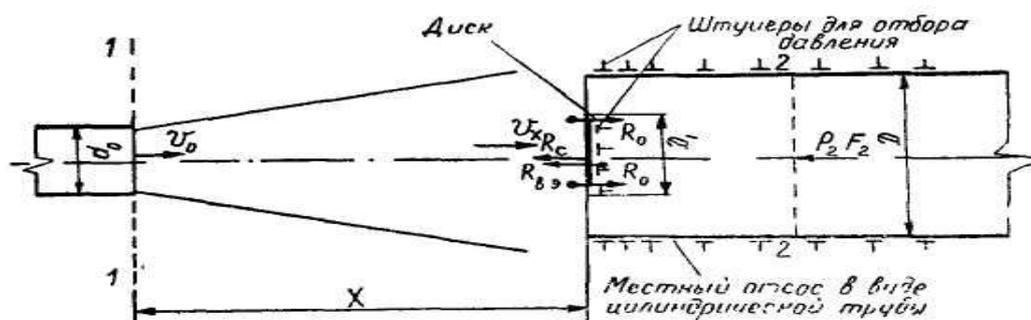


Рисунок 2 – Расчетная схема местного отсоса с концентрическим диском

Для этой схемы отсоса уравнение количества движения запишем следующим образом:

$$K_M = P_2 \cdot F_2 + K_c \pm \sum R, \quad (5)$$

где  $K_M$ ,  $K_c$  – количество движения секундной массы, соответственно в сечениях 2 – 2 и 1 – 1;  $P_2 \cdot F_2$  – сила разрежения в сечении 2 – 2;  $\sum R$  – сила реакции диска, представляющая сумму действия струи и отверстия (при «плюсе» реакция диска способствует увеличению количества движения во всасывающем отверстии).

Следует отметить, что использование уравнения (5) для расчета местных отсосов возможно при известных граничных условиях. С целью их определения и изучения влияния установленного диска, нами проведены экспериментальные исследования. Определялось влияние размера (диаметра) диска на эффективный расход, распределение статических давлений по поверхности диска, коэффициент местного сопротивления отсоса.

Эксперименты проведены при следующих условиях: диаметр сопла  $d_0 = 150 \text{ мм}$ ; диаметр диска  $D_1$  составлял 60, 80, 120, 160, 180 мм; расстояние между соплом и всасывающим отверстием  $\chi = 200 \text{ мм}$ ; диаметр

цилиндрической трубы 250 мм; начальный расход воздуха в струе  $L_0 = 140 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Расходы воздуха определялись ротаметром типа РС-40 с классом точности 0,5. Статическое давление на поверхности диска измерялось микроманометром типа ММН, штуцеры для отбора давления размещались с внутренней стороны диска по его диаметру с шагом 10 мм, диаметр отверстия 1 мм. Для измерения статического давления на входном участке длиной  $4D$  через каждые 10 мм устанавливались штуцеры (рисунок 3). Для определения распределения статического давления на внутренней поверхности диска последний переворачивался. В ходе эксперимента сравнивались параметры работы отсоса при наличии поддувающей струи и без нее. Коэффициент местного сопротивления входа определялся при различных диаметрах диска по формуле

$$\xi = \frac{P_a - (P + P_d)}{P_a}, \quad (6)$$

где  $P_a$  – атмосферное давление, Па;  $P$  – статическое давление в воздуховоде, Па;  $P_d$  – динамическое давление в воздуховоде, Па.

При определении  $\xi$  принималось разрежение, соответствующее максимальному измеренному статическому разрежению с учетом его изменения на участке трубы от входа до 4 калибров. Полученные значения  $\xi$  в зависимости от  $D_1/D$  показаны на рисунке 3 (кривая 1). Расход отсасываемого воздуха сравнивался с расчетным расходом в струе на расстоянии  $x$ . Реакция диска экспериментально оценивалась по распределению давлений на внутренней и внешней его стороне. Среднее по площади разрежение на внутренней стороне при разных условиях отнесено к динамическому давлению по средней скорости в кольцевом сечении. Результаты эксперимента в виде графика  $\alpha'_1 = P_{ст} / P_d$  представлены на рисунке 3.

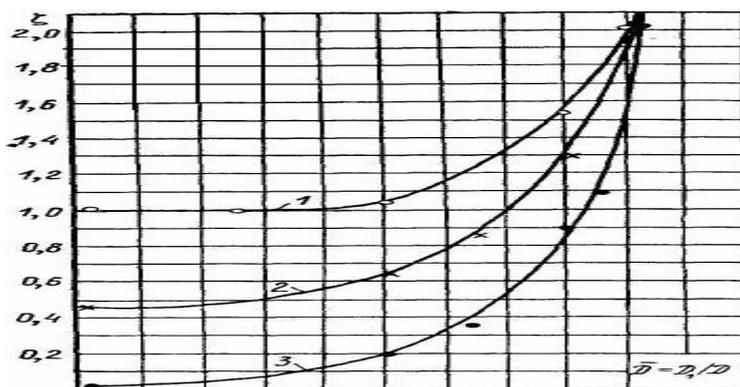


Рисунок 3 – Коэффициент местного сопротивления входа  $\xi$  в зависимости от диаметра экрана

Улавливаемая струя визуализировалась с помощью задымления. Момент улавливания визуализированной задымлением струи устанавливался при постепенном увеличении расхода отсасываемого воздуха.

Экспериментальное исследование взаимодействия струи и отсоса и его анализ с помощью формулы (6) подтверждают возможность снижения расхода отсасываемого воздуха примерно до величины, равной расходу в струе газа. Сравнение массы, количества движения с аналогичным значением для системы без диска показывает, что во втором случае необходимо большее количество движения, т.е. при прочих равных условиях для улавливания.

В пятом разделе рассматриваются средства и способы по снижению запыленности на рабочих местах при различных технологических процессах строительной индустрии. Как уже отмечалось, неблагоприятные условия труда рабочих занятых сваркой, оказывают значительное влияние не только на здоровье, но и на производительность и качество их труда. Это связано с тем, что процессы сварки, особенно газовой, отличаются большой вредностью. Поэтому все рабочие места и участки должны быть оборудованы эффективной системой вентиляции, как местной (лучше всего встроенной), так и общеобменной. Эффективность систем общеобменной вентиляции определяется, в первую очередь, достижением необходимого санитарно-гигиенического эффекта при относительно небольших энергозатратах и металлоемкости систем. Известно, что применение сосредоточенной подачи воздуха в совмещенных вентиляционно-отопительных системах позволяет резко сократить протяженность сетей воздуховодов, за счет чего расход листовой стали можно уменьшить на 40-60%. Снижению металлоемкости также способствует применение (например, во Франции) для воздуховодов оцинкованных сталей толщиной 0,8-1,2 мм. Плотность воздуховодов обеспечивается сваркой сплошным швом, сборка на фланцах осуществляется также оцинкованными болтами и гайками, сами фланцы изготавливаются из угловой стали или облегченных профилей толщиной 2 мм.

В связи с возросшими требованиями к охране труда при производстве сварочных и других видов работ необходимо разрабатывать новые или совершенствовать существующие системы удаления вредностей на рабочих местах. Поэтому имеющиеся стационарные конструкции столов сварщиков (рисунок 4) необходимо использовать не только с целью местного удаления воздуха, но одновременно и для общеобменной вентиляции. Для этого на нагнетательном участке воздуховода, подключенного к вентиляционному агрегату стола, необходимо установить эжектирующее устройство (рисунок 4, вариант II). Если приток в рабочую зону осуществляется с небольшими скоростями, то горловину эжектора рекомендуется поместить на отметке М, где будет отмечена максимальная концентрация сварочного аэрозоля. Выбрасываемый вентилятором воздух будет эжектировать загрязненный воздух из верхней зоны цеха и удалять его в атмосферу через вертикальную шахту.

На основании расчетов установлено, что наиболее оптимальной конструкцией смесительного устройства, обеспечивающего его эффективную работу, является эжектор с диффузором на конце. Расчет эжекторных устройств может быть выполнен по методике проф. Ионина А.А. При правильном выборе отсосов и обеспечении требуемых расходов воздуха вредные вещества практически не попадают в зону дыхания сварщика.

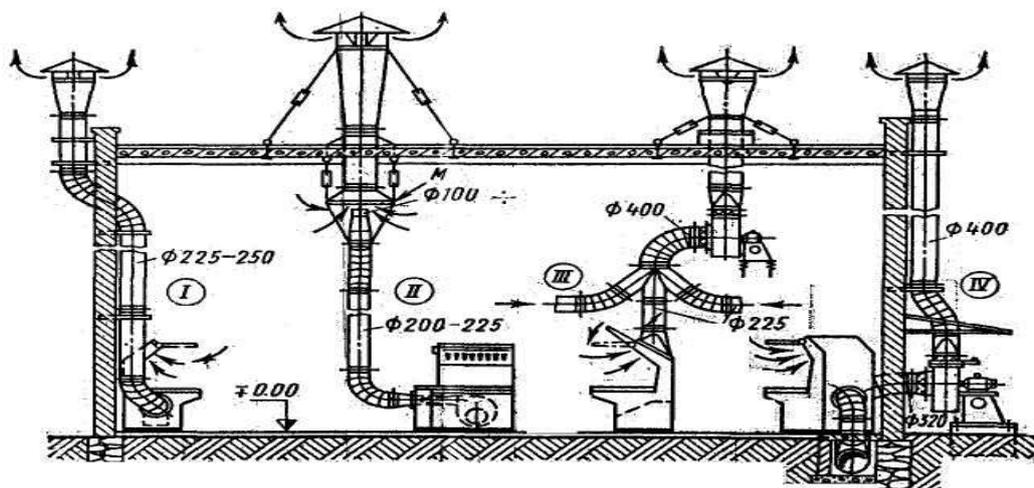
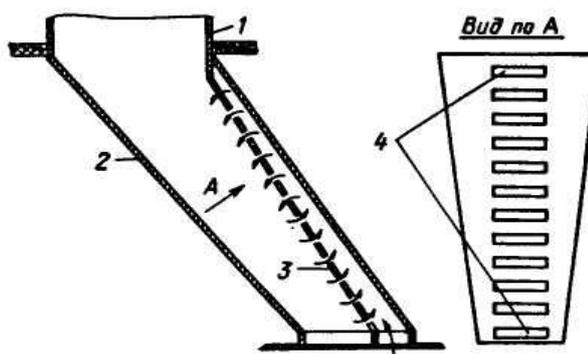


Рисунок 4 – Существующие (варианты I, III, IV) и усовершенствованная (вариант II) системы удаления вредных веществ при сварочных работах

Для борьбы с запыленностью воздуха в помещении бетоносмесительного отделения усовершенствована аспирационная локализирующая вентиляция, состоящая из герметизированных аспирационных укрытий, отсасывающих вентиляторов и рукавных фильтров. Задержанная фильтрами пыль может быть возвращена в технологический процесс. Материал, поступающий по загрузочному питателю, создает в аспирационном укрытии в месте его падения избыточное давление, приводящее к интенсивному выбиванию пыли в помещение из неплотностей укрытия. При этом в верхней части питателя создается разрежение. Для уменьшения попадания пыли в помещение при загрузке материалов загрузочные питатели снабжаются устройством для гашения повышенного давления (рисунок 5).

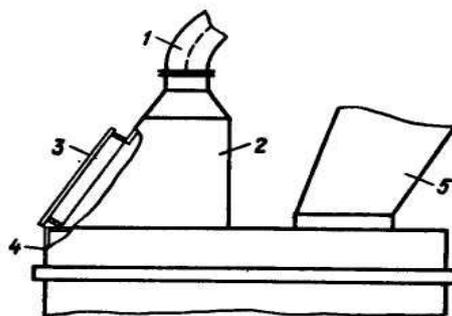


1 – бункер, 2 – загрузочный питатель, 3 – перфорированная стенка, 4 – отверстия размерами 50×300 мм через 100 мм

Рисунок 5 – Устройство для гашения давления в загрузочном питателе

В перфорированной стенке, отделяющей воздушный канал от питателя, по мере движения материала воздух перетекает из зоны повышенного давления в зону разрежения. Это позволяет на 15-20% уменьшить расход аспирируемого

воздуха и исключить выбивание пыли из неплотностей в процессе подачи материала. В верхней крышке бетономешалок имеется проем площадью 0,7 м для ручной загрузки некоторых компонентов, закрываемый крышкой без всяких уплотнений. Через проем выбивается в помещение основная масса пыли. Для предотвращения поступления пыли этот проем снабжен шкафным укрытием, через которое осуществляется вытяжка воздуха. Устройство укрытия показано на рисунке 6.



1 – вытяжной воздуховод, 2 – укрытие, 3 – загрузочный люк с крышкой, 4 – корпус бетономешалки, 5 – загрузочный питатель

Рисунок 6 - Аспирационное укрытие загрузочного люка

Для очистки аспирационного воздуха и сбора пыли для каждой системы устанавливается рукавный пылеуловитель ФВК-30 производительностью 5000 м<sup>3</sup>/ч (по чистому воздуху).

Технологический процесс приготовления бетонных смесей сопровождается выделением пыли различной влажности, поэтому в основу объединения местных отсосов следует положить температурно-влажностный принцип. Такое решение в условиях бетонных цехов приводит к необходимости устройства двух аспирационных установок. Причем одна из них будет обслуживать пылящее оборудование смесительного и дозировочного отделений, а другая – пылящее оборудование надбункерного отделения. Местные отсосы от укрытий смесителей и весовых бункеров-дозаторов присоединяются к приемной (сборной) воронке, которая в данном случае выполняет роль аспирационного коллектора. Такая конструктивная схема дает возможность объединить воедино все источники влажной пыли. При аспирации смесителей с принудительным перемешиванием количество аспирируемого воздуха определяется по формуле:

$$L_a = 2800 \cdot F_n \cdot \sqrt{P}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (7)$$

где  $F_n$  – суммарная площадь неплотностей, м<sup>2</sup>;  $P$  – требуемое отрицательное давление на внутренней поверхности укрытия, Па.

Значение  $F_n$  ориентировочно принимается в процентах от площади укрытия чаши- для смесителей старого типа (с вращающейся чашей) – 5-6%; - для смесителей нового типа (с неподвижной чашей) – 3-3,5%. В значение  $F_n$  включены площадь открытого люка (250×400) мм, площадь щелей между

чашей и укрытием. Ширину щелей следует принимать для смесителей старого типа не более 15 мм; для смесителей нового типа – не более 5 мм. Отрицательное давление на внутренней поверхности стенок укрытия должно быть больше положительного давления внутри укрытия.

Эксплуатационная надежность проектируемых аспирационных установок зависит от обоснованного выбора скорости транспортирования пылевоздушной смеси, которую необходимо принимать с учетом свойств перемещаемой пыли (плотности, липкости, дисперсного состава) и воздуха (температуры и относительной влажности). В условиях бетонных цехов вертикальная трассировка воздухопроводов невозможна, так как высота этажей не превышает 5 м. В результате отпадает необходимость в разграничении скорости транспортирования отдельно для вертикальных и горизонтальных участков. Основной причиной конденсации водяных паров в воздухопроводах аспирационных установок является инфильтрация наружного воздуха. Для предотвращения конденсации водяных паров необходимо следующее:

1) поддерживать температурно-влажностный режим производственных помещений в соответствии с санитарными нормами;

2) транспортировку пылевоздушной смеси в холодный период следует осуществлять в изотермических условиях, для чего воду для затворения вяжущих надо подавать с температурой от +20° до +30°С.

Тогда температура транспортируемой пылевоздушной смеси будет соответствовать температуре воздуха в смесительном отделении.

## **Заключение**

В диссертационной работе научно обосновано решение технической задачи снижения запыленности воздуха на рабочих местах при изготовлении строительных изделий. Основные научные и практические результаты и выводы исследований заключаются в следующем:

1 Изучена система очистки выбросов асфальтосмесительной установки, в частности выполнены исследования по очистке от пыли при использовании мокрых пылеуловителей.

2 Выполнены исследования работы пылеуловителя со сливным удалением шлама. Экспериментально установлено, что на эффективность его работы и сопротивление оказывает уровень воды. Следовательно, на эффективность пылеулавливания оказывает влияние уровень воды в устройстве. Определение эффективности улавливания пылевых частиц в зависимости от их фракции позволило установить, что частицы крупнее 4 мкм улавливаются полностью уже при уровне воды 150 мм.

3 Разработана технология получения пористых порошков из улавливаемой каустической пыли путем брикетирования смеси немолотой пыли от циклонов и электрофильтров в определенном соотношении и обжига брикета при умеренных температурах во вращающихся печах.

4 Выполнено теоретическое описание процесса осаждения пыли и физической модели производственного процесса. Теоретические и экспериментальные исследования скоростей оседания пыли и изменение концентрации в физической модели воздушной среды производственного помещения дают возможность глубже познать нестационарные процессы, происходящие в воздушной пыльной среде.

5 Экспериментальные исследования спектров всасываний местного отсоса для улавливания вредных выбросов при выполнении сварочных работ позволил установить, что максимальные скорости воздуха в зоне всасывания круглого отверстия наблюдаются по оси вытяжного устройства.

6 Изучена работа местного отсоса с концентрическим диском в плоскости всасывания. Экспериментальные исследования взаимодействия струи и отсоса и его анализ с помощью расчетных формул подтвердил возможность снижения расхода отсасываемого воздуха примерно до величины, равной расходу в струе. Сравнение количества движения с аналогичным значением для системы без диска показывает, что во втором случае необходимо большее количество движения, т.е. при прочих равных условиях для улавливания струи требуется расход на 15-20% больше, чем в случае с диском.

7 Предложены мероприятия по усовершенствованию работы систем пылеулавливания, вентиляции помещений, что позволяет улучшить санитарно-гигиенические условия на рабочих местах предприятий по производству строительных материалов и при выполнении газосварочных работ.

**Оценка полноты решений поставленных задач.** Все поставленные задачи диссертационной работы выполнены в полном объеме, результаты проверены и рекомендованы к внедрению на производствах строительной.

**Разработка рекомендаций и исходных данных по конкретному использованию результатов.** Результаты работы могут быть применены на промышленных объектах строительной отрасли, характеризующихся высоким содержанием пыли.

**Оценка технико-экономической эффективности внедрения.** Работа по опытно-промышленной проверке результатов экспериментов производилась на производственном предприятии ТОО «Асфальтобетон-1». Годовой экономический эффект от внедрения мероприятий составляет 800 000 тенге.

**Оценка научного уровня выполненной работы в сравнении с лучшими достижениями в данной области.** Предлагаемый способ снижения запыленности отличается высокой социально-экономической эффективностью, а также возможностью достичь предельно допустимых норм по запыленности.

**Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:**

1 Отарбаев М.Ж. Современная технология пылеулавливания на асфальтобетонных заводах. Известия научно-технического общества «КАХАК», 2009 №3 (25). – С. 56-58.

2 Отарбаев М.Ж. Изучение влияния соотношения пыли и сырья показатели вращающейся печи. // Труды XI Международной научно-технической

конференций «Новое в безопасности жизнедеятельности». Алматы. 2009. – С. 114-115.

3 Отарбаев М.Ж., Унаспеков Б.А., Бектурганова Г.С. Изучение мокрого способа очистки пыли установки по производству асфальтобетонной смеси. // Труды XI Международной научно-технической конференций «Новое в безопасности жизнедеятельности». Алматы. 2009. – С. 110-113.

4 Унаспеков Б.А., Отарбаев М.Ж. Использование турбулентных эжекционных горелок в тепловых агрегатах и разработка методики их расчета // Новости науки Казахстана: научно-технический сборник - Алматы: КазГосИНТИ, 2003. №1. – С.57-60.

5 Отарбаев М.Ж. Снижение запыленности воздуха на рабочих местах предприятия по производству стройматериалов. // Труды Международной Научно-практической конференции «Механика и строительство транспортных сооружений», посвященной 75-летию Заслуженного деятеля науки и техники Казахстана, академика НАН РК, д.т.н., профессора Айталиева Ш.М. Алматы, 2010. - С. 560-562.

6 Отарбаев М.Ж. Изучение закономерностей и спектров всасывания местного отсоса для удаления вредностей. // Вестник КазНТУ. № 3. Алматы, 2010. – С. 103-106.

## ТҮЙІН

Отарбаев Мәди Жангелдіұлы

### **Құрылыс материалдарын даярлау және пісіру жұмыстарын жүргізу кезінде шаң-газды шығарылымдардың мелшерін төмендету және еңбек шарттарын жақсарту**

Өндірістік нысандардың, оның ішінде құрылыс саласын әрі қарай дамытудағы «Қазақстан-2030» даму бағдарламасына сәйкес құрылыс материалдарын даярлайтын кәсіпорындардың саны ұлғая бермек. Өндірістердің ұлғаюымен қоса, олардың қоршаған ортаға тигізетін зияны да ұлғая бермек. Осыған орай құрылыс саласынның алдында жұмыс орындарында шаңның мөлшерін төмендету өзекті мәселесі тұр.

Еңбек қорғау бойынша заңдылық актілердің және мемлекеттік жұмысшылардың еңбек шарттарын жақсартуға бөлінетін қаржының бар болуына қарамастан, өндірістік орындарда бұл мәселелерге толықтай көңіл аударылмайды.

Құрылыс саласының дамуы құрылыс жұмыстарының жүргізілу қарқынын да ұлғайтып отыр, бұл өз кезегінде өндірістік ғимараттардың ауа ортасынның, жер мен судың, сонымен қатар онда жұмыс атқарып отырған жұмыскерлердің денсаулығының нашарлауына әкеледі. Өндірістің технологиялық үрдісін өзгерту, жаңа тиімді газ-шаңды тазалау құрылғыларын еңгізу толығымен мүмкін бола бермейді. Осыған орай құрылыс материалдарынан бөлінетін шаңның физикалық-механикалық, химиялық қасиеттерін зерттеу және жабық кеңістіктердегі шаңның бөліну қарқындылығын, сонымен қатар оның мөлшері мен атмосфералық ауада таралуын зерттеу мәселелері туындап отыр.

Құрылыс саласында атмосфералық ауаны қорғауға қойылатын қазіргі заманғы талаптарды ескере отырып, қалдықсыз немесе аз қалдықты технологияларды пайдалану, зиянды заттардың мөлшерін шекті нормаларға дейін төмендеу қажеттілігі туындап отыр. Бұл мәселелердің күннен күнге өзектілігі артып келе жатыр және еңбекті қорғауда маңызды ғылыми-тәжірибелік орынға ие болап отыр.

**Зерттеу объектісі** құрылыс материалдарын даярлау өндірістік нысандары мен ондағы атқарылатын технологиялық үрдістер.

**Жұмыстың мақсаты** – құрылыс нысандары жұмыс орындарындағы шаңның мөлшерін төмендетуге арналған жүйелерді жетілдіру, олардың жұмысын ғылыми негіздеу және зерттеу.

**Зерттеулерді жүргізу әдісі:** Жұмыста әдеби және патенттік материалдарды ғылыми жинақтау және зерттеуден тұратын, шаңның қасиеттері мен бөліну қарқындылығын зерттеуде физикалық-механикалық, химиялық және математикалық зерттеулерден тұратын, зерттеудің кешенді әдісі қолданылған.

**Жұмыстың нәтижелері бойынша** келесілерді атап айтуға болады:

- шаңды сулы шаң ұстағыштар арқылы тазалау деңгейі төмен екендігі анықталды. Сонымен қатар көбікті шаң ұстағыштардың шаң тазалау тиімділігі шаң өлшемдері 2 мкм ден кіші өлшемдерде тиімді.

- қалдықтарды ағызу жүйесі орнатылған шаң ұстағыштардың тиімділігіне су мөлшері әсер ететіндігі анықталған. Су мөлшерінің 380 мм -ге дейін ұлғаюы шаңның мөлшері 85 г/м<sup>3</sup> болған жағдайда 99,8% дейін жететіні анықталған. Сәйкесінше су деңгейінің ұлғаюымен шаңұстағыштың тазалау тиімділігі де ұлғаяды.

- Шаңды және шикі магнезитті күйдірудің жылулық режимін зерттеу арқылы газдың 7409-6800 м<sup>3</sup>/сағ мөлшеріндегі шығынында және шаң мөлшерінің ұлғаюы кезінде күйдіру тиімділігінің жоғары болатыны дәлелденген.

- өндірістік ғимараттың физикалық моделінде шаңды басу үрдісінің теориялық түсіндірмесі жасалған. Есептеулер мен эксперименталдық зерттеулер арқылы құрылыс материалдары бөлшектерінің жоғарғы тығыздықтарында олардың қонуының төмендеу жылдамдықтары анықталған. Бұл осы материалдардың пішіндерінің үлкен динамикалық коэффициентке ие екендігімен түсіндіріледі.

- сору аймағында жылдамдықтарды салыстыру теориялық және эксперименталдық нәтижелердің сәйкестігін көрсетті.

Ұсынылып отырған шаңды басу әдістерінің негізгі конструктивті, технологиялық және технико-эксплуатациялық мінездемелері: Құрылыс материалдарын даярлау кезіндегі шаңның бөліну қарқындылығы, негізгі технологиялық үрдістер, оның ішінде пісіру жұмыстары, шаңның қону жылдамдықтарының төмендігі мен тығыздықтарының үлкендігі.

**Ғылыми – зерттеу жұмысын енгізу дәрежесі:** Жұмыс нәтижелері темір бетонды материалдарды даярлау өндірісінде, құрылыс материалдары комбинатында және құрылыс материалдарын зерттеу орталық зертханасында, ЖШС «Асфальтобетон-1», «Казогнеупор» зауытында, «Алматы құрылыс материалдары комбинаты» АҚ-да қолдану мүмкіншілігіне ие.

**Пайдалану аймағы:** Шаңның жоғары деңгейімен сипатталатын өндірістер, оның ішінде құрылыс нысандары.

**Жұмыстың экономикалық тиімділігі:** «Асфальтобетон-1» ЖШС-де шаң мөлшерін төмендету шараларын енгізу мүмкіндігі нәтижесіндегі есептелген экономикалық тиімділік 800 000 теңгені құрайды.

**Зерттеу нысанының дамуы жайында болжам:**

Ұсынылып отырған шаңмен күресу әдістері құрылыс нысандарында, сонымен қатар шаңның бөліну қарқындылығы жоғары өндірістік нысандарда пайдаланыла алады.

## RESUME

### OTARBAEV MADI ZHANGELDIEVICH

#### **Decrease in dust-gas emissions and improvement of working conditions by manufacture of building materials and welding works**

According to the Program of development "Kazakhstan-2030" in the field of the further development of the industry and building, the number of the enterprises for manufacture of building materials of different function will constantly grow. The volume of their manufacture, and, as consequence, formation of harmful substances will increase. In this connection before an industry of building materials there is a problem of radical improvement of systems of clearing of emissions from dust-gas emissions on workplaces.

Despite presence of a considerable quantity of acts for a labor safety and allocation by the state of considerable financial assets on improvement of health of the workers occupied on manufacture, practical actions for this point in question are carried out not to the full.

Taking into account modern requirements on protection of atmospheric air and creation of demanded safe working conditions in building it is necessary to apply more widely a little - and technologies without waste, modern designs of the dust and gas clearing installations providing decrease of emissions of harmful substances to maximum permissible levels. These problems become more and more actual, therefore, are the major practical and scientific problem in the decision of questions of a labor safety.

**Object and object of research.** Object of research are devices of catching of a dust on workplaces by manufacture of building materials and performance of welding works.

**The work purpose:** to study, scientifically to prove and improve work of the systems providing decrease of harmful emissions on workplaces and improvement of working conditions.

**Method of carrying out of work:** In work the complex method of researches including the analysis and scientific generalization of literary and patent materials, a complex of physical-mechanical, mathematical, chemical researches, and also check of applicability of the received dependences in actual practice was used.

By results of work it is possible to note the following:

- clearing of a dust at use of wet detesters, despite rather small initial dust content, a dust is insufficient that speaks low efficiency of last step of clearing. Use of foamy detesters more effectively for catching of a large dust and is less effective for catching of a dust of fraction less than 2 microns;

- the overall performance of a deducted with drain removal of the rest is influenced by a water level. It is established that increase of a water level to 380 mm at an initial dust content of emissions 85 g/m<sup>3</sup> raises efficiency of clearing to 99,8 %.

- studying of a thermal mode of roasting of a dust and crude magnetite has allowed to establish that the greatest effect of roasting is reached at the expense of

natural gas within 7409-6800 m<sup>3</sup>/ch and increase in quantity of a dust. It is experimentally established that the dust caught by electro filters at roasting of natural magnetite, conglomerates is better, than at mix roasting каустической a dust and natural magnetite the Best sintering of a dust from electro filters in comparison with a dust from cyclones is caused большей by a specific surface of particles.

- the theoretical description of process of sedimentation of a dust in physical model of an industrial premise is executed. Calculations and experiments establish reduction of speed of subsidence of particles of some building materials at enough their big density. For example, dolomite. This results from the fact that particles of these materials have the big dynamic factor of the form.

- comparison of results of speeds in an absorption zone has shown satisfactory convergence theoretical and experimental data.

**The basic constructive, technological and technique-operational characteristics:** high level of a dust content in a working zone of the enterprise for manufacturing building designs, low speed of subsidence of particles of a dust and their high density.

**Introduction degree scientifically – research work:** Recommendations are used in the design and research-and-production enterprises: Open Company «Ferro-concrete products», joint-stock company «Almaty industrial complex of building materials», Open Company «the Central laboratory on test of building materials», factory "Kazogneupor".

**Scope:** the industries characterized by high level of a dust content, including building branch.

**Economic efficiency of work:** by results of possible introduction of actions for dust suppression at the industrial enterprise of joint-stock company «Asfaltobeton-1» economic benefit will make 800 000 tg.

**Look-ahead assumptions of development of object of research:** The developed way of decrease in a dust content can have development both in building branches, and in industrial objects characterized by a high dust content.

Подписано в печать «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2010г.  
Формат 60x84 1/16. Бумага ксероксная  
Объем 1,0 печ. л. Тираж 100 экз.

---

Издание Казахского национального технического  
университета им. К.И. Сатпаева  
Издательский центр КазНТУ им. К.И. Сатпаева, Алматы, Ладыгина 32