

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ – УЧЕБНО-НАУЧНО-
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС»**

Белова Т.И., Агашков Е.М., Гаврищук В.И., Санников Д.П.

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТАЮЩИХ
ПИЩЕКОНЦЕНТРАТНЫХ ПРОИЗВОДСТВ СОЗДАНИЕМ
СИСТЕМЫ ПЫЛЕУДАЛЕНИЯ-ПЫЛЕЗАЩИТЫ**

Орел, 2014

УДК 664:331.436]:628.511.132
ББК 65.246.95:65.305.7

Рецензенты

доктор технических наук, профессор кафедры
«Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология»
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего профессионального образования
«Брянская государственная сельскохозяйственная академия»,
Е.Н. Христофоров

кандидат технических наук, доцент кафедры
«Охрана труда и окружающей среды»
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего профессионального образования
«Государственный университет - учебно-научно-
производственный комплекс»
А.В. Абрамов

- О13 Обеспечение условий труда работающих пищевых концентратных производств созданием системы пылеудаления-пылезащиты: монография / Т.И. Белова, Е.М. Агашков, В.И. Гаврищук, Д.П. Санников. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», 2014. – 134 с.

В монографии рассмотрены основные методы и средства обеспечения условий труда работающих пищевых концентратных производств, системы для обеспечения необходимого качества воздушной среды производственного помещения. Приведены методические аспекты, конструктивные решения экспериментальных установок, результаты практических исследований. Может быть использовано при проектировании систем пылеудаления-пылезащиты предприятий пищевых концентратных производств.

УДК 664:331.436]:628.511.132
ББК 65.246.95:65.305.7

© ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1. Проблемы обеспечения условий труда при производстве сухих пищеконцентратов	7
1.1. Анализ травматизма и профессиональной заболеваемости в сельскохозяйственном и обрабатывающих производствах Российской Федерации и Орловской области.....	7
1.2. Анализ условий труда работающих в пищевой промышленности Российской Федерации и Орловской области.....	11
1.3. Анализ технологического процесса и условий труда при производстве сухих пищевых концентратов.....	15
1.3.1. Анализ существующих технологий при производстве сухих пищевых концентратов.....	15
1.3.2. Анализ технологии производства сухого пищевого концентрата красной свеклы для производства концентратов соусов	19
1.4. Методы и средства улучшения условий труда при производстве сухих пищевых концентратов.....	22
1.4.1. Анализ существующих систем вентиляции промышленных предприятий.....	22
1.4.2. Анализ существующих систем контроля параметров воздушной среды.....	31
1.4.3. Анализ способов и устройств оценки запотевания очковых стекел средств индивидуальной защиты.....	39
1.5. Анализ теоретических исследований в области пылезащиты работающих на производстве	43
2. Теоретические аспекты улучшения условий труда работающих при производстве сухих пищевых концентратов	44
2.1. Обоснование факторов, влияющих на обеспечение условий труда работающих при производстве сухих пищевых концентратов	44
2.2. Вероятностная модель улучшения условий труда работающих при производстве сухих пищевых концентратов	51
2.3. Разработка систем автоматического и автоматизированного удаления вредных веществ из воздуха производственного помещения.....	59
2.4. Классификация систем автоматического и автоматизированного удаления вредных веществ из воздуха производственного помещения.....	67

2.5 Обоснование предлагаемой конструкции и расчет параметров системы автоматического и автоматизированного удаления пыли.....	69
2.6 Разработка установки для имитации и контроля запотевания стекол защитных очков.....	73
3. Методики экспериментальных исследований систем пылезащиты..	76
3.1. Лабораторная установка для проведения экспериментальных исследований элементов систем пылезащиты	76
3.2. Методика определения дисперсного состава продукта и пыли сухого пищевого концентрата красной свеклы	79
3.3. Методика исследования параметров вытяжных устройств системы пылезащиты	84
3.4. Методика обработки на ПЭВМ реализаций процессов, определяющих условия труда при производстве сухого пищевого концентрата красной свеклы.....	87
3.5. Методика определения частотных характеристик улучшения условий труда.....	89
3.6. Методики экспериментального исследования средств контроля концентрации пыли и их эффективности.....	91
3.7 Методики оценки запотевания очковых стекол средств индивидуальной защиты и их эффективности.....	96
4. Оценка эффективности систем пылезащиты при производстве сухих пищевых концентратов.....	100
4.1 Вероятностно-статистические и частотные характеристики входных и выходных процессов улучшения условий труда работающих при производстве сухого пищевого концентрата красной свеклы.....	100
4.2 Оценка эффективности использования систем автоматизированного и автоматического пылеудаления при производстве сухого пищевого концентрата красной свеклы	113
4.3 Оценка эффективности использования предлагаемых средств индивидуальной защиты при производстве сухого пищевого концентрата красной свеклы.....	117
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	120
Литература.....	121

ВВЕДЕНИЕ

Современные тенденции развития пищевой промышленности тесно связаны с увеличением сроков годности продуктов и снижением затрат на производство. Данные направления связаны с совершенствованием технологий производства и адаптации существующих технологий к современным требованиям, что сейчас является более доступно с точки зрения экономической целесообразности. Однако при этом снижение уровней производственного травматизма и профессиональных заболеваний работников отрасли не наблюдается в связи с незначительным уменьшением, а в некоторых случаях, увеличением воздействия на работающих вредных производственных факторов. Одним из наиболее вредных пищевых производств является производство сухих продуктов, где наблюдаются повышенная запыленность воздуха рабочей зоны, превышающая ПДК в 3-5 раза.

Около 2 % работающих в народном хозяйстве Российской Федерации подвергаются вредному воздействию пыли, что является одной из основных причин возникновения профессиональных заболеваний работающих. Выделение пыли в рабочую зону происходит в результате негерметичного оборудования и на стадиях перехода сухого материала от одного процесса к другому.

Основными способами пылезащиты на производстве являются герметизация оборудования; использование систем аспирации и вентиляции; средств индивидуальной защиты (СИЗ). Из-за несовершенства систем вентиляции происходит распространение пыли в производственном помещении по причине низкой эффективности использования ресурса вентилятора и конструктивных параметров систем вентиляции. Проблема обеспечения безопасности работающих остается актуальной при аварийных, плановых ремонтных работах с использованием СИЗ. В этих случаях необходимо учитывать не только пылепроницаемость СИЗ, но и оптические свойства очковых стекол в условиях запыленности, перепадов температур, так как большую часть информации человек получает с помощью органа зрения.

Данная работа развивает тему обеспечения безопасных условий труда работающих в условиях высоких концентрациях пылей, которой занимались В.С. Шкрабак, В.А. Елисейкин, И.В. Дапкунас, Б.М. Тюриков, В.И. Зобнин и другие. Использование результатов их исследований привели к улучшению условий на предприятиях перерабатывающих отраслей АПК, но задача снижения концентрации пыли

в воздухе рабочей зоны пищевых производств все еще остается актуальной.

Цель настоящей работы – улучшение условий труда работающих при производстве сухих концентратов совершенствованием системы пылезащиты.

1. ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СУХИХ ПИЩЕКОНЦЕНТРАТОВ

1.1. Анализ травматизма и профессиональной заболеваемости в сельскохозяйственном и обрабатывающих производствах Российской Федерации и Орловской области

По сведениям Росстата и Роструда [1...11] в РФ максимальное количество групповых несчастных случаев и несчастных случаев с тяжелыми и смертельными исходами (далее тяжелые несчастные случаи) приходилось на 2004 год, затем в последующие годы происходило постепенное их снижение. Сельскохозяйственное и обрабатывающее производства продолжали лидировать относительно других отраслей РФ. Так в 2010 и 2011 годах уровни тяжелых несчастных случаев в указанных отраслях относительно общего количества по РФ увеличивались и составляли соответственно 11,24% и 24,6 %; 11,26 % и 25,3%. Основными причинами травматизма были неудовлетворительная организация работ, на что в 2010 году в сельском хозяйстве приходится 28,52%, в обрабатывающих производствах – 32,97%; в 2011 году соответственно 28,87% и 35,1%; из-за несовершенства и нарушения технологического процесса происходило соответственно в данных отраслях в 2010 году 7,41% и 8,58% 2011 году 10,55% и 9,04%.

В сельскохозяйственном и обрабатывающем производствах РФ количество погибших в 2011 году относительно 2009 года снизилось на 11,32% и 9,06%, соответственно, а в целом относительно общего количества погибших РФ – на 7,93 % и 5,3 %.

Численность пострадавших на производстве РФ на 1000 работающих по видам экономической деятельности с 2005 по 2010 гг. (табл. 1.1) составляло в среднем: в целом по РФ – 2,58, из них со смертельным исходом – 0,11; в сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве – 4,3 и 0,19 соответственно; обрабатывающих производствах – 3,18 и 0,08 соответственно.

Численность пострадавших на производстве Орловской области на 1000 работающих по видам экономической деятельности с 2005 по 2010 гг. (табл. 1.2) составляло в среднем: в целом по РФ – 2,9, из них со смертельным исходом – 0,153; в сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве – 2,94 и 0,243 соответственно; обрабатывающих производствах – 3,67 и 0,09 соответственно [5...14].

Таблица 1.1

Численность пострадавших на производстве Российской Федерации по видам экономической деятельности

	Все- го	Вид экономической деятельности					
		сельское хо- зяйство, охота и лес- ное хозяй- ство	добыча полезных ископае- мых	обрабаты- вающие производ- ства	производство и распределение электроэнер- гии, газа и во- ды	строи- тельство	транс- порт и связь
на 1000 работающих							
Всего пострадавших на производстве							
2005	3,1	5,3	4,7	3,6	1,7	4,4	2,2
2006	2,9	4,9	4	3,5	1,7	4,1	2
2007	2,7	4,5	3,7	3,4	1,4	3,8	2
2008	2,5	3,9	3,3	3,2	1,3	3,6	1,9
2009	2,1	3,6	2,8	2,5	1,2	3,1	1,7
2010	2,2	3,6	3	2,9	1,3	3	1,8
из них со смертельным исходом							
2005	0,124	0,198	0,279	0,096	0,107	0,312	0,112
2006	0,119	0,206	0,271	0,087	0,096	0,332	0,099
2007	0,124	0,215	0,389	0,085	0,116	0,346	0,099
2008	0,109	0,184	0,213	0,08	0,1	0,327	0,099
2009	0,09	0,173	0,191	0,065	0,086	0,284	0,076
2010	0,094	0,172	0,274	0,072	0,089	0,234	0,086

Таблица 1.2

Численность пострадавших на производстве Орловской области по видам экономической деятельности

	Всего	Вид экономической деятельности					
		сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	добыча полезных ископаемых	обрабатывающие производства	производство и распределение электроэнергии, газа и воды	строительство	транспорт и связь
на 1000 работающих							
Всего пострадавших на производстве							
2005	3,2	3,6	-	4,1	1	4,6	2,1
2006	2,9	2,9	-	3,8	0,9	5,7	2,4
2007	3,1	3,7	-	3,9	0,9	4,6	3
2008	2,8	2,3	-	3,5	1,3	6,9	1,9
2009	2,3	2,5	-	2,4	1,4	6,7	1,6
2010	3,1	2,6	-	4,3	1,4	7	2,7
из них со смертельным исходом							
2005	0,15	0,222	-	0,14	-	0,535	-
2006	0,195	0,396	-	0,09	-	0,603	0,155
2007	0,133	0,247	-	0,073	-	0,374	-
2008	0,109	0,189	-	0,076	-	0,25	0,163
2009	0,113	0,193	-	0,044	-	0,326	0,12
2010	0,218	0,215	-	0,119	0,21	1,811	0,127

Таким образом, численность пострадавших на производстве РФ на 1000 работающих в сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве превышало в 1,67 раза, в обрабатывающих производствах – в 1,23 раза относительно всего количества пострадавших на производстве РФ. Из них численность пострадавших со смертельным исходом на производстве РФ на 1000 работающих в сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве превышала в 1,73 раза, в обрабатывающих производствах снижение происходило 1,37 раза.

На производстве в Орловской области на 1000 работающих в сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве превышало в 1,02 раза, в обрабатывающих производствах – в 1,27 раза относительно всего количества пострадавших на производстве области. Из них численность пострадавших со смертельным исходом на производстве Орловской области на 1000 работающих в сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве превышала в 1,59 раза, в обрабатывающих производствах снижение происходило 1,7 раза.

По данным Росстата в 2010 году в РФ было установлено 7047 случаев профессиональных заболеваний, что превысило показатели 2009 года на 7,3 %. Из них 1121 приходилось на Центральный федеральный округ. Максимальное количество пострадавших с установленными впервые профессиональными заболеваниями в 2010 году было выявлено в обрабатывающих производствах (3109 человек), а наиболее высокий уровень профессиональной заболеваемости приходился на добычу полезных ископаемых (21,5 человек на 10 тыс. работающих), гостиницы и рестораны (11,0) и обрабатывающие производства (4,8). В данной ситуации (табл. 1.3) основной причиной в сложившейся ситуации являются вредные условия труда [4].

Снижение количества профессиональных заболеваний и отравлений в 2010 г. по сравнению с 2005 г. на 5,95 % связано с сокращением средней численности работающих в Российской Федерации (48197,2 тыс. человек в 2005 г., 46719 тыс. человек в 2010 г.). Профзаболевания и отравления в рассматриваемый период связаны в основном с воздействиями физических факторов, промышленных аэрозолей и физическими перегрузками [1...4].

По причинам происшествия в РФ в 2010 г. по данным Роструда [4] на неудовлетворительную организацию производства работ приходилось 28,3%, на неудовлетворительное содержание и недостатки организации рабочих мест – 4,8%, на неприменение работниками средств индивидуальной защиты – 3,9% от общего количества

несчастных случаев с тяжелыми последствиями. Это позволяет сделать вывод о том, что в неблагоприятных условиях имеет место отсутствие, неиспользование, использование не по назначению и низкая эффективность использования средств коллективной и индивидуальной защиты. Необходимо отметить, что в структуре расходов на компенсации и средства индивидуальной защиты в 2010 г. спецодежда и спецобувь и другие средства индивидуальной защиты составляют 33,7%.

Таблица 1.3

Численность лиц с впервые установленным профессиональным заболеванием (отравлением) по Российской Федерации

Год	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Численность пострадавших, человек	8156	7715	7501	7265	8081	7671

Если проанализировать расходы на мероприятия по охране труда в 2010 г. на одного занятого по видам экономической деятельности [4], то в сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве выделялось 2174,7 руб., что в 3,1 раза меньше, чем в целом по РФ; в обрабатывающих производствах – в 1,21 раза больше, чем в целом по РФ, но меньше в 2,46 раза, чем при добыче полезных ископаемых.

Кроме всего, в условиях сложившейся финансово-экономической ситуации имеют место факты снижения объемов финансирования мероприятий по охране труда, в том числе на обеспечение работников средствами индивидуальной защиты, обучение по охране труда, проведение аттестации рабочих мест по условиям труда, сокращается численность специалистов по охране труда.

1.2. Анализ условий труда работающих в пищевой промышленности Российской Федерации и Орловской области

Удельный вес работающих в неблагоприятных условиях труда [14] в 2010 г. по сравнению с 2005 г. увеличился в целом по России на 5,2 %, на обрабатывающих производствах – 5,9%, в том числе при производстве пищевых продуктов (табл. 1.4) – 55,5% [1].

Таблица 1.4

Характеристика условий труда работающих в пищевой промышленности Российской Федерации и Орловской области

Год	Всего работали в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам	Работали под воздействием повышенного (ной)			
		уровня шума, ультра- и инфразвуков	уровня вибрации	запыленности воздуха рабочей зоны	загазованности воздуха рабочей зоны
Российская Федерация					
Удельный вес, %					
2005	10,1	4,7	0,5	2	1,3
2006	10,1	4,7	0,5	1,9	1,2
2007	10,9	5	0,5	1,9	1,2
2008	12,5	6	0,6	1,7	1
2009	14,2	6,9	0,7	1,7	1
2010	15,7	7,7	0,9	1,7	0,9
Количество работников, тыс. чел.					
2005	146,147	68,009	7,235	28,94	18,811
2006	145,025	67,487	7,179	27,282	17,231
2007	158,758	72,825	7,282	27,674	17,478
2008	176,362	84,654	8,465	23,985	14,109
2009	190,777	92,702	9,404	22,84	13,435
2010	206,831	101,44	11,857	22,396	11,857
Орловская область					
Удельный вес работающих, %					
2005	11,8	5,4	0,4	3,5	1,4
2006	11,6	5,2	0,5	3,3	1,1
2007	10,9	5,4	0,5	2,6	1,2
2008	11,6	0,7	0,7	2,1	1,4
2009	13	6,6	0,3	3,9	1,7
2010	14,6	7,8	0,5	4,2	1,2
Количество работников, чел.					
2005	1528	699	51	453	181
2006	1481	663	63	421	140
2007	1387	687	63	330	152
2008	1380	83	83	249	166
2009	1469	746	33	440	192
2010	1476	788	50	424	121

Удельный вес работающих в неблагоприятных условиях труда в пищевой промышленности Орловской области [14] в 2010 г. по сравнению с 2005 г. увеличился на 23,7% [1].

Удельный вес работающих в пищевой промышленности РФ под воздействием повышенных уровней шума, ультра- и инфразвуков в среднем составлял в эти годы 5,83%; запыленности воздуха рабочей зоны – 1,82%; загазованности воздуха рабочей зоны – 1,10%; уровней вибрации – 0,62%.

Удельный вес работающих в пищевой промышленности Орловской области под воздействием повышенных уровней шума, ультра- и инфразвуков увеличился в 2010 г. по сравнению с 2005 г. на 44,5%; запыленности воздуха рабочей зоны – на 20%; загазованности воздуха рабочей зоны снизился на 14,3%; уровней вибрации увеличился на 25%.

Приведенные данные показывают, что удельный вес работающих в пищевой промышленности РФ, в т.ч. Орловской области, в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам, растет, а основными негативными факторами, воздействующими на работающих пищевой промышленности являются уровни шума, ультра-, инфразвуков и запыленности воздуха рабочей зоны.

Количество работающих в эти годы под воздействием повышенной запыленности воздуха рабочей зоны в пищевой промышленности РФ снизилось на 22,6% с одновременным снижением общего количества работающих пищевой промышленности РФ на 9,84%; в пищевой промышленности Орловской области также произошло снижение на 6,41% с одновременным снижением общего количества работающих пищевой промышленности Орловской области на 21,9%.

Это говорит о том, что снижение количества работающих под воздействием повышенной запыленности воздуха рабочей зоны в пищевой промышленности РФ частично связано со снижением общего количества работающих пищевой промышленности РФ, а в пищевой промышленности Орловской области снижение в основном связано с сокращением общего количества работающих пищевой промышленности области.

Несмотря на снижение количества работающих в отрасли РФ, уровень производства растет [5...11]. Если выделить производства, связанные с повышенным выделением пыли (табл. 1.5), то уровень производства вырос в среднем на 9,5%, наибольшее увеличение происходило при производстве крупы на 31,04%; при снижении количе-

Таблица 1.5

Производство основных видов пищевых продуктов в Российской Федерации с повышенным выделением пыли в воздух рабочей зоны

Продукция, тыс. тонн	Годы				
	2005	2006	2007	2008	2009
Мука, тыс. тонн	10,4	10,4	10,3	10,3	10,2
Крупа	960	1030	1113	1136	1258
Хлеб и хлебобулочные изделия, тыс. тонн	8	7,8	7,8	7,5	7,2
Сахарный песок, рафинад	5642,9	5869,2	6168,6	5937,2	5087,2
Макаронные изделия	993	1036	1014	1027	1048
Папиросы и сигареты, млрд. шт.	407	414	401	413	416

Таблица 1.6

Производство основных видов пищевых продуктов в Орловской области с повышенным выделением пыли в воздух рабочей зоны

Продукция, тыс. тонн	Годы					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Мука	95,8	77,4	63,5	68,1	78	87,7
Крупа	9,5	6,5	7,3	9,2	20,3	15,1
Комбикорма	43,8	67,4	90,7	99,6	129,5	199,7
Хлеб и хлебобулочные изделия	66,7	63,2	60,6	56,2	55,9	54,8
Сахарный песок	52,7	84,2	122,2	128,4	140,6	148,9
Макаронные изделия	0,5	0,3	0,1	0,1	0,1	0,275
Крахмал сухой	9,7	10,8	10,7	12,3	11,6	14

ства работающих в отрасли области, уровень производства вырос [12...15]. В Орловской области если выделить производства, связанные с повышенным выделением пыли (табл. 1.6), то уровень производства вырос в среднем на 81,5%, наибольшее увеличение происходило при производстве комбикормов и сахарного песка на 355,94% и 182,54%, соответственно.

1.3. Анализ технологического процесса и условий труда при производстве сухих пищевых концентратов

1.3.1. Анализ существующих технологий при производстве сухих пищевых концентратов

Пищевые концентраты – это смеси различного вида сырья, составленные по определенной рецептуре, которые прошли термическую и механическую обработку. Отличительными особенностями пищевых концентратов являются низкое содержание влаги, хорошая усвояемость и высокая концентрация питательных веществ. Пищевые концентраты могут длительно храниться без снижения качества. Пищевые концентраты могут быть представлены не только смесями сырья, но и отдельными видами продуктов (толокно, диетическая мука из риса) [16].

Пищевые концентраты подразделяются на: пищевые концентраты обеденных блюд; сухие продукты для детского и диетического питания; овсяные диетические; сухие завтраки; кофепродукты; пряности; сладкие блюда; полуфабрикаты мучных изделий; концентраты кулинарных соусов.

Пищевые концентраты могут быть сухими и концентрированными в зависимости от количества свободной влаги.

Для производства сухих пищевых концентратов применяют сырье прошедшее специальную подготовку: сушеные овощи, картофель, варено-сушеные крупы, различные виды муки, сухое молоко и сливки, сушеное мясо, яичный порошок, соль, пряности, приправы, бульонные пасты, глютамат натрия, эссенции и др.

Производство сухих пищевых концентратов на плодоовощной основе тесно связано с производством сухих порошков или кусочков яблок, картофеля, моркови, томатов и др. В зависимости от пищевых концентратов сушка фруктов и овощей может осуществляться как кусочками, так и в виде порошка.

Процессы сушки яблок, томатов подразделяются на конвективную, кондуктивную, радиационную и сублимационную.

Для приготовления сухих пищевых концентратов в порошкообразном виде применяют все виды сушки, но наиболее распространены кондуктивная и конвективная сушка.

Производство овощных и плодовых сухих порошков делится на две основных стадии:

- подготовка сырья (получение плодового или овощного пюре);
- сушка полученного пюре (получение порошка).

На рис. 1.1 изображена технологическая линия производства яблочного порошка [17].

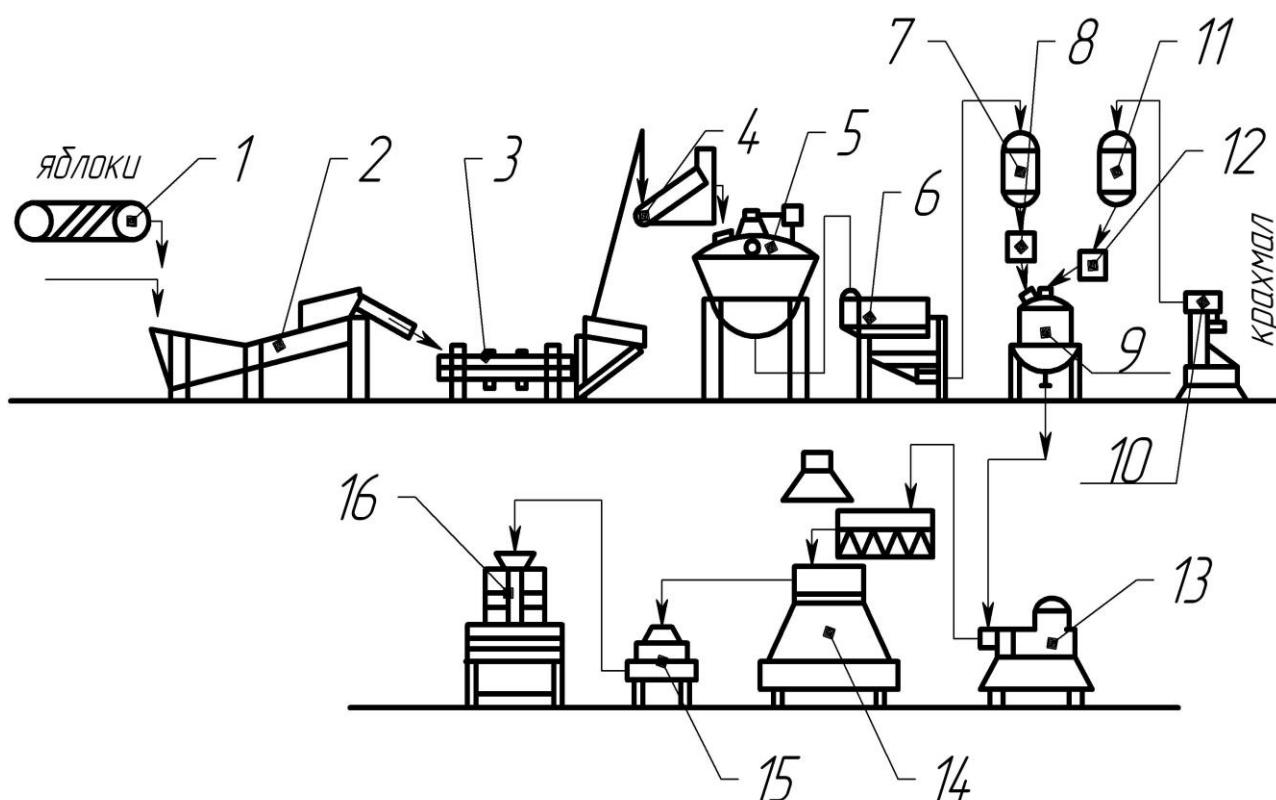


Рис. 1.1. Технологическая схема производства яблочного порошка:
 1 – транспортер; 2 – вентиляторная мойка; 3 – калибровочная машина; 4 – автоматические весы; 5 – дигестер; 6 – сдвоенная протирочная машина; 7 – промежуточная емкость; 8 – дозатор пюре; 9 – смеситель с паровой рубашкой; 10 – просеиватель; 11 – емкость для крахмала; 12 – дозатор крахмала; 13 – гомогенизатор; 14 – вальцовая сушилка; 15 – дробилка; 16 – фасовочный автомат

Технологическая схема производства яблочного порошка является типичной для производства других порошков, отличия заключаются только в этапах подготовки сырья и процессах сушки [16, 17].

Гомогенизированное пюре подается на вальцовую сушилку, где его сушат до содержания влаги 4–6 % в течение 20–25 с. Сухое пюре после сушки подвергается дроблению на дробилке до порошкообразного состояния (получение сухого порошка). Далее полученный порошок в зависимости от технологической линии могут либо фасовать в тару, либо направить на дальнейшее использование (приготовление сухих смесей соусов, детского питания, киселей и т.д.) [16, 17].

Производство морковного порошка отличается от производства яблочного только на этапе подготовки сырья и свойствами самой моркови. Из-за содержания неустойчивого жира частицы морковного

порошка должны быть более крупными, так как более мелкий порошок быстрее прогоркает.

При производстве яблочного и морковного порошков потери сухих веществ составляют 18–21%, а крахмала около 1% в виде пылевых выделений в воздух рабочей зоны на этапах добавления крахмала, сушки пюре, смешивании с другими рецептурными компонентами и фасовки; непылевых отходов при получении пюре.

Томатный порошок производят согласно схеме производства и технологической схеме показанной на рис. 1.2 и рис. 1.3 [17].



Рис. 1.2. Схема производства томатного порошка

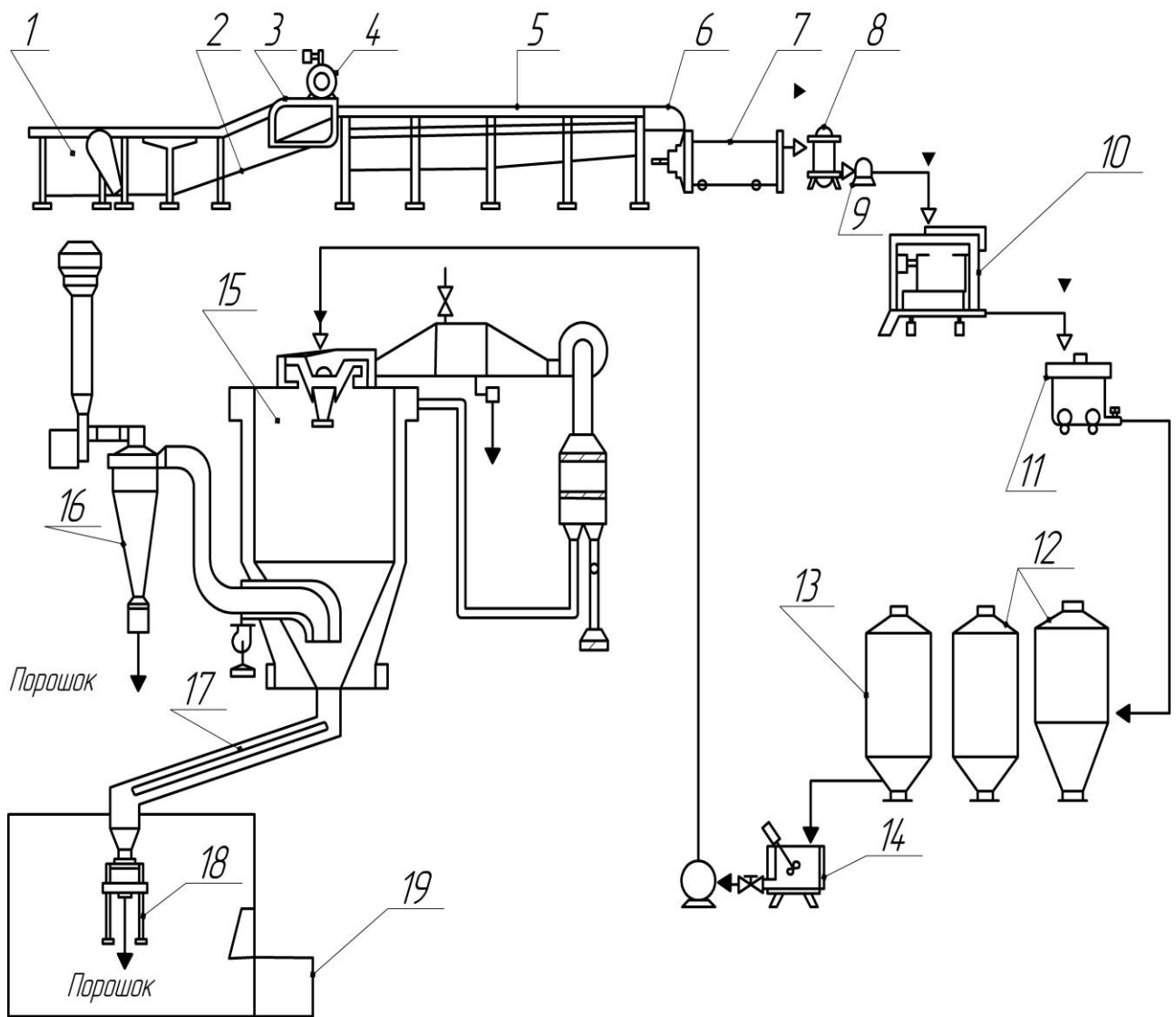


Рис. 1.3. Технологическая схема производства томатного порошка:

- 1 – ванна для замачивания; 2 – транспортер; 3 – душевая мойка;
- 4 – воздушный компрессор; 5 – сортировочный стол; 6 – дробилка;
- 7 – подогреватель пульпы; 8 – резервуар; 9 – насос; 10 – протирачная машина; 11 – сборник;
- 12 – сдвоенная вакуум-выпарная установка;
- 13 – вакуум-аппарат для окончательной уварки; 14 – питающий резервуар с мешалкой; 15 – распылительная сушилка; 16 – циклон;
- 17 – герметически закрытый шнек; 18 – вибрационное сито;
- 19 – установка кондиционирования воздуха

Применение распылительной сушилки позволяет создать более стабилизированный продукт, но требует мощных систем аспирации и средств очистки воздуха от пыли овощных и плодовых порошков.

1.3.2. Анализ технологии производства сухого пищевого концентрата красной свеклы для производства концентратов соусов

Основой сухого концентрата соуса могут быть томатный, морковный, свекольный порошки (сухие пищевые концентраты). Сухой пищевой концентрат красной свеклы имеет более высокую биологическую и пищевую ценность, низкую стоимость по сравнению с томатами. Нейтральный вкус сухого пищевого концентрата красной свеклы позволяет его использовать совместно с другими сухими порошками, создавая различные вкусовые гаммы соусов [18]. Но при этом стоит отметить токсичность сухого пищевого концентрата красной свеклы, определенной при оценке индекса токсичности растительных экстрактов на *Paramecium caudatum*, которая вызвана наличием водорастворимых биоцидных веществ природного происхождения, накапливающихся в корнеплодах в процессе онтогенеза [19].

Созданный способ получения основы соуса обеспечивает использование дешевого сырья, изменение консистенции и модификацию вкуса соуса, для значительного расширения его ассортимента, предупреждение слеживания основы, обладающей повышенными радиопротекторными и бактерицидными свойствами за счет специальной подготовки овощного сырья, включающей стадию активирования пектина путем кислотного гидролиза.

На рис. 1.4 показана схема производства концентрата соуса [20].

Способ получения основы для соуса предусматривает в качестве исходного сырья использование корнеплодов, выбранных свеклы, их подготовку, бланширование в растворе лимонной кислоты, высушивание и измельчение до порошкообразного состояния, смешивание с порошками плодов рябины черноплодной или рябины обыкновенной, листьев крапивы двудомной, биофлавоноидов, полученных из гречихи, увлажнение смеси отваром лекарственно-технического сырья до пастообразного состояния, гранулирование массы, высушивание гранул и расфасовку.

Биофлавоноиды, полученные из гречихи, представляют собой тонкодисперсный порошок, темно коричневого цвета, слегка горьковатого вкуса. Относится к природным фенольным соединениям благодаря наличию в них большого количества гидроксильных групп, проявляет активность к комплексообразованию, благодаря которым молекула может служить ловушкой для свободных радикалов, а также выполняет роль природного антиоксиданта.



Рис. 1.4. Схема производства гранулированного соуса на основе красной свеклы

Другие порошки, используемые при способе получения основы для соуса, имеют приятный цвет и запах и свойства, типичные для сушеных плодов рябины черноплодной и рябины обыкновенной и овощей свеклы, моркови и топинамбура и крапивы двудомной.

Бланширование корнеплодов в растворе лимонной кислоты способствует проведению кислотного гидролиза протопектинов, увеличению выхода растворимого активированного пектина, повышению его адсорбционной способности по отношению к радионуклидам и токсичным веществам. Перевод порошковой формы в гранулированную предотвращает слеживаемость основы.

Способ осуществляется следующим образом [20]:

Подготовленные корнеплоды бланшируют в 1,3%-ном растворе лимонной кислоты, высушивают, измельчают, смешивают измельченные до порошкообразного состояния, корнеплоды и порошки плодов рябины черноплодной или рябины обыкновенной, листьев крапивы двудомной, биофлавоноидов, полученных из гречихи, вносят стабилизатор консистенции, смесь увлажняют заранее приготовленным по традиционной технологии отваром шиповника или стевии в соотношении по массе 1:100 сырья и воды до получения пастообразной консистенции смеси, проводят гранулирование смеси, высушивание гранул, после чего расфасовывают в герметичную тару.

Увлажнение смеси отварами лекарственно-технического сырья обогащает основу биологически активными веществами этих растений, внесение биофлавоноидов, полученных из гречихи, увеличивает адсорбционные и бактерицидные свойства соуса, что позволяет рекомендовать его не только в виде приправы для различных блюд, но и в качестве биологически активной добавки к другим продуктам.

Незавершенность вкуса дает главное преимущество в значительном расширении ассортимента соуса исходя из базовой рецептуры соусной основы, при этом подобная соусная основа помогает решить вопрос не только вкуса и аромата, но и дает визуальный эффект взвешенных частиц сушеных натуральных плодов и овощей в теле соуса.

Внесенный стабилизатор консистенции при разведении основы горячей жидкостью (соком, бульоном, молоком и т.д.) и внесении растительного масла после тщательного перемешивания позволяет получить разнообразные быстроприготавливаемые кулинарные соусы с эмульсионной структурой в условиях домашнего хозяйства и общественного питания.

Сухие компоненты смешивают и хранят в герметичной упаковке до непосредственного использования [20].

Анализ условий труда работающих при производстве сухих пищевых концентратов красной свеклы показал, что при существующей технологии остается проблема снижения концентрации пылей. Особенно необходимо отметить (рис. 1.4) такие процессы как, сушка, измельчение до порошкообразного состояния, смешивание с пищевыми порошками, внесение крахмала и расфасовка сухого продукта, где концентрации пылей превышают допустимые нормы от 1,2 до 5 раз.

Кроме того, как было указано выше, сухой пищевых концентрат красной свеклы обладает токсичностью, которая вызвана наличием водорастворимых бицидных веществ природного происхождения, накапливающихся в корнеплодах в процессе онтогенеза [19].

1.4 Методы и средства улучшения условий труда при производстве сухих пищевых концентратов

1.4.1 Анализ существующих систем вентиляции промышленных предприятий

Наличие множества различных вредных факторов в пищевых производствах (тепловыделения и влаговыведения, выделение вредных газов, паров и пылей) требует установки вентиляционных систем.

Если классически рассматривать системы вентиляции (рис. 1.5), то все они подразделяются [21...27] по способу инициирования движения воздуха на естественные (организованные и неорганизованные) и искусственные. Искусственные системы вентиляции по направлению потока воздуха бывают приточными, вытяжными, приточно-вытяжными, рециркуляционными; по зоне обслуживания – общеобменные и местные; по использованию воздухопроводов – канальные и бесканальные.

Неорганизованная естественная вентиляция называется инфильтрацией, которая осуществляется за счет неплотностей оконных и дверных проемов, а также пор материалов конструктивных элементов зданий.



Рис. 1.5. Классификация существующих систем вентиляции

Создание естественной вентиляции происходит из-за воздействия ветрового давления и разности температур и весов воздуха (внутри $t_B \gamma_B$ и снаружи $t_H \gamma_H$) производственных помещений. На рис. 1.6 показана схема распределения давления воздуха и разность высот приточного и вытяжного проемов. При естественной вентиляции необходимо располагать оборудование перпендикулярно стенам для обеспечения свободного движения воздушных потоков. [21, 25]

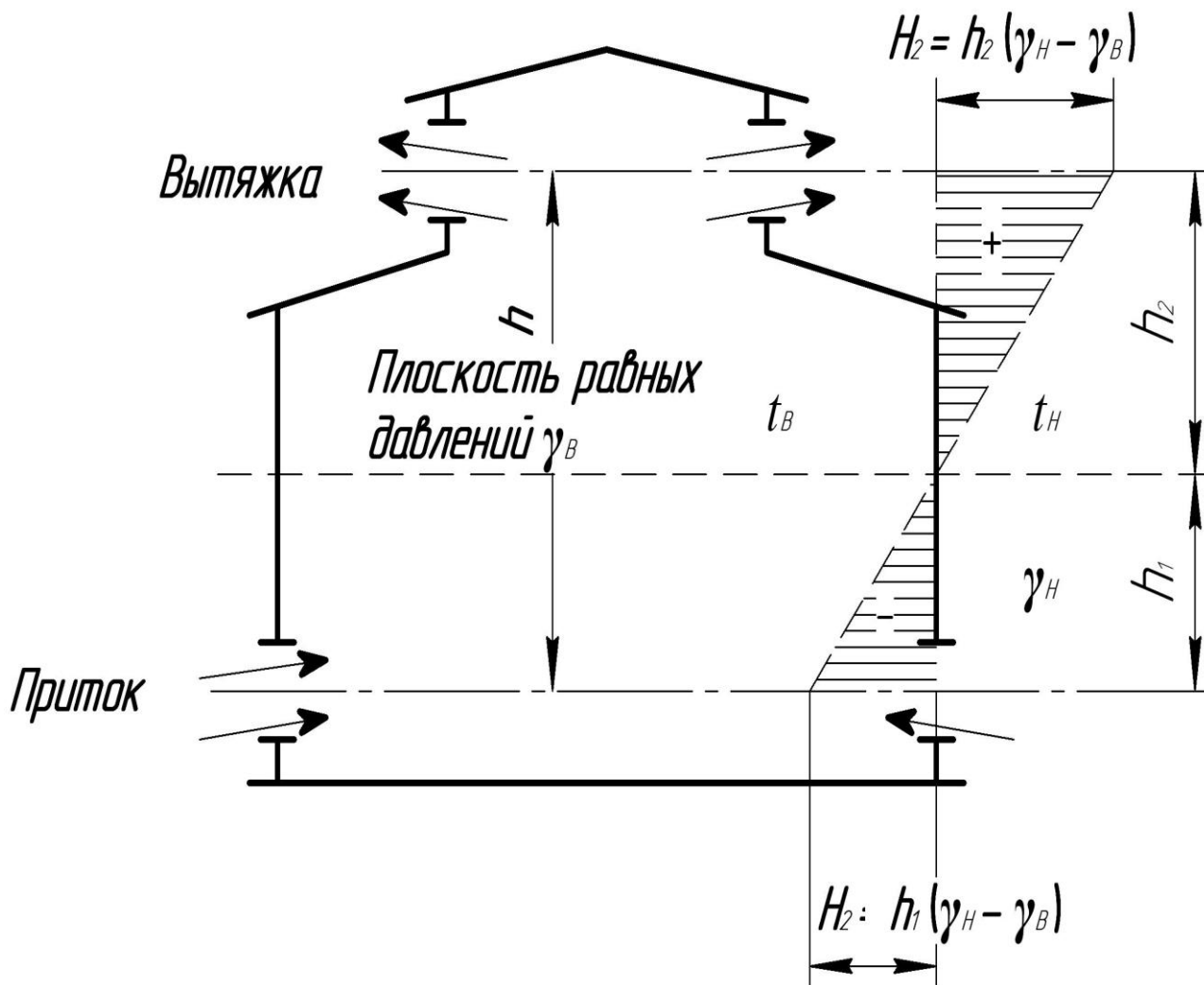


Рис. 1.6. Распределение давления воздуха в помещении при естественной вентиляции

Против проходов между оборудованием в стенах оборудуют приточные отверстия в виде открывающихся фрамуг, через которые свободно поступает свежий воздух в помещения. При этом свежий воздух вытесняет загрязненный воздух, находящийся в помещении [21, 25].

Одним из способов обеспечения естественной вентиляции является проветривание помещений, открывая форточки и фрамуги в ок-

нах и световых фонарях. Но воздухообмен в холодный период года допускается не более однократного в час, из-за необходимости не допустить снижения температуры воздуха внутри помещения ниже допустимой, туманообразования и конденсации водяных паров на поверхности стен, покрытий, остекления (рис. 1.7) [25].

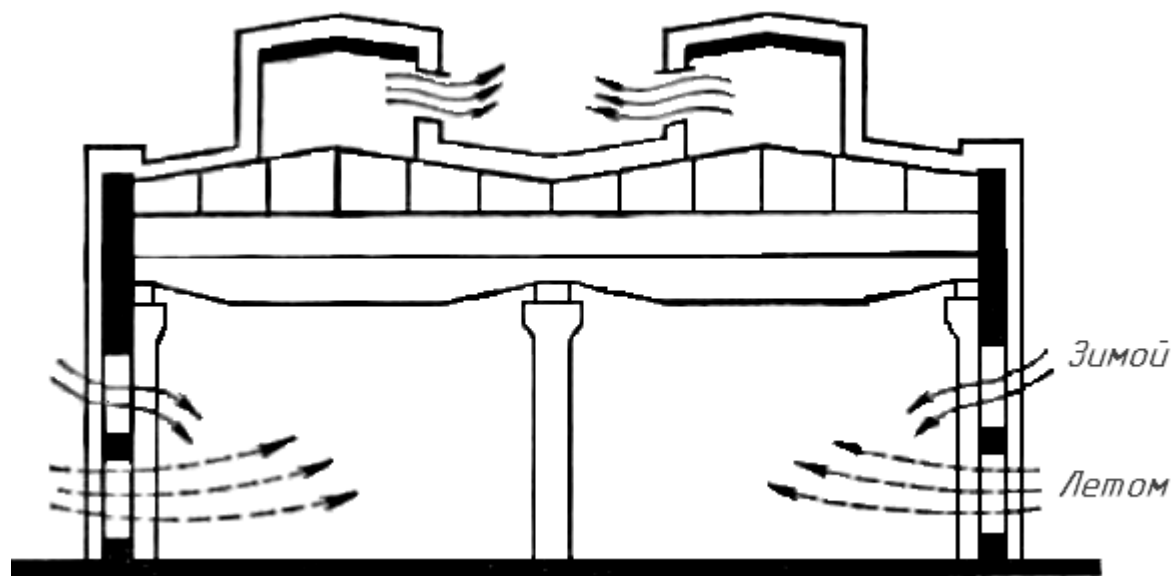


Рис. 1.7. Схема поступления и удаления воздуха при аэрации в теплый и холодный периоды года

На организованную естественную вентиляцию (аэрацию) возлагается роль общеобменной вентиляции производственных помещений для обеспечения расчетных параметров параметров, для достижения нормальной и эффективной работы которой необходимо здание расположить перпендикулярно направлению или под углом не менее 45° направлению господствующих ветров.

Окна в стенах и фонарях на крышах оборудуются механизмами, обеспечивающими их открывание с пола, регулируют в зависимости от направления и силы ветра воздухообмен в необходимых объемах. Надежное действие аэрации можно обеспечить только при частом открывании и закрывании окон (фрамуг), что требует повышенной надежности и хорошей конструкции механизмов открытия-закрытия, а также их механизации.

Приток воздуха в помещение предусматривается в теплый период года на высоте не более 1,8 м от пола, а в холодный период года — не ниже 4 м от пола. Для этого по высоте боковых проемов здания располагают два ряда фрамуг.

Для повышения эффективности воздухообмена в производственных помещениях устанавливаются вытяжные каналы, которые выводятся на крышу и оснащаются дефлекторами, работающие за счет теплового напора и действия силы ветра. Разработано большое количество дефлекторов различных типов, но широкое распространение получили дефлекторы ЦАГИ (рис. 1.8).

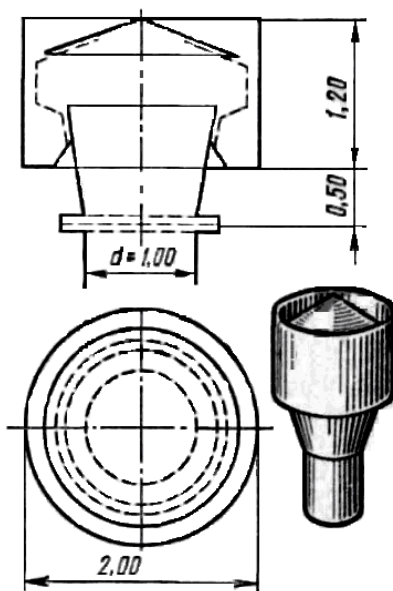


Рис. 1.8. Круглый дефлектор ЦАГИ

Установка дефлекторов выше коньков крыши производственных помещений обеспечивает улавливание ими ветрового напора любого направления. Данная конструкция дефлектора исключает обратную тягу (в помещение), а при непогоде – проникновение в здание дождя и снега.

Преимущества систем естественной вентиляции [21, 28, 29]:

- простота конструкции;
- отсутствие необходимости установки дорогостоящего оборудования;
- отсутствие энергозатрат на работу вентиляции;
- огромный воздухообмен при малых затратах.

Недостатки систем естественной вентиляции:

- зависимость от условий внешней среды;
- небольшое создаваемое давление;
- отсутствие возможности подготовки подаваемого воздуха (подогрев, очистка, увлажнение) в производственное помещение.

Из-за наличия большого количества выделений тепла, влаги, и особенно вредных газов (паров) и пыли на предприятиях пищевой промышленности к системам естественной вентиляции необходимо добавлять системы искусственной вентиляции для нормализации параметров воздушной среды. Искусственные вентиляционные системы позволяют в разы увеличить качество воздухообмена производственных помещений и сделать их автономными (независимыми от условий окружающей среды). Но применение отдельно как естественной так и искусственной системы вентиляции нежелательно, так как первая не обеспечивает необходимого качества воздуха производственного помещения, а для работы второй необходим подток свежего воздуха [21, 25, 28, 29].

Для создания необходимого давления используют искусственную вентиляцию, в которой применяется различное оборудование (вентиляторы, электродвигатели, воздухонагреватели, автоматика и др.). Это оборудование позволяет создать широкую сеть воздухопроводов в здании и обеспечить необходимые условия труда. При этом главным недостатком искусственной системы вентиляции является потребность в сложном и дорогом оборудовании и большие энергозатраты на работу вентиляции.

По конструктивному исполнению системы искусственной вентиляции делятся на каналные и бесканальные (рис. 1.9).[21]

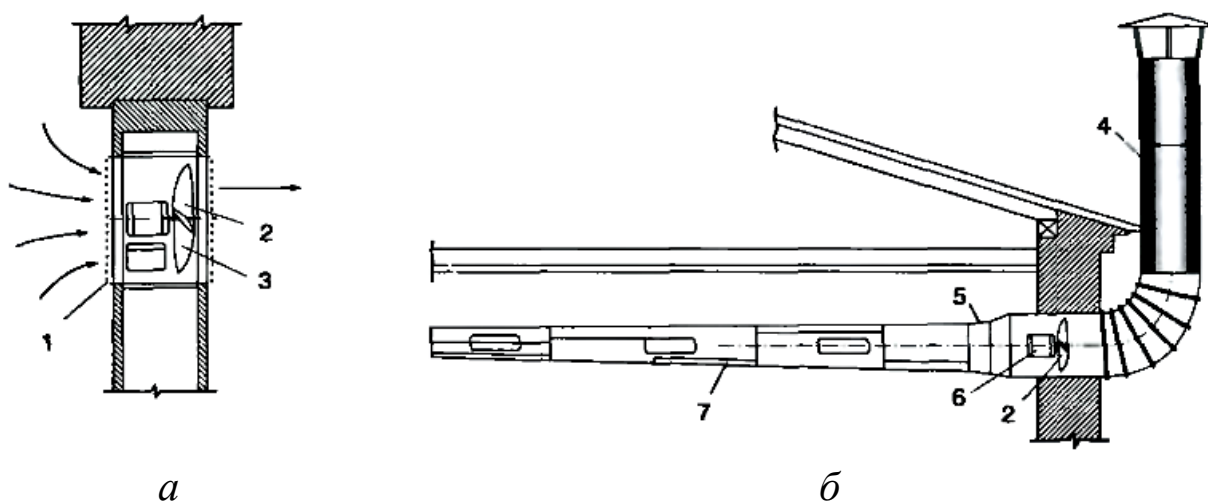


Рис. 1.9. Канальные и бесканальные системы вентиляции:
а – бесканальные системы, *б* – канальные системы; 1 – утепленный клапан, 2 – вентилятор, 3 – лопасти вентилятора, 4 – вытяжная шахта, 5 – шибер, 6 – электродвигатель, 7 – вытяжная сеть

Бесканальные системы вентиляции характеризуются простотой конструкции, но малой зоной действия – интенсивный воздухообмен происходит только ближней зоне, что не позволяет достичь необходимого качества воздуха производственного помещения. Также отсутствует возможность установки специального оборудования (фильтров, увлажнителей). Канальные системы позволяют равномерно распределить воздухообмен по всему помещению, а также обеспечить необходимое качество воздуха (за счет установки специального оборудования и герметизации загрязненного воздуха в вентиляционных каналах) в конкретных зонах производственного помещения [25, 28].

По зоне обслуживания канальные и бесканальные системы вентиляции подразделяются на общеобменные и местные.

Общеобменные системы вентиляции подразделяются на приточные, вытяжные, приточно-вытяжные и рециркуляционные (рис. 1.10). Местные системы делятся на приточные и вытяжные.

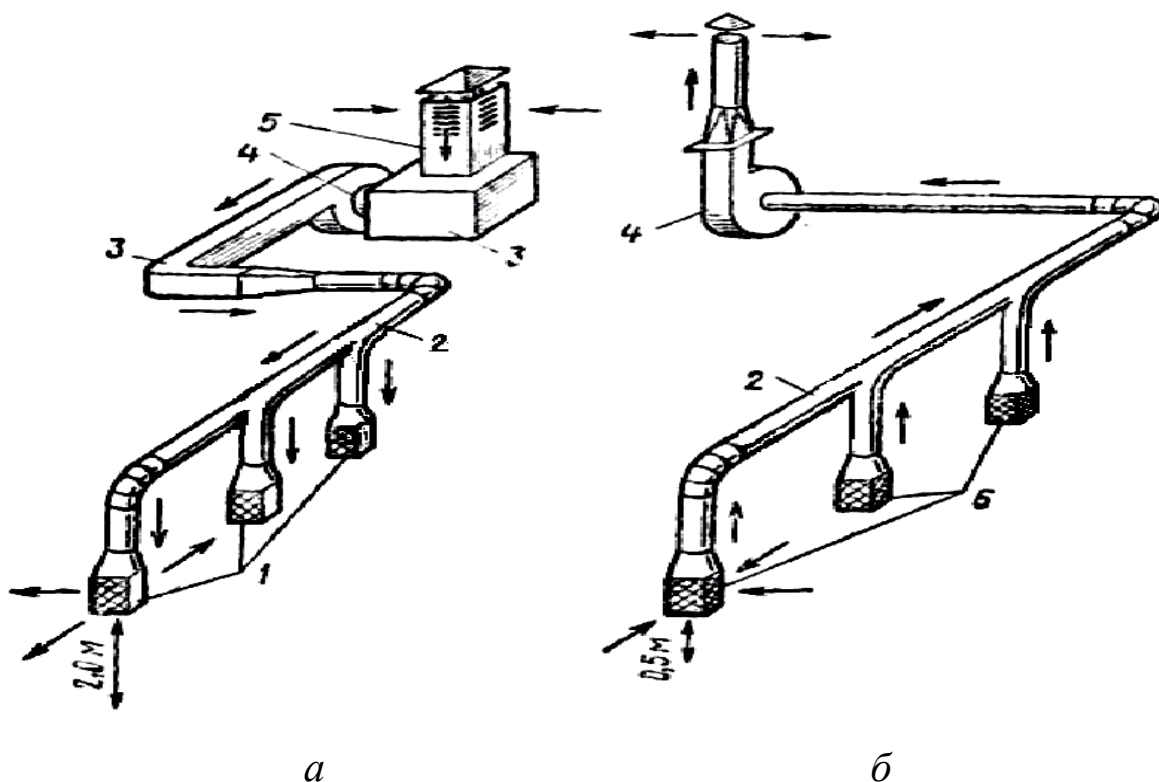


Рис. 1.10. Схемы приточной и вытяжной систем вентиляции:
а – приточная вентиляция, *б* – вытяжная вентиляция;
 1 – воздухораспределители, 2 – воздуховоды, 3 – калорифер,
 4 – вентилятор, 5 – воздухозаборная шахта, 6 – воздухоприемники

Приточные системы применяют для подачи в помещения чистого воздуха, в результате чего происходит разбавление воздуха помещения, что приводит к снижению концентрации вредных веществ, стабилизации температуры и влажности воздуха. Но при работе в условиях повышенной концентрации вредных газов (паров) и пылей, не всегда возможно разбавление до значений ПДК, и часто приводит к распространению вредных веществ по всему объему помещения. Как правило, приточный воздух перед подачей в помещение необходимо подвергнуть очистке от пылей, подогреву, увлажнению, в результате чего необходимо устанавливать фильтры, калориферы и др.

Вытяжная вентиляция необходима для удаления загрязненного и отработанного воздуха из помещения.

Приточно-вытяжная вентиляция применяется для создания сбалансированного воздухообмена, что позволяет значительно увеличить качество воздушной среды.

Рециркуляционные системы вентиляции применяются в холодное время года в целях энергосбережения, затрачиваемого на обработку воздуха. Частично удаляемый из помещения воздух после его очистки направляется обратно в помещение. Поступающий атмосферный воздух должен составлять не менее 10% от общего количества поступающего воздуха в помещение, в котором должно быть не более 30% вредных веществ [25].

Применение рециркуляционных систем нежелательно в условиях наличия в воздухе вредных веществ 1, 2 и 3-его классов опасности, неприятных запахов и болезнетворных микроорганизмов, и возможности значительного увеличения концентрации вредных веществ.

Местные приточные системы вентиляции должны подавать чистый подготовленный воздух к рабочим местам для разбавления вредных веществ в воздухе рабочей зоны, создания необходимых параметров микроклимата и снижения интенсивности теплового облучения работающих. Местные приточные системы могут быть в виде воздушных душей и воздушных оазисов. Разбавление вредных веществ ведет к распространению по всему помещению.

Для недопущения распространения вредных выделений производства используются системы местной вытяжной вентиляции.

Общая схема местной вытяжной вентиляции представлена на рис. 1.11.

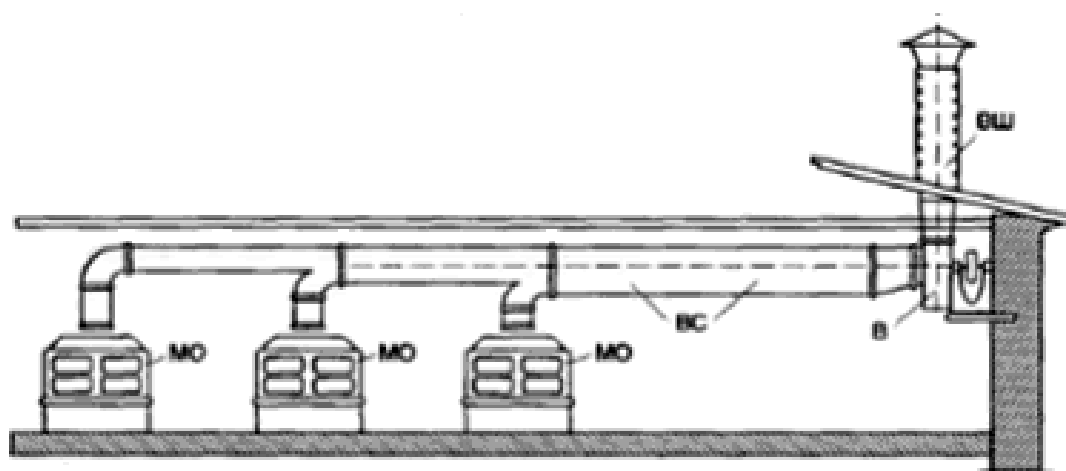


Рис. 1.11. Схема местной вытяжной вентиляции: МО – местные отсосы, ВС – вытяжные каналы, В – вентилятор, ВШ – вытяжная шахта

Конструктивное исполнение местной вытяжной вентиляции может быть открытого типа (бортовые отсосы), полуоткрытого типа (вытяжные шкафы, зонты), показанные на рис. 1.12, и закрытого типа, герметизирующие оборудование с вредными выделениями.

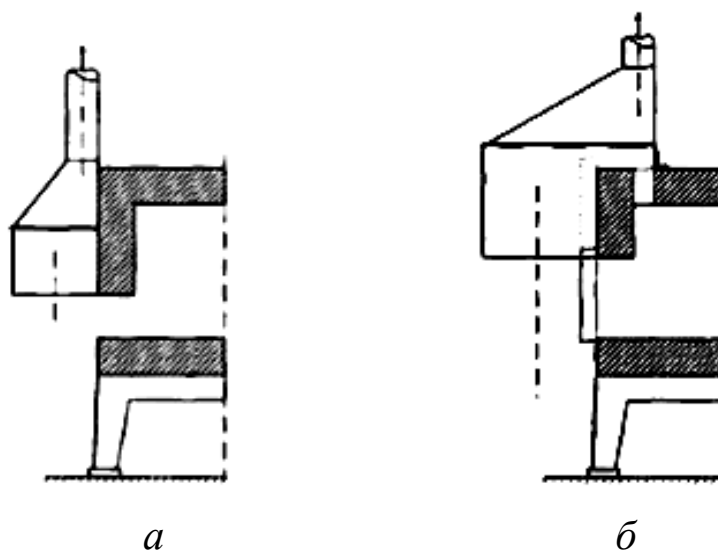


Рис. 1.12. Зонты-козырьки у нагревательных печей: *а* – у щелевого отверстия при выпуске через него продуктов горения, *б* – у отверстия снабженного дверкой при выпуске продуктов горения через газовые окна

Следует отметить, что отвод вредных выделений с помощью бортовых отсосов достигается только при значительном расходе воздуха.

К местной вытяжной вентиляции предъявляются следующие требования [21]:

- источник выделения вредных веществ должен быть по возможности полностью закрыт вытяжными устройствами;
- конструкция вытяжных устройств должна обеспечить нормальную работоспособность работающих;
- вредные выделения должны улавливать по наиболее вероятному пути их движения (горячие пары – вверх, холодные пары и пыли – вниз).

Местные вытяжные системы являются достаточно эффективными средствами обеспечения качества воздуха рабочей зоны за счет [21, 28]:

- локализации вредных выделений;
- снижения энергопотребления системами вентиляции из-за меньшего расхода воздуха;
- из-за концентрирования вредных выделений обеспечить более качественную очистку воздуха выбрасываемого в атмосферу.

При использовании существующих искусственных систем вентиляции имеет место низкая эффективность их использования из-за [28...34]:

- отсутствия регулирования работы системы вентиляции;
- недостаточной очистки воздуха рабочей зоны при малой мощности электродвигателя вентилятора;
- повышенных энергозатрат на работу системы вентиляции при малых концентрациях вредных веществ в воздушной среде;
- необходимости при проектировании производить точные расчеты с учетом концентрации вредных веществ и параметров микроклимата, уровней шума и вибрации.

Анализ показал, что классические системы вентиляции, применяемые для улучшения условий труда при производстве сухих пищевых концентратов, не обеспечивают необходимого снижения концентрации пыли в воздухе рабочей зоны.

1.4.2 Анализ существующих систем контроля параметров воздушной среды

В современном мире наметилась тенденция к энергосбережению и повышению качества воздуха производственных помещений, что

требует новых подходов к разработке систем вентиляции производственных помещений с учетом контроля параметров воздушной среды [21, 29, 32, 33...46].

В данном направлении разработано достаточно много, но мало уделено внимания контролю параметров воздушной по содержанию пылей по причине различий ее свойств и полидисперсности.

На рис. 1.13 представлен способ вентиляции промышленного предприятия [39]

Способ вентиляции промышленного предприятия позволяет обеспечить регулирование концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны изменением частоты вращения вентилятора (расходом воздуха), что ведет к снижению времени нахождения работающих в условиях повышенных концентраций вредных веществ и снижению энергопотребления системами вентиляции.

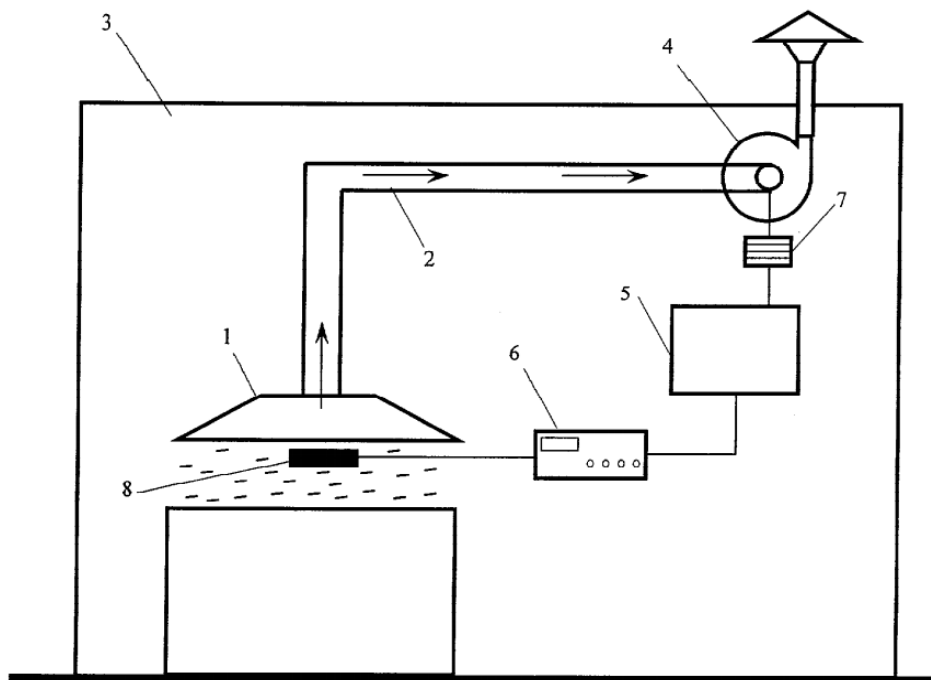


Рис. 1.13. Способ вентиляции промышленного предприятия:

- 1 – воздуховоды местных отсосов загрязненного воздуха,
- 2 – основной воздуховод вытяжной вентиляции,
- 3 – производственный цех, 4 – вытяжной вентилятор, 5 – регулятор расхода воздуха, 6 – газоанализатор концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, 7 – исполнительный механизм, 8 – газозаборный зонд

В рамках данного способа существует система вентиляции промышленного предприятия [40], схема которого представлена на рис. 1.14.

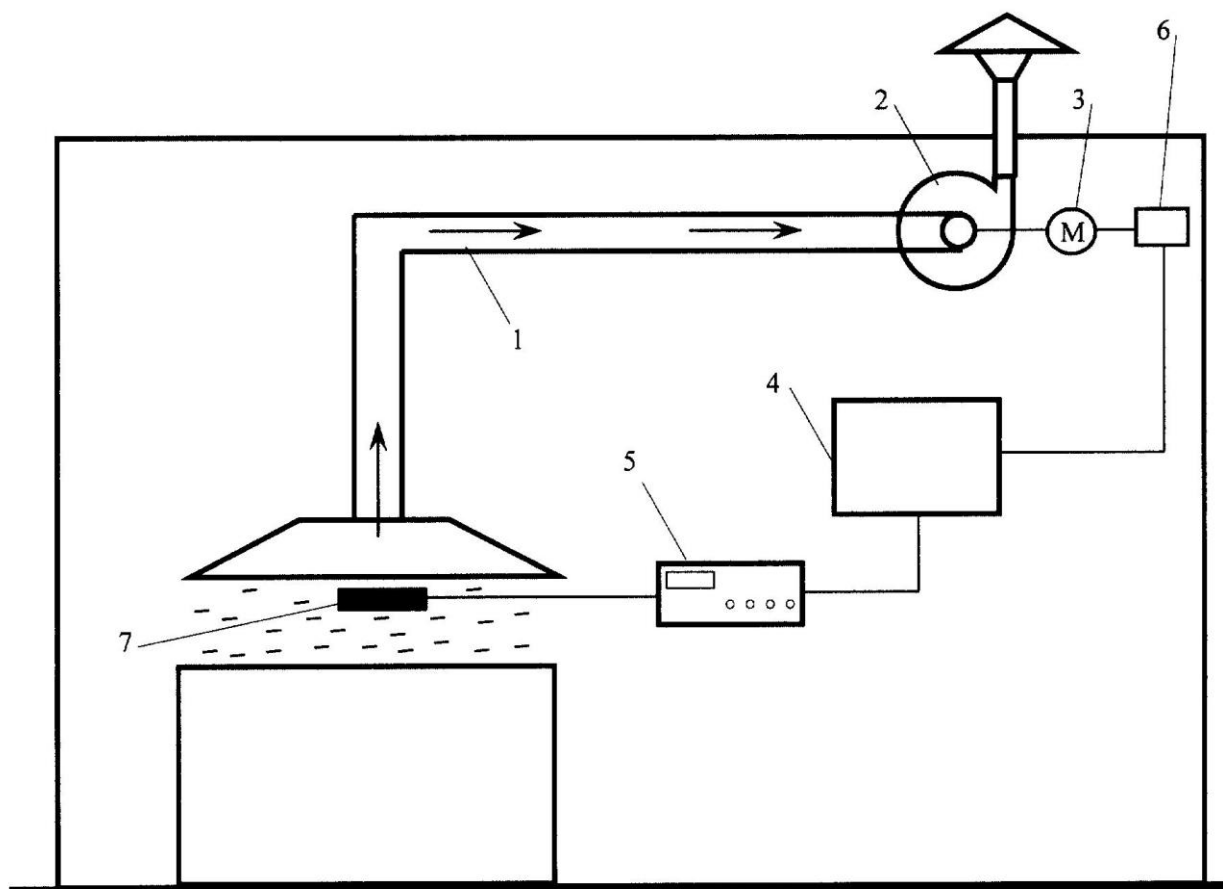


Рис. 1.14. Система вентиляции промышленного предприятия:
1 – вытяжной воздуховод загрязненного воздуха, 2 – вентилятор,
3 – электродвигатель, 4 – регулятор расхода воздуха, 5 – датчик
концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны,
6 – преобразователь частоты вращения электродвигателя,
7 – газозаборный зонд

Система вентиляции работает следующим образом [40]. Загрязненный вредными веществами воздух рабочей зоны производственного цеха забирается с помощью местных отсосов в вытяжной воздуховод загрязненного воздуха, затем вентилятором отводится в атмосферу. Количество удаляемого вытяжного воздуха устанавливается исходя из необходимости достижения заданной концентрации вредных веществ (CO_x , NO_x , SO_x и др.) в рабочей зоне производственных помещений. Для этого регулятором расхода воздуха по импульсу от датчика концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны количество удаляемого вытяжного воздуха регулируется путем измене-

ния скорости вращения вытяжного вентилятора с помощью преобразователя частоты вращения электродвигателя. Для забора пробы газозаборной смеси в рабочей зоне производственных помещений используется газозаборный зонд.

Данная система вентиляции промышленного предприятия имеет такие же преимущества, что и способ [39]. Недостатками данной системы являются [41, 42]:

- увеличение длительности нахождения работающих во вредных условиях труда из-за отсутствия в системе блока автоматического регулирования расхода удаляемого воздуха, что может привести к повышению времени реакции системы на изменение параметров воздушной среды;

- увеличение напряженности трудового процесса при обслуживании системы вентиляции из-за наличия в системе нескольких различных устройств для регулирования расхода воздуха, что повышает трудоемкость обслуживания;

- необъективная оценка условий труда из-за отсутствия устройства обеспечения равномерного движения воздуха в зоне работы газозаборного зонда, что может снизить точность измерений концентрации вредных веществ.

Устройства контроля концентрации вредных веществ являются одним из основных элементов автоматизации систем вентиляции, так как от их работы зависит эффективность работы всей системы. Основными параметрами устройств контроля концентрации вредных веществ (особенно пылей) являются: чувствительность, надежность срабатывания, непрерывность контроля.

В настоящее время наиболее полноценно реализована система контроля температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха и содержания некоторых газов в воздухе рабочей зоны (углекислота, кислород). На рис. 1.15 представлена схема устройства контроля запыленности воздуха [43].

Перед началом определения запыленности воздуха устройство необходимо настраивать (очищенный воздух с помощью фильтра нагнетается в камеру с чувствительными элементами датчика концентрации вредных веществ) для учета диэлектрической проницаемости воздуха при данных параметрах микроклимата помещения. После настройки устройства, которую необходимо делать через некоторые промежутки времени, можно проводить контролирование запыленности воздуха.

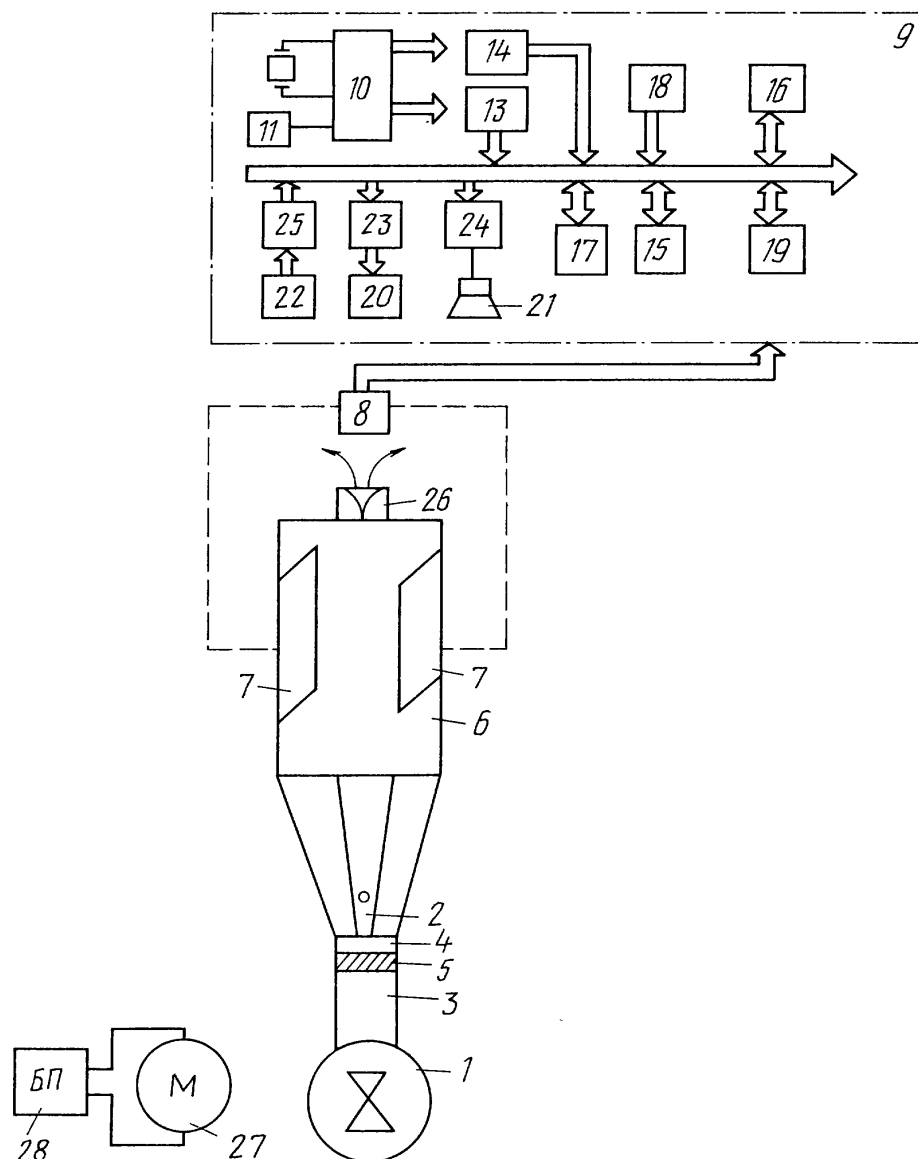


Рис. 1.15. Схема устройства контроля запыленности воздуха:
 1 – воздуходувка, 2 – ротаметр, 3 – входной патрубок,
 4 – двухсторонняя задвижка, 5 – фильтр, 6 – камерой,
 7 – чувствительный элемент, 8 – датчик диэлектрической
 проницаемости среды в виде пластин конденсатора,
 9 – микропроцессорный блока контроля, 10 – микропроцессор,
 11 – цепь начальной установки, 12 – системная магистраль,
 13 – буфер, 14 – схема формирования управляющих сигналов,
 15 – блок оперативной памяти, 16 – блок постоянной памяти,
 17 – дешифратор устройств, 18 – программируемый таймер,
 19 – порт ввода-вывода информации, 20 – индикатор,
 21 – динамическая головка, 22 – клавиатура, 23 – контроллер
 индикации, 24 – контроллер звуковой сигнализации, 25 – контроллер
 клавиатуры, 26 – редукционный клапан, 27 – электродвигатель,
 28 – блок питания

Данное устройство контроля запыленности позволяет устанавливать совместно с системами вентиляции для указания концентрации, что позволяет снизить вероятность нахождения работающих в условиях повышенной запыленности воздуха.

Недостатком данного устройства является отсутствие непрерывного контроля запыленности воздуха из-за необходимости постоянной калибровки устройства [44].

Существует устройство (рис. 1.16) оптического контроля производственной атмосферы [45], которое содержит источник 1 излучения оптических импульсов, спектроанализатор, оптоволоконный разветвитель, выносной датчик, содержащий корпус с расположенными в нем коллимирующим объективом и пучком оптических волокон, соединенным с одной стороны с оптическим волокном, а с другой стороны образующим оптоволоконный коллектор, расположенный в фокальной плоскости коллимирующего объектива, а также временной дискриминатор.

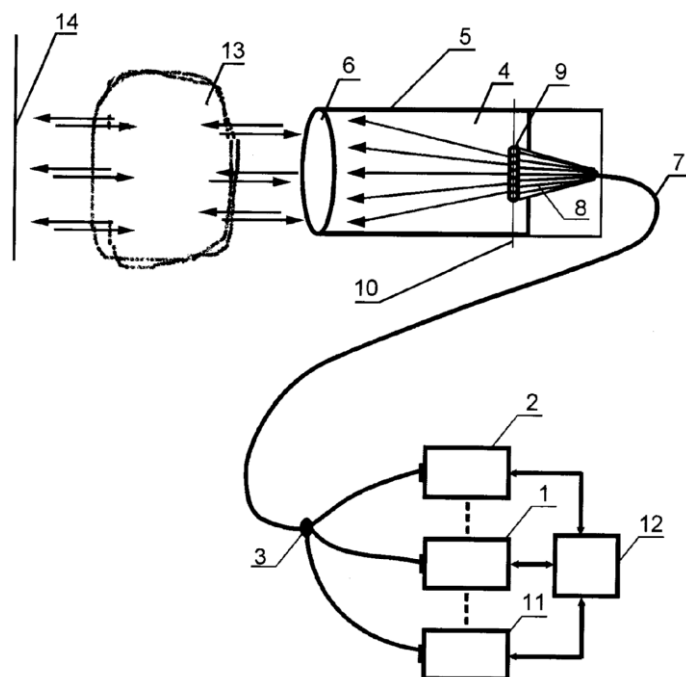


Рис. 1.16. Оптическое устройство контроля производственной атмосферы: 1 – источник излучения оптических импульсов, 2 – спектроанализатор, 3 – оптоволоконный разветвитель, 4 – выносной датчик, 5 – корпус, 6 – коллимирующий объектив, 7 – оптическое волокно, 8 – пучок оптических волокон, 9 – оптоволоконный коллектор, 10 – фокальная плоскость, 11 – временной дискриминатор, 12 – контроллер, 13 – производственная атмосфера, 14 – стена (препятствие)

При этом источник выполнен в виде быстродействующих полупроводниковых лазеров. Обработка передаваемых и получаемых электрических сигналов осуществляется контроллером. Выносной датчик размещен в исследуемом объеме производственной атмосферы, ограниченном стеной (препятствием). Техническим результатом является обеспечение возможности оптического контроля атмосферы в объеме производственного помещения и повышение достоверности измерений при сохранении их точности.

Недостатком данной установки является низкая точность измерения концентрации пыли в воздухе из-за неравномерного движения воздуха в зоне работы устройства, присутствия элементов с малой отражающей способностью (стены производственных зданий), а также возможных помех со стороны рабочего персонала.

Также разработан способ контроля запыленности воздуха [46], в основе которого лежит явление «Капельный кластер», а его суть состоит в измерении скорости роста площади поверхности капельного кластера, который индуцируется светоизлучающим нагревательным элементом, встроенным в дно кюветы с открытым тонким слоем жидкости. Чем выше концентрация пылевых частиц в воздухе, тем быстрее увеличивается кластер и изменяется сигнала фотодатчика, что позволяет контролировать степень запыленности воздуха на основе предварительно полученной калибровочной зависимости. (рис. 1.17)

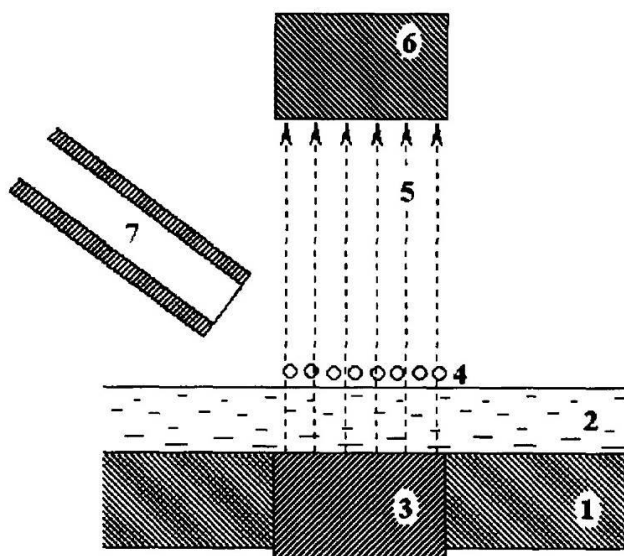


Рис. 1.17. Способ контроля запыленности воздуха: 1 – кювета, 2 – тонкий слой жидкости, 3 – светоизлучающий нагревательный элемент, 4 – капельный кластер, 5 – световой поток, 6 – фотоприемник, 7 – воздуховод

На основе данного способа создан измеритель запыленности воздуха [47], принцип работы которого также основан на использовании капельного кластера, для зарождения которого создается слой жидкости в кювете (типа чашки Петри) из светопрозрачного материала, на дне которой сформирован окрашенный участок, поглощающий порядка 90-95% мощности излучения применяемого светового источника.

Капельный кластер генерируется тепловым действием светового пучка, падающего извне кюветы перпендикулярно плоскости ее дна. Проникающие сквозь дно кюветы 5-10% светового излучения используются для измерения скорости роста капельного кластера, по которой определяется степень запыленности воздуха. Техническим результатом является упрощение эксплуатации устройства за счет возможности использования сменных кювет (рис.1.18).

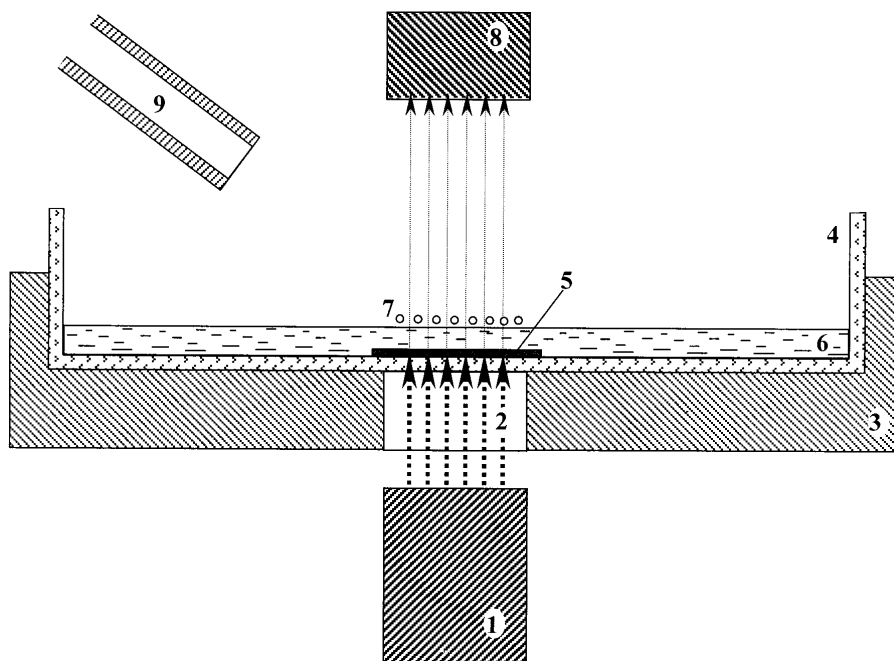


Рис. 1.18. Измеритель запыленности воздуха: 1 – источник света, 2 – коллимированный световой пучок, 3 – основание, 4 – сменная кювета, 5 – участок поверхности дна, 6 – слой жидкости, 7 – капельный кластер, 8 – фотоприемник, 9 – трубка для подачи воздуха

Недостатком данного способа и измерителя является невозможность обеспечения непрерывности контроля концентрации пыли из-за постоянной периодичности замены кюветы с жидкостью, что снижает точность определения концентрации пыли.

Анализ устройств автоматизации систем пылезащиты показал, что их применение обеспечивает поддержание концентрации пыли в воздухе рабочей зоны в необходимом пределе, но при этом отсутствует непрерывность контроля запыленности, они имеют низкую точность измерения концентрации пыли, увеличивает трудоемкость обслуживания систем.

1.4.3 Анализ способов и устройств оценки запотевания очковых стекол средств индивидуальной защиты

При существующей технологии производства сухих пищекокцентратов системы вентиляции могут не справляться с удалением пылей из воздуха рабочей зоны, нормализацией параметров микроклимата. Это может быть при аварийных ситуациях, проведении профилактических и ремонтных работ, очистке оборудования. В данном случае необходимо дополнительно использовать средства индивидуальной защиты как общего назначения, так органов дыхания (СИЗОД) и зрения (СИЗОЗ) [22..27, 48...57].

Одним из основных показателей, определяющих эффективность использования СИЗОД и СИЗОЗ является запотевание очковых стекол [54...57].

Существуют различные способы оценки запотевания очковых стекол.

Согласно [52], запотевание очковых стекол следует проверять на специальной установке (рис. 1.19), состоящей из камеры, разделенной перегородкой на два отсека.

Очки устанавливаются в перегородке так, чтобы сторона очковых стекол, обращенная к глазу, была в первом отсеке, а наружная сторона - во втором. При этом обеспечивают полную изоляцию одного отсека от другого. После установки очков и изоляции отсеков проверяют светопропускание стекол. Для этого в одном из отсеков устанавливают лампу накаливания мощностью 40 Вт, создающую пучок света, проходящий через очковое стекло в другой отсек и падающий на фотоэлемент люксметра типа Ю117 с пределом допускаемой основной погрешности $\pm 10\%$. Затем в первом отсеке создают температуру $(37 \pm 3)^\circ\text{C}$ и относительную влажность $(80 \pm 3)\%$, во втором - температуру $(22 \pm 3)^\circ\text{C}$. Температуру с погрешностью измерения $0,1^\circ\text{C}$ и относительную влажность проверяют психрометром.

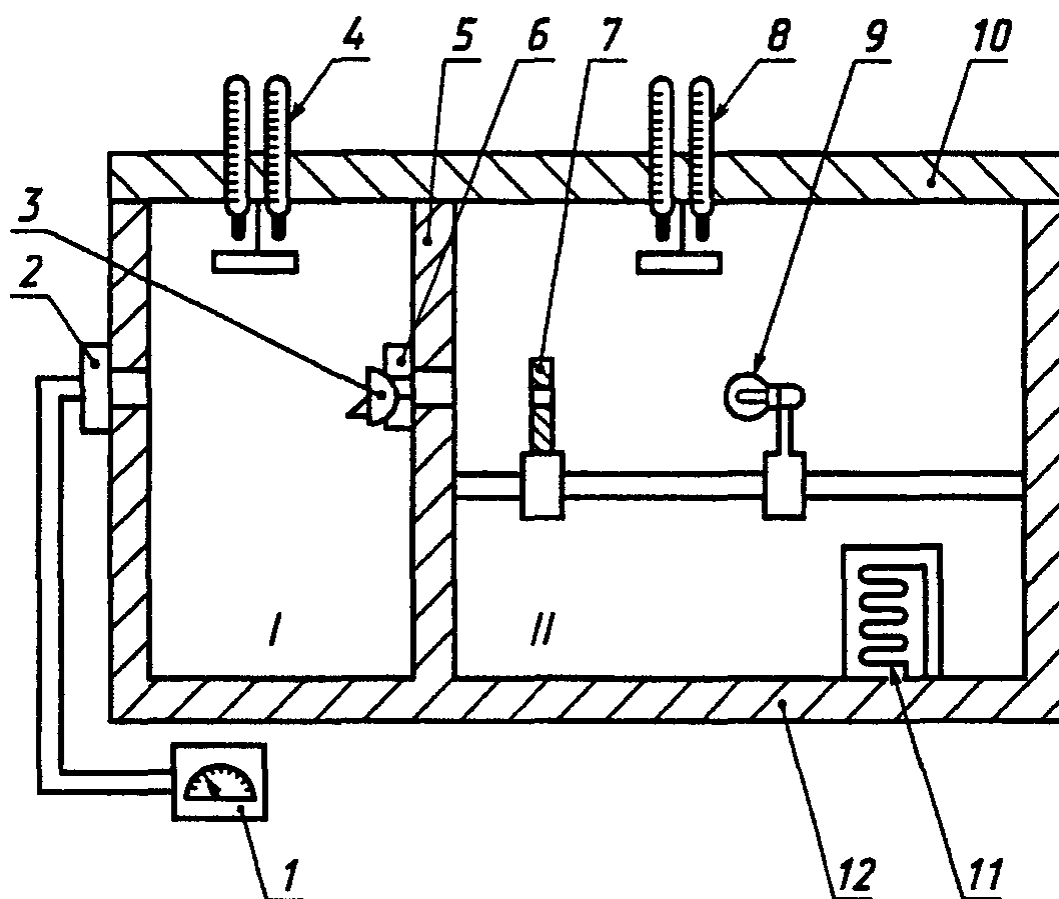


Рис. 1.19. Схема установки для оценки запотевания очковых стекол:
 I – отсек 1; II – отсек 2; 1 – люксметр; 2 – фотоэлемент;
 3 – испытываемые очки; 4, 8 – психрометр; 5 – перегородка;
 6 – макет головы; 7 – диск с отверстием; 9 – источник света;
 10 – крышка; 11 – нагреватель; 12 – теплоизоляция

Через 30 мин вторично проверяют светопропускание стекол.

Недостатком данной установки является то, что она позволяет получить лишь окончательную величину снижения светопропускания, что не дает возможности проследить сам процесс запотевания и соответствующее изменение остроты зрения, что определяет возможность работы в защитных очках [53].

Согласно [54], испытание очковых стекол средств индивидуальной защиты глаз проводится на устойчивость к запотеванию на установке, принципиальная оптическая схема которой представлена на рисунке 1.20.

Источник света – лазер с длиной волны (600 ± 70) нм и диаметром пучка излучения – 10 мм. Светоделитель 5, зеркало 1 и линзы L_1 , L_2 с размерами, выбранными таким образом, чтобы рассеянный свет находился в телесном угле $0,75^\circ$. Например, $f_1 = 10$ мм и $f_2 = 100$ мм

соответственно. При использовании линзы L_3 с номинальным фокусным расстоянием $f_3 = 400$ мм диаметр диафрагмы 6 должен составлять 10 мм, а диафрагма должна находиться в фокальной плоскости линзы L_3 . В водяной бане 10 объем воздуха должен составлять не менее 4 дм^3 . В контейнере для водяной бани должен быть установлен вентилятор 9 для циркуляции воздуха. Водяная баня должна термостатироваться для поддержания температуры воды $(50,0 \pm 0,5) \text{ }^\circ\text{C}$.

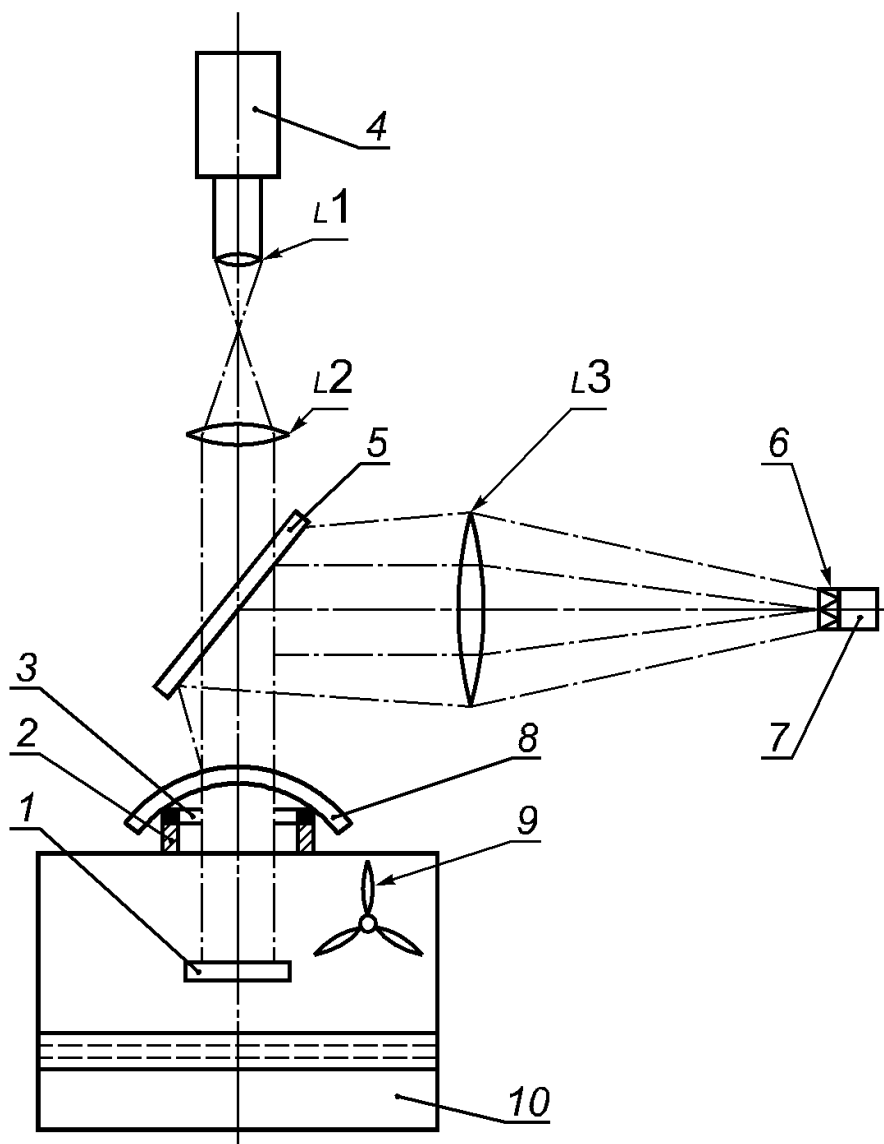


Рис. 1.20. Принципиальная оптическая схема установки для испытания устойчивости очковых стекол к запотеванию: 1 – зеркало; 2 – опорное кольцо; 3 – кольцо из мягкой резины; 4 – лазер; 5 – светоделитель; 6 – диафрагма; 7 – фотоприемник; 8 – образец; 9 – вентилятор; 10 – водяная баня; L_1 , L_2 , L_3 – линзы

Опорное кольцо 2 должно иметь диаметр 35 мм и высоту 24 мм от низа крышки водяной бани. В случаях, когда испытуемое очковое стекло имеет цилиндрическую поверхность, верхняя часть опорного кольца должна быть подогнана к поверхности испытуемого очкового стекла. В таких случаях высоту опорного кольца 2, равную 24 мм, измеряют до верхней точки опорного кольца. Кольцо из мягкой резины 3 толщиной 3 мм и шириной 3 мм вставляется между испытуемым очковым стеклом и опорным кольцом.

Перед испытанием не менее четырех очковых стекол одинакового типа выдерживают в дистиллированной воде объемом не менее чем 5 см^3 воды на 1 см^2 поверхности очкового стекла в течение одного-двух часов при температуре $(23 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$, затем высушивают и выдерживают на воздухе не менее 12 ч при температуре $(23 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 50%.

Температуру водяной бани устанавливают равной $(50 \pm 0,5) \text{ }^\circ\text{C}$. Воздух над ней перемешивают вентилятором для насыщения его водяным паром. В течение этого времени отверстие в водяной бане должно быть закрыто. Перед измерением вентилятор выключают.

При испытании для измерения коэффициента пропускания τ_r очковое стекло помещают на опорное кольцо. Время измерения определяют с помощью фотоприемника до того момента, пока τ_r^2 не станет меньше 80% начального значения этой величины и при этом испытуемое очковое стекло не запотеет.

При оценке начальное запотевание в течение 0,5 с не следует принимать во внимание. Так как луч света дважды проходит через образец, это измерение коэффициента пропускания очкового стекла означает определение τ_r^2 .

Недостатком данной установки является то, что она не позволяет учесть особенности запотевания в реальной конструкции очков и в частности оценить эффективность конструктивных решений для вентиляции подочкового пространства из-за того, что на ней проводится испытание только одного очкового стекла, а не очков в целом [53].

Существует установка (рис.1.21) для определения запотевания стекол защитных очков [55], содержащее камеру, внутри которой расположен канал, состоящий из источника света, диафрагмы, макета головы с защитными стеклами очков, люксметра с фотоэлементом, закрепленным на наружной поверхности камеры. Для прослеживания процесса запотевания и изменения остроты зрения в камеру введен-

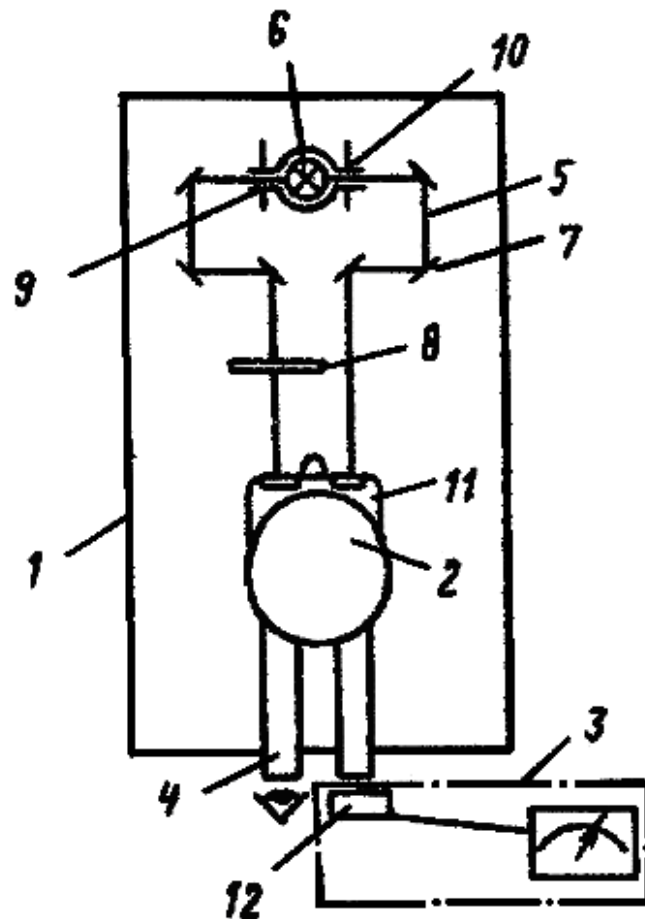


Рис. 1.21. Установка для определения запотевания стекол защитных очков: 1 – корпус, 2 – макет головы человека, 3 – люксометр, 4 – объектив, 5 – оптическая система, 6 – источник света, 7 – зеркала, 8 – линзы, 9-10 – диафрагмы, 11 – защитные очки, 12 – фотоэлемент

ная вторая диафрагма, образующая визуальный канал, состоящий из линзы, расположенной перед очковым стеклом и объектива, установленного за макетом и выходящего за пределы камеры

Недостатком данной установки является то, что она позволяет только визуально наблюдать процесс запотевания очкового стекла, из-за чего возможны субъективные ошибки оператора.

1.5. Анализ теоретических исследований в области пылезащиты работающих на производстве

С учетом приведенных научных работ можно отметить, что существующие на данный момент методы оценки и повышения эффективности использования средств пылезащиты разрабатываются па-

раллельно и взаимно между собой не увязаны, что объясняет достаточно высокие уровни производственного травматизма и профессиональной заболеваемости. В связи с этим становится очевидной необходимость решения научно-технической проблемы улучшения условий труда работающих при производстве сухих пищевых концентратов красной свеклы, состоящей в разработке системы методов и средств охраны труда для оценки эффективности пылезащиты.

В качестве методологической базы может быть принято использование методов статистической динамики, широко применяемых для решения различных научных и технических задач, но не нашедших должного применения в трудовой охране. В работах В.С. Шкрабака [57...62], В.А. Елисейкина [63...67], И.В. Дапкунаса [68...71], Н.Н. Малахова [72], М.В. Михайлова [73], С. Сулайманова [74], А.И. Гавриченко [75], А.Л. Осинковского [76], В.В. Платонова [77], В.И. Чернышева [78, 79], Т.И. Беловой [80, 81], Б.М. Тюриков [82, 83], Ю.Н. Баранов [84, 85], и др. с разной степенью детализации учитывается влияние случайного характера внешних возмущающих процессов на санитарно-гигиенические параметры условий труда работников теплиц и операторов мобильной сельскохозяйственной техники. Целью этих работ было достижение соответствия существующим санитарно-гигиеническим нормам отдельного фактора или группы факторов, характеризующих состояние условий труда на исследуемых производственных объектах.

Также необходимо отметить работы, посвященные повышению безопасности [86] операторов поточно-технологических линий послеуборочной обработки зерна (ПТЛ ПОЗ) связано с разработкой технических средств охраны труда, заключающихся в принципе «защита временем и минимизации потенциальной опасности». Работы [87] посвящены повышению безопасности операторов промышленного птицеводства при обслуживании механизма кормораздачи и пометтоудаления (МПК) клеточных батарей, нормализации параметров воздуха птицеводческих помещений [88], улучшению условий и охраны труда работников животноводства и промышленного птицеводства [89, 90], улучшению условий труда при пойменном кормопроизводстве [91, 92], снижению пылевого загрязнения комбикормовых предприятий [93], улучшению условий труда операторов комбикормового производства [94, 95].

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УЛУЧШЕНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТАЮЩИХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СУХИХ ПИЩЕКОНЦЕНТРАТОВ

2.1. Обоснование факторов, влияющих на обеспечение условий труда работающих при производстве сухих пищевых концентратов

Условия труда работающих V_T при производстве сухих пищевых концентратов (рис. 2.1) связаны с повышенным пылевыделением и, следовательно, зависят от вероятности нахождения во вредных условиях труда P_{vy} . [22...24, 27, 96]

$$V_T \rightarrow f(P_{vy}). \quad (2.1)$$

Тяжесть воздействия пыли на работающего, в первую очередь, обусловлено влиянием ее концентрации c в воздухе рабочей зоны, так как количество осевшей пыли в органах дыхания прямо пропорциональна ее концентрации в воздухе [22...24, 27, 96...101]. Другим значимым фактором является время t нахождения во вредных условиях труда. Следовательно, вероятность нахождения во вредных условиях труда P_{vy} определяется концентрацией пыли в воздухе c и временем t нахождения работающих при повышенной запыленности.

$$P_{vy} = f(c, t). \quad (2.2)$$

Концентрация пыли в воздухе рабочей зоны c определяется уровнем пылевыделения от источника (массой выделяемой пыли m_n) и массой удаляемой пыли m_y системой вентиляции. [102...107]

$$c = f(m_n, m_y). \quad (2.3)$$

Масса выделяемой пыли m_n зависит от количества частиц пыли n_n , их размера δ_n и абсолютной плотности ρ_q , а также – от режимов работы пылевыделяющего оборудования I (меняется нагрузка на оборудование от нулевой загрузки до максимальной). [102...107, 108...114]

$$m_n = f(n_n, \delta_n, \rho_q, I). \quad (2.4)$$

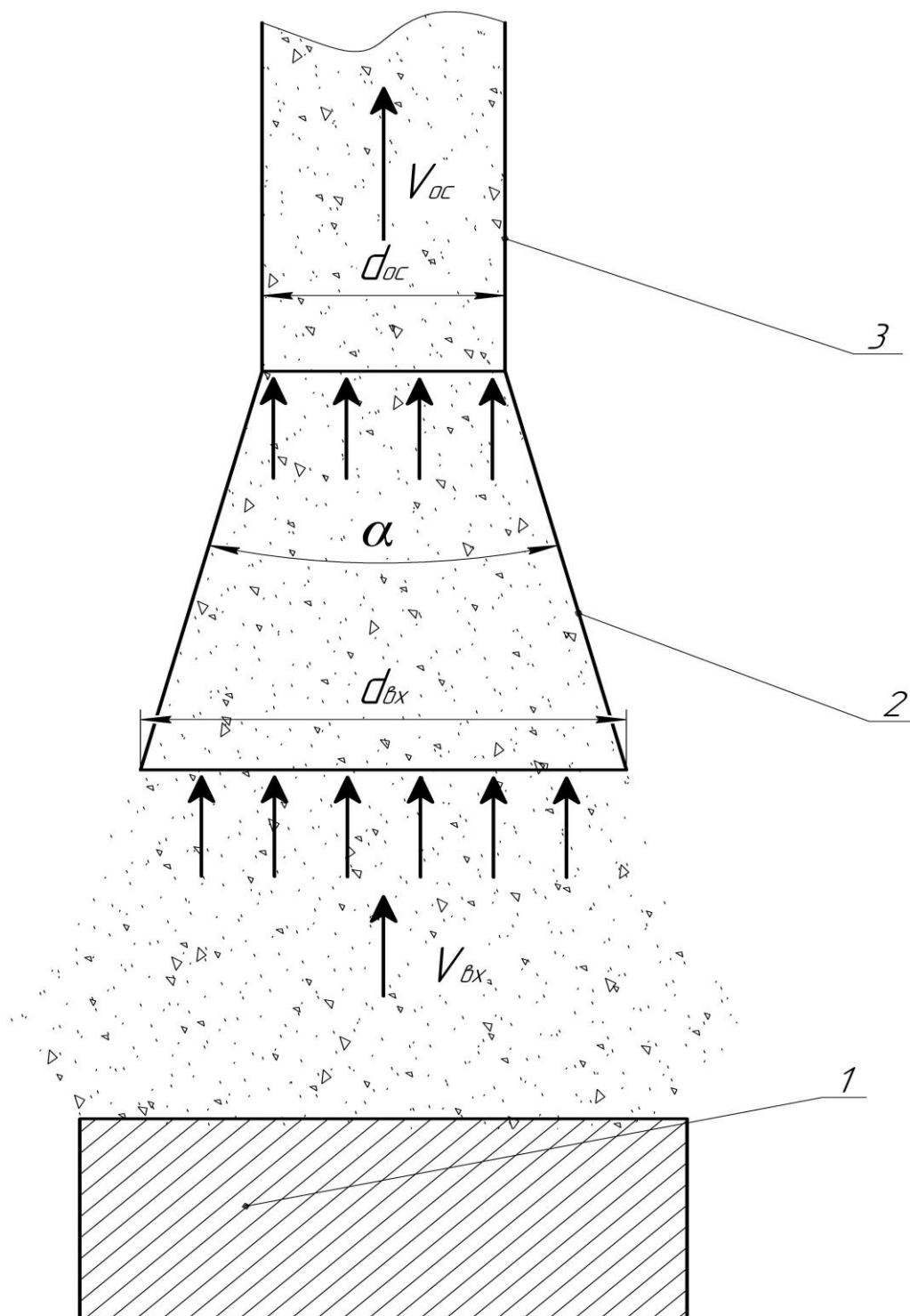


Рис. 2.1. Схема процессов пылеобразования и пылезащиты при производстве сухих концентратов: 1 – пылевыделяющее оборудование, 2 – вытяжное устройство, 3 – основной воздуховод; V_{ex} – скорость движения воздуха на входе в вытяжное устройство, V_{oc} – скорость движения воздуха в основном воздуховоде, α – угол раскрытия вытяжного устройства, d_{oc} – диаметр сечения основного воздуховода, d_{ex} – диаметр сечения на входе в вытяжное устройство

Принимаем, что оборудование работает в одном режиме ($I = \text{const}$) с одним видом пыли ($\delta_n, \rho_q = \text{const}$), масса выделяемой пыли будет постоянная ($m_n = \text{const}$), следовательно, концентрация c будет зависеть от массы удаляемой пыли m_y , т.е.

$$c = m_n f(m_y). \quad (2.5)$$

Масса удаляемой пыли m_y , в свою очередь, зависит от характеристики пыли (размера частиц δ_y , абсолютной плотности пыли ρ_q , количества частиц n_y) и режимов работы системы вентиляции (расхода воздуха Q), поэтому можно записать в следующем виде [31, 102, 105, 108...114]

$$m_y = f(n_y, \delta_y, \rho_q, Q). \quad (2.6)$$

Учитывая, что количество удаляемых частиц n_y зависит от расхода воздуха Q , масса удаляемой пыли m_y будет функцией от следующих параметров

$$m_y = f(\delta_y, \rho_q, Q). \quad (2.7)$$

Как известно, основными параметрами, определяющими массу удаляемой пыли, являются расход воздуха Q и размер частиц δ_y . Расход воздуха Q , в свою очередь, зависит от скорости движения воздуха V_{ex} на входе в вытяжное устройство или в основном воздуховоде V_{oc} и площади сечения S_{ex} на входе в вытяжное устройство или площади сечения S_{oc} основного воздуховода, соответственно. [31, 102, 105, 107, 115]

$$Q = f(V_{ex}, S_{ex}) = f(V_{oc}, S_{oc}), \quad (2.8)$$

откуда

$$v_{ex} = f(Q, S_{ex}). \quad (2.9)$$

Так как расход воздуха Q определяется по следующей зависимости

$$Q = V_{oc} \cdot S_{oc} = V_{ex} \cdot S_{ex}, \quad (2.10)$$

то получим

$$V_{ex} = V_{oc} \cdot \frac{S_{oc}}{S_{ex}}. \quad (2.11)$$

Принимая сечения основного воздуховода S_{oc} и вытяжного устройства S_{ex} круглой формы, выведем отношение площадей их сечений:

$$\frac{S_{oc}}{S_{ex}} = \frac{\pi \cdot \frac{d_{oc}^2}{4}}{\pi \cdot \frac{d_{ex}^2}{4}} = \frac{d_{oc}^2}{d_{ex}^2}. \quad (2.12)$$

Отношение диаметра d_{oc} сечения основного воздуховода к диаметру d_{ex} на входе в вытяжное устройство является параметром K_{ycm} , характеризующим угол раскрытия α вытяжного устройства

$$K_{ycm} = \frac{d_{oc}}{d_{ex}}, \quad (2.13)$$

откуда

$$V_{ex} = V_{oc} \cdot K_{ycm}^2. \quad (2.14)$$

Образование пылей зависит от размера частиц δ , находящихся в воздухе, диапазон размеров которых составляет $(10^{-7} - 10^{-1})$ см. Нижний предел размеров частиц обуславливается возможностью длительного самостоятельного существования, а верхний предел ограничен тем, что крупные частицы очень быстро осаждаются под действием силы тяжести. [108]

Чем меньше размер частиц пыли, тем глубже она проникает в дыхательную систему человека. Относительно крупные частицы (5-10 мкм и более) в большей степени задерживаются в верхних дыха-

тельных путях и постепенно удаляются, то мелкая пыль (менее 5 мкм), как правило, проходит в легкие и оседает на длительный срок, вызывая поражение легочной ткани. [97, 98, 110, 112...114]

Размер удаляемых частиц определяется скоростью витания $v_{\text{вит}}$, которая определяется по выражению [93, 108...116]:

$$v_{\text{вит}} = \frac{\delta_y^2 g (\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{в}})}{18\mu}, \quad (2.15)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²;

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха, кг/м³;

μ – динамическая вязкость воздуха, Па·с.

Отсюда размер удаляемых частиц δ_y :

$$\delta_y = \sqrt{\frac{18\mu v_{\text{вит}}}{g(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{в}})}}. \quad (2.15)$$

Принимая $v_{\text{вит}} = V_{\text{вх}}$, получаем:

$$\delta_y = \sqrt{\frac{18\mu V_{\text{вх}} \cdot K_{\text{узм}}^2}{g(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{в}})}}, \quad (2.16)$$

откуда

$$c = m_n f \left(\sqrt{\frac{18\mu V_{\text{вх}} \cdot K_{\text{узм}}^2}{g(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{в}})}}, \rho, V_{\text{вх}}, S_{\text{вх}} \right), \quad (2.17)$$

тогда

$$P_{\text{вы}} = m_n f \left(\sqrt{\frac{18\mu V_{\text{вх}} \cdot K_{\text{узм}}^2}{g(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{в}})}}, \rho, V_{\text{вх}}, S_{\text{вх}}, t \right). \quad (2.18)$$

Как было указано выше, с учетом только одного вида пыли, принимаем параметры воздуха рабочей зоны постоянными и площади сечения основного воздухопровода постоянно, то выражение для определения вероятности нахождения во вредных условиях труда принимает вид:

$$\begin{cases} P_{\text{вы}} = \left(m_n, S_{\text{oc}}, \rho_{\text{ч}}, \sqrt{\frac{18\mu}{g(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{в}})}} \right) f(K_{\text{узм}}, V_{\text{oc}}, t) \rightarrow 0, \\ K_{\text{узм}}, v_{\text{oc}} = \text{optimal}, \\ t \rightarrow \min. \end{cases} \quad (2.19)$$

Вторым моментом является то, что при использовании существующих местных систем вентиляции в условиях производства необходимо создать условия для дальнейшего снижения вероятности нахождения во вредных условиях труда $P_{\text{вы}}$ с одновременным снижением энергозатрат \mathcal{E}_t :

$$\begin{cases} P_{\text{вы}} \rightarrow 0, \\ \mathcal{E}_t \rightarrow \min. \end{cases} \quad (2.20)$$

Анализ литературных источников (глава 1) показал, что условие 2.20 достигается за счет использования в системах вентиляции средств контроля запыленности воздуха, связанных с устройствами автоматического регулирования расхода воздуха.

Производственное оборудование работает неравномерно, что приводит к неравномерному выделению массы пыли ($I \neq \text{const}$, следовательно $m_n \neq \text{const}$). Автоматизация системы вентиляции позволяет сократить время нахождения t во вредных условиях труда за счет регулирования расхода воздуха Q в зависимости от количества частиц n пыли определенного размера δ в конкретный момент времени и создать необходимый запас мощности электродвигателя вентилятора на максимальное выделение массы пыли. Таким образом выражение 2.19 можно записать в следующем виде:

$$\begin{cases} P_{\text{вы}} = \left(S_{\text{oc}}, \rho_{\text{ч}}, \sqrt{\frac{18\mu}{g(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{в}})}} \right) f(m_n, K_{\text{узм}}, V_{\text{oc}}, t) \rightarrow 0, \\ m_n \neq \text{const}, \\ t \rightarrow \min. \end{cases} \quad (2.21)$$

Третьим моментом в плане улучшения условий труда является то, что при производстве сухих концентратов могут происходить ситуации (см раздел 1.4.3), когда необходимо дополнительно

использовать средства индивидуальной защиты, что также может обеспечить снижение вероятности нахождения работающих во вредных условиях труда. Тогда выражения 2.20 и 2.21 с учетом $m_n \rightarrow \infty$ и $V_{oc} = \max$ будут иметь вид:

$$\begin{cases} P_{\text{вы}} = \left(S_{oc}, \rho_4, \sqrt{\frac{18\mu}{g(\rho_4 - \rho_6)}} \right) f(m_n, K_{\text{узм}}, V_{oc}, t) \rightarrow 0, \\ m_n \rightarrow \infty, \\ V_{oc} = \max. \end{cases} \quad (2.22)$$

Таким образом, в изучаемой ситуации при производстве сухих пищевых концентратов улучшение условий труда работающих может достигаться снижением длительности нахождения во вредных условиях труда за счет повышения эффективности вытяжных устройств, средств автоматизации и индивидуальной защиты.

2.2. Вероятностная модель улучшения условий труда работающих при производстве сухих пищевых концентратов

Обеспечение условий труда работающих при производстве сухих пищевых концентратов достигается за счет реализации двух уровней системы пылезащиты: первый (I) и второй (II) уровни связаны, соответственно, с повышением эффективности существующих систем вентиляции и оценкой эффективности средств индивидуальной защиты.

На приведенной схеме (рис.2.2) модель функционирования системы пылезащиты при производстве сухих пищевых концентратов [30, 117] представлена в виде блок-схемы и состоит из трех блоков:

1 – блок, характеризующий улучшение условий труда за счет повышения эффективности использования вытяжных устройств системы пылезащиты и выбора скоростного режима пылеудаления;

2 – блок, характеризующий улучшение условий труда при существующей технологии производства сухих пищевых концентратов. Блоки 1 и 2 в совокупности создают систему пылеудаления при производстве сухих пищевых концентратов;

3 – блок, характеризующий улучшение условий труда при использовании существующих средств индивидуальной защиты систе-

мы пылезащиты в случае нештатных ситуаций (ремонт, техническое обслуживание, аварии, выбросы и т.д.);

4 – блок, соответствующий системе автоматического и автоматизированного удаления пыли;

5 – блок, соответствующий установке для имитации и контроля запотевания стекол защитных очков средств индивидуальной защиты;

$V_{oci}(t)$ – входной процесс блока 1 изменения скорости воздуха в основном воздуховоде, который определяет уровень обеспечения условий труда в условиях повышенной запыленности с учетом экономии затрат энергии на функционирование системы пылезащиты;

$P_{vyi}(t)$ – выходной процесс блока 1 (входной процесс блока 2) изменения вероятности нахождения работающих во вредных условиях труда (превышения концентраций пыли в воздухе рабочей зоны), параметры которого определяются вероятностно-статистическими оценками случайной последовательности дискретных значений P_{vyi} , полученных по выражению [30, 117]:

$$P_{vyi}(t) = \frac{c_i}{c_{max} - c_{(i-1)}}, \quad (2.23)$$

где c_i – концентрация пыли в i – момент времени ($i=1,2,3\dots n$) с шагом дискретизации Δt и периодом измерения t , мг/м³;

c_{max} – максимальная концентрация пыли, на момент начала работы системы вентиляции, мг/м³;

$P_{zi}(t)$ – выходной процесс блока 2, который является входным процессом блока 3, изменения параметра условий труда в виде изменения вероятности получения профессионального заболевания (отравления) при производстве сухих пищевых концентратов;

$P_{Ti}(t)$ – выходной процесс блока 3 изменения параметра условий труда в виде изменения вероятности получения производственной травмы при производстве сухих пищевых концентратов в случае выхода параметров условий труда $P_{vyi}(t)$, при которых возможно получить острые заболевания (отравления).

Обратные связи 1', 1'', 2'' и 3'' – характеризуют управление условиями труда работающих при производстве сухих пищевых концентратов за счет:

- 1' – влияния на параметры процесса пылеудаления (изменения скорости воздуха в основном воздуховоде);

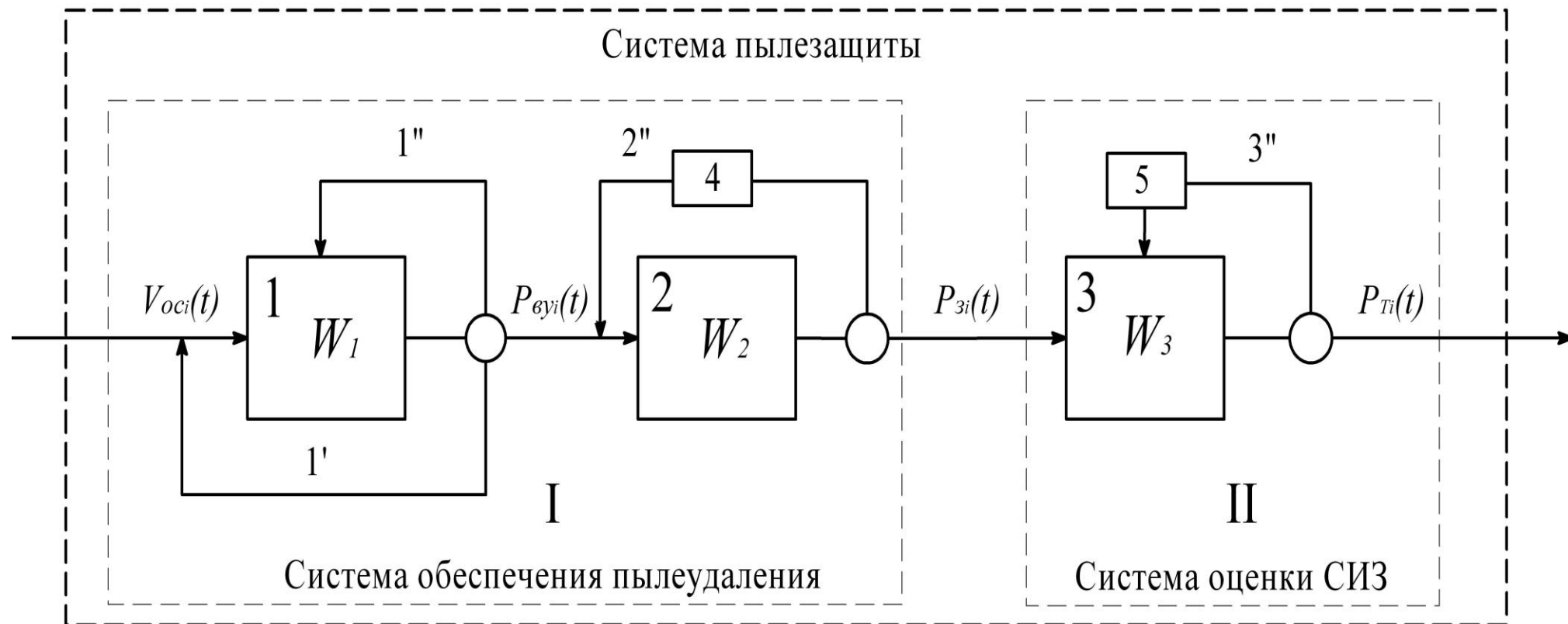


Рис. 2.2. Модель функционирования системы пылезащиты при производстве сухих пищекокцентратов

- 1" – оптимизации оператора W_1 (выбора параметров вытяжных устройств);
- 2" – использования технических средств пылеудаления (средств автоматического и автоматизированного удаления пыли);
- 3" – использования средств оценки эффективного применения средств индивидуальной защиты (установка для имитации и контроля запотевания стекол защитных очков средств индивидуальной защиты);

W_1, W_2, W_3 – операторы динамических подсистем 1, 2 и 3, соответственно.

W_1 – оператор преобразования входных процессов изменения скоростей движения воздуха $V_{oci}(t)$ в основном воздуховоде в выходные процессы изменения вероятности нахождения работающих во вредных условиях труда $P_{vyi}(t)$ (блок 1), характеризующий повышение эффективности использования вытяжных устройств системы пылеудаления;

W_2 – оператор преобразования входных процессов изменения вероятности нахождения работающих во вредных условиях труда $P_{vyi}(t)$ в выходные процессы изменения вероятности получения профессионального заболевания (отравления) $P_{zi}(t)$ (блок 2), характеризующий повышение эффективности использования средств автоматизации и автоматики системы пылеудаления;

W_3 – оператор преобразования входных процессов изменения вероятности получения профессионального заболевания (отравления) $P_{zi}(t)$ в выходные процессы изменения вероятности получения производственной травмы $P_{Ti}(t)$ (блок 3), характеризующий повышение эффективности использования средств индивидуальной защиты системы пылезащиты.

Синтез процессов функционирования заключается в установлении оператора (математической модели), обеспечивающего определенное преобразование входных воздействий. Оптимизация процессов функционирования системы пылезащиты сводится к определению оператора, который обеспечивает оптимальное преобразование этих входных воздействий.

В зависимости от вида моделей, возможностей получения экспериментальных реализаций процессов и требуемой точности оценок используются различные методы идентификации во временной и частотной области. В результате получают оценки операторов преобразования динамической системой входных сигналов в выходные в ви-

де передаточных и частотных функций или импульсных характеристик, дифференциальных уравнений, уравнений регрессии. После идентификации производится оценка степени идентичности полученной модели.

Для решения поставленных в нашем случае задач представляется наиболее подходящим алгоритм идентификации по спектральным плотностям изучаемых процессов (в случае нормального распределения ординат процессов $V_{oc}(t)$ и $P_{vy}(t)$, принадлежности их к классу стационарных и линейности модели), основанный на вычислении по спектральным характеристикам реализаций процессов на входе и выходе модели частотной функции с последующей аппроксимацией ее аналитическим выражением. Результатом аппроксимации являются численные оценки коэффициентов передаточной функции модели [118]. Простейшим уравнением идентификации в частотной области являются выражения:

$$S_{V_{oc}}(\omega) = S_{P_{vy}}(\omega)[A(\omega)]^2 \quad (2.24)$$

$$S_{P_B}(\omega) = S_{P_3}(\omega)[A'(\omega)]^2 \quad (2.25)$$

$$S_{P_3}(\omega) = S_{P_T}(\omega)[A''(\omega)]^2 \quad (2.26)$$

где $[A(\omega)]^2$, $[A'(\omega)]^2$, $[A''(\omega)]^2$ – амплитудно-частотные характеристики улучшения условий труда блоков 1, 2, 3, соответственно [119...121];

$S_{V_{oc}}(\omega)$, $S_{P_{vy}}(\omega)$, $S_{P_3}(\omega)$, $S_{P_T}(\omega)$ – спектральные плотности выходных и входных процессов блоков 1, 2, 3, соответственно.

Амплитудно-частотные характеристики $[A(\omega)]^2$, $[A'(\omega)]^2$, $[A''(\omega)]^2$ могут быть аппроксимированы выражениями вида:

$$[A(\omega)]^2 = \frac{(d_1\omega^4 + d_2\omega^2 + 1)K^2}{c_0\omega^6 + c_1\omega + c_2\omega^2 + 1}, \quad (2.27)$$

$$[A'(\omega)]^2 = \frac{(d'_1\omega^4 + d'_2\omega^2 + 1)K'^2}{c'_0\omega^6 + c'_1\omega + c'_2\omega^2 + 1}, \quad (2.28)$$

$$[A''(\omega)]^2 = \frac{(d''_1 \omega^4 + d''_2 \omega^2 + 1)K''^2}{c''_0 \omega^6 + c''_1 \omega + c''_2 \omega^2 + 1}, \quad (2.29)$$

которым соответствуют передаточные функции $W(S)$:

$$W(S) = K^2 \frac{\tau_1^2 S^2 + \tau_2 S^2 + 1}{T_1^2 S^2 + T_2^2 S^2 + T_2 S^2 + 1}, \quad (2.30)$$

$$W'(S) = K'^2 \frac{\tau_1'^2 S^2 + \tau_2' S^2 + 1}{T_1'^2 S^2 + T_2'^2 S^2 + T_2' S^2 + 1}, \quad (2.31)$$

$$W''(S) = K''^2 \frac{\tau_1''^2 S^2 + \tau_2'' S^2 + 1}{T_1''^2 S^2 + T_2''^2 S^2 + T_2'' S^2 + 1}, \quad (2.32)$$

где $c_0 = T_1^6$, $c_1 = T_2^4 - 2T_3T_1^3$, $c_2 = T_3^2 - 2T_2^2$, $d_1 = \tau_1^4 d_2$, $d_2 = \tau_2^2 - 2\tau_2^2$;

$\tau_1, \tau_2, T_1, T_2, T_3$ – постоянные, имеющие размерность времени;

$c'_0 = T_1'^6$, $c'_1 = T_2'^4 - 2T_3'T_1'^3$, $c'_2 = T_3'^2 - 2T_2'^2$, $d'_1 = \tau_1'^4 d'_2$, $d'_2 = \tau_2'^2 - 2\tau_2'^2$;

$\tau_1', \tau_2', T_1', T_2', T_3'$; – постоянные, имеющие размерность времени;

$c''_0 = T_1''^6$, $c''_1 = T_2''^4 - 2T_3''T_1''^3$, $c''_2 = T_3''^2 - 2T_2''^2$, $d''_1 = \tau_1''^4 d''_2$, $d''_2 = \tau_2''^2 - 2\tau_2''^2$;

$\tau_1'', \tau_2'', T_1'', T_2'', T_3''$ – постоянные, имеющие размерность времени;

K, K', K'' - коэффициенты усиления.

Анализ амплитудно-частотных характеристик улучшения условий труда предполагает установление зависимостей приведенных коэффициентов от факторов, характеризующих условия труда работающих при производстве сухих пищевых концентратов. Как было указано (см. раздел 2.1), таким фактором является параметр вытяжного устройства ($K_{уст}$) – коэффициент, характеризующий угол α раскрытия вытяжного воздуховода.

Оптимальными параметрами вытяжного устройства блока 1 модели являются такие, при которых концентрация пыли c_i при нахождении работающих при производстве сухих пищевых концентратов будет минимальной ($c_i \rightarrow \min$). При этом зависимость $P_{гв}(t) = f(c, t)$ достигается за счет одновременного снижения концентрации пыли в воздухе рабочей зоны C_i и сокращения времени нахождения во вредных условиях труда $t_{гв i}$.

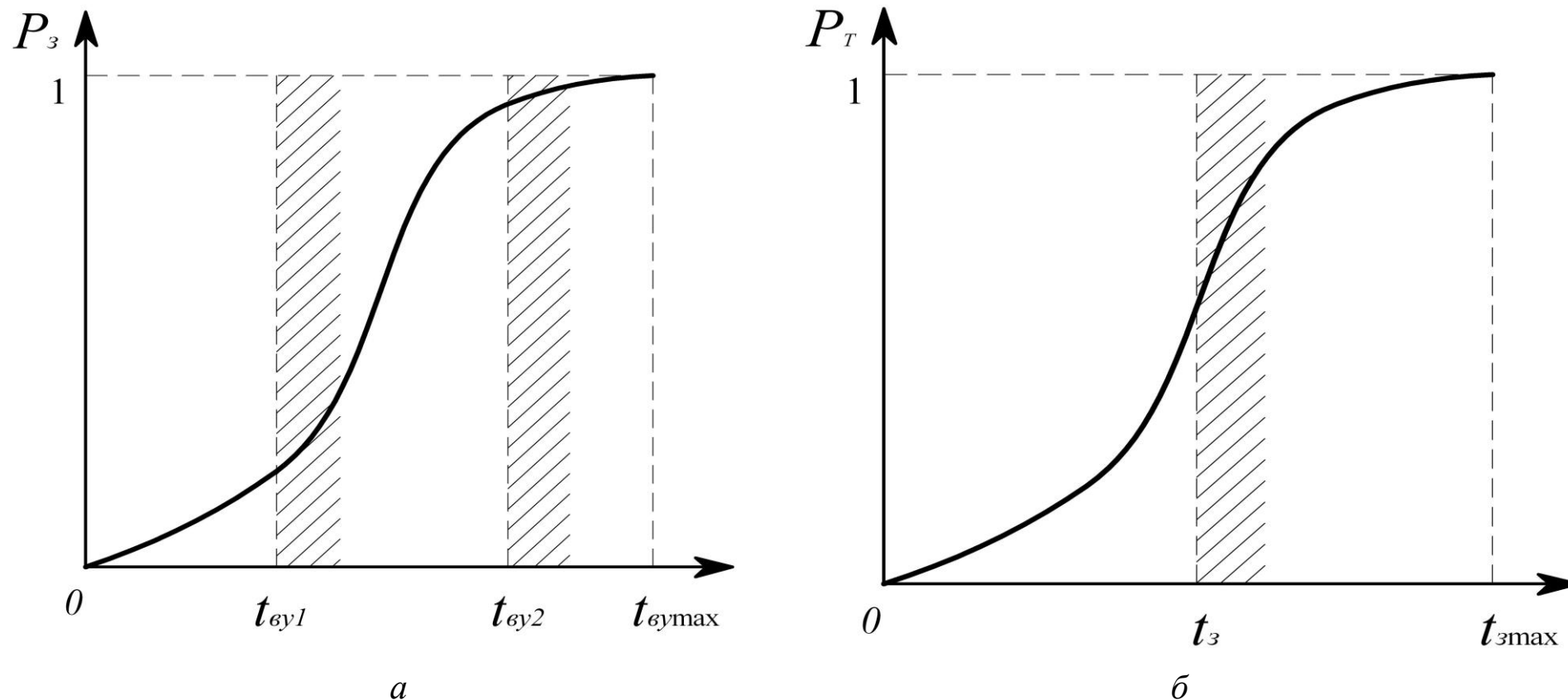


Рис. 2.3. Зависимости: *а*– $P_3 = \varphi(t_{ey})$ при использовании автоматизированных и автоматических систем, *б* – $P_T = \varphi(t_3)$ существующих средств индивидуальной защиты; t_{ey1} – время нахождения во вредных условиях труда с использованием автоматизированных и автоматических систем пылеудаления, t_{ey2} – время нахождения во вредных условиях труда при существующих систем пылеудаления; t_3 – время снижения опасности травмирования при использовании эффективных средств индивидуальной защиты

Оптимальные параметры выходного процесса $P_{\text{вы}}(t)$ блока 1 при параметрах эффективности K_{ycm} , оказывающих влияние на амплитудно-частотных характеристик улучшения условий труда $[A(\omega)]^2$ при функционировании системы пылеудаления можно получить:

$$[P_{\text{вы}}^{\text{opt}}(t)] = f_1 [V_{\text{oc}}(t), [A'(\omega)]^2 = \varphi(K_{\text{ycm}})] \quad (2.33)$$

Аналогично можно получить оптимальные параметры выходных процессов $P_3(t)$ и $P_T(t)$ блоков 2 и 3, соответственно:

$$[P_3^{\text{opt}}(t)] = f_2 [P_{\text{вы}}(t), [A'(\omega)]^2 = \varphi(t_{\text{вы}})] \quad (2.34)$$

где $[A(\omega)]^2$, $[A'(\omega)]^2$, $[A''(\omega)]^2$ – амплитудно-частотные характеристики улучшения условий труда при использовании автоматизированных и автоматических систем пылеудаления, и установки имитации и контроля запотевания стекол защитных очков.

Оптимальные параметры выходных процессов $P_3(t)$ и $P_T(t)$ блоков 2 и 3 невозможно получить при получении травм и заболеваний с инвалидным и смертельным исходами. В связи с этим предлагается получить зависимости $[P_3^{\text{opt}}(t)] = f_2(t_{\text{вы}})$ и $[P_{\text{nc}}^{\text{opt}}(t)] = f_3(t_3)$, представленные на рис. 2.3.

Согласно рабочей гипотезе вероятность появления несчастного случая работающих при производстве сухих пищевых концентратов определяется из выражения:

$$P_{\text{nc}} = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3, \quad (2.36)$$

где P_1 – вероятность нахождения во вредных условиях труда при функционировании системы вентиляции;

P_2 – вероятность нахождения во вредных условиях труда при использовании предлагаемых автоматизированных и автоматических систем пылеудаления;

P_3 – вероятность появления несчастного случая при использовании предлагаемых средств индивидуальной защиты.

2.3. Разработка систем автоматического и автоматизированного удаления вредных веществ из воздуха производственного помещения

Реализация второго этапа улучшения условий труда достигается за счет повышения эффективности средств автоматизации системы вентиляции (см. блок 2 модели) при производстве сухого пищевого концентрата.

Применяемые на современном этапе средства автоматизации систем вентиляции не обеспечивают достаточные условия труда (см. гл. 1). Исходя из этого нами разработаны перспективные средства повышения эффективности пылезащиты работающих.

Устройство контроля запыленности воздуха [44], содержащее входной патрубок, камеру, фильтр, регистрирующую аппаратуру, внутри камеры установлен чувствительный элемент датчика диэлектрической проницаемости среды, электрический выход которого соединен с соответствующим входом микропроцессорного блока контроля, при этом между камерой и двусторонней задвижкой с укрепленной на ней фильтром и входным патрубком, подсоединенным к ней, расположен ротаметр, а с другой стороны входного патрубка подсоединена воздуходувка, также устройство снабжено блоком сравнения показаний, содержащим камеру, входной патрубок, соединенный с одной стороны с воздуходувкой, а с другой стороны – с ротаметром, внутри камеры установлен чувствительный элемент датчика диэлектрической проницаемости среды, электрический выход которого соединен с дополнительным входом микропроцессорного блока.

Устройство контроля запыленности воздуха содержит воздуходувку 1, которая соединяется с ротаметром 2 посредством входного патрубка 3, причем между входным патрубком 3 и ротаметром 2 расположена двухсторонняя задвижка 4, с одной стороны которой укреплен фильтр 5. Ротаметр 2 сообщается с камерой 6, внутри которой установлен чувствительный элемент 7 датчика диэлектрической проницаемости среды 8 в виде пластин конденсатора, причем датчик диэлектрической проницаемости среды своим электрическим выходом соединен с соответствующим входом микропроцессорного блока контроля 9, который включает в себя микропроцессор 10, к входу которого подключена цепь начальной установки 11, а его выходы соединены с системной магистралью 12 посредством буфера 13 и схемы

формирования управляющих сигналов 14, кроме того, к системной магистрали 12 подключен блок оперативной памяти 15 и блок постоянной памяти 16, дешифратор устройств 17, программируемый таймер 18 и порт ввода-вывода информации 19. Индикатор 20, динамическая головка 21 и клавиатура 22 соединены с системной магистралью 12 через контроллер индикации 23, контроллер звуковой сигнализации 24 и контроллер клавиатуры 25 соответственно. Камера 6 на выходе имеет редукционный клапан 26. Воздуходувка 1 работает от электродвигателя 27, который подключен к блоку питания 28. К дополнительному порту ввода-вывода информации 29 микропроцессорного блока 9 подсоединен блок сравнения показаний 30, в котором воздуходувка 31 соединяется с ротаметром 32 посредством входного патрубка 33. Ротаметр 32 связан с камерой 34, внутри которой установлен чувствительный элемент 35 датчика диэлектрической проницаемости среды 36 в виде пластин конденсатора. Камера 34 на выходе имеет редукционный клапан 37. Воздуходувка 31 работает от электродвигателя 38, который подключен к блоку питания 39.

Устройство контроля запыленности воздуха работает следующим образом. Перед началом работы вводятся значения предельно допустимой концентрации (ПДК) пыли, соответствующие данной рабочей зоне, в микропроцессорный блок контроля 9 с клавиатуры 22 и дублируются на индикаторе 20. С помощью программируемого таймера 18 устанавливается временной режим работы устройства. На двухстороннюю задвижку 4 устанавливается фильтр 5.

Воздух, нагнетаемый воздуходувкой 1, очищается фильтром 5 от пыли и поступает в ротаметр 2, которым измеряется расход очищенного воздуха (в л/мин). Воздух проходит в камеру 6 между пластинами конденсатора чувствительного элемента 7 датчика диэлектрической проницаемости среды 8 и выходит через редукционный клапан 26 в атмосферу. При пропускании очищенного воздуха между пластинами конденсатора чувствительного элемента 7 датчика диэлектрической проницаемости среды 8 значения диэлектрической проницаемости среды соответствует влажности и температуре воздуха в данный момент времени. При изменении диэлектрических свойств среды сигнал от датчика диэлектрической проницаемости среды 8 поступает через порт ввода-вывода информации 19 в блок оперативной памяти 15. Данное значение диэлектрической проницаемости среды принимается за нулевую концентрацию пыли в воздухе и заносится в блок постоянной памяти 16.

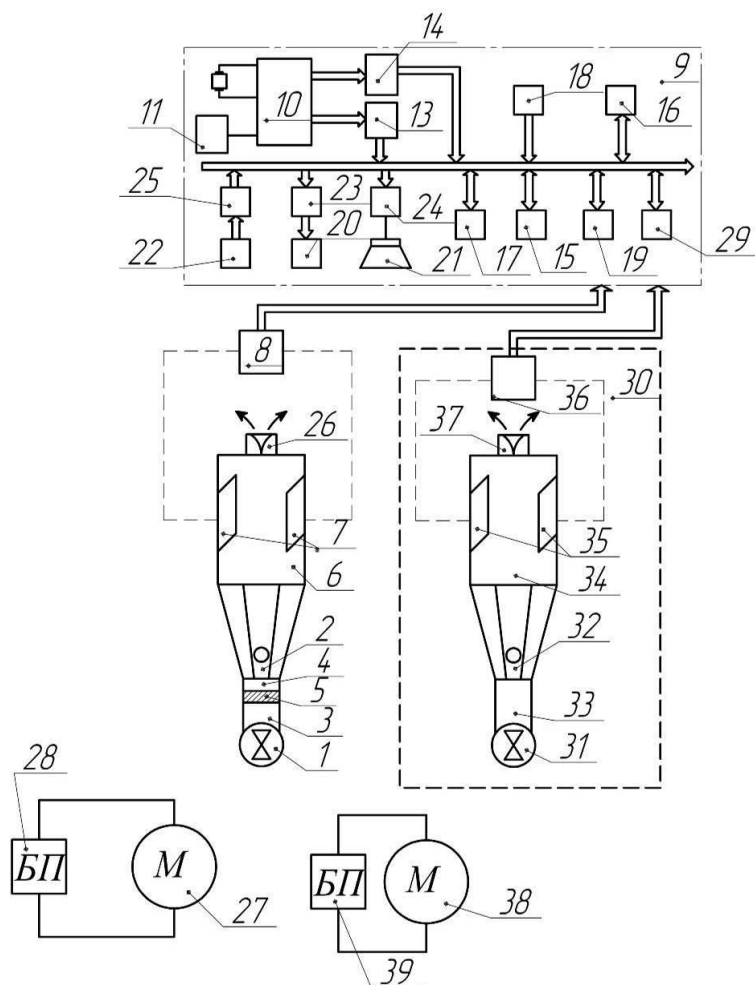


Рис. 2.4. Схема устройства контроля запыленности воздуха:
 1 – воздуходувка, 2 – ротаметр, 3 – входной патрубок,
 4 – двухсторонняя задвижка, 5 – фильтр, 6 – камера,
 7 – чувствительный элемент, 8 – датчик диэлектрической
 проницаемости среды, 9 – микропроцессорный блок контроля,
 10 – микропроцессор, 11 – цепь начальной установки, 12 – системная
 магистраль, 13 – буфер, 14 – схема формирования управляющих
 сигналов, 15 – блок оперативной памяти, 16 – блок постоянной
 памяти, 17 – дешифратор устройств, 18 – программируемый таймер,
 19 – порт ввода-вывода информации, 20 – индикатор,
 21 – динамическая головка, 22 – клавиатура, 23 – контроллер
 индикации, 24 – контроллер звуковой сигнализации, 25 – контроллер
 клавиатуры, 26 – редукционный клапан, 27 – электродвигатель,
 28 – блок питания, 29 – дополнительный порт ввода-вывода
 информации, 30 – блок сравнения показаний, 31 – воздуходувка,
 32 – ротаметр, 33 – входной патрубок, 34 – камера,
 35 – чувствительный элемент, 36 – датчик диэлектрической
 проницаемости среды, 37 – редукционный клапан,
 38 – электродвигатель, 39 – блок питания

Одновременно с этим запыленный воздух поступает в камеру 34, проходит между пластинами конденсатора чувствительного элемента 35 датчика диэлектрической проницаемости среды 36. Частицы пыли, находящиеся в потоке воздуха, изменяют диэлектрические свойства среды. При этом сигнал от чувствительного элемента 35 датчика диэлектрической проницаемости среды 36 поступает через дополнительный порт ввода-вывода информации 29 в блок оперативной памяти 15. Далее по программе, хранящейся в блоке постоянной памяти 16, и сигналам, поступающим от датчика диэлектрической проницаемости среды 8 и блока сравнения показаний 30, микропроцессором 10 вычисляется разница текущих значений сигналов. По разнице данных сигналов определяется запыленность воздуха согласно таблице соответствия, находящейся в блоке постоянной памяти 16. Микропроцессором 10 каждое полученное значение концентрации пыли (K) сравнивается с $K_{ПДК}$ и подсчитывается число выходов за границу ПДКⁿ⁺. После формирования массива из N точек микропроцессором 10 производится оценка запыленности воздуха на рабочем месте по следующей формуле:

$$P^{\Delta} = 1 - \frac{n}{N}, \quad (2.37)$$

где P^{Δ} – средняя относительная длительность нахождения контролируемого параметра в поле заданного допуска;

n – число выбросов за поле допуска в течение определенного интервала времени;

N – число измерений.

При получении оценки ниже требуемого уровня ($P^{\Delta} = 0,9$) на индикаторе 20 появляется соответствующая надпись, сопровождаемая звуковым сигналом, предупреждающим о превышении ПДК по запыленности воздуха. На основании данного сигнала должны приниматься меры, направленные на снижение запыленности воздуха.

Контроль запыленности воздуха производится непрерывно в течение определенного промежутка времени, заданного программируемым таймером 18.

Таким образом, предложенное устройство контроля запыленности воздуха позволяет обеспечить непрерывный контроль запыленности воздуха, за счет того, что устройство дополнительно снабжено блоком сравнения показаний, содержащим камеру, входной патрубком,

соединенный с одной стороны с воздуходувкой, а с другой стороны с ротаметром, а внутри камеры установлен чувствительный элемент датчика диэлектрической проницаемости среды, электрический выход которого соединен с дополнительным входом микропроцессорного блока контроля.

Система вентиляции промышленного предприятия [41], содержащая вытяжной воздуховод загрязненного воздуха, в который включен вентилятор с электродвигателем, датчик концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, дополнительно снабжена блоком автоматического регулирования расхода воздуха, состоящего из преобразователя сигнала датчика, микроконтроллера, регулятора напряжения, и побудителем движения воздуха, соединенным с датчиком концентрации вредных веществ.

Новые существенные признаки – блок автоматического регулирования расхода воздуха, состоящего из преобразователя сигнала датчика, микроконтроллера и регулятора напряжения и побудитель движения воздуха, соединенный с датчиком концентрации вредных веществ в совокупности с известными необходимы и достаточны для достижения технического результата, заключающегося в том, что предлагаемая система дает возможность уменьшить время реакции системы на изменение параметров воздушной среды, снизить трудоемкость обслуживания, обеспечить более высокую точность измерений концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны за счет того, что в ней дополнительно имеется блок автоматического регулирования расхода воздуха, состоящий из преобразователя сигнала датчика, микроконтроллера, регулятора напряжения, и побудитель движения воздуха, соединенный с датчиком концентрации вредных веществ.

Сущность изобретения поясняется рисунком 2.5, на котором изображена схема системы вентиляции промышленного предприятия.

Система вентиляции промышленного предприятия содержит вытяжной воздуховод 1 загрязненного воздуха, в который включен вентилятор 2 с электродвигателем 3. Электродвигатель 3 соединен с блоком автоматического регулирования расхода воздуха 4, состоящим из преобразователя сигнала датчика 5, микроконтроллера 6, регулятора напряжения 7. Блок автоматического регулирования расхода воздуха 4 связан с датчиком концентрации вредных веществ 8, соединенным с побудителем движения воздуха 9.

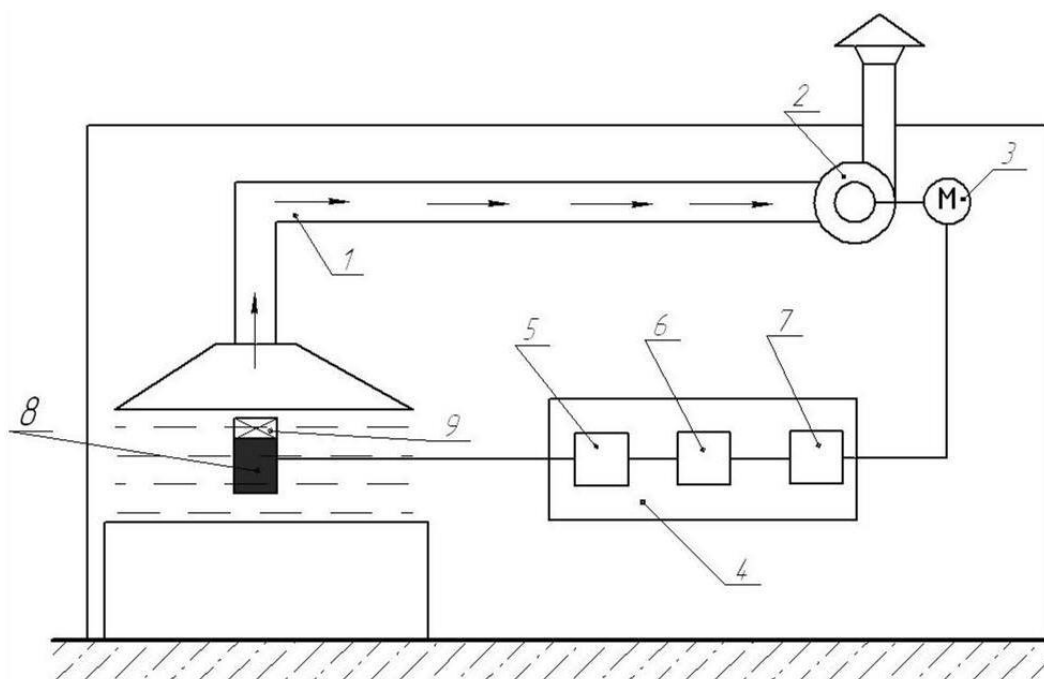


Рис. 2.5. Схема системы вентиляции промышленного предприятия:
 1 – вытяжной воздуховод, 2 – вентилятор, 3 – электродвигатель,
 4 – блок автоматического регулирования расхода воздуха,
 5 – преобразователь сигнала датчика, 6 – микроконтроллер,
 7 – регулятор напряжения, 8 – датчик концентрации вредных
 веществ, 9 – побудитель движения воздуха

Система вентиляции работает следующим образом. Загрязненный вредными веществами воздух рабочей зоны производственного помещения забирают с помощью местных отсосов в вытяжной воздуховод 1, затем вентилятором 2 отводят в атмосферу. Количество удаляемого вытяжного воздуха регулируется исходя, из необходимости достижения заданной концентрации вредных веществ в рабочей зоне производственных помещений. Для этого блоком автоматического регулирования расхода воздуха 4 по импульсу от датчика концентрации вредных веществ 8 регулируют количество забираемого воздуха путем изменения скорости вращения вентилятора 2 по сигналу от микроконтроллера 6 через регулятор напряжения 7 на электродвигатель 3. Побудитель движения воздуха 9, создавая равномерное движение воздуха, обеспечивает постоянную скорость движения воздуха в зоне работы датчика концентрации вредных веществ 8.

Таким образом, предложенная система вентиляции промышленного предприятия позволяет сократить длительность нахождения работающих во вредных условиях труда и снизить напряженность трудового процесса при обслуживании системы вентиляции за счет до-

полнительной установки блока автоматического регулирования расхода воздуха, более объективно оценить условия труда за счет дополнительной установки побудителя движения воздуха, соединенного с датчиком концентрации вредных веществ.

Система вентиляции промышленного предприятия [122], содержащая вытяжной воздуховод загрязненного воздуха, включающий вентилятор с электродвигателем, блок автоматического регулирования расхода воздуха, в отличие от прототипа, дополнительно снабжена аэродинамическими каналами, расположенными вдоль внутренней поверхности всасывающей части вытяжного воздуховода загрязненного воздуха, в диаметрально противоположных отверстиях которых смонтированы излучатель и приемник оптического датчика концентрации пыли, связанного с блоком автоматического регулирования расхода воздуха.

Новые существенные признаки – аэродинамические каналы, расположенными вдоль внутренней поверхности всасывающей части вытяжного воздуховода загрязненного воздуха, в диаметрально противоположных отверстиях которых смонтированы излучатель и приемник оптического датчика концентрации пыли, связанного с блоком автоматического регулирования расхода воздуха в совокупности с известными необходимы и достаточны для достижения технического результата, заключающегося в том, что предлагаемая система дает возможность обеспечить более высокую точность измерений концентрации пыли в воздухе рабочей зоны и снизить энергопотребление за счет того, что в ней имеются дополнительно аэродинамические каналы, расположенные вдоль внутренней поверхности всасывающей части вытяжного воздуховода загрязненного воздуха, в диаметрально противоположных отверстиях которых смонтированы излучатель и приемник оптического датчика концентрации пыли, связанного с блоком автоматического регулирования расхода воздуха.

Сущность изобретения поясняется на рис. 2.6, где изображена схема системы вентиляции промышленного предприятия.

Система вентиляции промышленного предприятия содержит вытяжной воздуховод 1 загрязненного воздуха, в который включен вентилятор 2 с электродвигателем 3. Электродвигатель 3 соединен с блоком автоматического регулирования расхода воздуха 4, связанным с оптическим датчиком концентрации пыли 5, состоящего из излучателя 6 и приемника 7, которые установлены в аэродинамических каналах 8.

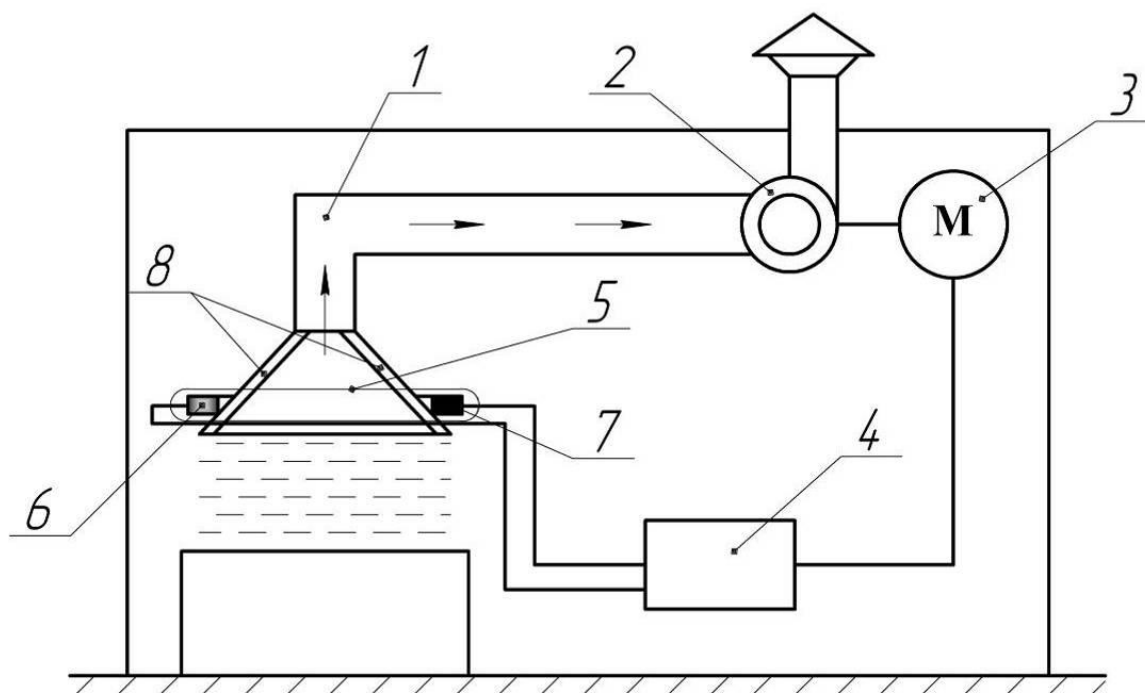


Рис. 2.6. Система вентиляции промышленного предприятия:
 1 – вытяжной воздуховод, 2 – вентилятор, 3 – электродвигатель,
 4 – блок автоматического регулирования расхода воздуха,
 5 – оптический датчиком концентрации пыли, 6 – излучатель,
 7 – приемник, 8 – аэродинамические каналы

Разработанная система вентиляции работает следующим образом.

Загрязненный вредными веществами воздух рабочей зоны производственного помещения забирают с помощью местных отсосов в вытяжной воздуховод 1, затем вентилятором 2 отводят в атмосферу. Количество удаляемого вытяжного воздуха регулируется исходя, из необходимости достижения заданной концентрации вредных веществ в рабочей зоне производственных помещений. Для этого блоком автоматического регулирования расхода воздуха 4 по сигналу от оптического датчика концентрации пыли 5, установленного в аэродинамических каналах 6, регулируют количество забираемого воздуха путем изменения скорости вращения вентилятора 2 с приводом от электродвигателя 3. Аэродинамические каналы 8 имеют меньшую площадь поперечного сечения по сравнению с вытяжным воздуховодом, обеспечивая лучший обдув излучателя 6 и приемника 7 оптического датчика концентрации пыли 5 за счет более высокой скорости движения воздуха.

Таким образом, предложенная система вентиляции промышленного предприятия позволит более объективно оценить условия труда, повысить качество регулирования системы вентиляции, за счет дополнительного снабжения аэродинамическими каналами, расположенными вдоль внутренней поверхности всасывающей части вытяжного воздуховода загрязненного воздуха, в диаметрально противоположных отверстиях которых смонтированы излучатель и приемник оптического датчика концентрации пыли, связанного с блоком автоматического регулирования расхода воздуха.

2.4. Классификация систем автоматического и автоматизированного удаления вредных веществ из воздуха производственного помещения

Анализ существующих и разработанных систем управления пылезащитой работающих при производстве сухого пищевого концентрата позволили разработать их классификацию (рис. 2.7).

Системы управления пылезащитой работающих при производстве сухого пищевого концентрата по уровню автоматизации можно разделить на два вида систем [28..31, 117]: автоматизированные и автоматические системы вентиляции [21, 32, 122]. Автоматизированные системы по конструктивному исполнению разделяются на два вида: без устройств [43...47] регулирования расхода воздуха и с устройствами регулирования расхода воздуха. По использованию сигнализации о превышении допустимого значения концентрации пыли разделяются на системы без сигнализации и с использованием [37, 38] световой или звуковой сигнализации.

Автоматические системы [33...42, 122] по возможности изменения алгоритма управления разделяются на системы с блоком программного управления [35...38, 41, 122] расхода воздуха и без блока программного управления [40, 41] расходом воздуха.

В свою очередь, автоматизированные системы с устройствами регулирования расхода воздуха, автоматические системы с блоком программного управления расходом воздуха и без блока программного управления расходом воздуха по типу управляемых устройств можно разделить на системы с использованием вентиляционных заслонок и электродвигателя вентилятора. По типу регулирования частоты вращения электродвигателя вентилятора автоматические си-

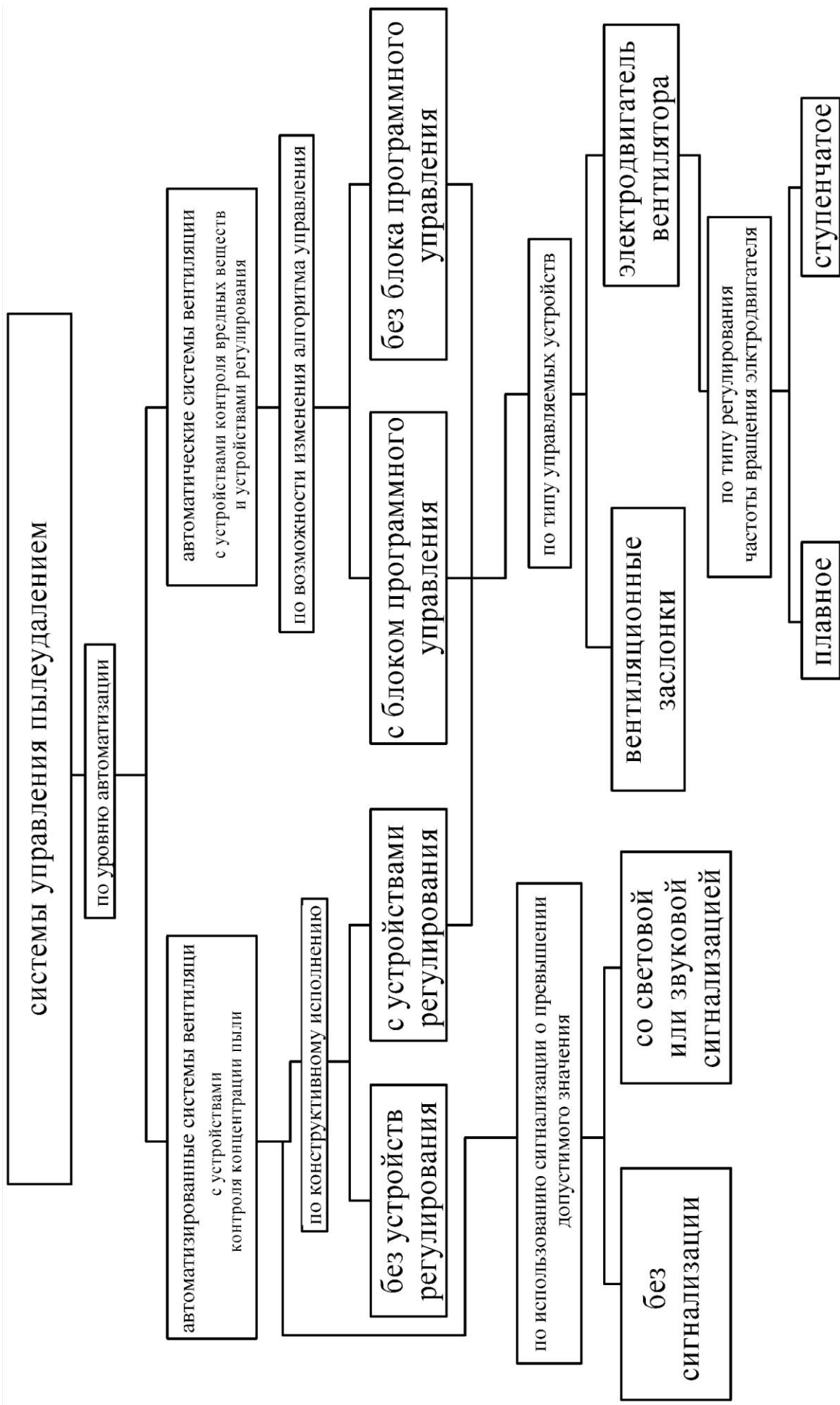


Рис. 2.7. Классификация систем управления пылеудалением при производстве сухого пищевого концентрата

стемы разделяются на системы с плавным регулированием частоты вращения электродвигателя вентилятора и со ступенчатым регулированием.

Исходя из этого, второй этап улучшения условий труда связан с разработкой и оценкой эффективности параметров системы управления пылеудалением.

2.5. Обоснование предлагаемой конструкции и расчет параметров системы автоматического удаления пыли

Расчет производился для схемы вентиляции, приведенной на рисунке 2.8.

При расчете местной вытяжной системы вентиляции в первую очередь определяем необходимый расход воздуха Q [102, 106]:

$$Q = \frac{m_n}{C_{\text{ПДК}} - C_n}, \quad (2.38)$$

где $C_{\text{ПДК}}$ – предельно-допустимая концентрация пыли красной свеклы в воздухе рабочей зоны, $C_{\text{ПДК}} = 6 \text{ мг/м}^3$ [99];

C_n – концентрация пыли красной свеклы в поступающем воздухе, $C_n = 0 \text{ мг/м}^3$;

m_n – масса выделяемой пыли, $m_n = 758 \text{ мг/ч}$.

$$Q = \frac{758}{6} = 126,3, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для вытяжного устройства, открытого с четырех сторон расход воздуха Q , определяется по следующей формуле [102, 105, 106]:

$$Q = 3600 \cdot S_{\text{ex}} \cdot V_{\text{ex}}. \quad (2.39)$$

Откуда и с учетом формул (2.13) и (2.14) рассчитываем диаметр d_{ex} на входе в вытяжное устройство:

$$d_{\text{ex}} = \sqrt{\frac{Q}{900 \cdot V_{\text{oc}} \cdot K_{\text{уст}}^2 \cdot \pi}}. \quad (2.40)$$

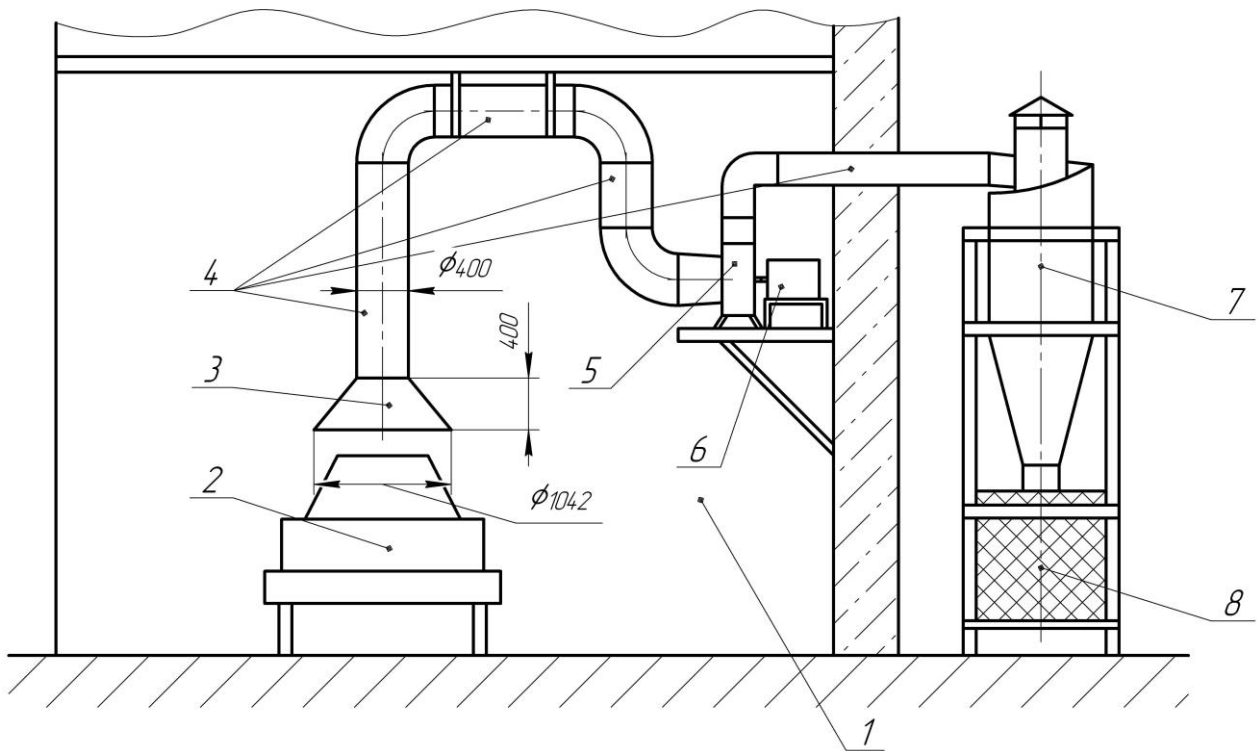


Рис. 2.8. Расчетная схема вентиляции: 1 – производственное помещение, 2 – дробилка, 3 – вытяжное устройство, 4 – основной воздуховод, 5 – вентилятор, 6 – электродвигатель, 7 – циклон, 8 – приемный бункер

Принимаем $V_{oc} = 0,34$ м/с, $K_{ycm} = 0,384$:

$$d_{ex} = \sqrt{\frac{126,3}{900 \cdot 0,34 \cdot 0,384^2 \cdot 3,14}} = 0,94, \text{ м.}$$

Рассчитываем диаметр d_{oc} основного воздуховода по формуле (2.13):

$$d_{oc} = 0,94 \cdot 0,384 = 0,362, \text{ м.}$$

принимаем [123] $d_{oc} = 0,400$ м.

С учетом $d_{oc} = 0,400$ м пересчитываем диаметр d_{ex} на входе в вытяжное устройство:

$$d_{oc} = 0,400 / 0,384 = 1,042, \text{ м.}$$

Расход воздуха Q найдем из формулы (2.39):

$$Q = 3600 \cdot 3,14 \cdot \frac{0,4^2}{4} \cdot 0,34 = 153,7, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Рассчитываем потери давления в воздуховоде и вытяжном устройстве по следующей формуле [105]:

$$\Delta H_{\text{потер}} = \left(\gamma \cdot \frac{v_{\text{наг}}^2 \cdot l}{d_{\text{ос}} \cdot 2g} + \sum \xi \cdot \frac{v_{\text{наг}}^2}{2g} \right) \cdot \rho_{\text{в}}, \quad (2.41)$$

где γ – коэффициент трения в воздуховоде, $\gamma = 0,03$,

$v_{\text{наг}}$ – нагнетательная скорость в выходном сечении воздуховода, $v_{\text{наг}} = 5,5$ м/с;

l – длина воздуховода, $l = 8,6$ м;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²;

$\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений, $0,124$ [124] для $K_{\text{уст}} = 0,38$ и $0,25$ [105] для поворота воздуховода;

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха, $\rho_{\text{в}} = 1,205$.

Подставив в формулу (2.41), получаем:

$$\Delta H_{\text{потер}} = \left(0,03 \cdot \frac{5,5^2 \cdot 8,6}{0,4 \cdot 2 \cdot 9,81} + (0,124 + 4 \cdot 0,25) \cdot \frac{5,5^2}{2 \cdot 9,81} \right) \cdot 1,205 = 3,287, \text{ кг/м}^2.$$

Динамическое давление $\Delta H_{\text{дин}}$ в нагнетательном выходном сечении воздуховода:

$$\Delta H_{\text{дин}} = \frac{v_{\text{наг}}^2}{2g} \cdot \rho_{\text{в}}, \quad (2.42)$$

$$\Delta H_{\text{дин}} = \frac{5,5^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 1,205 = 1,542, \text{ кг/м}^2.$$

Потери давления $\Delta H_{\text{цикл}}$ в циклоне типа ЦН-15 рассчитываем по следующему выражению:

$$\Delta H_{\text{цикл}} = \xi \cdot \rho_v \cdot \frac{v_{\text{цикл}}^2}{2}, \quad (2.43)$$

где $\xi_{\text{цикл}}$ – коэффициент гидравлического сопротивления циклона, $\xi_{\text{цикл}} = 182$ [125];

$v_{\text{цикл}}$ – скорость воздуха в циклоне, $v_{\text{цикл}} = 1,25$ м/с.

$$\Delta H_{\text{цикл}} = 182 \cdot 1,205 \cdot 1,069^2 / 2 = 171,336, \text{ кг/м}^2.$$

Полное давление $H_{\text{пол}}$, кг/м², необходимое для работы вентиляции рассчитываем по формуле:

$$H_{\text{пол}} = \Delta H_{\text{потер}} + \Delta H_{\text{дин}} + \Delta H_{\text{цикл}}, \quad (2.44)$$

откуда

$$H_{\text{пол}} = 3,287 + 1,542 + 171,336 = 176,165, \text{ кг/м}^2.$$

Расчетная мощность $N_{\text{вен}}$ вентилятора находим по следующей формуле:

$$N_{\text{вен}} = \frac{Q \cdot H_{\text{пол}}}{102 \cdot \eta_{\text{вен}} \cdot 3600}, \quad (2.45)$$

подставляя соответствующие значения, получаем

$$N_{\text{вен}} = \frac{153,7 \cdot 176,165}{102 \cdot 0,55 \cdot 3600} = 0,134, \text{ кВт.}$$

Потребляемая мощность $N_{\text{дв}}$ на валу электродвигателя находим по следующей формуле [105]:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{вен}} \cdot k_{\text{зан}}}{\text{КПД}_{\text{пер}}}, \quad (2.46)$$

где $k_{\text{зан}}$ – коэффициент запаса мощности, принимаем $k_{\text{зан}} = 1,5$;

КПД_{пер} – коэффициент полезного действия передачи, принимаем КПД_{пер}=0,99.

Отсюда получаем:

$$N_{\text{ос}} = \frac{0,134 \cdot 1,5}{0,99} = 0,203, \text{ кВт.}$$

Согласно значению $N_{\text{ос}}$ и [125], выбрали вентилятор с электродвигателем ВРП122-45-2,5 производительностью 0,3-1,4 м³/ч при мощности 0,55 кВт.

2.6 Разработка способа и установки для имитации и контроля запотевания стекол защитных очков

Как было приведено в главе 1 (см стр. нач. гл. 1.4.3), реализация третьего этапа улучшения условий труда достигается за счет повышения эффективности средств индивидуальной защиты (см. блок 3 модели) при производстве сухого пищевого концентрата [30, 48...57, 117].

Применяемые на современном этапе средства индивидуальной защиты работающих СИЗОД и СИЗОЗ не обеспечивают достаточные условия труда (см. гл. 1) из-за влияния на их эффективность фактора запотевания очковых стекол по причине изменения параметров микроклимата. Исходя из этого нами разработана способ и установка для имитации и контроля запотевания стекол защитных очков СИЗОД и СИЗОЗ [53].

Установка для имитации и контроля запотевания стекол защитных очков состоит из макета головы человека, системы подачи в нее увлажненного воздуха и светоизмерительной цепи, согласно изобретению, что в светоизмерительную цепь дополнительно введены заслонка-модулятор, располагаемая между источником света и пустотелым макетом головы с защитными очками, зеркальный отражатель, устанавливаемый за пустотелым макетом головы и координатно-чувствительный приемник.

Новые существенные признаки – светоизмерительная цепь, содержащая заслонку-модулятор, располагаемую между источником света и пустотелым макетом головы с защитными очками, зеркальный отражатель, устанавливаемый за макетом головы и координатно-чувствительный приемник для измерения прямого и рассеянного све-

та в совокупности с известными необходимы и достаточны для достижения технического результата, заключающегося в том, что предлагаемая установка, дает возможность повысить чувствительность и объективность контроля запотевания стекол защитных очков.

Сущность изобретения поясняется чертежом (рис. 2.7) изображена схема предлагаемой установки.

Установка для имитации и контроля запотевания стекол защитных очков состоит из климатической камеры 1, в которой размещены пустотелый макет головы 2 с испытуемыми защитными очками 3 и отверстиями для прохода светового луча, источник света 4, заслонка-модулятор 5, зеркальный отражатель 6, координатно-чувствительный приемник 7, электрически связанный с регистратором 8.

Установка работает следующим образом. Предварительно в зависимости от конструкции очков настраивают светоизмерительную цепь таким образом, чтобы прямой луч света проходил через первое очковое стекло, а отраженный через второе очковое стекло.

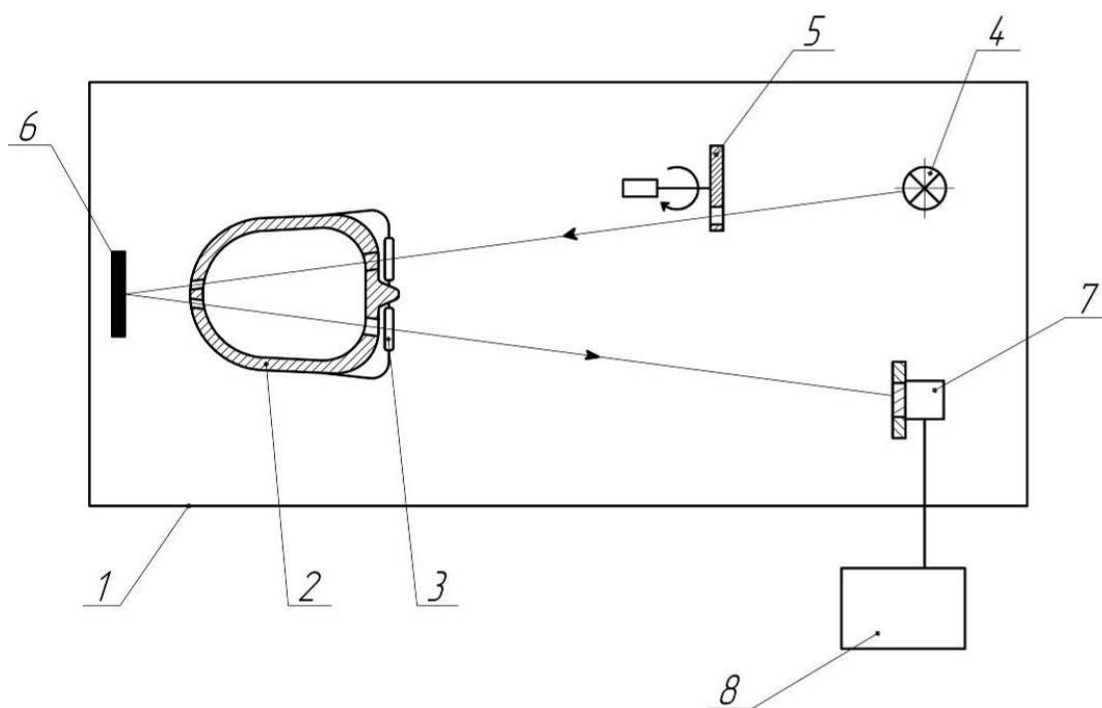


Рис. 2.7. Схема установки для имитации и контроля запотевания стекол защитных очков

Затем включают источник света 4 при закрытом положении заслонки-модулятора 5. После выхода источника света на установившейся режим открывают заслонку-модулятор 5 и определяют с помощью координатно-чувствительного приемника 7, связанного с ре-

гистратором 8, коэффициент светопропускания чистых стекол защитных очков 3. Затем заслонку-модулятор 5 переводят в закрытое состояние. В пустотелый макет головы 2 подают увлажненный нагретый воздух, температура и влажность которого соответствуют аналогичным параметрам тела человека, в климатической камере 1 создают условия по температуре и влажности воздуха, соответствующие эксплуатационным. Одновременно включают регистратор 8 и заслонку-модулятор 5 и по координатно-чувствительному приемнику 7 контролируют прямой поток света и рассеянный, появление которого свидетельствует о начале процесса запотевания очковых стекол защитных очков 3 и о соответствующем снижении остроты зрения.

Таким образом, введение в светоизмерительную цепь установки заслонки-модулятора позволяет уменьшить тепловое воздействие светового потока на очковые стекла защитных очков. Контроль запотевания одновременно двух стекол (или одного, но в двух точках) повышает чувствительность обнаружения начала процесса запотевания. Использование координатно-чувствительного приемника для измерения рассеянного света при запотевании стекла позволяет контролировать снижение остроты зрения без визуального наблюдения.

Использование предлагаемой установки позволяет повысить чувствительность и объективность контроля запотевания смотровых стекол защитных очков.

3. МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СИСТЕМ ПЫЛЕЗАЩИТЫ

3.1. Лабораторная установка для проведения экспериментальных исследований элементов систем пылезащиты

Для проверки теоретических предпосылок и получения исходного материала в целях реализации системы улучшения условий труда операторов производства сухих пищевых концентратов были проведены лабораторные и производственные опыты на кафедре «Охрана труда и окружающей среды» ФГБОУ ВПО «Госунверситет–УНПК» и в СПК Агрофирма «Культура» по следующей программе:

1. Разработать и изготовить экспериментальные установки и провести подготовку к исследованиям в лабораторных и производственных условиях.

2. Разработать общие и частные методики проведения экспериментов.

3. Получить реализации и вероятно-статистические характеристики входного $V_{oc}(t)$ и выходного $P_{Bv}(t)$ процессов функционирования системы пылезащиты при производстве сухого пищевого концентрата красной свеклы.

4. Определить амплитудно-частотные характеристики обеспечения условий труда операторов производства сухого пищевого концентрата красной свеклы.

5. Получить экспериментальные значения параметров, определяющих эффективность использования систем вытяжных устройств, систем автоматического и автоматизированного регулирования пылеудаления и средств индивидуальной защиты при производстве сухого пищевого концентрата красной свеклы.

Объектом исследования являются параметры, определяющие условия труда операторов при производстве сухих пищевых концентратов в условиях повышенных концентраций пылей.

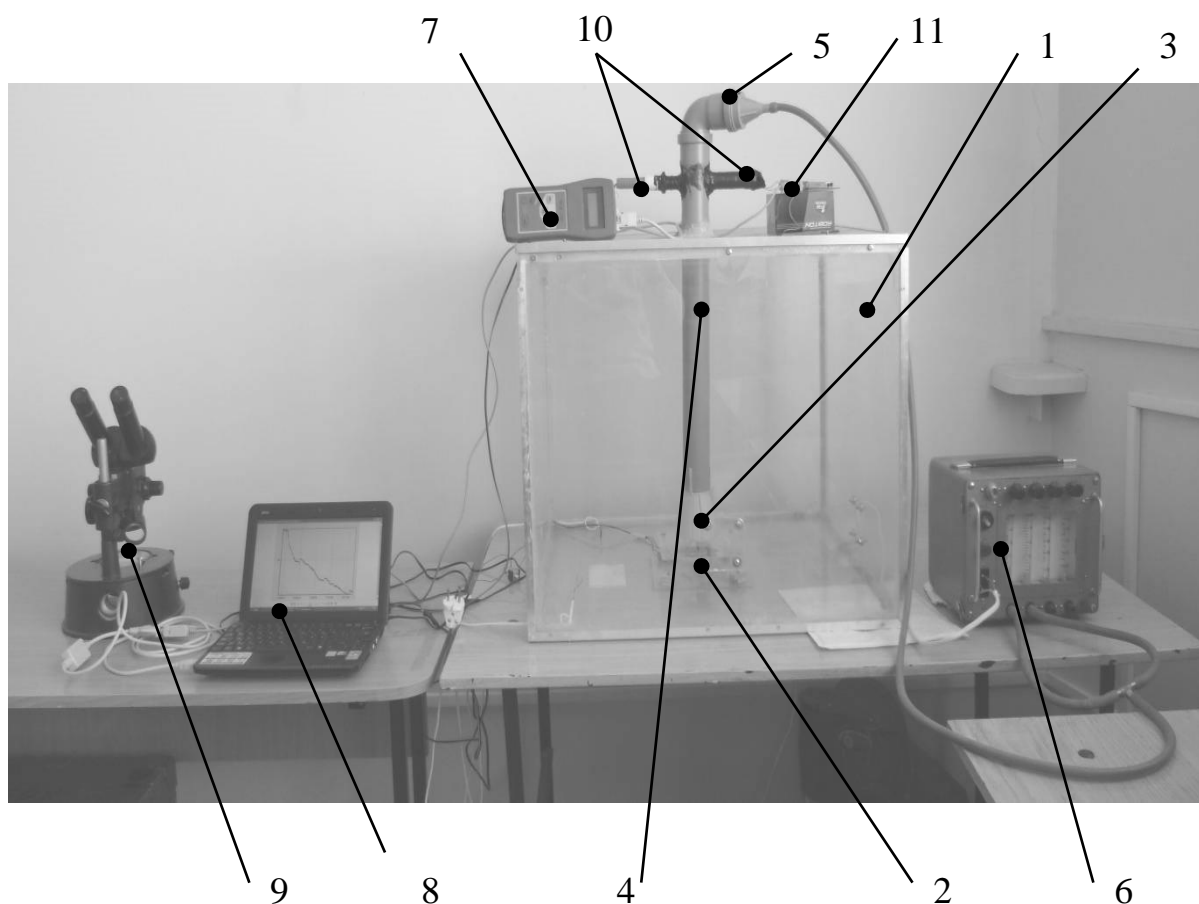


Рис. 3.1. Экспериментальная установка: 1 – пылевая камера, 2 – вибрационный столик, 3 – вытяжное устройство, 4 – основной воздуховод, 5 – аллонж, 6 – aspirатор, 7 – метеометр, 8 – ПЭВМ, 9 – микроскоп, 10 – оптический датчик концентрации пыли, 11 – вторичный преобразователь

Экспериментальная установка состоит из пылевой камеры 1, в крышке имеются отверстия для стабилизации давления воздуха в камере, вибрационный столик (вибростолик) 2 для имитации местного пылевыделения и вытяжное устройство 3 с основным воздуховодом 4, выходящим из крышки камеры и связанным посредством аллонжа 5 с aspirатором 6. К основному воздуховоду 4 герметично подсоединены метеометр 7 и оптический датчик концентрации пыли 10, который посредством вторичного преобразователя 11 соединен с ПЭВМ 8. Микроскоп 9 предназначен для микроскопирования продукта и пыли сухого пищевого концентрата красной свеклы.

Исследования с помощью экспериментальной установки проводились по первому и второму этапам (блоки 1 – 2 модели, см. раздел 2.2) [30, 117].

На первом этапе улучшения условий труда исследовали эффективность использования вытяжных устройств системы пылезащиты: определяли дисперсный состав продукта и пыли сухого пищевого концентрата красной свеклы; исследовали параметры вытяжных устройств при различных значениях коэффициента $K_{уст}$, характеризующего угол α раскрытия вытяжного устройства и скорости воздуха V_{oc} в основном воздуховоде. На втором этапе улучшения условий труда исследовали эффективность использования средств автоматизации: определяли оптическую плотность запыленного воздуха с использованием средств контроля концентрации пыли с излучателями-светодиодами определенного цвета с длиной волны λ .

Аппаратурное и программное обеспечение приведено в табл.3.1.

Таблица 3.1

Аппаратурное и программное обеспечение экспериментальных исследований

№ п/п	Тип и наименование прибора и оборудования	Наименование измеряемого параметра	Единица измерения	Диапазон измерения
1	2	3	4	5
1	Аспиратор М822+ аналитические фильтры АФА-10-ВП	расход воздуха концентрация пыли	л/мин мг/м ³	0-42 без ограничений
2	Метеомер МЭС-200	скорость движения воздуха атмосферное давление температура воздуха	м/с кПа °С	0,1-20 80-130 (-40)-(+40)
3	Секундомер	время	с	0-1800
4	Весы ВЛР – 200	масса продукта, масса фильтра	мг	0-200000
5	Микроскоп + измерительная сетка	размер частиц количество частиц пыли	мкм шт.	1-1000 без ограничений
6	Цифровой фотоаппарат	создание микрофотографий		

продолжение табл. 3.1

1	2	3	4	5
7	Оптический датчик + вторичный преобразователь	напряжение	мкВ	0-9999
8	ПЭВМ	обработка результатов		
9	Компьютерная программа «Dust2»	регистрация показаний оптического датчика		
10	Компьютерная программа «Компас»	обработка микрофотографий		
11	Компьютерная программа «Statistica»	обработка параметров входного и выходного процессов		

3.2. Методика определения дисперсного состава продукта и пыли сухих пищевых концентратов красной свеклы

Для определения дисперсного состава продукта и пылей сухих пищевых концентратов использовался микроскопический метод. [110...116]

Существуют некоторые различия в определении дисперсного состава продукта и пыли.

При микроскопировании сыпучего материала [112...114] отобранную среднюю пробу сыпучего материала массой 0,8-5 мг высыпали на измерительную сетку, равномерно распределяли по ней. Подготовленную навеску вносили на предметный столик микроскопа. Микроскопирование проводили каждой ячейки измерительной сетки, фотографируя их с помощью цифрового фотоаппарата. Обработку фотографий проводят с помощью программы типа «КОМПАС». По установленному масштабу размера ячейки 1×1 мм частицы относили к определенной фракции по наибольшему линейному размеру в соответствии со следующими диапазонами [128]: 1-1,3-1,6-2,0-2,5-3,2-4,0-5,0-6,3-8,0-13-16-20-25-32-40-50-63 мкм. Также были добавлены для оценки сыпучего материала следующие фракции: 63-80-100-130-160-

200-250-320-400-500-630-1000 мкм [112...114]. Данное разделение на фракции позволило оценить массовое содержание чего.

Минимальный размер обнаруживаемой частицы составлял 1 мкм.

Допуская, что частицы имеют шарообразную форму, рассчитывали объем частиц, и таким образом оценивали распределение частиц по массе. Сравнивая с массой навески, и принимая, что частицы большего диаметра стремятся к неправильной форме, оценивали объем частицы по наименьшему размеру фракции.

Определение дисперсного состава пылей заключается в предварительном осаждении пыли на аналитический фильтр с помощью аспиратора. [115, 117]

Фильтр с осадком располагают на предметном столике микроскопа. На фильтр накладывают измерительную сетку и рассматривают с помощью микроскопа. При микроскопировании пыли не были обнаружены частицы, размер которых превышает 100 мкм, следовательно, подразделение частиц на фракции будет следующим: 1-1,3-1,6-2,0-2,5-3,2-4,0-5,0-6,3-8,0-13-16-20-25-32-40-50-63-80 мкм [127].

Так как распределение частиц пыли на аналитическом фильтре равномерное, то для рассмотрения следует использовать от 3 до 5 ячеек измерительной сетки.

Для сравнения на рисунках 3.2 и 3.3 приведены микрофотографии сыпучего материала и пыли.

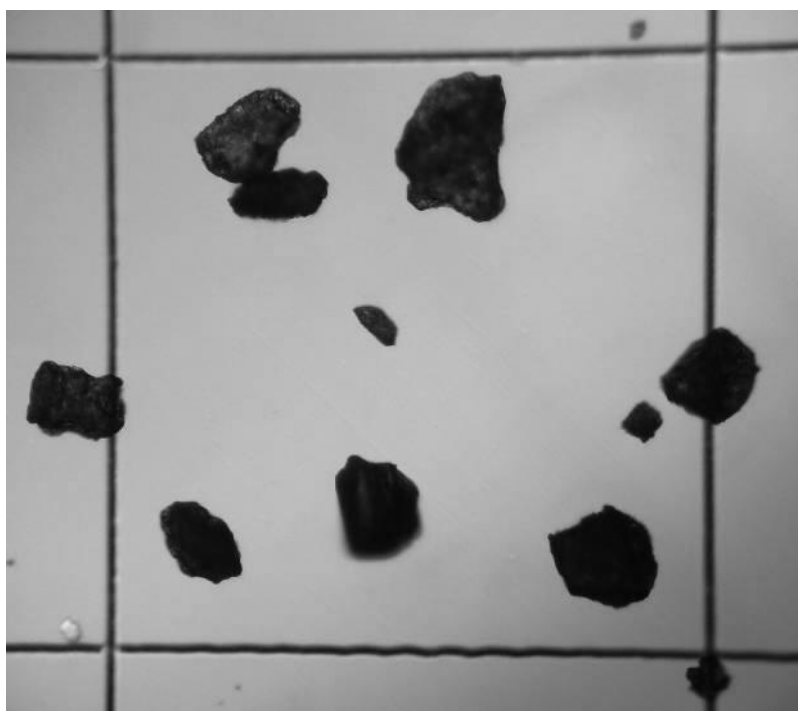


Рис. 3.2. Микрофотография сыпучего материала

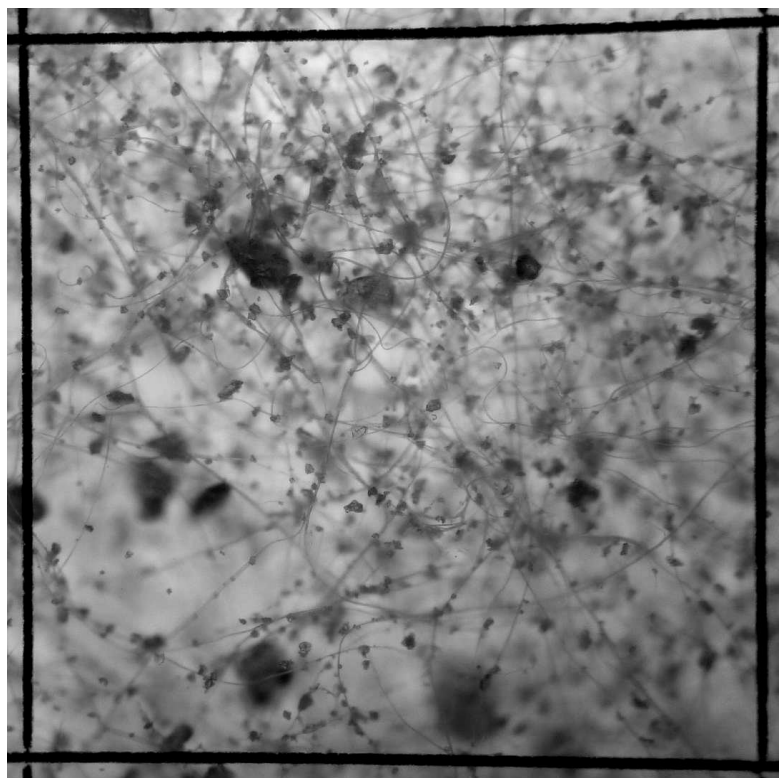


Рис. 3.3. Микрофотография аналитического фильтра с пылью.

На рис. 3.4, 3.5, 3.6 и 3.7 показаны примеры распределения частиц по количеству и массе в продукте и пыли в виде гистограмм.

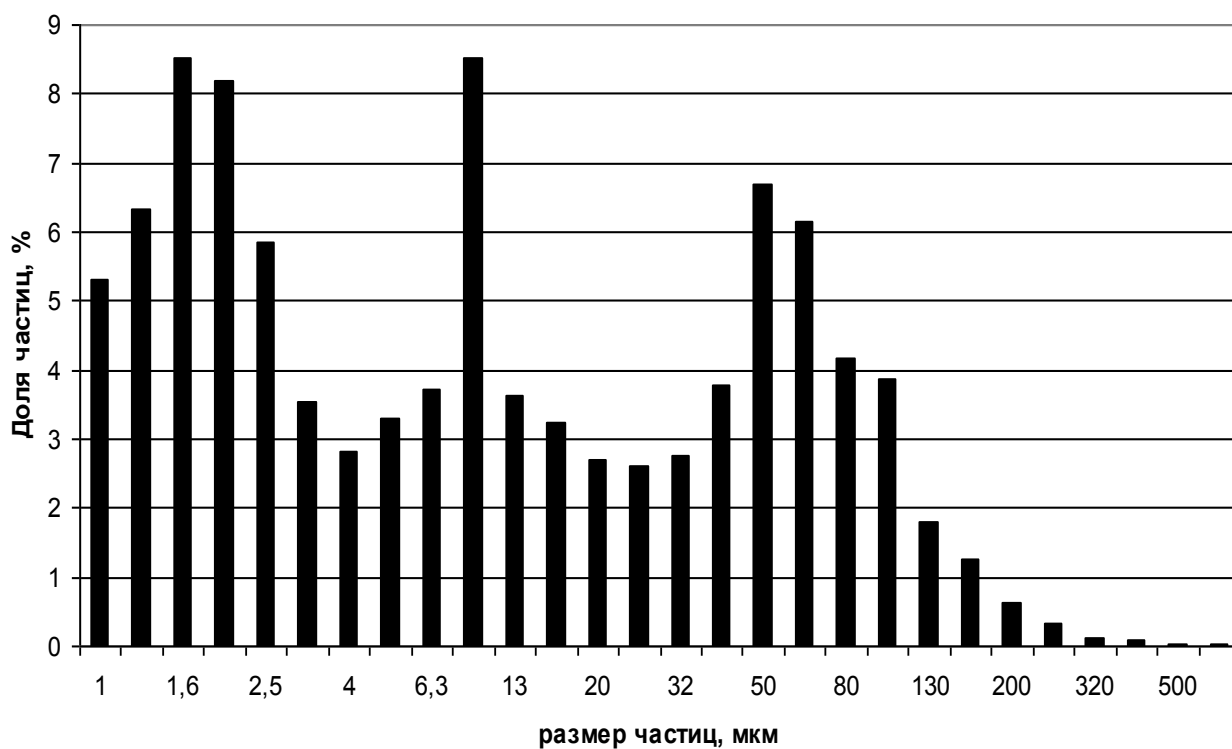


Рис. 3.4. Распределение частиц по количеству в продукте

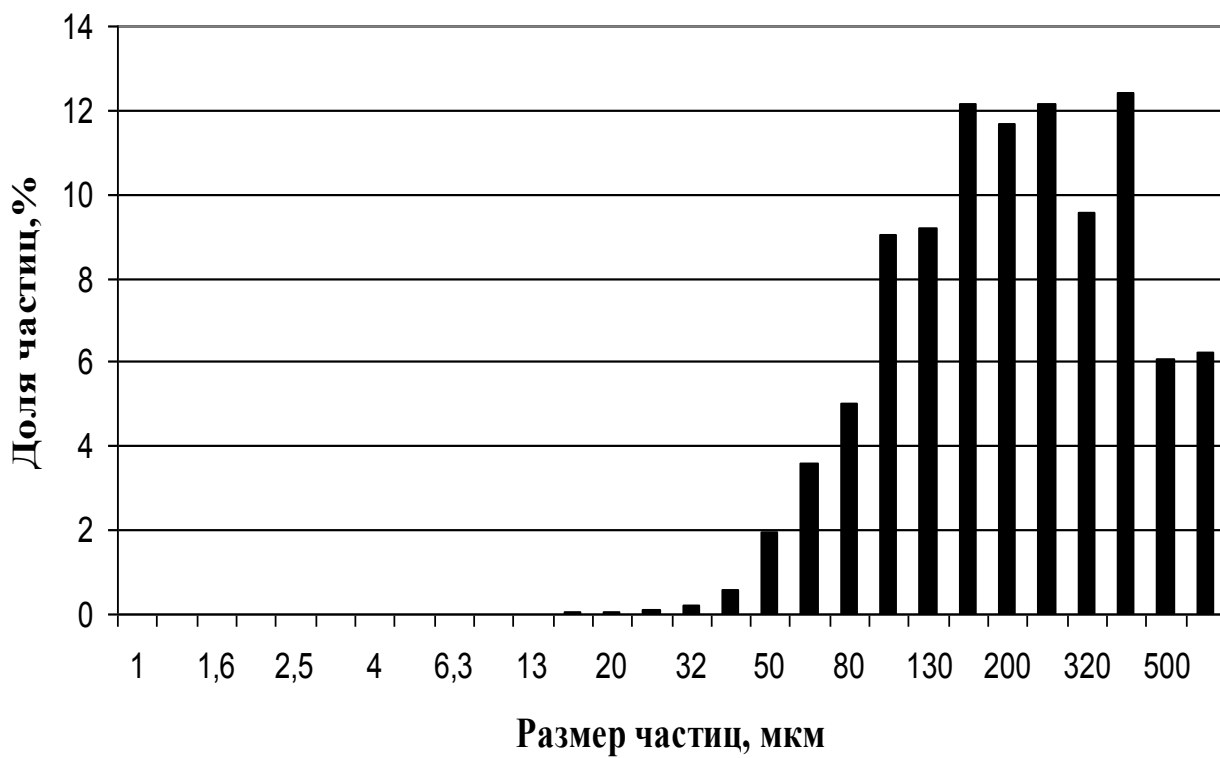


Рис. 3.5. Распределение частиц по массе в продукте

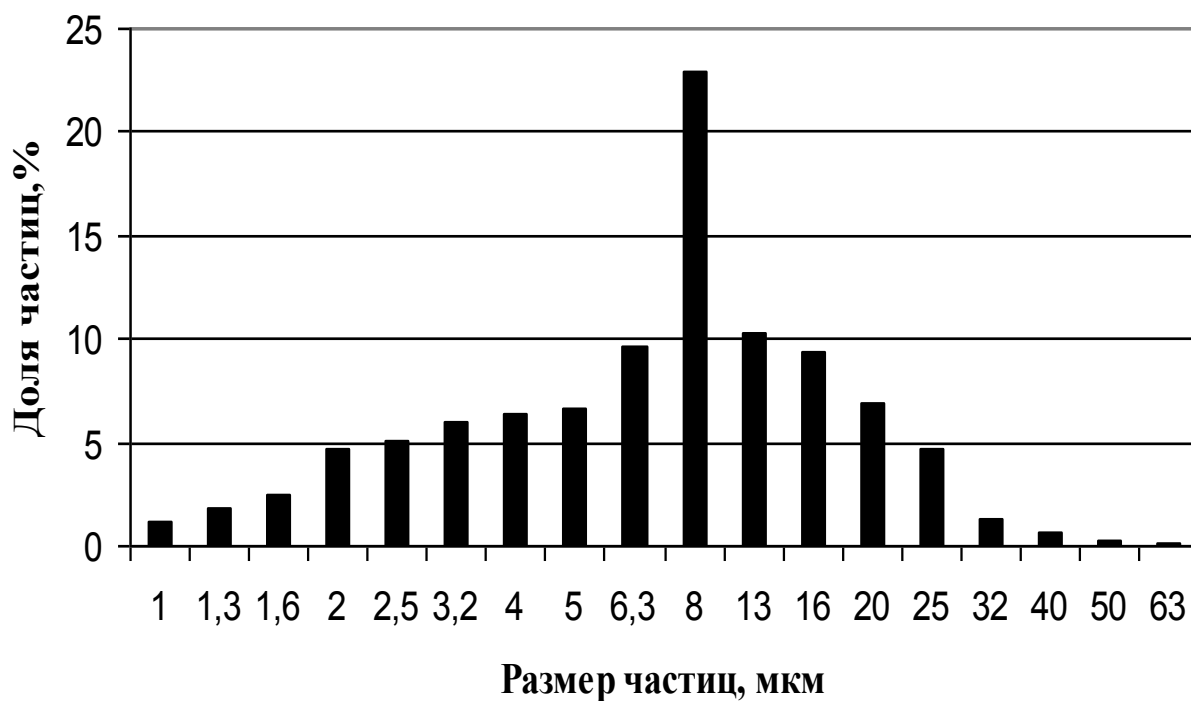


Рис. 3.6. Распределение частиц по количеству в пыли

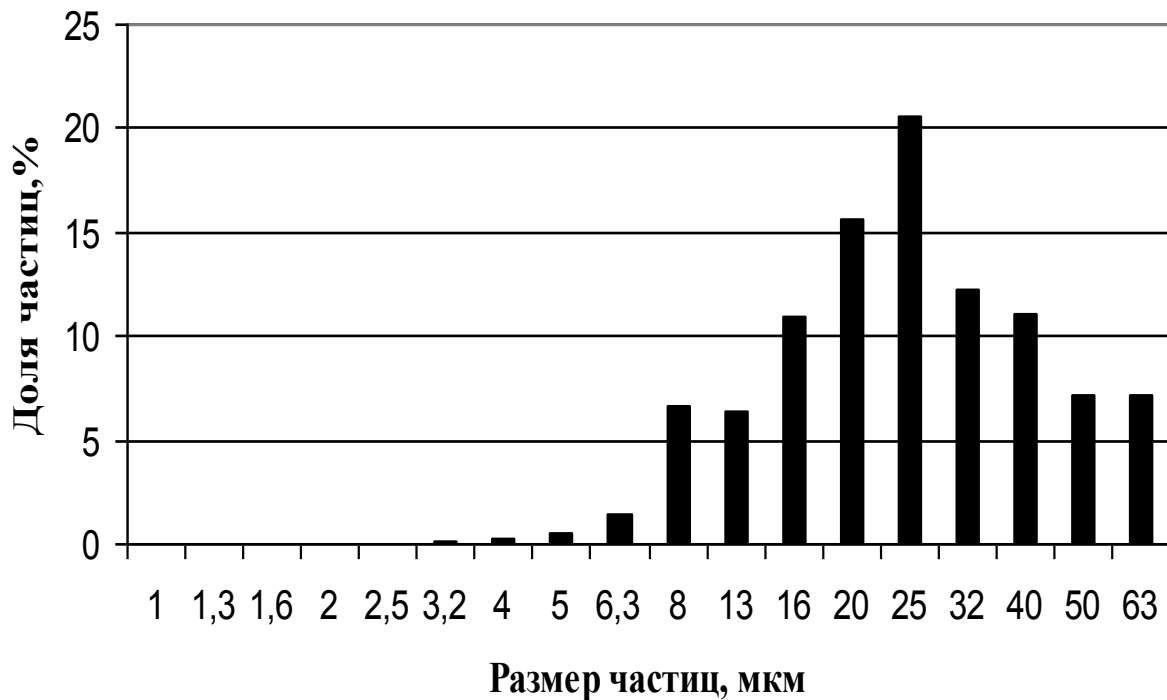


Рис. 3.7. Распределение частиц по массе в пыли

После определения дисперсного состава сыпучего материала и пыли пищеконцентрата красной свеклы определяли долю частиц по массе размером:

- до 2,5 мкм

$$\eta_{н2,5} = \sum_{i=1}^4 \eta_{ни}, \quad (3.1)$$

$$\eta_{п2,5} = \sum_{i=1}^4 \eta_{пи}, \quad (3.2)$$

где $\eta_{н2,5}$, $\eta_{п2,5}$ – доля частиц по массе в продукте и пыли, соответственно, размером до 2,5 мкм, %;

i – номер фракции частиц с размерами соответственно 1-1,3-1,6-2,0-2,5 мкм;

$\eta_{ни}$, $\eta_{пи}$ – доля частиц по массе в продукте и пыли, соответственно i -ой фракции, %;

- до 5 мкм:

$$\eta_{н5} = \sum_{i=1}^7 \eta_{hi}, \quad (3.3)$$

$$\eta_{п5} = \sum_{i=1}^7 \eta_{pi}, \quad (3.4)$$

где $\eta_{н5}$, $\eta_{п5}$ – доля частиц по массе в продукте и пыли, соответственно, – доля частиц по массе размером до 5 мкм, %;

i – номер фракции частиц с размерами соответственно 1-1,3-1,6-2,0-2,5-3,2-4,0-5,0 мкм;

η_{hi} , η_{pi} – доля частиц по массе в продукте и пыли, соответственно, i -ой фракции, %.

3.3. Методика исследования параметров вытяжных устройств системы пылезащиты

Экспериментальная установка для исследования параметров вытяжных устройств системы пылезащиты приведена на рис.3.8.

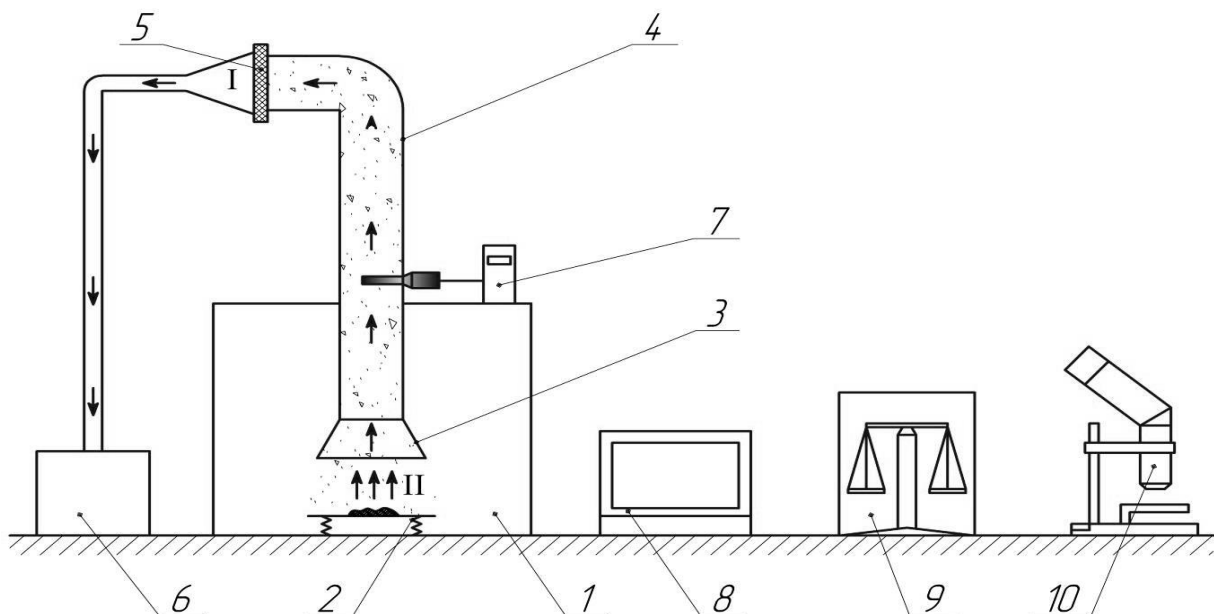


Рис. 3.8. Схема экспериментальной лабораторной установки для исследования эффективности вытяжных устройств системы вентиляции: I – чистый воздух, II – запыленный воздух

Установка состоит из пылевой камеры 1, вибростолика 2, вытяжного устройства 3, основного воздуховода 4, аллонжа 5 с аналитическим фильтром, aspirатора 6, метеометра 7, ПЭВМ 8, аналитических весов 9, микроскопа 10. Параметры исследуемых вытяжных устройств представлены на рисунке 3.9.

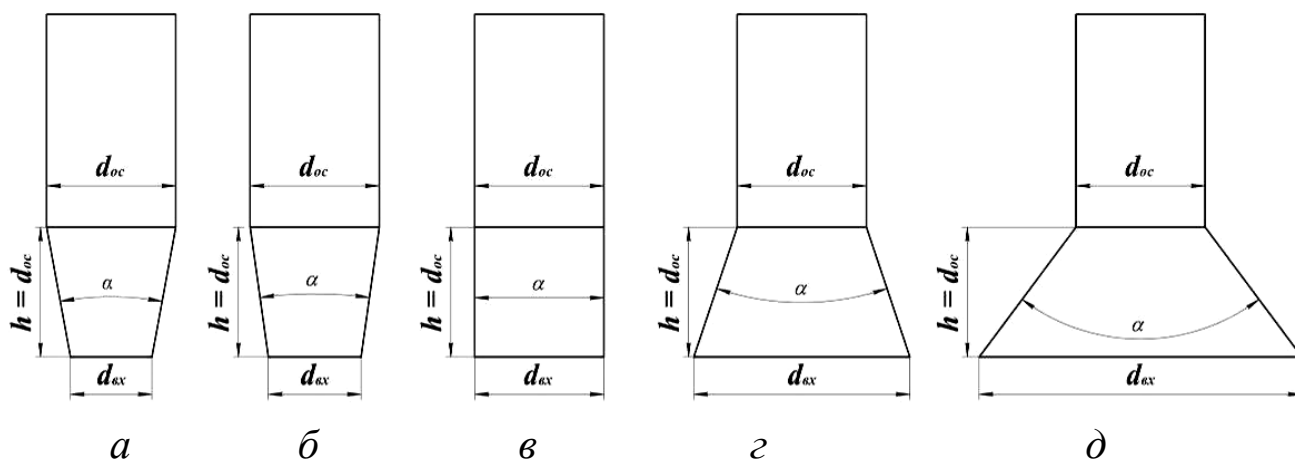


Рис. 3.9. Конструкция вытяжных устройств: d_{oc} – диаметр основного воздуховода, мм; d_{ex} – диаметр на входе в вытяжное устройство, мм; h – высота вытяжного устройства, мм; α – угол раскрытия вытяжного устройства: a – параметр $K_{ycm} = 1,6$ для $\alpha = -21^\circ$, $б$ – $K_{ycm} = 1,4$ для $\alpha = -17^\circ$, $в$ – $K_{ycm} = 1,0$ для $\alpha = 0^\circ$, $г$ – $K_{ycm} = 0,6$ для $\alpha = 37^\circ$, $д$ – $K_{ycm} = 0,4$ для $\alpha = 73^\circ$

Исследование параметров вытяжного устройства для определения коэффициента K , проводили в следующей последовательности:

1. Подготовка вытяжного устройства (соединение вытяжного устройства, имеющего коэффициент K_{ycm} ($K_{ycm} = 1,6$, $K_{ycm} = 1,4$, $K_{ycm} = 1,0$, $K_{ycm} = 0,6$, $K_{ycm} = 0,4$), с основным воздуховодом)

2. Подготовка аналитических фильтров и навески продукта сухого пищевого концентрата красной свеклы (взвешивание чистого фильтр и навески)

3. Создание местного выделения пыли:

- установка аналитического фильтра в аллонж;
- включение aspirатора с расходом воздуха ($Q = 30 \div 40$ л/мин);
- через 35 секунд после включения aspirатора – включение вибростолика;

- через 3 минуты 35 секунд после включения aspirатора – отключение вибростолика;

- через 5 минут после включения aspirатора произвести отключение aspirатора.

В течение работы aspirатора регистрируются скорость воздуха V_{oc} в основном воздуховоде, температура ϑ_1 воздуха и атмосферное давление P_1 с помощью метеометра 7. Температуру и атмосферное давление воздуха фиксировали с целью приведения результатов к нормальным условиям.

4. Анализ фильтра с осадком (взвешивание фильтра и его микроскопирование) и расчет массы пыли в удаляемом воздухе определяли по формуле с учетом [128, 129]:

$$\Delta m = (m_a - m_0) \cdot \frac{T_1 \cdot P_0}{T_0 \cdot P_1}, \quad (3.5)$$

где Δm – масса удаляемой пыли, мг;

m_a – масса фильтра с осадком, мг;

m_0 – масса чистого фильтра, мг;

P_0 – атмосферное давление воздуха при нормальных условиях, $P_0 = 101,3$ кПа;

T_0 – температура воздуха при нормальных условиях, $T_0 = 293$ °К.

5. После определения дисперсного состава продукта и пыли сухого пищекоконцентрата красной свеклы рассчитывали:

- массу m_i всех частиц пыли в воздухе пылевой камеры:

$$m_O = m_H - \Delta m, \quad (3.6)$$

- массу $m_{2,5}$ частиц пыли размером менее 2,5 мкм в воздухе пылевой камеры:

$$m_{2,5} = \frac{m_H \cdot \eta_{H2,5} - \Delta m \cdot \eta_{H2,5}}{100\%}, \quad (3.7)$$

- массу m_5 частиц до 5 мкм в воздухе пылевой камеры:

$$m_5 = \frac{m_H \cdot \eta_{H5} - \Delta m \cdot \eta_{H5}}{100\%}, \quad (3.8)$$

6. Нашли вероятность нахождения во вредных условиях труда с учетом:

- массы всех частиц:

$$P_{\text{в}0} = \frac{m_0}{m_n}, \quad (3.9)$$

где $P_{\text{в}0}$ – вероятность нахождения во вредных условиях труда с учетом массы всех частиц;

- массы частиц размером до 2,5 мкм:

$$P_{\text{в}2,5} = \frac{m_{2,5}}{m_n \cdot \eta_{n2,5}} \cdot 100\%, \quad (3.10)$$

где $P_{\text{в}2,5}$ – вероятность нахождения во вредных условиях труда с учетом массы частиц размером до 2,5 мкм;

- массы частиц размером до 5 мкм

$$P_{\text{в}5} = \frac{m_5}{m_n \cdot \eta_{n5}} \cdot 100\%, \quad (3.11)$$

где $P_{\text{в}5}$ – вероятность нахождения во вредных условиях труда с учетом массы частиц размером до 5 мкм.

3.4. Методика обработки на ЭВМ реализаций процессов, определяющих условия труда при производстве сухого пищевого концентрата красной свеклы

Методика получения экспериментальных реализаций, пригодных для обработки на ЭВМ, базируется на основных положениях статистической динамики [118, 120, 130, 131]. В данном исследовании применяется методика получения реализаций процессов, обусловленная спецификой их протекания. Вначале по оси Y через необязательно равные промежутки времени (ось X) откладываются дискретные значения параметров P и V_{oc} , затем полученные точки соединяются оги-

бающей кривой и, наконец, с полученных непрерывных реализаций процессов $P(t)$ и $V_{oc}(t)$ уже через равные промежутки времени Δt , соответствующие выбранному шагу дискретизации.

Длительность реализаций изучаемых процессов T и шаг квантования тесно связаны между собой и выбирались, с учетом [132], исходя из следующих соображений. Нижняя граница частотного диапазона определяет длительность T , а верхняя – шаг квантования Δt . Чем больше длительность реализации, тем более низкую частоту можно выделить. Для выявления высоко-частотной составляющей необходимо уменьшить шаг Δt .

Специфика изучаемых процессов такова, что искусственно изменять длительность T нереально, поскольку необходимо в качестве T рассматривать весь период уборки технологического оборудования от начала до окончания смены. При этом не требует доказательств, что период производства сухого пищевого концентрата красной свеклы в значительной степени разнится по годам из-за многофакторности причин его определяющих. В нашем исследовании был принят средний период работы технологического оборудования, соответствующий $T = 24$ часа. С учетом большого опыта обработки статистических данных, выполненной сотрудниками Проблемной лаборатории по методам и средствам автоматизации сельскохозяйственных агрегатов СПбГАУ для обеспечения достоверности оценок вероятностно-статистических характеристик процессов объем информации (число ординат реализаций процессов $N = T/\Delta t$) выбираем в количестве 500 значений. Тогда $\Delta t = 0,083$ ч. Из известного соотношения $\Delta t = 1 / 2 f_b$, вытекающего из теоремы В.А. Котельникова, следует, что при $\Delta t = 0,083$ ч $f_b = 2\Delta t \approx 0,17$ ч. Если учесть, что применяемые в трудовой науке и практической деятельности статистические показатели травматизма оперируют периодом не менее 1 суток, то выделение колебаний с периодом $T = 1 / f_b \approx 5,9$ ч является вполне достаточным.

Полученная таким образом информация об изучаемых процессах вводится в оперативно-запоминающее устройство ЭВМ и обрабатывается по стандартным программам из пакета «Статистика». Алгоритмы статистической обработки известны и приведены, например, в работе [133].

3.5. Методика определения частотных характеристик улучшения условий труда

В зависимости от вида моделей, возможностей получения экспериментальных реализаций процессов и требуемой точности оценок используются различные методы идентификации во временной и частотной области. В результате получают оценки операторов преобразования динамической системой входных сигналов в выходные в виде передаточных и частотных функций или импульсных характеристик, дифференциальных уравнений, уравнений регрессии. После идентификации производится оценка степени идентичности полученной модели.

Для решения поставленных в работе задач представляется наиболее подходящим алгоритм идентификации по спектральным плотностям изучаемых процессов.

Алгоритм основан на вычислении по спектральным характеристикам реализаций процессов на входе и выходе модели частотной функции с последующей аппроксимацией ее аналитическим выражением. Результатом аппроксимации являются численные оценки коэффициентов передаточной функции модели [134].

Простейшим уравнением идентификации в частотной области является выражение

$$S_{P_o}(\omega) = S_Y(\omega)[A(\omega)]^2. \quad (3.12)$$

Однако, в этом уравнении не учитывается фазовый сдвиг между реализациями процессов $V_o(t)$ и $P_o(t)$. Поэтому оно используется лишь в тех случаях, когда фазовый сдвиг не существен, либо нет возможности получить синхронные реализации входного и выходного процессов.

Более точным является вычисление частотной функции по взаимной спектральной плотности

$$S_{P_oV}(\omega) = W_i(\omega) S_Y(\omega). \quad (3.13)$$

При достаточно высоком уровне корреляции между входным и выходным процессами одномерной модели вычисляют вещественную

$S_{PoV}^e(\omega)$ и $S_{PoV}^m(\omega)$ мнимую части спектральной плотности по следующим выражениям: [134...136]

$$S_{PoV}^e(\omega) = \frac{\Delta\tau}{\pi} \left[R_{PoV} + \sum_{i=1}^{m-1} R_1(i\Delta\tau) \cos \omega_j(i\Delta\tau) \right], \quad (3.14)$$

$$S_{PoV}^m(\omega) = \frac{\Delta\tau}{\pi} \sum_{i=1}^{m-1} R_1(i\Delta\tau) \sin \omega_j(i\Delta\tau). \quad (3.15)$$

Амплитудно-частотная характеристика модели $A(\omega)$ вычисляется по выражению:

$$A(\omega) = \sqrt{\left[\frac{S_{PoV}^e(\omega)}{S_v(\omega)} \right]^2 + \left[\frac{S_{PoV}^m(\omega)}{S_v(\omega)} \right]^2}. \quad (3.16)$$

Полученные экспериментальные характеристики $[A(\omega)]^2$ аппроксимируются аналитическими выражениями.

Для передаточных функций вида:

$$W(S) = \frac{K}{T_1^2 S + T_2 S + 1}, \quad (3.17)$$

$$W(S) = \frac{K(T_0 S + 1)}{T_1^2 S^2 + T_2 S + 1}. \quad (3.18)$$

амплитудно-частотные характеристики имеют вид

$$[A(\omega)]^2 = \frac{K^2}{(1 - T_1^2 \omega^2)^2 + T_2^2 \omega^2}, \quad (3.19)$$

$$[A(\omega)]^2 = \frac{K^2 (1 + T_0^2 \omega^2)}{(1 - T_1^2 \omega^2)^2 + T_2^2 \omega^2}. \quad (3.20)$$

Для аппроксимации первым выражением на экспериментальной кривой $[A(\omega)]^2$ берутся две точки $[A(\omega)]^2 = A$ и $[A(\omega)]^2 = B$, а значение K^2 определяется при $\omega = 0$.

Решается система уравнений:

$$A = \frac{K^2}{(1 - T_1^2 \omega^2)^2 + T_2^2 \omega^2}, \quad (3.21)$$

$$B = \frac{K^2}{(1 - T_1^2 \omega_2^2)^2 + T_2^2 \omega_2^2}. \quad (3.22)$$

относительно неизвестных T_1 и T_2 строят кривую $[A(\omega)]^2$, которая сравнивается с экспериментальной. Расчет производится до достижения минимального заданного расхождения характеристик.

При аппроксимации вторым выражением берутся три значения $[A(\omega)]^2 = A$; $[A(\omega)]^2 = B$ и $[A(\omega)]^2 = C$; $[A(\omega_0)]^2 = K^2$, затем решается система трех уравнений

$$A = \frac{K^2(1 + T_0^2 \omega_1^2)}{(1 - T_1^2 \omega_1^2)^2 + T_2^2 \omega_1^2}, \quad (3.23)$$

$$B = \frac{K^2(1 + T_0^2 \omega_2^2)}{(1 - T_1^2 \omega_2^2)^2 + T_2^2 \omega_2^2}, \quad (3.24)$$

$$C = \frac{K^2(1 + T_0^2 \omega_3^2)}{(1 - T_1^2 \omega_3^2)^2 + T_2^2 \omega_3^2}. \quad (3.25)$$

относительно неизвестных T_0, T_1, T_2 . После получения значений постоянных времени сравнивают экспериментальную и аппроксимирующую частотные характеристики.

3.6. Методика экспериментального исследования средств контроля концентрации пыли и их эффективности

Современные средства автоматизации удаления пыли требуют новых средств контроля концентрации пыли. Одними из них являются средства контроля с использованием оптических датчиков контроля концентрации пыли. [32, 137]

Для оценки работы средств контроля концентрации пыли была разработана экспериментальная установка, схема которой приведена на рис. 3.10.

Исследование средств контроля концентрации пыли проводили в следующей последовательности:

1. Установка светодиодов определенного цвета с длиной волны λ (красный – 683 нм, зеленый – 533 нм, желтый – 578 нм, синий – 463 нм).

2. Подготовка аналитических фильтров и навески продукта (взвешивание чистого фильтра m_0 и навески продукта $m_H=5\div 7$ г).

3. Снятие показаний (U_{01}) оптического датчика для установления его характеристик при нулевой концентрации пыли сухих пище-концентратов красной свеклы ($c_{y0}=0$ мг/м³).

4. Снятие показаний оптического датчика U_{31} в условиях запыленности воздуха (концентрация пыли в удаляемом воздухе c_{y01}) в основном воздуховоде:

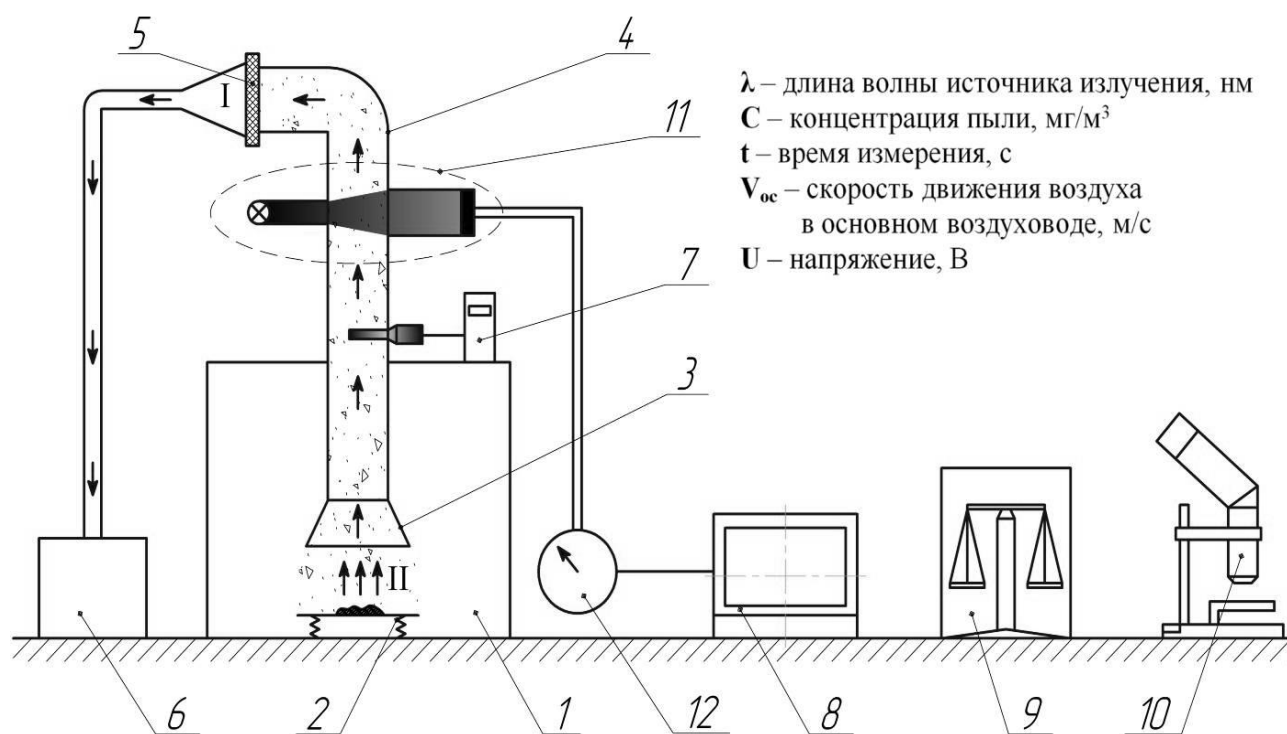


Рис. 3.10. Схема экспериментальной лабораторной установки для исследования средств контроля концентрации пыли: 1 – пылевая камера, 2 – вибростол, 3 – вытяжное устройство, 4 – основной воздуховод, 5 – аллонж с аналитическим фильтром, 6 – аспиратор, 7 – метеометр, 8 – ПЭВМ, 9 – аналитические весы, 10 – микроскоп, 11 – оптический датчик концентрации пыли, 12 – вторичный преобразователь

- включение aspirатора;
- через 35 секунд после включения aspirатора – включение вибростолика;
- через 3 мин 35 сек после включения aspirатора – отключение вибростолика;
- через 5 мин после включения – отключение aspirатора.

В течение работы aspirатора регистрировали температуру воздуха T_{1_1} и атмосферное давление P_{1_1} с целью приведения результатов к нормальным условиям.

5. После отключения aspirатора в течение 1 мин записывали показания оптического датчика U_{0_2} , регистрируя показания чистого воздуха (нулевая концентрация) для учета возможного запыления поверхности оптического датчика.

6. В течение 1 мин заменяли подготовленный аналитический фильтр.

7. Снятие показаний U_{0_3} оптического датчика для установления его характеристик при нулевой концентрации пыли сухих пищевых концентратов красной свеклы ($c_{y0} = 0 \text{ мг/м}^3$).

8. Снятие показаний оптического датчика (U_{3_2}) в условиях запыленности воздуха (концентрация пыли в удаляемом воздухе c_{y02}) в основном воздуховоде:

- включение aspirатора;
- через 35 секунд после включения aspirатора – включение вибростолика;
- через 3 мин 35 сек после включения aspirатора – отключение вибростолика;
- через 5 мин после включения – отключение aspirатора.

В течение работы aspirатора регистрировали температуру воздуха T_{1_2} и атмосферное давление P_{1_2} .

9. После отключения aspirатора в течение 1 мин записывали показания оптического датчика U_{0_4} , регистрируя показания чистого воздуха (нулевая концентрация) для учета возможного запыления поверхности оптического датчика.

10. В течение 1 мин заменяли подготовленный аналитический фильтр.

11. Снятие показаний U_{0_5} оптического датчика для установления его характеристик при нулевой концентрации пыли сухих пище-концентратов красной свеклы ($c_{y0} = 0 \text{ мг/м}^3$).

12. Снятие показаний оптического датчика U_{3_3} в условиях запыленности воздуха (концентрация пыли в удаляемом воздухе c_{y03}) в основном воздуховоде:

- включение aspirатора;
- через 35 секунд после включения aspirатора – включение вибростолика;
- через 3 мин 35 сек после включения aspirатора – отключение вибростолика;
- через 5 мин после включения – отключение aspirатора.

В течение работы aspirатора регистрировали температуру воздуха T_{1_3} и атмосферное давление P_{1_3} .

13. После отключения aspirатора в течение 1 мин записывали показания оптического датчика U_{0_6} , регистрируя показания чистого воздуха (нулевая концентрация) для учета возможного запыления поверхности оптического датчика.

14. Анализ запыленного фильтра и расчет концентрации пыли [128, 129]:

$$c_{y0_i} = \frac{m_{z_i} - m_{0_i}}{Q_A \cdot t} \cdot \frac{T_{1_i} \cdot P_0}{T_0 \cdot P_{1_i}}, \quad (3.26)$$

где Q_A – расход воздуха, установленный по aspirатору, л/мин;

t – время работы aspirатора, мин ($t = 5$ мин);

i – порядковый номер замера концентрации пыли.

15. Оценку оптической плотности D запыленного воздуха для соответствующих концентраций (выражение 3.13), определяли по формулам [137]:

$$D_1 = \lg \frac{U_{0_1} + U_{0_2} + U_{0_3}}{3 \cdot U_{3_1}}, \quad (3.27)$$

$$D_2 = \lg \frac{U_{0_2} + U_{0_3} + U_{0_4} + U_{0_5}}{4 \cdot U_{3_2}}, \quad (3.28)$$

$$D_3 = \lg \frac{U_{04} + U_{05} + U_{06}}{3 \cdot U_{33}}, \quad (3.29)$$

где D_1 , D_2 , D_3 – оптические плотности запыленного воздуха при концентрациях c_{y01} , c_{y02} и c_{y03} , соответственно.

На рис. 3.11 представлены сигналы датчиков с различными светодиодами (показания датчиков концентрации пыли с излучателями различных длин волн).

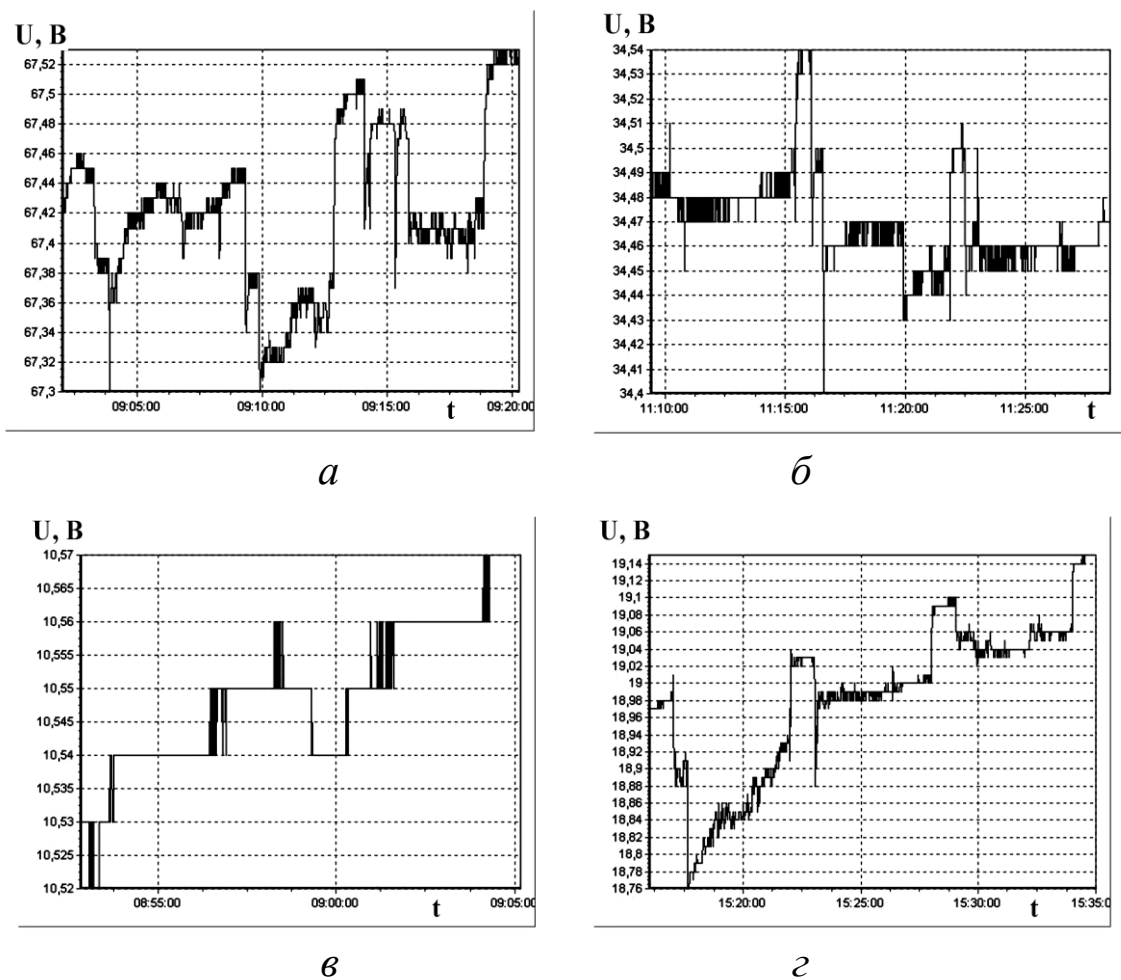


Рис. 3.11. Примеры показаний датчика концентрации пыли с излучателями различных длин волн: *а* – излучатель - красный светодиод (683 нм); *б* – излучатель - зеленый светодиод (533 нм); *в* – излучатель - желтый светодиод (578 нм); *г* – излучатель - синий светодиод (463 нм)

Нахождение работающих в условиях повышенной запыленности возможно в результате неработающей системы вентиляции или ее неэффективности. Для определения параметров – концентрации пыли c и времени нахождения в условиях повышенной запыленности t в расчет было принято время смены 8 часов.

Для оценки эффективности работы автоматизированной и автоматической систем пылеудаления отмечали только случаи максимальной загрузки оборудования, количество которых z составляло в среднем 7,3 раза за смену. При этом концентрация пыли c возрастала до 5 ПДК (30 мг/м^3). Время нахождения в условиях повышенной запыленности принимали как $t = t_p * z$.

Время реакции t_p систем найдено из его статистической функции распределения вероятностей P (см. раздел 4.2).

Для получения зависимости $P_3 = f(t)$ исследования (статистические) проводились в течение смены (480 мин) для 30% работающих, которым, по профессиональным обязанностям, необходимо находиться в условиях повышенной запыленности. Исходя из этого, максимальная вероятность возникновения профессиональных заболеваний $P_3(t)$ (выходной процесс блока 2) нами была принята равной 0,3. Промежуточные значения вероятностей определялись в соответствии с совокупному времени нахождения работающих за смену в условиях превышения концентрации пыли c за пределы ПДК. Вероятность $P_3(t) \rightarrow n * c_{\text{ПДК}}$, что подтверждает данные о том, что показатели заболеваемости на производстве в Российской Федерации соответствуют условиям труда работающих. Результаты исследования приведены в разделе 4.2.

3.7. Методика оценки запотевания очковых стекол средств индивидуальной защиты и их эффективности

При производстве сухих концентратов возможно превышение концентрации пыли за пределы ПДК в аварийных ситуациях (нарушение работы системы вентиляции), проведение очистных и профилактических работ, когда необходимо использование средств индивидуальной защиты (респираторы и защитные очки, противогазы, противопылевые маски) [48...57].

Одной из основополагающих характеристик средств индивидуальной защиты является запотевание очковых стекол СИЗ при интен-

сивной физической работе и работе при пониженных температурах [50, 52, 54, 55]. Оценка запотевания очковых стекол при повышенной запыленности воздуха проводилась на экспериментальной установке (рис. 3.12).

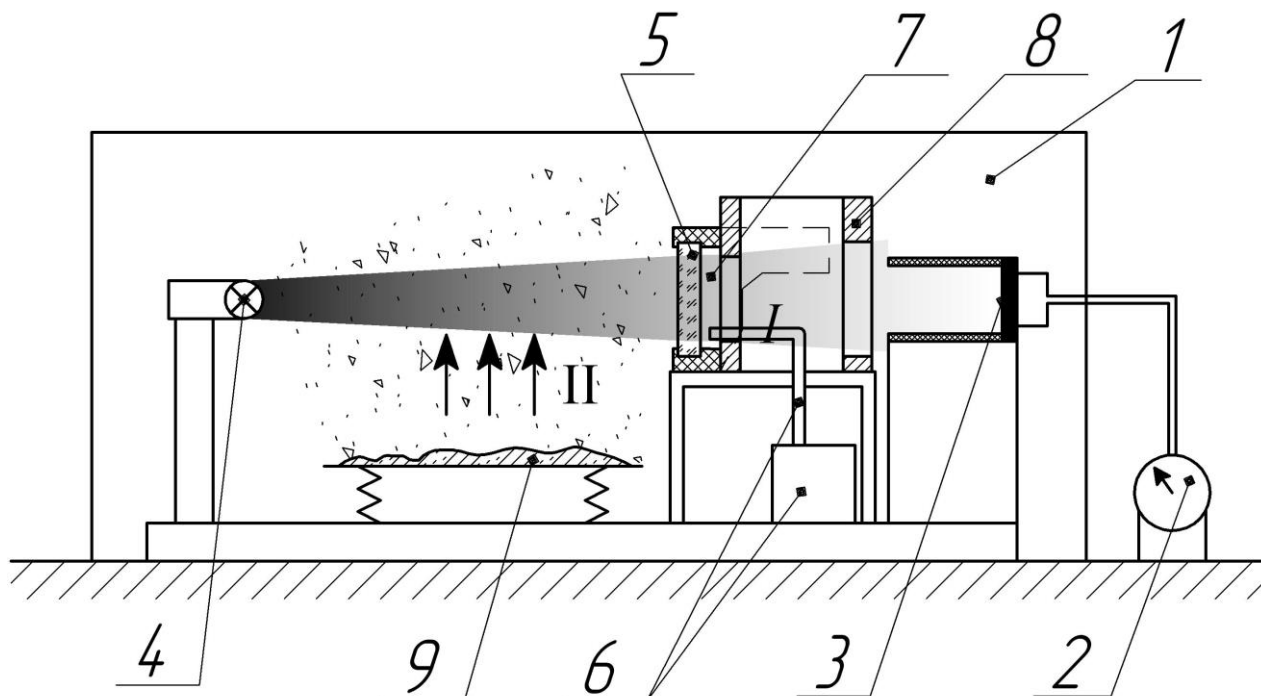


Рис. 3.12. Установка для оценки запотевания стекол СИЗ в условиях повышенной запыленности воздуха: I – чистый воздух; II – запыленный воздух; 1 – камера; 2 – измерительный прибор; 3 – оптический датчик; 4 – излучатель; 5 – испытуемый СИЗ; 6 – парообразующее устройство; 7 – подочковое пространство; 8 – макет, имитирующий голову; 9 – вибрационный столик с пылеобразующим материалом

СИЗ установлены на штативе между излучателем и оптическим датчиком, таким образом, чтобы свет от излучателя проходил через очковые стекла.

Для имитации запотевания используется парогенератор.

Для определения спектрального коэффициента светопропускания k_{cs} необходимо выполнить следующее:

СИЗ закреплены на макете, имитирующего голову, между излучателем и оптическим датчиком, таким образом, чтобы свет от излучателя проходил через очковые стекла и отверстия макета головы.

Для имитации запотевания используется парообразующее устройство, для создания запыленности воздуха – вибрационный столик с пылеобразующим материалом.

Для определения спектрального коэффициента светопропускания $k_{сз}$ необходимо выполнить следующее:

1. Установка источника искусственного света с длиной волны $\lambda=463$ нм; 533 нм; 578 нм; 683 нм.

2. Настройка и градуировка установки без СИЗ (данное действие проводится перед началом каждого эксперимента):

- измерение интенсивности фоновой засветки оптического датчика U_{ϕ} ;

- включение вибрационного столика с навеской пищеконцентрата красной свеклы на 3 мин;

- включение источника искусственного света;

- измерение интенсивности излучения источника света с фоном $U_{\phiи}$;

- определение интенсивности излучения источника света без учета фона:

$$U_{и} = U_{\phiи} - U_{\phi}. \quad (3.30)$$

3. Установка испытуемого СИЗ в камере.

4. Определение интенсивности излучения источника света чистых очковых стекол $U_{о}$ (без имитации запотевания):

5. Включение вибрационного столика с навеской на 3 минуты;

6. Включение парогенератора на 30 с.

7. Определение интенсивности излучения источника света через запотевшие очковые стекла $U_{п}$ с учетом фоновой засветки.

8. Извлечение очков из камеры, охлаждение камеры до температуры помещения лаборатории, удаление конденсированной влаги.

9. Определение спектрального коэффициента светопропускания $k_{сз}$ через запотевшие стекла [53].

$$k_{сз} = \frac{U_{о}}{U_{п}}. \quad (3.31)$$

10. Выбор СИЗ с наиболее высоким спектральным коэффициентом светопропускания $k_{сз}$.

Для оценки эффективности использования средств индивидуальной защиты при производстве сухого пищевого концентрата красной свеклы были учтены параметры – время запотевания t_3 стекол защитных очков и соответствующие им вероятности при использовании средств индивидуальной защиты с наиболее высоким спектральным коэффициентом светопропускания.

При постоянной интенсивности работы парогенератора для поддержания постоянного влаговыведения (температура воды в парогенераторе $T_6=90$ °С) определяли время запотевания стекол t_3 по изменению интенсивности пройденного света через очковые стекла средств индивидуальной защиты с интервалом времени $\Delta t=1$ с при кратности измерения – 50. Результаты измерения времени запотевания стекол t_3 и соответствующая функция распределения их вероятности приведены в разделе 4.3

Для получения зависимости $P_T=f(t_3)$ исследования (статистические) проводились в течение 1 мин с использованием лабораторной установки с созданием наиболее благоприятных условий для запотевания очковых стекол (разность температур ΔT в подочковом пространстве T_{II} и окружающем воздухе T_6 (23 ± 2 °С) изменяли в пределах 5°С до 30°С с интервалом 5°С; относительная влажность окружающего воздуха – 60-70%). При этом определяли коэффициенты запотевания $k_3 \rightarrow P_T=f(t_3)$ и время запотевания t_3 . Максимальное значение вероятности травмирования $P_m(t_3)$ (выходной процесс блока 3) нами была принята равной 0,4 $\rightarrow k_{3\max}=1,075$, исходя из того, что в среднем 40% травм на производстве связаны с недостаточной освещенностью рабочей зоны. При запотевании очковых стекол средств индивидуальной защиты имеют место такие ситуации. Минимальное значения вероятности $P_{T\min} \rightarrow k_{3\min}=1,036$. Результаты исследования приведены в разделе 4.3.

4. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ПЫЛЕЗАЩИТЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СУХИХ ПИЩЕКОНЦЕНТРАТОВ

4.1. Вероятностно-статистические и частотные характеристики входных и выходных процессов улучшения условий труда работающих при производстве сухого пищевого концентрата красной свеклы

С учетом задач исследования и согласно разработанной программы были получены реализации входного процесса $V_{oc}(t)$ и выходного процесса $P_{ey}(t)$ (блок 1 модели) длительностью 22,50 ч с учетом эффективности вытяжных устройств системы пылезащиты с шагом дискретизации процессов $\Delta t = 0,083$ ч.

Таблица 4.1

Числовые характеристики процессов $P_{ey}(t)$ функционирования системы пылезащиты при: 1 $K_{ycm}=0,4$; 2 $K_{ycm}=0,6$; 3 $K_{ycm}=1,0$; 4 $K_{ycm}=1,4$; 5 $K_{ycm}=1,6$

Средние значения скорости, м/с	M_p	$\sigma_p, \%$	α	β
K=0,4				
0,318	0,752	0,119	0,6732	1,9826
0,352	0,686	0,158	0,5183	1,8500
0,385	0,601	0,162	0,5449	1,8401
K=0,6				
0,317	0,536	0,347	6,9172	$3,25 \cdot 10^{-10}$
0,350	0,352	0,159	10,7319	$-3,9 \cdot 10^{-07}$
0,383	0,523	0,291	0,5045	1,8310
K=1,0				
0,319	0,996	0,410	0,4994	1,9446
0,352	0,987	0,220	0,5058	1,8329
0,384	0,972	0,530	0,5123	1,8761
K=1,4				
0,318	0,660	0,188	0,6221	1,8751
0,352	0,602	0,117	0,9529	19,8156
0,385	0,648	0,166	0,6370	1,9116
K=1,6				
0,317	0,494	0,366	0,5523	1,8593
0,352	0,395	0,320	0,5991	2,0039
0,385	0,741	0,284	0,5141	1,8287

Таблица 4.2

Числовые характеристики процессов $V_{oc}(t)$ функционирования системы пылезащиты при: 1 $K_{ycm}=0,4$; 2 $K_{ycm}=0,6$; 3 $K_{ycm}=1,0$; 4 $K_{ycm}=1,4$; 5 $K_{ycm}=1,6$

Средние значения скорости, м/с	M_v	$\sigma_v, \%$	α	β
K=0,4				
0,318	0,3183	0,1001	0,5033	1,8133
0,352	0,3520	0,1003	0,4957	1,8174
0,385	0,3853	0,0981	0,4988	1,8159
K=0,6				
0,317	0,3175	0,1011	0,5189	1,8144
0,350	0,3506	0,0957	0,5110	1,8188
0,383	0,3837	0,1031	0,4908	1,8210
K=1,0				
0,319	0,3185	0,1013	0,5253	1,8148
0,352	0,3516	0,0959	0,5128	1,8210
0,384	0,3843	0,1013	0,5012	1,8174
K=1,4				
0,318	0,3178	0,0998	0,5088	1,8197
0,352	0,3515	0,1002	0,4996	1,8232
0,385	0,3849	0,0993	0,5119	1,8196
K=1,6				
0,317	0,3170	0,0987	0,5030	1,8231
0,352	0,3519	0,1001	0,5211	1,8178
0,385	0,3851	0,0987	0,5034	1,8236

Гипотеза о нормальном распределении ординат изучаемых процессов по критерию χ^2 достоверна при уровне значимости $\alpha=0,02$.

По данным табл. 4.1 и 4.2 [176] можно оценить влияние скорости движения воздуха V_{oc} в основном воздуховоде на числовые характеристики процессов $V_{oc}(t)$, а согласно рис. 4.1 – зависимость математического ожидания M_p от средних значений скоростей движения воздуха в основном воздуховоде.

Экстремумы на графиках (рис.4.1) зависимостей $M_v = f(V_{oc})$ дают возможность регулировать условиями труда работающих при производстве сухих пищевых концентратов за счет выбора оптимального

режима работы. При минимальных вероятностях нахождения во вредных условиях труда требуемое значение скорости при значениях $K_{ycm}=0,4$ составляет 0,385 м/с, при $K_{ycm}=0,6$ – 0,351 м/с, при $K_{ycm}=1,0$ – 0,384 м/с, при $K_{ycm}=1,4$ – 0,353 м/с, при $K_{ycm}=1,6$ – 0,342 м/с.

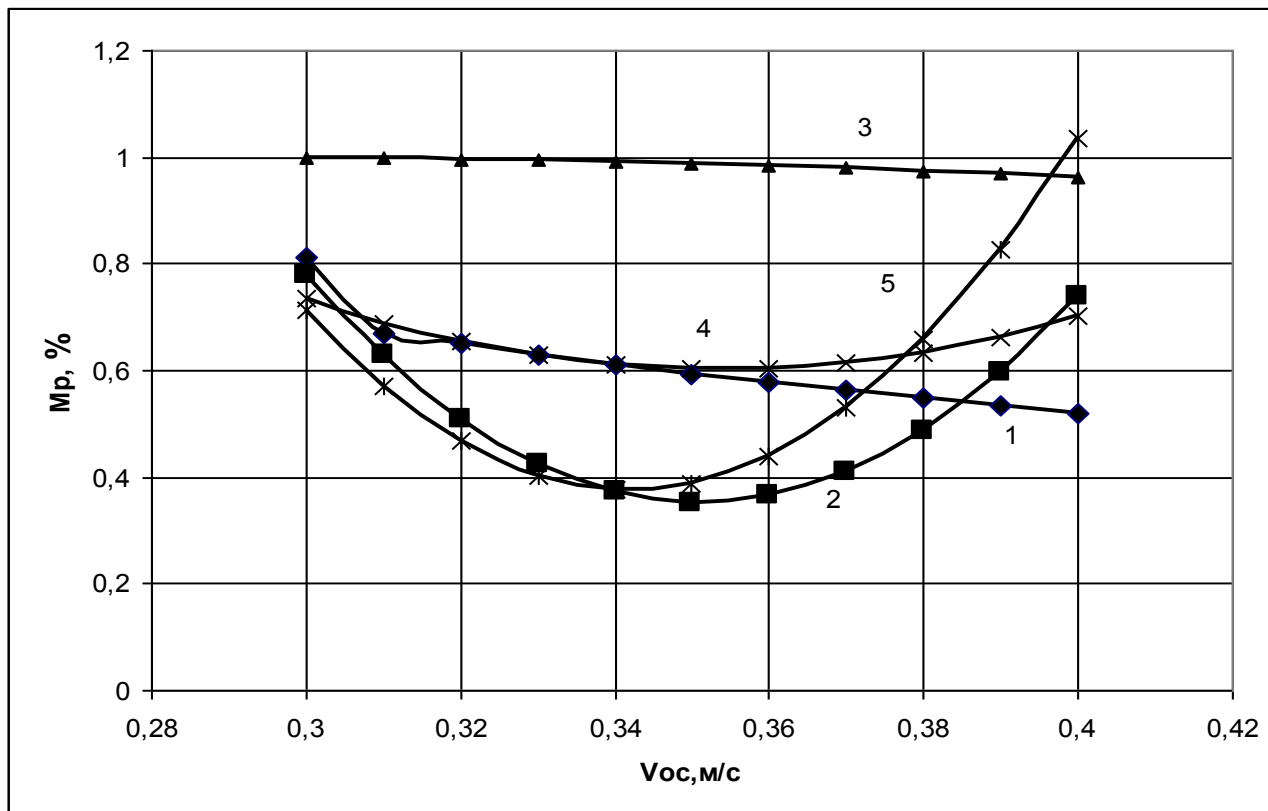
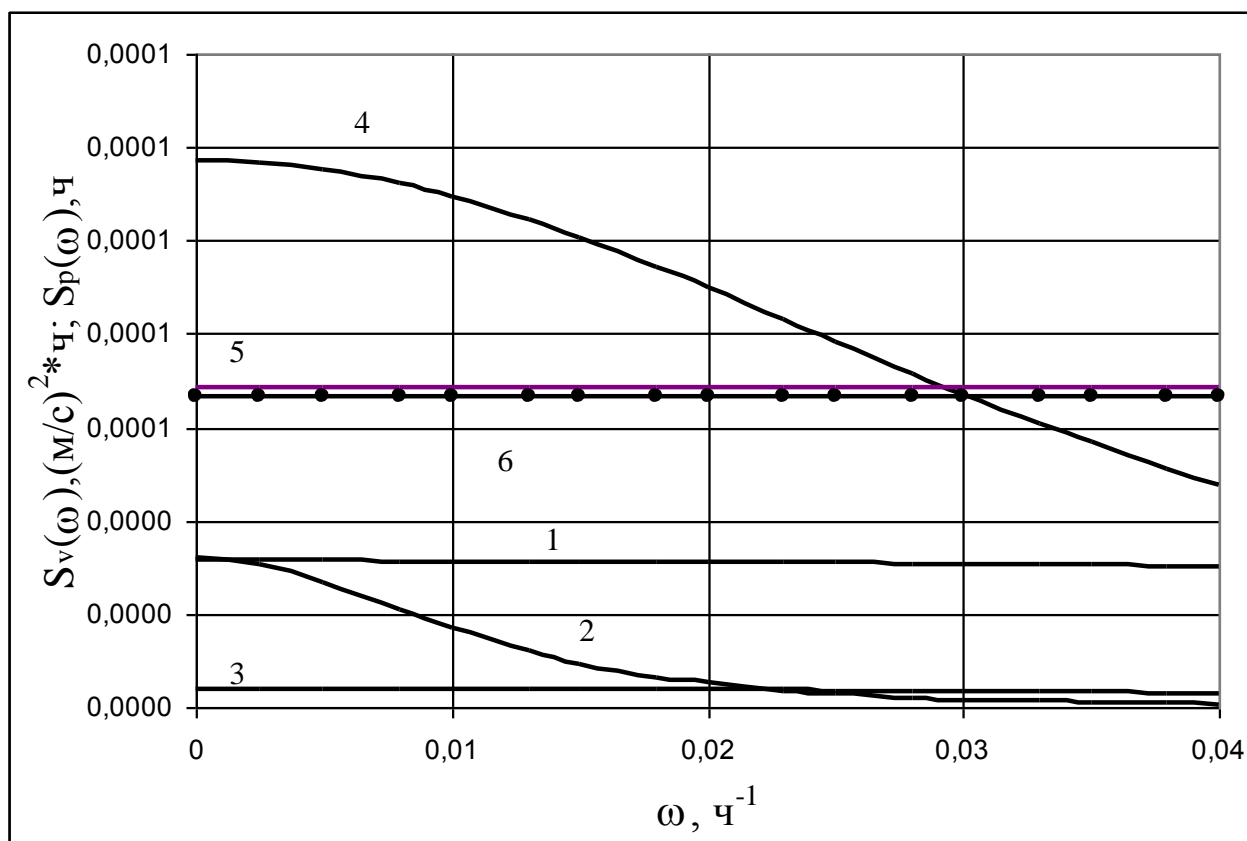


Рис. 4.1. Зависимости математического ожидания M_p процесса $P_{\text{вы}}(t)$ функционирования системы пылезащиты от средних значений скоростей воздуха V_{oc} в основном воздуховоде при: 1 – $K_{ycm}=0,4$; 2 – $K_{ycm}=0,6$; 3 – $K_{ycm}=1,0$; 4 – $K_{ycm}=1,4$; 5 – $K_{ycm}=1,6$.

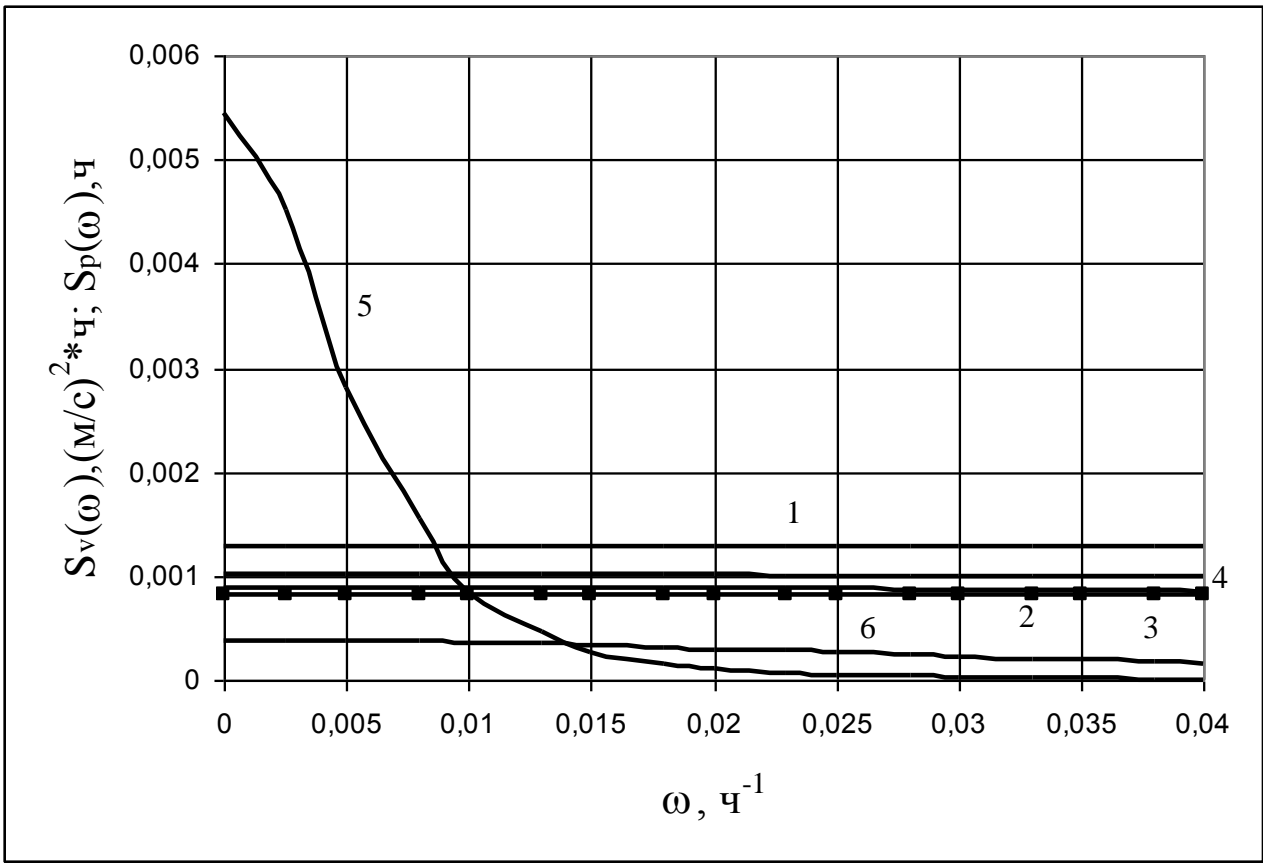
Были получены параметры входных и выходных процессов блока 1 системы пылезащиты. К ним относятся: нормированные корреляционные функции $\rho_v(\tau)$, $\rho_p(\tau)$ процессов $V_{oc}(t)$, $P_{\text{вы}}(t)$ при $K_{ycm}=0,4$ и $K_{ycm}=0,6$ при $K_{ycm}=1,0$, при $K_{ycm}=1,4$ при $K_{ycm}=1,6$; спектральные плотности $S_v(\omega)$ $S_p(\omega)$ процессов при $K_{ycm}=0,4$, при $K_{ycm}=0,6$ (рис. 4.3), при $K_{ycm}=1,0$, при $K_{ycm}=1,4$, $K_{ycm}=1,6$. Быстрое и плавное затухание корреляционных функций $\rho_v(\tau)$, $\rho_p(\tau)$ имеет место при всех средних значениях скоростей движения воздуха в основном воздуховоде и коэффициенте K_{ycm} , учитывающем угол α раскрытия патрубка. Исключением являются корреляционные функции выходного процесса $P_{\text{вы}}(t)$ при $K_{ycm}=0,6$ и $V_{oc}=0,317$ м/с и $V_{oc}=0,350$ м/с, где затухание идет еще

быстрее; при $K_{ycm}=1,4$ и $V_{oc}=0,352$ м/с имеет место также быстрое, но циклическое затухание корреляционной функции $\rho_p(\tau)$ выходного процесса $P_{ey}(t)$.

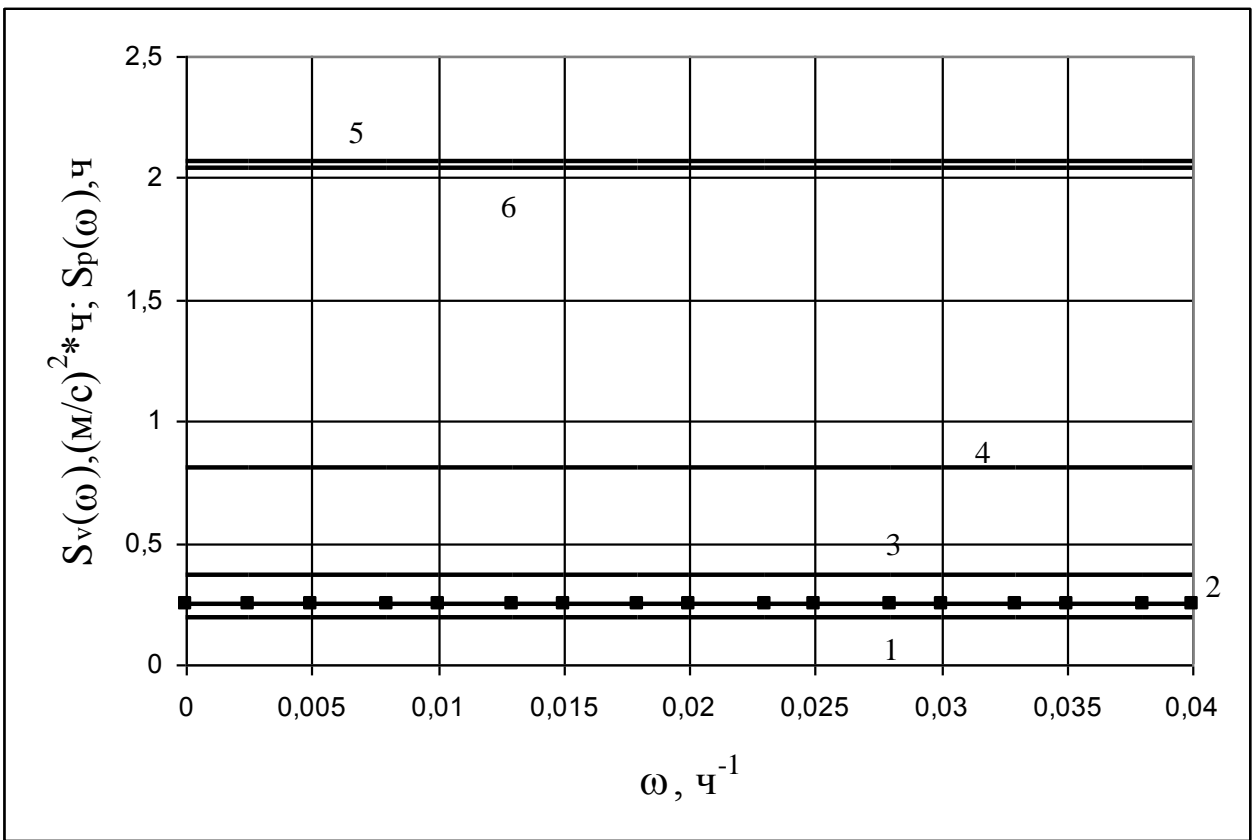
Значения спектральных плотностей $S_v(\omega)$, $S_p(\omega)$ отличаются как по значениям частот для максимумов, так и по максимальным значениям спектральных плотностей. Максимальные значения спектральной плотности приходятся на частоту $\omega = 0$: для выходного процесса $P_{vy}(t)$ при $K_{ycm}=0,4$ и $V_{oc}=0,318$ м/с; при $K_{ycm}=0,6$ и $V_d = 0,350$ м/с; при $K_{ycm}=1,4$ $V_d=V_\delta = 0,352$ м/с; при $K_{ycm}=1,6$ $V_\delta = 0,352$ м/с. По мере увеличения скорости движения воздуха $V_{oc}(t)$ в основном воздуховоде происходит увеличение значений спектральных плотностей входного и выходного процессов при $K_{ycm}=0,4$ и $K_{ycm}=0,6$; при $K_{ycm}=1,0$ и $K_{ycm}=1,4$ и $K_{ycm}=1,6$ максимальные значения приходятся для входных и выходных процессов $V_{oc}(t)$ и $P_{ey}(t)$ при $V_\delta = 0,352$ м/с, исключением является входной процесс при $K_{ycm}=1,4$, где максимальные значения приходятся при $V_\delta=0,385$ м/с



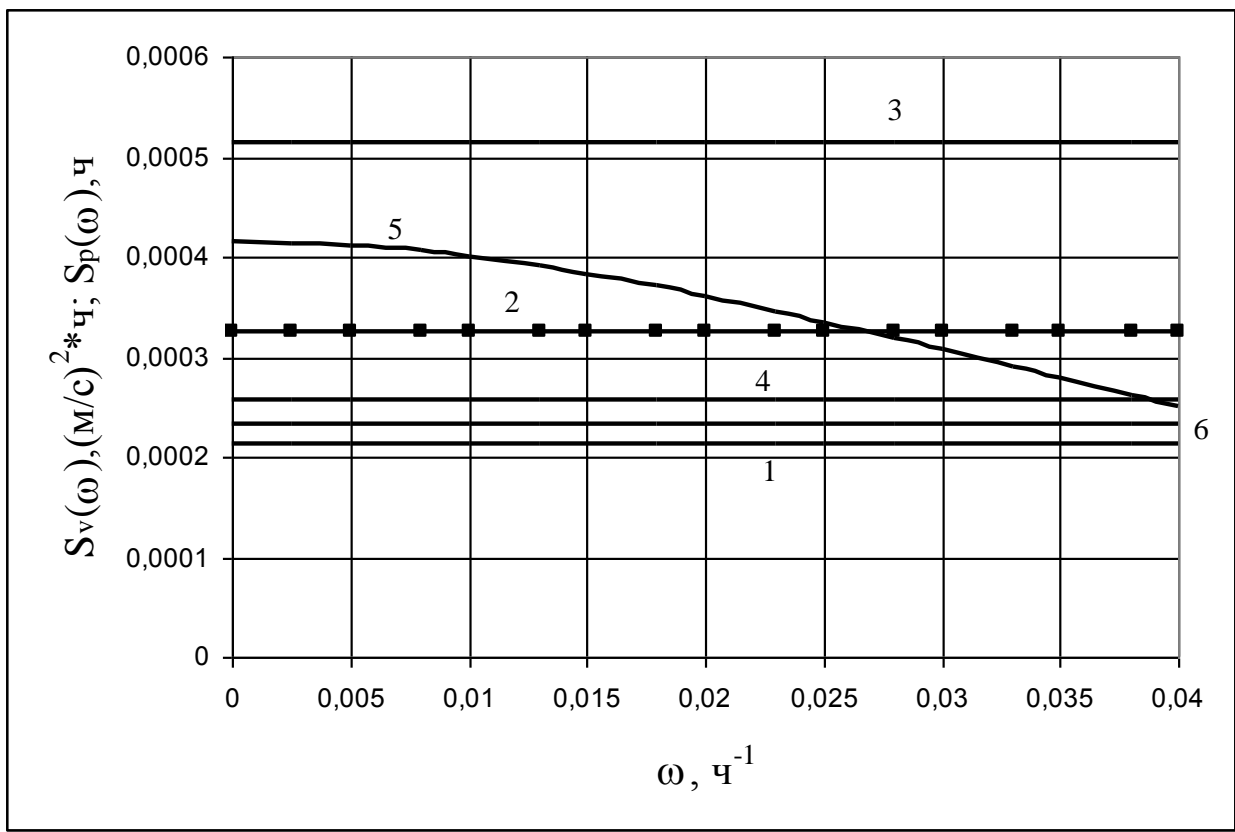
a



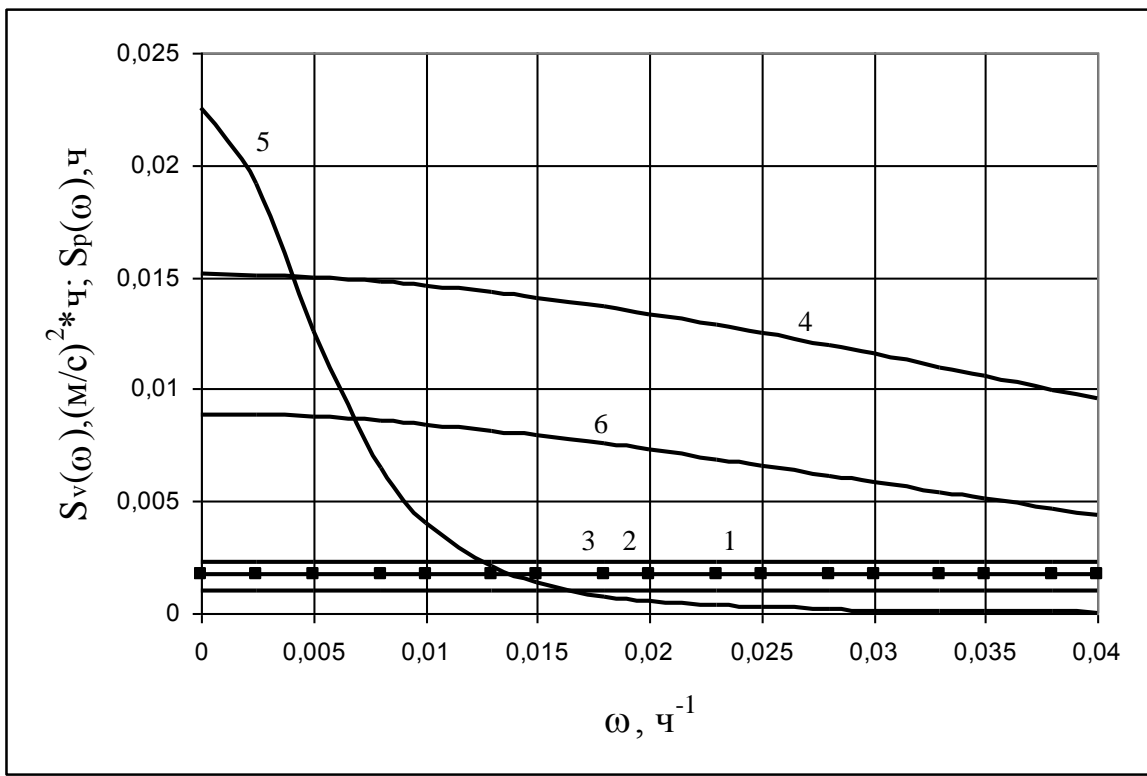
δ



δ



2



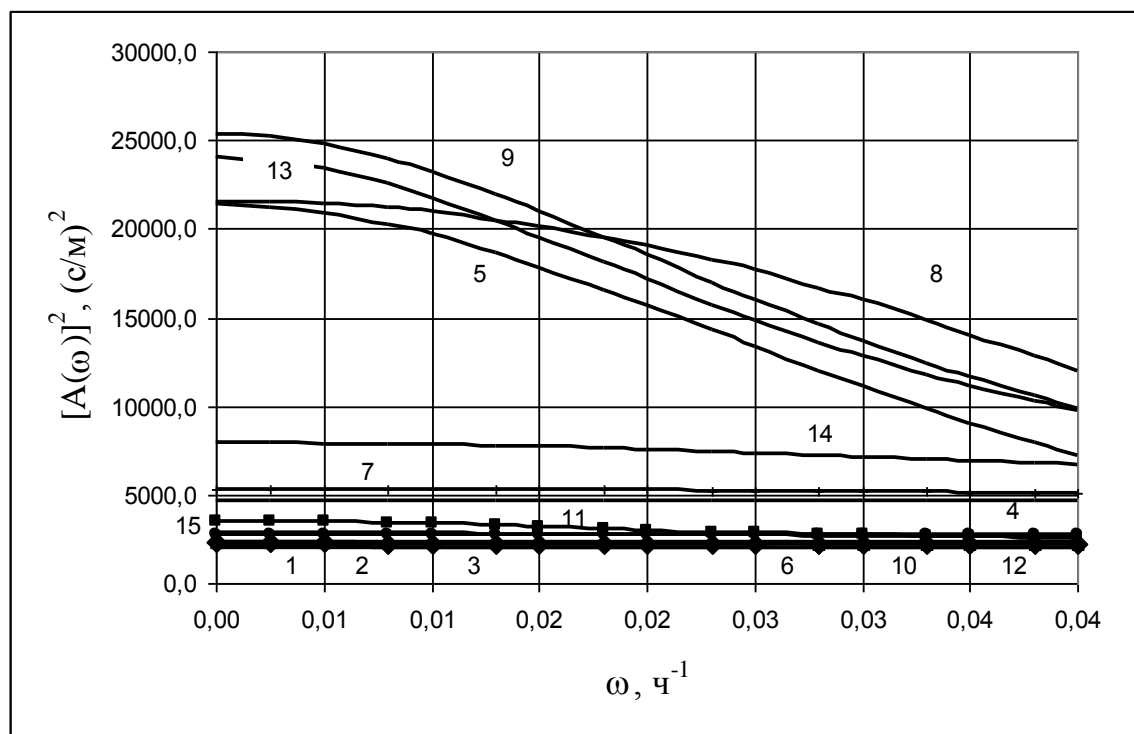
d

Рис. 4.2. Спектральные плотности $S_v(\omega)$, $S_p(\omega)$ входных и выходных процессов $V_{oc}(t)$ и $P_{cy}(t)$ блока 1 системы пылезашиты при: $a - K_{ycm}=0,4$; $b - K_{ycm}=0,6$; $в - K_{ycm}=1,0$; $г - K_{ycm}=1,4$; $д - K_{ycm}= 1,6$; 1-3 – входные процессы; 4-6 – выходные процессы

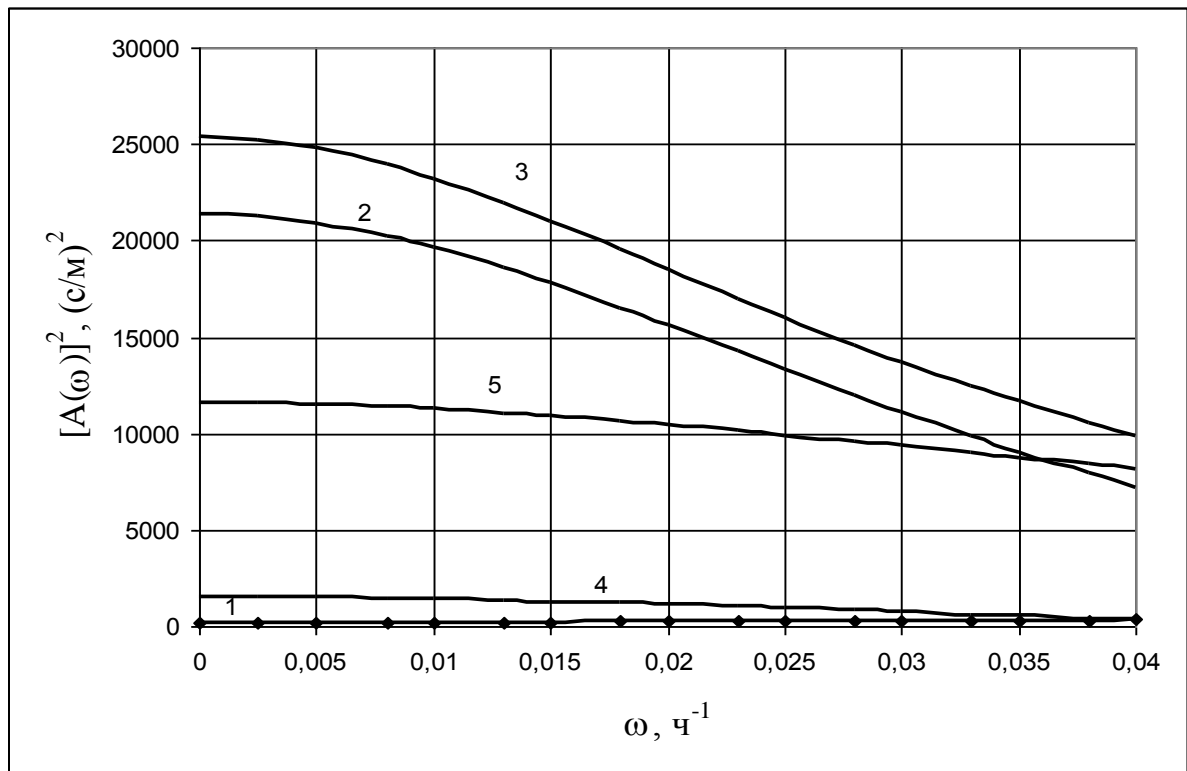
Полученные вероятностно-статистические характеристики параметров процессов $V_{oc}(t)$ и $P_{ey}(t)$ будут исходными данными для оценки условий труда работающих при производстве сухих пищевых концентратов красной свеклы.

Чтобы достичь улучшения условий труда работающих при производстве сухих пищевых концентратов красной свеклы необходимо выбрать такие параметры вытяжных устройств (блок 1 модели), при которых условия труда будут допустимыми или оптимальными, а это можно получить по критерию минимального математического ожидания и дисперсии выходного процесса $P_{ey}(t)$ ($M_p, D_p \rightarrow \min$).

По полученным значениям спектральных плотностей входного и выходного процессов $V_{oc}(t)$ и $P_{ey}(t)$ (рис. 4.2) вычислены согласно выражениям (2.25) амплитудно-частотные характеристики улучшения условий труда $[A(\omega)]^2$ системы пылезащиты, аппроксимированные значения, значения коэффициентов этих выражений. Данные на рис. 4.3 показывают, что наибольшие значения амплитудно-частотных характеристик $[A(\omega)]^2$ улучшения условий труда соответствуют низким частотам ($\omega = 0$) для всех средних значений K_{ycm} и скоростей движения воздуха V_{oc} в основном воздуховоде, а максимальные из них приходятся при $K_{ycm} = 0,6$ и $V_{oc} = 0,350$ м/с; $K_{ycm} = 1,0$ и $V_{oc} = 0,352$ м/с; $K_{ycm} = 1,6$ и $V_{oc} = 0,317$ м/с.



a



б

Рис. 4.3. Амплитудно-частотные характеристики $[A(\omega)]^2$: а – при $K_{ycm}=0,4$, при $K_{ycm}=0,6$, при $K_{ycm}=1,0$, при $K_{ycm}=1,4$, при $K_{ycm}=1,6$; б – при оптимальных значениях скорости движения воздуха $V_{oc}(t)$ в основном воздуховоде при; 1 – $K_{ycm}=0,4$ $V_{oc}=0,385$ м/с; 2 – $K_{ycm}=0,6$ $V_{oc}=0,351$ м/с; 3. $K_{ycm}=1,0$ $V_{oc}=0,384$ м/с; 4 – $K_{ycm}=1,4$ $V_{oc}=0,353$ м/с; 5 – $K_{ycm}=1,6$ $V_{oc}=0,342$ м/с

Согласно блоку 1 модели системы пылезащиты, наиболее значимым фактором, влияющим на эффективность вытяжного устройства, является параметр K_{ycm} , характеризующий угол α раскрытия вытяжного устройства. Исходя из этого необходимо получить зависимости: $[A(\omega)]^2 = f(K)$. Для чего найти коэффициенты K^2 , d_1 , d_2 , c_0 , c_1 , c_2 аппроксимирующих выражений 2.25 (табл.4.7, рис.4.4) при оптимальных значениях скоростей движения воздуха в основном воздуховоде при $K_{ycm}=0,4$ $V_{oc}=0,385$ м/с; $K_{ycm}=0,6$ $V_{oc}=0,351$ м/с; $K_{ycm}=1,0$: 1 $V_{oc}=0,384$ м/с; $K_{ycm}=1,4$ $V_{oc}=0,353$ м/с; $K_{ycm}=1,6$ $V_{oc}=0,342$ м/с), которые были получены с использованием графических зависимостей 4.1.

Таблица 4.3

Значения амплитудно-частотных характеристик $[A(\omega)]^2$ улучшения условий труда при оптимальных значениях скоростей движения воздуха в основном воздуховоде при коэффициенте $K_{yсм}$, учитывающем угол α раскрытия вытяжного устройства

$\omega, \text{ч}^{-1}$	$K_{yсм}=0,4$	$K_{yсм}=0,6$	$K_{yсм}=1,0$	$K_{yсм}=1,4$	$K_{yсм}=1,6$
0	194,3515	21345,49	25365,35	1529,347	11576,48
0,0025	195,3692	21234,32	25221,63	1522,279	11556,81
0,005	198,3832	20905,87	24799,63	1501,255	11498,25
0,008	204,4707	20246,23	23963,46	1458,376	11378,51
0,01	209,8825	19664,05	23237,78	1419,78	11270,41
0,013	219,7369	18614,29	21957,34	1348,306	11069,48
0,015	227,2718	17820,75	21012,43	1292,579	10912,17
0,018	239,6795	16531,61	19517,44	1198,679	10645,93
0,02	248,4927	15629,55	18499,33	1130,29	10451,2
0,023	262,2128	14248,49	16982,46	1020,838	10138,36
0,025	271,5314	13327,25	15997,07	944,2959	9918,889
0,028	285,5303	11970,09	14581,09	825,6871	9578,118
0,03	294,7633	11093,49	13687,47	744,8924	9345,818
0,033	308,3104	9835,862	12431,49	622,3021	8993,722
0,035	317,0727	9041,763	11652,78	540,2161	8758,645

Таблица 4.4

Значения коэффициентов K^2 , d_1 , d_2 , c_0 , c_1 , c_2 аппроксимирующих выражений амплитудно-частотных характеристик $[A(\omega)]^2$ при оптимальных значениях скоростей движения воздуха в основном воздуховоде при коэффициенте $K_{yсм}$, учитывающем угол α раскрытия вытяжного устройства

$K_{yсм}$	V_{oc}	K^2	d_1	d_2	c_0	c_1	c_2
0,4	0,385	194,351	975,348	-45,253	49325,67	-5501,08	154,7676
0,6	0,351	21345,49	-1047,11	-47,639	1349,706	-858,344	-50,9181
1,0	0,384	25365,35	4989,85	-127,608	173420,3	5768,441	-85,0174
1,4	0,353	1529,347	425068,4	18131,54	9094610	-1216766	42863,16
1,6	0,342	11576,48	445,5414	45,486	268045	-33856	1083,083

Таблица 4.5

Значения спектральных функций $S_p(\omega)$ выходных процессов функционирования системы пылезащиты при оптимальных значениях скоростей воздуха в основном воздуховоде и коэффициенте $K_{ycm}=0,4;0,6;1,0;1,4;1,6$, соответственно

$\omega, \text{ч}^{-1}$	$K_{ycm}=0,4$ $V_{\partial}=0,385$ м/с	$K_{ycm}=0,6$ $V_{\partial}=0,351$ м/с	$K_{ycm}=1,0$ $V_{\partial}=0,384$ м/с	$K_{ycm}=1,4$ $V_{\partial}=0,353$ м/с	$K_{ycm}=1,6$ $V_{\partial}=0,342$ м/с
0	$8,1896 \cdot 10^{-08}$	$1,334 \cdot 10^{-06}$	$1,654 \cdot 10^{-06}$	$1,87227 \cdot 10^{-06}$	$2,18 \cdot 10^{-06}$
0,0025	$8,1784 \cdot 10^{-08}$	$1,334 \cdot 10^{-06}$	$1,654 \cdot 10^{-06}$	$1,87227 \cdot 10^{-06}$	$2,18 \cdot 10^{-06}$
0,005	$8,1448 \cdot 10^{-08}$	$1,334 \cdot 10^{-06}$	$1,654 \cdot 10^{-06}$	$1,87227 \cdot 10^{-06}$	$2,18 \cdot 10^{-06}$
0,008	$8,0755 \cdot 10^{-08}$	$1,334 \cdot 10^{-06}$	$1,654 \cdot 10^{-06}$	$1,87225 \cdot 10^{-06}$	$2,18 \cdot 10^{-06}$
0,01	$8,0124 \cdot 10^{-08}$	$1,334 \cdot 10^{-06}$	$1,654 \cdot 10^{-06}$	$1,87224 \cdot 10^{-06}$	$2,18 \cdot 10^{-06}$
0,013	$7,8935 \cdot 10^{-08}$	$1,334 \cdot 10^{-06}$	$1,654 \cdot 10^{-06}$	$1,87222 \cdot 10^{-06}$	$2,18 \cdot 10^{-06}$
0,015	$7,7988 \cdot 10^{-08}$	$1,334 \cdot 10^{-06}$	$1,654 \cdot 10^{-06}$	$1,8722 \cdot 10^{-06}$	$2,18 \cdot 10^{-06}$
0,018	$7,6357 \cdot 10^{-08}$	$1,334 \cdot 10^{-06}$	$1,654 \cdot 10^{-06}$	$1,87217 \cdot 10^{-06}$	$2,18 \cdot 10^{-06}$
0,02	$7,5139 \cdot 10^{-08}$	$1,334 \cdot 10^{-06}$	$1,654 \cdot 10^{-06}$	$1,87215 \cdot 10^{-06}$	$2,18 \cdot 10^{-06}$
0,023	$7,3138 \cdot 10^{-08}$	$1,334 \cdot 10^{-06}$	$1,654 \cdot 10^{-06}$	$1,87211 \cdot 10^{-06}$	$2,18 \cdot 10^{-06}$
0,025	$7,17 \cdot 10^{-08}$	$1,334 \cdot 10^{-06}$	$1,654 \cdot 10^{-06}$	$1,87208 \cdot 10^{-06}$	$2,18 \cdot 10^{-06}$
0,028	$6,941 \cdot 10^{-08}$	$1,334 \cdot 10^{-06}$	$1,654 \cdot 10^{-06}$	$1,87203 \cdot 10^{-06}$	$2,18 \cdot 10^{-06}$
0,03	$6,7807 \cdot 10^{-08}$	$1,334 \cdot 10^{-06}$	$1,654 \cdot 10^{-06}$	$1,87199 \cdot 10^{-06}$	$2,18 \cdot 10^{-06}$
0,033	$6,5313 \cdot 10^{-08}$	$1,334 \cdot 10^{-06}$	$1,654 \cdot 10^{-06}$	$1,87193 \cdot 10^{-06}$	$2,18 \cdot 10^{-06}$
0,035	$6,3602 \cdot 10^{-08}$	$1,334 \cdot 10^{-06}$	$1,654 \cdot 10^{-06}$	$1,87189 \cdot 10^{-06}$	$2,18 \cdot 10^{-06}$

Таблица 4.6

Значения амплитудно-частотных характеристик $[A(\omega)]^2$ улучшения условий труда при оптимальных значениях скоростей воздуха в основном воздуховоде и $K_{ycm}=0,4;0,6;1,0;1,4;1,6$, соответственно

$\omega, \text{ч}^{-1}$	$K_{ycm}=0,4$ $V_{\partial}=0,385$ м/с	$K_{ycm}=0,6$ $V_{\partial}=0,351$ м/с	$K_{ycm}=1,0$ $V_{\partial}=0,384$ м/с	$K_{ycm}=1,4$ $V_{\partial}=0,353$ м/с	$K_{ycm}=1,6$ $V_{\partial}=0,342$ м/с
1	2	3	4	5	6
0	194,3515	21345,49	25365,35	1529,347	11576,48
0,0025	195,3692	21234,32	25221,63	1522,279	11556,81
0,005	198,3832	20905,87	24799,63	1501,255	11498,25
0,008	204,4707	20246,23	23963,46	1458,376	11378,51
0,01	209,8825	19664,05	23237,78	1419,78	11270,41
0,013	219,7369	18614,29	21957,34	1348,306	11069,48

1	2	3	4	5	6
0,015	227,2718	17820,75	21012,43	1292,579	10912,17
0,018	239,6795	16531,61	19517,44	1198,679	10645,93
0,02	248,4927	15629,55	18499,33	1130,29	10451,2
0,023	262,2128	14248,49	16982,46	1020,838	10138,36
0,025	271,5314	13327,25	15997,07	944,2959	9918,889
0,028	285,5303	11970,09	14581,09	825,6871	9578,118
0,03	294,7633	11093,49	13687,47	744,8924	9345,818
0,033	308,3104	9835,862	12431,49	622,3021	8993,722
0,035	317,0727	9041,763	11652,78	540,2161	8758,645

При обосновании параметров вытяжного устройства системы пылезащиты исходили из условия получения минимального значения дисперсии D_p процесса $P_{ey}(t)$:

$$D_p = \sum_{\omega=0}^{0,83} S_v^H(\omega) [A(\omega)]^2 \Delta\omega, \quad (4.1)$$

где $\Delta\omega$ – элементарный участок оси частот ($\Delta\omega = 0,0025 \text{ ч}^{-1}$);

$S_v^H(\omega)$ – спектральные плотности процессов $V_{oc}(t)$, (табл.4.3), которые получены по данным рис.4.2, а-д при скоростях движения воздуха в основном воздуховоде системы пылезащиты V_{oc}^H , соответствующей минимальному статистическому значению M_p (согласно данных на рис. 4.1 при $K_{ycm}=0,4$ $M_p=0,385 \text{ м/с}$; при $K_{ycm}=0,6$ $M_p=0,351 \text{ м/с}$; при $K_{ycm}=1,0$ $M_p=0,384 \text{ м/с}$; при $K_{ycm}=1,4$ $M_p=0,353 \text{ м/с}$; при $K_{ycm}=1,6$ $M_p=0,342 \text{ м/с}$).

Последовательность определения такова: получены коэффициенты α , β и дисперсии D аппроксимирующих выражений спектральных плотностей $S_v(\omega)$ входных процессов $V_{oc}(t)$ при этих значениях скоростей движения воздуха V_{oc} в основном воздуховоде, по которым определены значения спектральных плоскостей $S_v(\omega)$, (табл. 4.5); получено оптимальное значение скорости движения воздуха V_{oc}^H , равное 3,4 м/с, при котором уже определены значения $S_v^H(\omega)$.

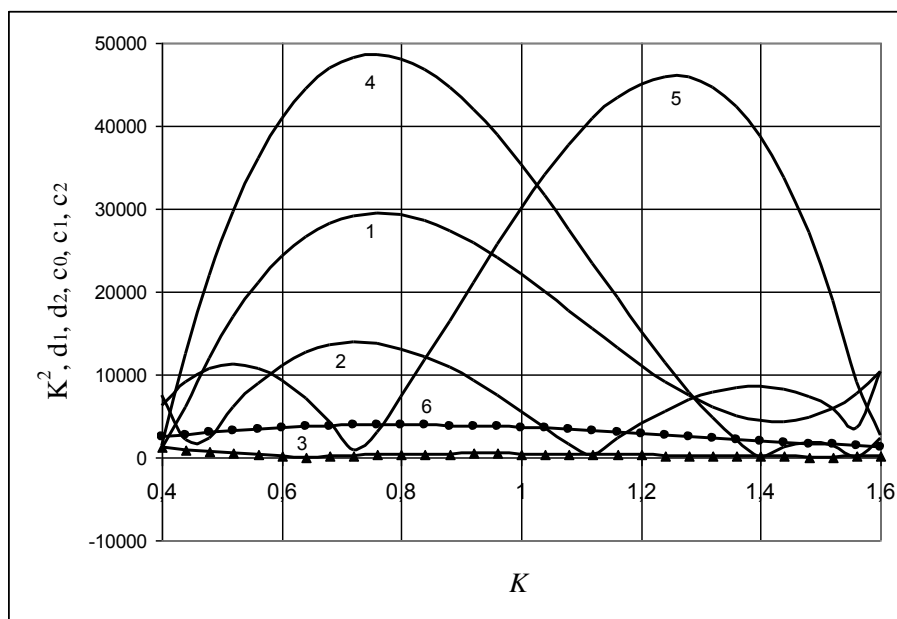


Рис. 4.4. Значения коэффициентов: 1 – K^2 , 2 – d_1 , 3 – d_2 , 4 – c_0 , 5 – c_1 , 6 – c_2 , аппроксимирующих выражений амплитудно-частотных характеристик $[A(\omega)]^2$ улучшения условий труда блока 1 модели системы пылезашиты при значениях коэффициента $K_{уст}$, характеризующего угол раскрытия α вытяжного устройства

Таблица 4.7

Значения коэффициентов: 1 – K^2 , 2 – d_1 , 3 – d_2 , 4 – c_0 , 5 – c_1 , 6 – c_2 , аппроксимирующих выражений амплитудно-частотных характеристик $[A(\omega)]^2$ улучшения условий труда блока 1 модели системы пылезашиты при значениях коэффициента $K_{уст}$, характеризующего угол раскрытия α вытяжного устройства

$K_{уст}$	K^2	d_1	d_2	$c_0/50$	c_1	$c_2 \times 5$
1	2	3	4	5	6	7
0,4	1096,305	7534,227	1225,818	1434,856	6260,381	2426,955
0,44	5994,767	2112,743	940,7784	12514,53	9117,647	2734,439
0,48	12009,11	2406,95	687,7676	21903,15	10745,43	3001,569
0,52	17012,49	6083,087	465,1256	29700,26	11253,47	3230,097
0,56	21070,69	8973,906	271,1931	36005,43	10751,52	3421,774
0,60	24249,47	11137,64	104,3106	40918,21	9349,322	3578,352
0,64	26614,6	12632,54	37,18147	44538,15	7156,633	3701,583
0,68	28231,85	13516,82	154,9424	46964,8	4283,198	3793,22
0,72	29167	13848,74	250,6317	48297,74	838,7628	3855,015
0,76	29485,81	13686,52	325,9087	48636,5	3066,923	3888,719
0,8	29254,05	13088,41	382,433	48080,64	7324,113	3896,085
0,84	28537,49	12112,64	421,864	46729,73	11823,06	3878,864

продолжение табл. 4.7

1	2	3	4	5	6	7
0,88	27401,91	10817,44	445,861	44683,31	16454,01	3838,809
0,92	25913,07	9261,059	456,0836	42040,95	21107,22	3777,672
0,96	24136,75	7501,729	454,1912	38902,19	25672,95	3697,204
1,00	22138,7	5597,687	441,8432	35366,59	30041,44	3599,159
1,04	19984,72	3607,17	420,6991	31533,71	34102,94	3485,287
1,08	17740,55	1588,415	392,4183	27503,1	37747,72	3357,341
1,12	15471,98	400,3411	358,6602	23374,32	40866,01	3217,073
1,16	13244,78	2300,861	321,0843	19246,92	43348,08	3066,234
1,2	11124,71	4054,908	281,3501	15220,46	45084,17	2906,578
1,24	9177,539	5604,246	241,1169	11394,5	45964,54	2739,856
1,28	7469,048	6890,636	202,0442	7868,582	45879,44	2567,82
1,32	6065,001	7855,843	165,7915	4742,272	44719,11	2392,222
1,36	5031,169	8441,629	134,0181	2115,122	42373,83	2214,814
1,40	4433,323	8589,758	108,3836	86,68713	38733,82	2037,348
1,44	4337,232	8241,992	90,54735	1243,476	33689,36	1861,577
1,48	4808,667	7340,095	82,1688	1775,813	27130,68	1689,252
1,52	5913,397	5825,83	84,9074	1410,769	18948,05	1522,125
1,56	7717,194	3640,959	100,4226	48,78664	9031,709	1361,948
1,6	10285,83	10285,83	130,3738	2409,688	2728,085	1210,474

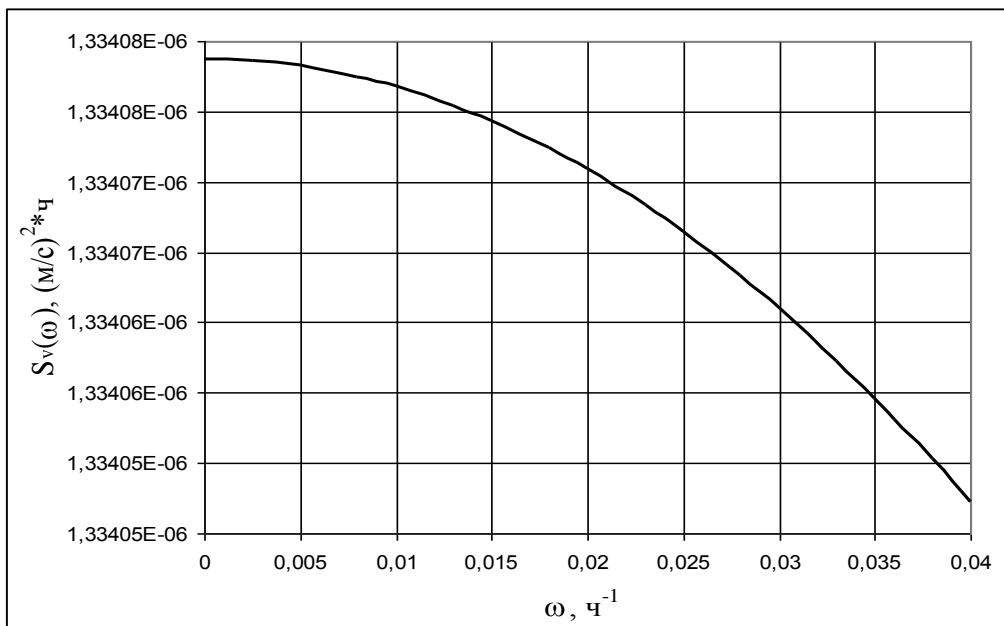


Рис. 4.8. Спектральная плотность $S_v(\omega)$ входного процесса $V_{oc}(t)$ блока 1 системы пылезащиты при оптимальном значении скорости движения воздуха $V_{oc}^n = 0,34$ м/с в основном воздуховоде

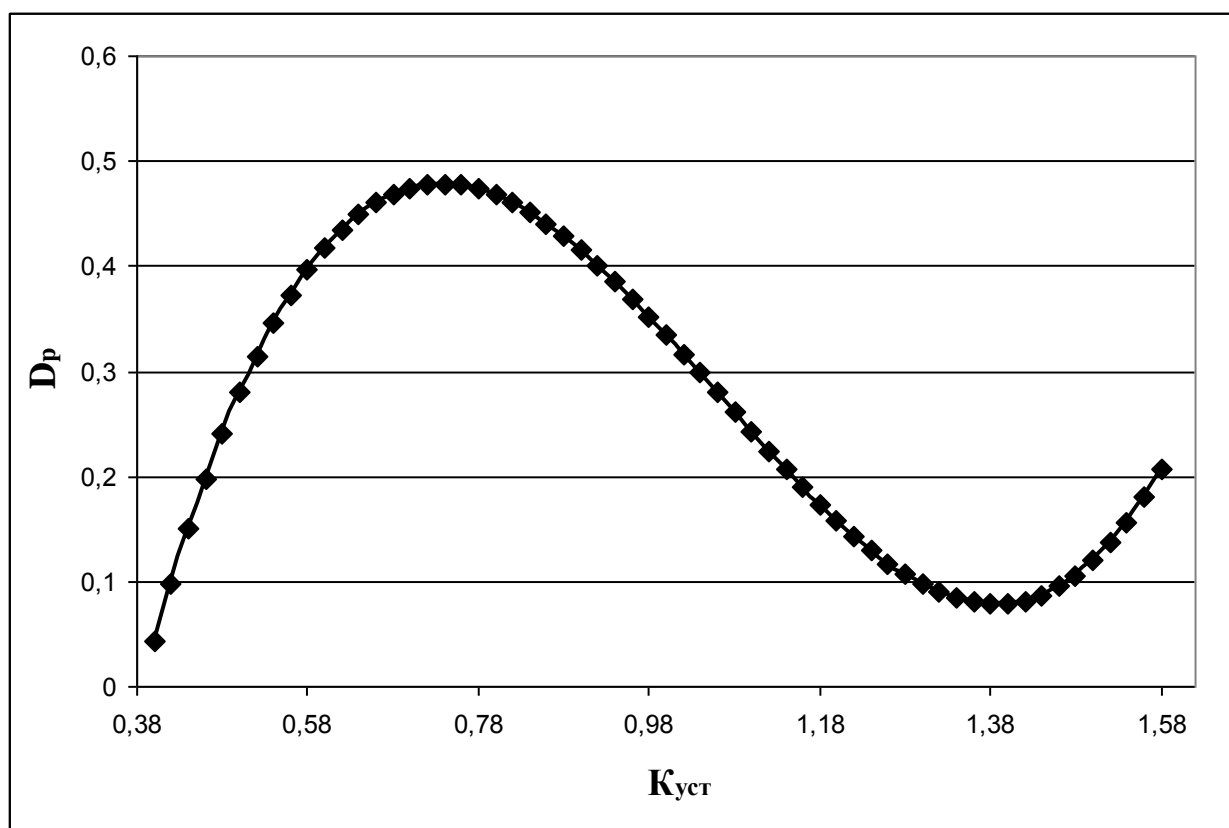


Рис. 4.9. Значения дисперсии процесса

При различных значениях коэффициента $K_{уст}$, были найдены $[A_{\sigma}(\omega)]^2$ и по формуле (2.) получены зависимости дисперсии процессов $P_{\sigma}(t)$ от коэффициента $K_{уст}$ (рис. 4.9).

По графику установлено, что оптимальное значение коэффициента $K_{уст} = 0,384$ при скорости движения (0,318-0,385) м/с.

4.2. Оценка эффективности использования систем автоматизированного и автоматического пылеудаления при производстве сухого пищевого концентрата красной свеклы

Результаты исследования средств контроля концентрации пыли сухого пищевого концентрата красной свеклы показали что, оптическая плотность воздуха при использовании в качестве излучателя красного, зеленого, желтого и синего светодиодов удовлетворяет требованиям обеспечения условий труда в случае красного светодиода, значения которой представлена на рис. 4.10.

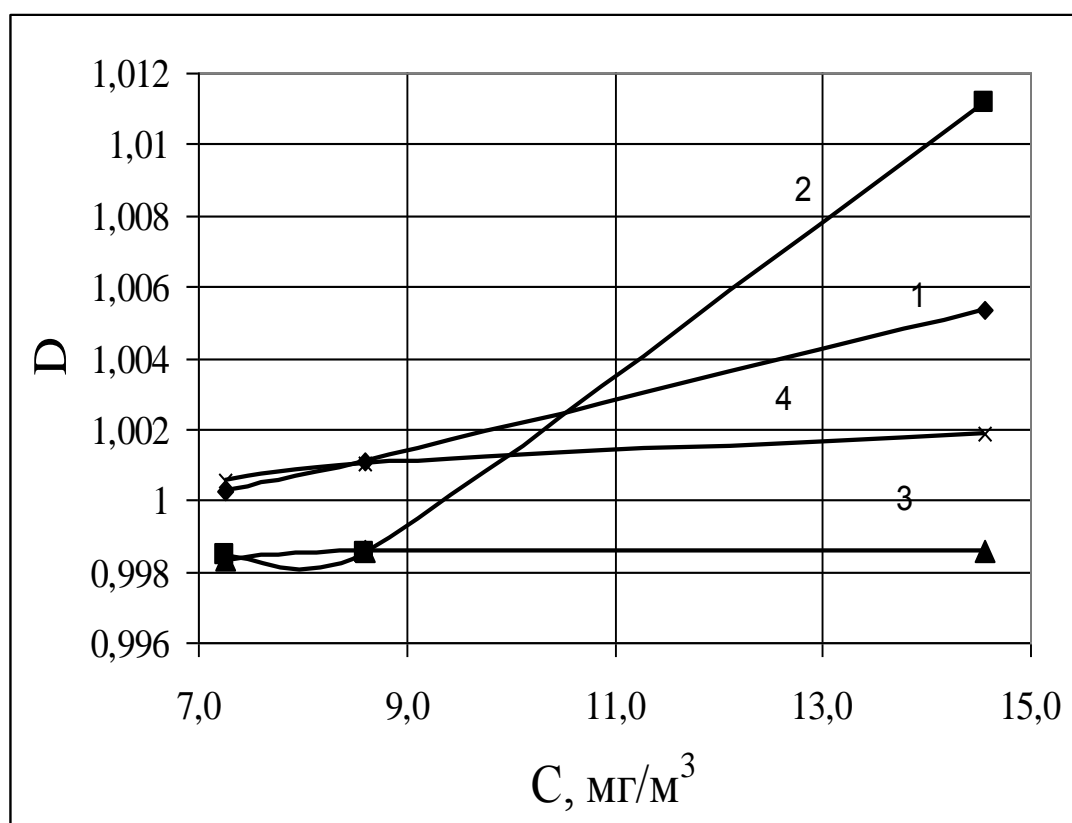


Рис. 4.10. Результаты исследования средств контроля концентрации пыли сухого пищевого концентрата красной свеклы оптической плотности D воздуха: C – концентрация пыли, $\text{мг}/\text{м}^3$; 1 – красный светодиод; 2 – зеленый светодиод; 3 – желтый светодиод; 4 – синий светодиод

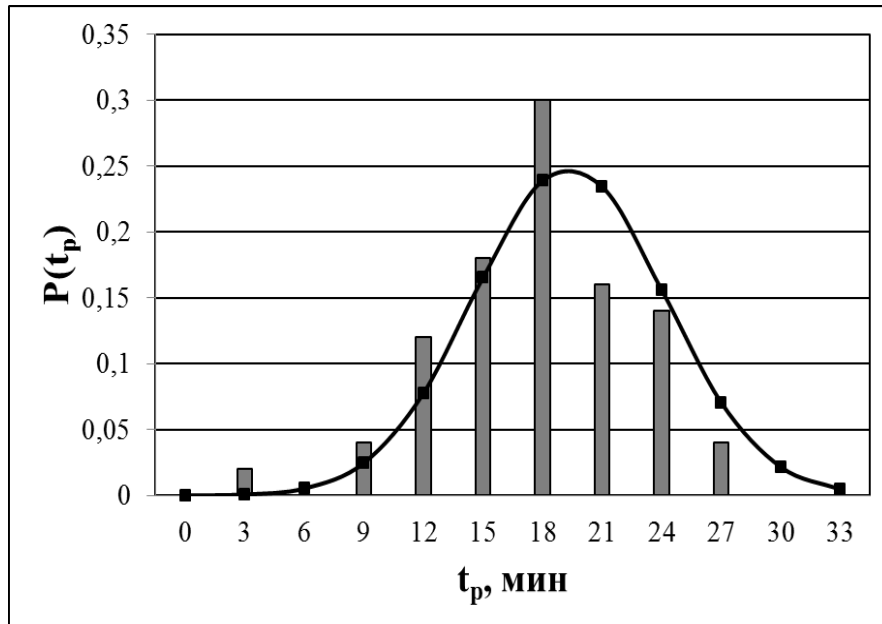
По результатам экспериментального исследования получены гистограммы и статистические функции распределения (рис. 4.11) времени реакции системы для снижения концентрации пыли при случае использования автоматических (рис. 4.1 а) и автоматизированных (рис. 4.11 б) систем пылеудаления.

Функции распределения вероятностей соответственно имеют вид:

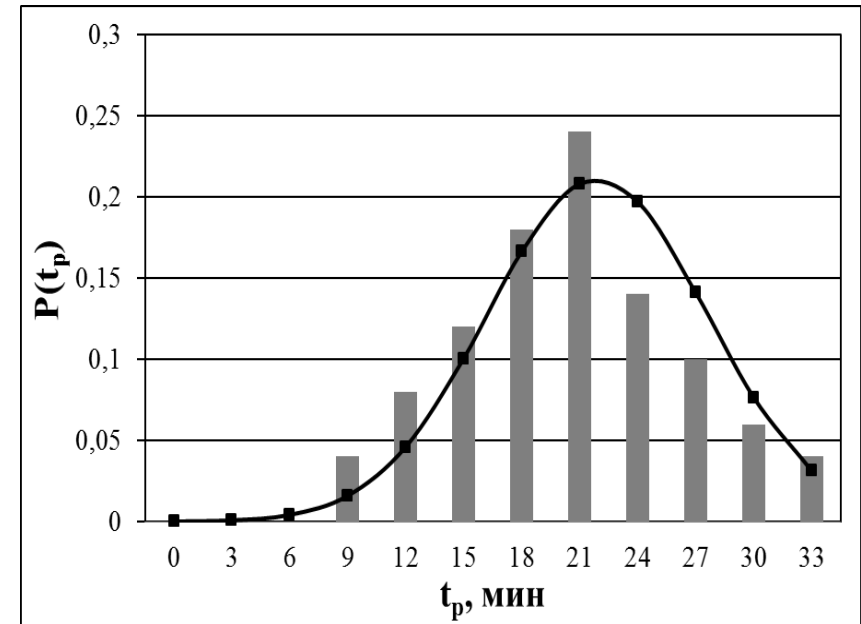
$$P(t_p) = 0,083 \cdot e^{-\frac{(t_p - 19,346)^2}{46,451}} \quad (4.2)$$

$$P(t_p) = 0,070 \cdot e^{-\frac{(t_p - 21,912)^2}{64,673}} \quad (4.3)$$

Для первого случая $t_p = 19,346$ мин, для второго случая – $t_p = 21,912$ мин.



а



б

Рис. 4.11. Статистическая оценка эффективности использования устройства автоматического регулирования системы вентиляции при производстве сухих пищеконцентратов: *а* – при использовании устройств автоматического пылеудаления; *б* – при использовании устройств автоматизированного пылеудаления; t_p – время реакции системы, с; $P(t_p)$ – вероятность попадания параметра в заданный предел

Таким образом, при использовании автоматических и автоматизированных систем пылеудаления и систем с гравиметрическим методом контроля параметров пылеудаления время снижения концентрации пыли до значений ПДК t_p системами пылеудаления (время нахождения работающих при повышенной запыленности) составляет соответственно 19,346 и 21,912 мин.

Оценку эффективности использования автоматических и автоматизированных систем пылеудаления произвели на основе полученной зависимости (см раздел 3.3.5) вероятности возникновения профессионального заболевания $P_3(t)$ от времени реакции t_3 системы пылеудаления (рис. 4.11).

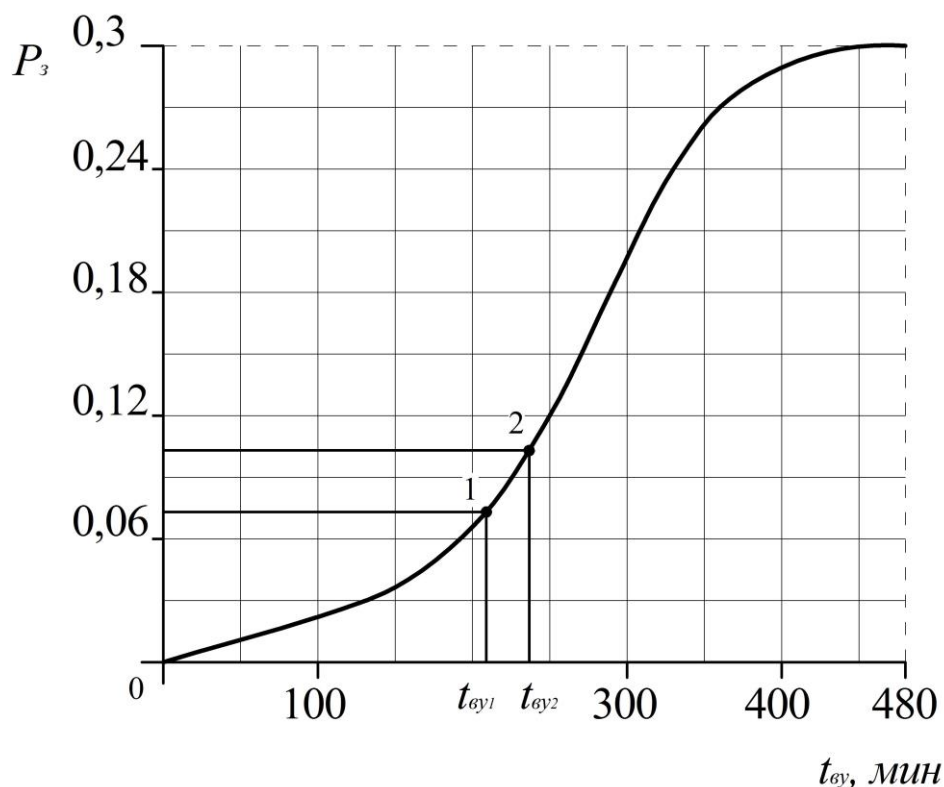


Рис. 4.12. График зависимости вероятности возникновения заболевания от времени нахождения в условиях повышенной запыленности при и использовании автоматических и автоматизированных систем пылеудаления

Из графика видно, что использование автоматических систем пылеудаления по сравнению с автоматизированными системами пылеудаления снижает вероятность получения профессионального заболевания в 1,41 раза.

4.3. Оценка эффективности использования предлагаемых средств индивидуальной защиты при производстве сухого пищевого концентрата красной свеклы

Оценка эффективности использования предлагаемых средств индивидуальной защиты при производстве сухого пищевого концентрата красной свеклы проводилась на основе получения зависимостей (рис.4.12) спектрального коэффициента светопропускания $k_{сз}$ от длины волны λ источника искусственного света при запотевании очковых стекол средств индивидуальной защиты в условиях повышенной запыленности при пропускании света с длинами волн: синий (463 нм) – зеленый (533 нм) – желтый (578 нм) – красный (683 нм).

По результатам светопропускания через очковые стекла следующих средств индивидуальной защиты: очки закрытые пылезащитные с прямой вентиляцией подочкового пространства (типа ЗП); гражданский противогаз (типа ГП-5); очки закрытые пылезащитные с непрямой вентиляцией (типа ЗН), были получены (табл. 4.8 и рис. 4.13) значения спектрального коэффициента светопропускания $k_{сз}$ в зависимости от длин волн излучаемого света λ , нм.

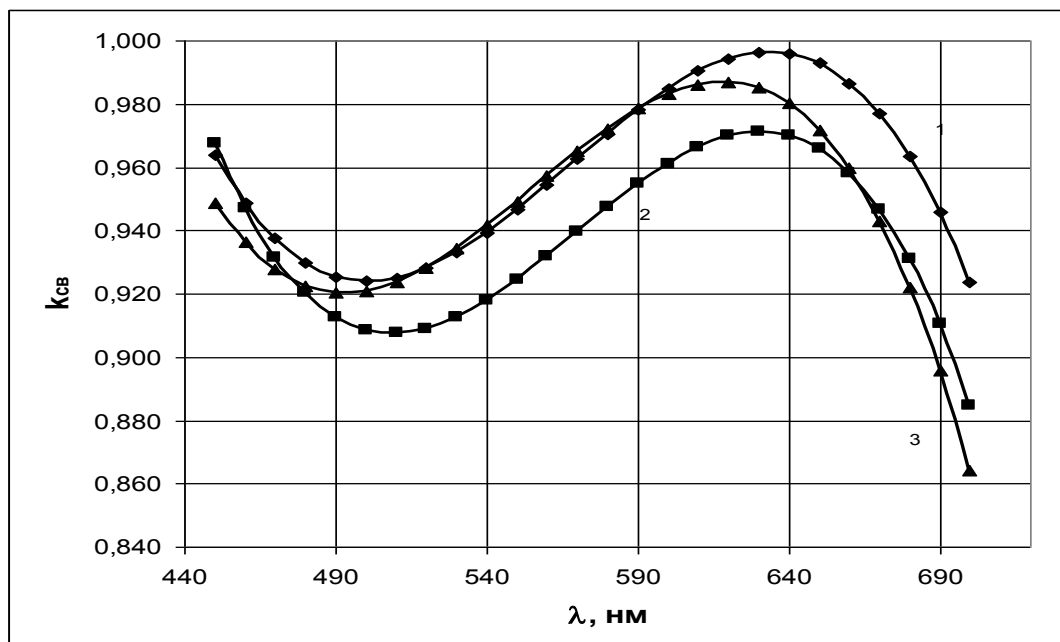


Рис. 4.13. Зависимости спектрального коэффициента светопропускания $k_{сз}$ очковых стекол средств индивидуальной защиты от длины волны λ излучаемого света: 1 – очки закрытые пылезащитные с прямой вентиляцией подочкового пространства (типа ЗП); 2 – гражданский противогаз (типа ГП-5); 3 – очки закрытые пылезащитные с непрямой вентиляцией (типа ЗН)

Таблица 4.8

Результаты исследований зависимости спектрального коэффициента светопропускания $k_{сз}$ очковых стекол средств индивидуальной защиты от длины волны λ излучаемого света

Длина волны λ , нм	Коэффициент светопропускания $k_{сз}$		
	Тип СИЗОЗ		
	ЗП8	ШМ-62У	ЗН 15-А
450	0,964	0,967	0,949
460	0,949	0,947	0,936
470	0,938	0,932	0,928
480	0,930	0,920	0,922
490	0,926	0,913	0,920
500	0,924	0,909	0,921
510	0,925	0,907	0,924
520	0,928	0,909	0,928
530	0,933	0,913	0,934
540	0,939	0,918	0,942
550	0,947	0,924	0,949
560	0,954	0,932	0,957
570	0,963	0,940	0,965
580	0,971	0,947	0,972
590	0,978	0,955	0,978
600	0,985	0,961	0,983
610	0,991	0,966	0,986
620	0,994	0,970	0,987
630	0,996	0,971	0,985
640	0,996	0,970	0,980
650	0,993	0,966	0,972
660	0,987	0,958	0,960
670	0,977	0,947	0,943
680	0,963	0,931	0,922
690	0,946	0,911	0,896
700	0,924	0,885	0,864

Приведенные графические зависимости:

$$Y_1 = -6,211 \cdot 10^{-8} \cdot x^3 + 0,00011 \cdot x^2 - 0,05911 \cdot x + 11,83, \quad (4.4)$$

$$Y_2 = -7,122 \cdot 10^{-8} \cdot x^3 + 0,00012 \cdot x^2 - 0,069 \cdot x + 13,668, \quad (4.5)$$

$$Y_3 = -6,788 \cdot 10^{-8} \cdot x^3 + 0,00011 \cdot x^2 - 0,062 \cdot x + 12,141, \quad (4.6)$$

позволили выявить диапазон длин волн 620-630 нм (красный свет), при котором максимальные спектральные коэффициенты светопропускания $k_{cз}$ составляют соответственно для типа средств индивидуальной защиты: ЗП8 – $k_{cз}=0,996$; ГП-5 – $k_{cз}=0,971$; ЗН-15А – $k_{cз}=0,987$.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о предпочтении защитных очков ЗП-8 по сравнению с другими исследуемыми СИЗ (ЗН и ГП-5) в условиях сочетанного действия запотевания стекол и повышенной запыленности воздуха при производстве сухого пищевого концентрата красной свеклы, а также важность работ по совершенствованию конструкции СИЗОЗ и выборе материала очковых стекол с целью уменьшения их запотеваемости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Производство и переработка пищевых продуктов является важным направлением агропроизводства. Однако при этом санитарно-гигиенические параметры условий труда работающих не соответствуют предъявляемым нормам, что значительно влияет на уровни профессиональных заболеваний и производственный травматизм в отрасли в целом по Российской Федерации и в частности, Орловской области. Под воздействием повышенной запыленности воздуха рабочей зоны находятся в среднем 12% от работающих во вредных условиях труда в Российской Федерации, по Орловской области – в среднем 28%. Проводимые научные исследования в данном направлении пока не дали ощутимых результатов и проблема снижения запыленности воздуха рабочей зоны остается актуальной.

Производство соусов в виде гранул на основе свеклы (патент РФ №2411879) по сравнению с обычной технологией сопровождается повышенным выделением пыли сухих пищевых концентратов, концентрации которых превышают в 1,2-5 раз в зависимости от технологического процесса. Применение существующих пылезащитных мероприятий согласно проведенного анализа, имеют низкую эффективность использования из-за недостаточной степени очистки воздуха, повышенной трудоемкости обслуживания, отсутствия непрерывности контроля параметров запыленности, повышенных энергозатрат.

Проведенный анализ научно-технической и патентной литературы позволил установить возможность снижения запыленности воздуха рабочей зоны при производстве сухих пищевых концентратов в соответствии с разработанной моделью обеспечения условий труда за счет реализации трех этапов улучшения условий труда: повышения параметров эффективности вытяжных устройств, средств автоматизации и средств индивидуальной защиты, позволяет получить оптимальные значения коэффициента $K_{уст}$, характеризующего угол раскрытия вытяжного устройства и скорости воздуха V_{oc} в основном воздуховоде.

Предлагаемая технология улучшения условий труда при производстве сухих пищевых концентратов с разработанной системой вентиляции промышленного предприятия (патент), устройством контроля запыленности воздуха (патент), установкой для имитации и контроля запотевания стекол защитных очков и методики оценки их эффективности, позволяют снизить на 60% вероятность нахождения во вредных условиях труда работающих.

Список литературы

1. Доклад «О реализации государственной политики в области охраны труда в Российской Федерации в 2007 году» [Текст]. – Москва, 2008. – 98 с.
2. Доклад «О реализации государственной политики в области охраны труда в Российской Федерации в 2008 году» [Текст]. – Москва, 2009. – 90 с.
3. Доклад «О реализации государственной политики в области охраны труда в Российской Федерации в 2009 году» [Текст]. – Москва, 2010. – 95 с.
4. Доклад «О реализации государственной политики в области охраны труда в Российской Федерации в 2010 году» [Текст]. – Москва, 2011. 83 с.
5. Российский статистический ежегодник 2006: стат.сб. [Текст] / В.Л. Соколин, Э.Ф. Баранов, М.И. Гельвановский и др. – М.: Росстат, 2006. – 806 с.
6. Российский статистический ежегодник 2008: Стат.сб. [Текст] / В.Л. Соколин, Э.Ф. Баранов, М.И. Гельвановский и др. – М.: Росстат, 2008. – 847 с.
7. Российский статистический ежегодник 2010: стат.сб. [Текст] / В.Л. Соколин, Э.Ф. Баранов, М.И. Гельвановский и др. – М.: Росстат, 2010. – 813 с.
8. Российский статистический ежегодник 2011: стат.сб. [Текст] / А.Е. Суринов, Э.Ф. Баранов, М.И. Гельвановский и др. – М.: Росстат, 2008. – 795 с.
9. Кевеш, А.Л. Труд и занятость в России 2007: стат.сб. [Текст] / А.Л. Кевеш, Л.А. Белокопная, Т.Л. Горбачева. – М.: Росстат, 2007. – 611 с.
10. Лайкам, К.Э. Труд и занятость в России 2009: стат.сб. [Текст] / Л.А. Белокопная, Т.В. Блинова. – М.: Росстат, 2009. – 623 с.
11. Лайкам К.Э. Труд и занятость в России. 2011: стат.сб. [Текст] / О.И. Антонова, Т.В. Блинова. – М.: Росстат, 2011. – 623 с.
12. Орловская область. 2000-2008: стат.сб. [Текст] / В.С. Вербовский, Л.И. Акимова, М.В. Андреюк и др. – Орел: Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Орловской области, 2009. – 353 с.

13. Орловская область. 2000-2009: стат. сб. [Текст] / Т.П. Устинова, Л.И. Акимова, М.В. Андреюк и др. – Орел: Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Орловской области, 2009. – 410 с.

14. Орловская область. 2000, 2005-2010: стат.сб. [Текст] / Т.П. Устинова, Л.И. Акимова, М.В. Андреюк и др. – Орел: Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Орловской области.2011. – 398с.

15. Обоснование рабочей гипотезы улучшения условий труда при повышенных концентрация пылей [Текст] / Т.И. Белова, Е.М. Агашков, В.И. Гаврищук и др. // Проблемы энергетики, природопользования. Вопросы безопасности жизнедеятельности и экологии: международная научно-практическая конференция. – Брянская ГСХА. – Брянск, 2010. – С. 40-43.

16. Бачурская, Л.Д. Пищевые концентраты [Текст] / Л.Д. Бачурская, В.Н. Гуляев. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 335 с.

17. Кац, З.А. Производство сушеных овощей, картофеля и фруктов[Текст] / З.А. Кац . – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 216 с.

18. Агашков, Е.М. Анализ сельскохозяйственного сырья при производстве экологически чистых продуктов, на примере соусов [Текст] / Е.М. Агашков, Т.И. Белова // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: международная научно-техническая конференция. – Брянск: Брянская ГСХА, 2009. – С. 22-24.

19. Бурак, В.Е. Биотестирование растительных экстрактов в экологическом мониторинге процессе [Текст] / В.Е. Бурак, Е.М. Агашков, Т.И. Белова, В.К. Васин // Научно-педагогические проблемы транспортных учебных заведений: материалы международной научно-практической конференции. – М.: МИИТ, 2011. – Выпуск 3. – С.151-154.

20. Патент РФ № 2411879. Способ получения основы для соуса [Текст] / В.С. Житникова, Т.Н. Иванова, Е.М. Агашков, В.А. Пискурева. – 20.02.2011.

21. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика [Текст] / В.А. Ананьев, Л.Н. Балужева, А.Д. Гальперин и др. – М.: Евроклимат, 2001. – 416 с.

22. Шкрабак, В.С., Луковников А.В., Тургиев А.К. Безопасность жизнедеятельности в сельскохозяйственном

производстве [Текст] / В.С. Шкрабак, А.В. Луковников, А.К. Тургиев. – М.: Колос, 2006. – 512 с.

23. Девисилов, В.А. Охрана труда: учебник [Текст] / В.А. Девисилов. – М.: Форум: ИНФРА-М, 2008. – 448 с.

24. Беляков, Г.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве: охрана труда: учебник для вузов [Текст] / Г.И. Беляков. – СПб.: Лань, 2006. – 512 с.

25. Полтев, М.К. Охрана труда в машиностроении: учебник [Текст] / М.К. Полтев. – М.: Высш. школа, 1980. – 294 с.

26. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов [Текст] / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С. В. Белова. – М.: Высш. шк., 2007. – 616 с.

27. Зотов, Б.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям 311300, 311500, 311900 [Текст] / Б.И. Зотов, В.И. Курдюмов. – М.: Колос, КолосС, 2003. – 432 с.

28. Классификация систем автоматического удаления вредных веществ из воздуха производственного помещения [Текст] / Е.М. Агашков, Т.И. Белова, В.Е. Бурак и др. // Вестник МАНЭБ. – СПб, 2010.- Т.15, № 4. – С. 116-118.

29. Architecture: comfort and energy [Текст] / С. Gallo, M. Sala, A.A.M. Sayigh. – Elsevier Science Ltd, 1998. – 234 p.

30. Исследование систем автоматизированного удаления вредных веществ из воздуха производственных помещений в учебном процессе [Текст] / Е.М. Агашков, Т.И. Белова, В.И. Гаврищук, Д.А. Кравченко // Научно-педагогические проблемы транспортных учебных заведений: материалы международной научно-практической конференции. – М.: МИИТ, 2010. – Выпуск 2. – С.11-14.

31. Модель обеспечения условий труда операторов пищекокцентратных производств [Текст] / Т.И. Белова, Е.М. Агашков, В.И. Гаврищук и др. // Экология и безопасность в техносфере: материалы всероссийской научно-технической интернет-конференции (декабрь 2010 г.). – Орел: ОрелГТУ, 2011. – С. 149-152.

32. Агашков, Е.М. Обоснование применения средств автоматизации систем вентиляции в условиях запыленности воздуха рабочей зоны [Текст] / Е.М. Агашков, Т.И. Белова, В.И. Гаврищук, // Развитие стратегии и тактики динамики снижения и ликвидации производственного травматизма и профессиональных заболеваний в

АПК на основе работы трудовой школы Санкт-Петербургского государственного аграрного университета: сбор. науч. труд. – СПбГАУ. – СПб, 2012. – С. 104-106.

33. Улучшение условий труда использованием автоматизированных и автоматических систем регулированием параметров воздушной среды и средств индивидуально защиты / Е.М. Агашков, Т.И. Белова, В.И. Гаврищук и др. // Вестник МАНЭБ. – СПб, 2012. – Т.17, № 3. – С. 91-94.

34. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха: Учебное пособие / Е.С. Бондарь, А.С. Гордиенко, В.А. Михайлов, Г.В. Нимич. – Киев: ТОВ «Видавничий будинок «Аванпост-Прим», 2005. – 560 с.

35. Patent US 2011/0223850 Method and system of ventilation for a healthy home configured for efficient energy usage and conservation of energy resources [Текст] / Joshua R. Plaisted. – 15.09.2011.

36. Patent US 6935570 Ventilation system with humidity responsive ventilation controller [Текст] / Phillip F. Acker. – 30.08.2005.

37. Patent US 8096481 Ventilation system control [Текст] / Armin F. Rudd. – 17.01.2012.

38. Patent US 8214085 Ventilator control optimizer [Текст] / Patrick Boudreau, Daniel Reginald Lablank. – 3.07.2012.

39. Патент РФ № 2288411. Способ вентиляции промышленного предприятия [Текст] / В.И. Шарапов, А.В. Марченко, Д.В. Пугалов. – Бюл. № 5. – 27.11.06.

40. Патент РФ № 2275557. Система вентиляции промышленного предприятия [Текст] / В.И. Шарапов, А.В. Марченко, Д.В. Пугалов. – Бюл. № 5. – 25.04.2005.

41. Патент РФ № 2439449. Система вентиляции промышленного предприятия [Текст] / Т.И. Белова, Е.М. Агашков, В.И. Гаврищук, А.В. Абрамов, Д.А. Кравченко, О.Б. Гераськова. – 10.01.2012.

42. Патент РФ №. 2479795 Система вентиляции промышленного предприятия [Текст] / Е.М. Агашков, Т.И. Белова, Л.М. Маркарянц, В.А. Безик, Д.А. Кравченко, М.С. Изотов. – 20.04.2012.

43. Патент РФ № 2147739. Устройство контроля запыленности воздуха [Текст]/ В.С. Шкрабак, А.А. Веденева, А.Б. Калинин, В.В. Скоробогатов, П.Г. Митрофанов. – 20.04.2000.

44. Патент РФ № 110189 Устройство контроля запыленности

[Текст] / Т.И. Белова, Е.М. Агашков, В.И. Гаврищук, В.Е. Бурак, Д.А. Кравченко. – опубл. 10.11.2011.

45. Патент РФ № 2352919. Устройство оптического контроля производственной атмосферы [Текст] / В.Н. Сафонов, А.А. Старостин, А.А. Уймин. – 20.04.2009.

46. Патент РФ № 2352919. Способ контроля запыленности воздуха [Текст] / А.А. Федорец, Э.Э. Колмаков, П.Ю. Бакин – 20.01.2008.

47. Патент РФ № 2383005. Измеритель запыленности воздуха [Текст] / А.А. Федорец – 27.02.2010.

48. Расчет параметров естественной вентиляции при разработке средств индивидуальной защиты [Текст] / А.В. Абрамов, М.В. Родичева, Т.И. Белова, Е.М. Агашков // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – Орел: ОрелГТУ., 2011. – №3(287). – С.120-122.

49. Оценка влияния кислотности осадков на параметры массообмена в биотехнической системе «человек – одежда – окружающая среда» [Текст] / А.В. Абрамов, М.В. Родичева, Т.И. Белова, Е.М. Агашков // Отраслевые аспекты технических наук. – М.: ИНГН. – 2011- №10, с.2-5.

50. Разработка средств измерения влажности воздуха [Текст] / А.В. Абрамов, Е.М. Агашков, М.В. Родичева, А.В. Уваров // Вестник МАНЭБ. – СПб, 2012. – Т.17, № 3. – С. 175-179.

51. Patent US 5966746 Safety goggles with active ventilation system [Текст] / Mark G. Reedy, Kevin L. Barton. – 19.10.1999.

52. ГОСТ Р 12.4.013-97. ССБТ. Очки защитные. Общие технические условия.

53. Патент РФ № 2478933 Установка для имитации и контроля запотевания стекол защитных очков [Текст] / В.И. Гаврищук, Т.И. Белова, Е. М. Агашков. – 10.04.2013

54. ГОСТ Р 12.4.230.2-2007. ССБТ. Средства индивидуальной защиты глаз. Методы испытаний оптических и неоптических параметров.

55. А.с. № 1089448 Установка для определения запотевания [Текст] / В.А. Фатахов, Х.М. Каймов, С.А. Карпов, В.А. Кочетов. – 30.04.1984.

56. Средства индивидуальной защиты для работников агропромышленного комплекса: каталог-справочник [Текст] / А.П. Лапин, А.Н. Лопатин, Т.В. Гущина и др. – М.: ФГНУ

«Росинформагротех», 2001. – 392 с.

57. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Справочное руководство [Текст] / П.И. Басманов, С.Л. Каминский, А.В. Коробейникова, М.Е. Трубицина. – Спб.: ГИПП «Искусство России», 2002. – 400 с.

58. Копылов, Г.Н. Теоретическое обоснование положений прогноза показателей травматизма в сельскохозяйственных предприятиях [Текст] / Г.Н. Копылов, В.С. Шкрабак, М.И. Мушкудиани // Проблемы охраны труда работников АПК в условиях хозрасчета и пути их решения: Сб.науч.тр. ЛСХИ. – Ленинград, 1989. – С.34-44.

59. Шкрабак, В.С. Методика анализа и краткосрочного прогнозирования производственного травматизма в сельском хозяйстве и пути его профилактики [Текст] / В.С. Шкрабак, Г.Н. Копылов // Инженерно-технические проблемы охраны труда в сельском хозяйстве: Сб.науч.тр. ЛСХИ. – Ленинград, 1988. – С.3-11.

60. Анализ причин несчастных случаев в АПК [Текст] / В.С. Шкрабак и др. // Сб. научных трудов СПбГАУ «Проблемы охраны труда в АПК и пути их решения». – СПбГАУ, 1999. – С. 83-93.

61. Шкрабак, В.В. Снижение и ликвидация производственного травматизма в отраслях АПК путем разработки и внедрения комплекса инженерных и организационно-технических трудоохранных мероприятий. Дисс. докт. техн. наук. [Текст] / В.В. Шкрабак. – СПб, 2004. – 550 с.

62. Шкрабак, В.С. Способ оценки состояния охраны труда на производственных объектах с применением персональных компьютеров [Текст] / В.С. Шкрабак, В.А. Елисейкин, Н.И. Чепелев. – Инф.л. № 188-91. – Красноярск: ЦНТИ, 1991.-2с.

63. Елисейкин, В.А. Влияние бифуркационных ограничений на точность прогноза производственного травматизма [Текст] / В.А. Елисейкин, Дапкунас И.В. – Инф.л. № 263-91. – Красноярск: ЦНТИ, 1991. – 2 с.

64. Елисейкин, В.А. Обоснование исходных параметров модели сельскохозяйственного предприятия в системе управления охраной труда [Текст] / В.А. Елисейкин, А.А. Ильященко // Пути повышения безопасности технологий и средств электро-механизации в сельском хозяйстве: сб.науч.тр. ЛСХИ. – Л., 1990. – С.66-70.

65. Елисейкин, В.А. Охрана труда – рациональное управление [Текст] / В.А. Елисейкин, В.А. Моисеев // Техника в сел. хоз-ве. – № 7, 1987. – С.7-8.

66. Елисейкин, В.А. Способ количественной оценки состояния охраны труда на предприятии [Текст] / В.А. Елисейкин, В.А. Моисеев, М.П. Курбатов. – Инф.л. № 21-91. – Красноярск: ЦНТИ, 1991. – 3 с.

67. Применение программируемых микрокалькуляторов в задачах управления охраной труда [Текст] / В.А. Елисейкин, А.Н. Котович, М.П. Курбатов, В.А. Моисеев // Мех. и электр. сел.хоз-ва. – № 11, 1987. – С. 21-23.

68. Дапкунас, И.В. Совершенствование условий и охраны труда на плавучих комплексах путем нормализации санитарно-гигиенических параметров. Автореф.дисс...канд.техн.наук. [Текст] / И.В. Дапкунас. – Ленинград-Пушкин, 1990. – 16 с.

69. Модель функционирования плавучего механизированного комплекса (ПМК) [Текст] / И.В. Дапкунас, В.А. Елисейкин и др. // Охрана труда в АПК: Сб. науч.тр. – Т.3. – Вильнюс: Мокслас, 1990. – С.20-23.

70. Дапкунас, И.В. Влияние условий труда на эффективность плавучих механизированных комплексов [Текст] / И.В. Дапкунас, В.А. Елисейкин // Тез. докл.зональной науч-произ.конф. 9-13 апр. 1990 г. – Красноярск, 1990. – С.87.

71. Интенсификация производства пресованных травяных кормов в поймах рек средствами охраны труда [Текст] / И.В. Дапкунас, В.С. Шкрабак, В.А. Елисейкин и др. // Новые разработки в механизации кормоприготовления: Материалы науч.-практ.конф.20-25 нояб.1991г. – Рязань, 1991. – С.15-18.

72. Малахов, Н.Н. Обеспечение безопасности и высокой эффективности систем углекислотной подкормки растений в теплицах техническими средствами. Дисс...д-ра техн.наук. [Текст] / Н.Н. Малахов. – Орел, 1985. – 429с.

73. Михайлов, М.В. Улучшение условий и охраны труда операторов сельскохозяйственных машин с обоснованием методов выбора параметров микроклимата в кабинах и средств его обеспечения. Дисс...д-ра техн.наук. [Текст] / М.В. Михайлов. – М., 1991. – 52с.

74. Сулайманов, С. Улучшение условий и охраны труда операторов путем совершенствования виброакустических параметров

мобильных хлопковых машинно-тракторных агрегатов. Дисс...д-ра техн.наук. [Текст] / С. Сулайманов. – СПб-Пушкин, 1999. – 428с.

75. Гавриченко, А.И. Методы и технические средства охраны труда на основе моделирования пестицидного загрязнения теплиц. Дисс...д-ра техн. наук. [Текст] / А.И. Гавриченко. – Орел, 1992. – 390 с.

76. Осинковский, А.Л. Теоретическое обоснование и внедрение виброзащиты операторов машин системами перескока. Дисс...д-ра техн. наук [Текст] / А.Л. Осинковский. – Брянск, 1992. – 385с.

77. Платонов, В.В. Оптимизация безопасности человеко-машинных систем [Текст] / В.В. Платонов // Теоретические и практические аспекты охраны труда в АПК: Сб. науч. тр. ВНИИОТСХ. – Орел, 1996. – С. 38-42.

78. Чернышев, В.И. Исследование свободных колебаний фронтального погрузчика с управляемыми параметрами [Текст] / В.И. Чернышев, Н.С. Яхович // Состояние и научные проблемы риска травмирования и профессиональной заболеваемости работников АПК России: Сб.науч.тр. ВНИИОТСХ. – Орел, 1998. – т С.162-167.

79. Прокопов, Е.Е. Исследование динамических свойств виброзащитной системы при одновременном действии кинематического и силового возмущения [Текст] / Е.Е. Прокопов, В.И. Чернышев // Состояние и научные проблемы риска травмирования и профессиональной заболеваемости работников АПК России: Сб.науч. тр. ВНИИОТСХ. – Орел, 1998. – С.168-173.

80. Белова, Т.И. Повышение безопасности тягово-приводных МТА минимизацией технологических отказов и совершенствованием защиты от карданных валов. Дисс. докт. техн. наук. [Текст] / Т.И. Белова. – СПб, 2000. – 419 с.

81. Управление охраной труда на предприятиях и в организациях агропромышленного комплекса [Текст] / Т.И. Белова, Н.И. Стрельников, Е.Г. Лумисте, Л.М. Маркарянц. – Брянск: МАНЭБ, 2003. – 156 с.

82. Тюриков, Б.М. Улучшение условий и охраны труда работников АПК путем обоснования, разработки и использования дыхательных аппаратов. Автореферат дисс...докт.техн.наук. [Текст] / Б.М. Тюриков. – СПб-Пушкин, 2010. – 18 с.

83. Тюриков, Б.М., Шаптала В.В. Количественная оценка гигиенической эффективности местной вытяжной вентиляции при производстве комбикормов [Текст] / Б.М. Тюриков, В.В. Шаптала // Вестник охраны труда №3. – Орел, 2006. – С. 25-28.

84. Травматизм со смертельным исходом в АПК России [Текст] / Ю.Н. Баранов, Б.М. Тюриков, С.И. Макаров, С.С. Шпанко, О.В. Тимохин // Практик. Журнал практикующего специалиста, № 5, 2007. – С. 60-67.

85. Баранов, Ю.Н. Методология повышения безопасности работников животноводства путем инженерно-технических и организационных мероприятий. Автореферат дисс...докт.техн.наук [Текст] / Ю.Н. Баранов. – Санкт-Петербург-Пушкин, 2010. – 42 с.

86. Бедарев, В.В. Методы и технические средства повышения безопасности операторов технологических линий послеуборочной обработки зерна. Автореф. дисс... канд. техн.наук. [Текст] / В.В. Бедарев. – Санкт-Петербург-Пушкин, 1992. – 16с.

87. Ильященко, А.А. Повышение безопасности операторов промышленного птицеводства совершенствованием методов и технических средств охраны труда. Автореф. дисс... канд. техн.наук [Текст] / А.А. Ильященко. – Санкт-Петербург-Пушкин, 1992. – 16с.

88. Зобнин, В.И. Нормализация параметров воздуха птицеводческих помещений совершенствованием технологии пылеудаления. Автореф. дисс...канд.техн.наук. [Текст] / В.И. Зобнин. – Санкт-Петербург-Пушкин, 1995. – 16 с.

89. Татаров, Л.Г. Предупреждение профотравлений в животноводстве совершенствованием технологии нормализации воздушной среды канализационных сетей. Автореф. дисс... канд. техн.наук [Текст] / Л.Г. Татаров. – Санкт-Петербург-Пушкин, 1997. – 16 с.

90. Веденева, А.А. Улучшение условий и охраны труда работников промышленного птицеводства разработкой устройства контроля запыленности воздуха и прогнозированием заболеваемости. Автореф. дисс...канд.техн.наук [Текст] / А.А. Веденева. – Санкт-Петербург-Пушкин, 2000. – 18 с.

91. Чепелев, Н.И. Улучшение условий труда при пойменном кормопроизводстве совершенствованием технологии снижения концентрации пыли. Автореф.дисс...канд.техн.наук [Текст] / Н.И. Чепелев. – Санкт-Петербург-Пушкин, 1994. – 16с.

92. Пыханова, Е.В. Улучшение условий труда на плавучих кормозаводах совершенствованием технологии защиты от пыли Автореф.дисс...канд.техн.наук [Текст]/ Е.В. Пыханова. – Санкт-Петербург-Пушкин, 1997. – 16 с.

93. Шаптала, В.И. Улучшение условий труда работников комбикормовых предприятий агропромышленного комплекса путем снижения пылевого загрязнения производственной среды. Автореф. дисс ... канд. техн. наук [Текст] / В.И. Шаптала. – Санкт-Петербург-Пушкин, 2006. – 16 с.

94. Ашихина, Л.А. Улучшение условий труда операторов агропромышленного комплекса при приготовлении комбикормов путем очистки воздуха рабочей зоны от мелкодисперсной пыли. Автореф. дисс...канд. техн. наук [Текст] / Л.А. Ашихина. – Санкт-Петербург-Пушкин, 2007. – 20 с.

95. Шаптала, В.А., Тюриков Б.М. Количественная оценка гигиенической эффективности местной вытяжной вентиляции при производстве комбикормов [Текст] / В.А. Шаптала, Б.М. Тюриков // Охрана труда и техника безопасности в сельском хозяйстве. – №2, 2008. – С.29-31.

96. Энциклопедия по безопасности и гигиене труда (в 4-х томах) [Текст] / Пер. с англ. редкол. советского изд.: гл. ред. А.П. Бирюкова; А.А. Брежнев, Н.Ф. Измеров. – М.: Профиздат, 1986.

97. Руководство для практических занятий по гигиене труда: учебное пособие [Текст] / Под ред. В.Ф. Кирилова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 416 с.

98. Гигиена труда: учебник [Текст] / Под ред. Н.Ф. Измерова, В.Ф. Кирилова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 592 с.

99. ГН 2.2.5.1313-03 Химические факторы производственной среды предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

100. Ефремова, О.С. Опасные и вредные производственные факторы и средства защиты от них [Текст] / О.С. Ефремова. М.: «Альфа-Пресс», 2005. – 296 с.

101. Большаков, А.М. Руководство к лабораторным занятиям по общей гигиене [Текст] / А.М. Большаков. – М.: Медицина, 2004. – 272 с.

102. Лумисте, Е.Г. Безопасность жизнедеятельности в примерах и задачах [Текст] / Е.Г. Лумисте. – Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 2010. – 535 с.

103. Талиев, В.Н. Аэродинамика вентиляции: учеб. пособие для вузов [Текст] / В.Н. Талиев. – М.: Стройиздат, 1979. – 295 с.

104. Веселов, С.А. Проектирование вентиляционных установок предприятий по хранению и переработке зерна [Текст] / С.А. Веселов. – М.: Колос, 1974. – 288 с.

105. Сафронов, В.В. Исследование основных характеристик местной вытяжной установки: методические указания по выполнению лабораторных работ по курсам «Безопасность жизнедеятельности» и «Промышленная экология» [Текст] / В.В. Сафронов, Т.А. Скороходова. – Орел: ОрелГТУ, 2008. – 16 с.

106. Щербакова, Е.В. Безопасность жизнедеятельности. Примеры и задачи: учебное пособие [Текст] / Е.В. Щербакова. – Орел: ОрелГТУ, 2006. – 243 с.

107. Стуров, Д.С. Проектирование и расчет местной вентиляции машиностроительных производств: учеб. пособие для студентов технических специальностей вузов и техникумов дневного, вечернего и заочного обучения [Текст] / Д.С. Стуров. – Барнаул: АЛТ ГТУ, 2006. – 220 с.

108. Фукс Н.А. Механика аэрозолей [Текст] / Н.А.Фукс. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 352 с.

109. Fiedlander, Sheldon K. Smoke, dust and haze: fundamentals of aerosol dynamics [Текст] / Sheldon K. Fiedlander. – Oxford University Press, 2000. – 407 p.

110. Vincent, James H. Aerosol Sampling: science and practice [Текст] / James H. Vincent. – Institute of Occupational Medicine, 1988. – 390 p.

111. Белова, Т.И. Алгоритм работы автоматизированной системы вентиляции [Текст] / Т.И. Белова, Е.М. Агашков, В.И. Гаврищук // Проблемы энергосбережения, информации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: Международная научно-техническая конференция. – Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 2012. – С. 29-32.

112. Агашков, Е.М. Результаты дисперсного анализа пыли пищецентра в удаляемом воздухе при разных углах раскрытия вытяжных зонтов [Текст] / Е.М. Агашков, Т.И. Белова // Охрана труда 2011. Проблемы и пути их решения. – Орел: ОрелГАУ, 2011. – С. 187-191.

113. Методика определения дисперсного состава сыпучего материала и аэрозоли в научных исследованиях и учебном процессе [Текст] / Е.М. Агашков, Т.И. Белова, В.И. Гаврищук, и др. // Научно-педагогические проблемы транспортных учебных заведений: материалы международной научно-практической конференции. - М.: МИИТ, 2011. – Выпуск 3. – С.11-16.

114. Агашков, Е.М. Исследование дисперсного состава сыпучего

продукта [Текст] / Е.М. Агашков, Т.И. Белова, В.И. Гаврищук // Вестник МАНЭБ. – СПб, 2012. – Т.17, № 3. – С. 138-143.

115. Штокман, Е.А. Очистка воздуха от пыли на предприятиях пищевой промышленности [Текст] / Е.А. Штокман. – М.: Агропромиздат, 1989. – 312с.

116. Коузов, П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и аэрозолей [Текст] / П.А. Коузов. – Л.: Химия, 1987. – 264 с.

117. Модель обеспечения условий труда операторов пищекокцентратных производств [Текст] / Е.М. Агашков, Т.И. Белова, В.И. Гаврищук и др. // Вестник МАНЭБ. – СПб, 2010. – Т.15, № 5. – С. 137-138.

118. Лурье, А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов [Текст]/ А.Б. Лурье. – М.: Колос, 1981. – 382с.

119. Елисейкин, В.А. Идентификация и пути снижения опасностей при технологических отказах сельскохозяйственных машин. Дисс...д-ра техн. наук [Текст] / В.А. Елисейкин. – Красноярск, 1997. – 43с.

120. Шкрабак, В.С. Статистическая динамика безопасности технологических систем АПК [Текст] / В.С. Шкрабак, В.А. Елисейкин, Е.В. Пыханова, Т.И. Белова. – СПб., 1996. – 365с.

121. Елисейкин, В.А. Применение вероятностных моделей механизированных процессов для идентификации методов и технических средств охраны труда [Текст] / В.А. Елисейкин // Пути повышения безопасности в агропромышленном производстве: Сб.науч.тр. СПГАУ. – СПб., 1993. – С.92-108.

122. Заявка на изобретение. Решение о выдаче № 2012134923 Система вентиляции промышленного предприятия / Белова Т.И., Агашков Е. М., Гаврищук В.И., Абрамов А.В., Д.П. Санников, П.И. Кузнецов. – 25.10.2013.

123. Мельников, Ю.С. Помощь проектировщика по проектированию вентиляции [Текст] / Ю.С. Мельников. – Ижевск. – 74 с.

124. Идельчик, И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям [Текст] / И.Е. Идельчик. Под ред. М.О. Штойнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.

125. Газоочистное оборудование. Циклоны [Текст]. – Тверь: ООО «ВЕНТОБОРУДОВАНИЕ – Тверь», 2006. – 37 с.

126. Градус, Л.Я. Руководство по дисперсионному анализу методом микроскопии [Текст] / Л.Я. Градус. – М.: Химия, 1979. – 232 с.

127. Инструкция по проведению анализа дисперсного состава пыли седиментационным методом в жидкой среде [Текст]. – Л., ВНИИОТ, 1965. – 52 с.

128. Хван, Т.А. Безопасность жизнедеятельности. Практикум [Текст] / Т.А. Хван, П.А. Хван. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 316 с.

129. Большаков, А.М. Руководство к лабораторным занятиям по общей гигиене [Текст] / А.М. Большаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 2004. – 272 с.: ил.

130. Лурье, А.Б. Широкозахватные почвообрабатывающие машины [Текст] / А.Б. Лурье, А.И. Любимов. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отд-ние, 1981. – 270 с.

131. Лурье, А.Б. Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления [Текст] / А.Б. Лурье, Н.С. Нагорский, В.Г. Озеров и др.: Под ред. А.Б. Лурье. – Л.: Колос, 1979. – 312 с.

132. Колмогоров, А.Н. Основные понятия теории вероятностей [Текст] / А.Н. Колмогоров. – М.: Наука, 1974. – 119 с.

133. Методика статистической обработки на ЭВМ результатов испытаний и исследований сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления. 2-изд. перераб. и доп. [Текст] / Сост.: Е.А. Абелев, Г.В. Литновский, И.З. Теплинский и др.: Под ред. А.Б. Лурье. – Л., 1983. – 37с.

134. Райбман, Н.С., Чадеев В.М. Построение моделей процессов производства [Текст] / Н.С. Райбман, В.М. Чадеев. – М., 1975. – 312с.

135. Методика статистической обработки на ЦВМ результатов испытаний и исследований сельскохозяйственных агрегатов и их АСУ [Текст] / сост.Е.А. Абелев, Г.В. Лигновский, Т.К. Шоренко, Т.М. Гогия, под ред.А.Б. Лурье. – Л., 1977.

136. Еникеев, В.Г. Методика и программное обеспечение для обработки результатов экспериментальных испытаний с.-х. агрегатов и их идентификация на ЭВМ [Текст] / В.Г. Еникеев. – Л.-Пушкин, 1981.

137. Клименко А.П. Методы и приборы для измерения концентрации пыли / А.П. Клименко. М., Химия, 1978. – 208 с.

Учебное издание

Белова Татьяна Ивановна
Гаврищук Владимир Иванович
Агашков Евгений Михайлович
Санников Дмитрий Петрович

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТАЮЩИХ
ПИЩЕКОНЦЕНТРАТНЫХ ПРОИЗВОДСТВ СОЗДАНИЕМ
СИСТЕМЫ ПЫЛЕУДАЛЕНИЯ-ПЫЛЕЗАЩИТЫ**

Монография

Редактор
Технический редактор

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Государственный университет - учебно-научно-
производственный комплекс»

Подписано к печати Формат 60×90 1/16.
Усл. печ. л. . Тираж экз.
Заказ №

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК»,
302030 г. Орел, ул. Московская, 65