

Б. П. Казаков Л. Ю. Левин А. В. Шалимов

**Теория и практика
прогнозирования,
профилактики
и борьбы
с аварийными
нарушениями
проветривания
рудников**

НЕДРА

Б. П. Казаков
Л. Ю. Левин
А. В. Шалимов

**Теория и практика
прогнозирования,
профилактики
и борьбы
с аварийными
нарушениями
проветривания
рудников**



НЕДРА

Москва
2016

УДК 622.41
ББК 38.96
К14

Казаков Б.П., Левин Л.Ю., Шалимов А.В.

К14 Теория и практика прогнозирования, профилактики и борьбы с аварийными нарушениями проветривания рудников. – М.: ООО «Издательский дом Недра», 2016. – 244 с.: ил.
ISBN 978-5-8365-0467-0

В книге рассмотрены вопросы прогнозирования, профилактики и борьбы с рудничными авариями, связанными с нарушениями проветривания горных выработок. Основное внимание уделено разработке математических методов моделирования нестационарных аэрологических и теплофизических процессов, протекающих во время пожаров и изменений режимов работы главных вентиляционных установок. Представлены результаты исследований проветривания рудников естественной тягой после отключения вентилятора, а также надежности функционирования вентиляционных систем с тепловыми депрессиями. Описаны способы нормализации микроклиматических параметров рудничной атмосферы с помощью современных систем термодинамической подготовки воздуха. Изложены сведения, связанные с разработкой систем мониторинга расходов воздуха и планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий. Книга предназначена для сотрудников производственных предприятий, научно-исследовательских и проектных институтов горного профиля, а также может быть полезна для студентов, обучающихся по горным специальностям.

**УДК 622.41
ББК 38.96**

ISBN 978-5-8365-0467-0

© Казаков Б.П., Левин Л.Ю., Шалимов А.В., 2016
© Оформление.
ООО «Издательский дом Недра», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	7
ВВЕДЕНИЕ.....	9
1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ.....	15
1.1. Сходимость методов расчета воздухораспределения в рудничных вентиляционных сетях.....	17
1.1.1. Методы контурных расходов и глобального градиента.....	17
1.1.2. Метод межузловых депрессий.....	19
1.2. Моделирование падения депрессии на сопряжениях горных выработок.....	23
1.3. Расчет распределения расходов воздуха по известным аэродинамическим сопротивлениям горных выработок.....	30
2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ ПО ГОРНЫМ ВЫРАБОТКАМ РУДНИКОВ.....	33
2.1. Теоретические основы распространения газовых примесей и пыли по горным выработкам рудников.....	33
2.1.1. Моделирование процессов переноса газов на базе модели идеального вытеснения.....	35
2.1.2. Динамика газовой обстановки в рабочей зоне при использовании части исходящей струи для проветривания.....	38
2.1.3. Влияние рециркуляционных систем на интенсивность проветривания рабочих зон.....	43
2.2. Моделирование процессов переноса и оседания пыли.....	49
2.2.1. Процессы пылеподавления в транспортных выработках.....	50
2.2.2. Обеспыливание вентиляционного воздуха увлажнением.....	53
2.3. Распространение вредных примесей при беструбном проветривании тупиковых выработок.....	56
3. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА РАСХОДОВ ВОЗДУХА В СЕТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК.....	64
3.1. Организация системы мониторинга воздухораспределения на основе алгоритма расчета распределения расходов.....	64
3.2. Испытание системы мониторинга вентиляции на аэродинамическом стенде.....	66

3.3. Надежность работы алгоритма прогнозирования воздухораспределения в различных аэродинамических режимах.....	71
3.4. Методические аспекты и технологическое обеспечение построения систем мониторинга вентиляции на шахтах и рудниках.....	79
3.4.1. Разработка автоматической замерной станции.....	80
3.4.2. Методика определения количества и мест установки автоматических замерных станций.....	82
3.4.3. Разработка системы мониторинга вентиляции рудника «Таймырский» ОАО «ГМК «Норильский никель».....	83

4. ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВЫХ ДЕПРЕССИЙ НА ПРОТЕКАНИЕ АЭРОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ.....

86

4.1. Моделирование термодинамических механизмов, формирующих рудничные тепловые депрессии.....	87
4.2. Особенности протекания процессов теплообмена между воздухом и горными породами в различных условиях.....	93
4.2.1. Физико-математическая модель процесса теплообмена рудничного воздуха с породным массивом в горизонтальных выработках.....	94
4.2.2. Теплообменные процессы в стволах и наклонных выработках....	103
4.2.3. Особенности математического моделирования быстропотекающих теплообменных процессов.....	109
4.3. Исследование влияния инерционности воздушных потоков на динамику переходных процессов.....	112

5. ПРОЦЕССЫ ПРОВЕТРИВАНИЯ РУДНИКОВ ЕСТЕСТВЕННОЙ ТЯГОЙ ПРИ АВАРИЙНОМ ОТКЛЮЧЕНИИ ГЛАВНОЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ.....

116

5.1. Интенсивность проветривания горных выработок естественной тягой при аварийном отключении ГВУ.....	117
5.2. Устойчивость проветривания рудничных вентиляционных сетей за счет естественной тяги.....	122
5.3. Влияние отработанных пространств на движение воздушных потоков при отключении ГВУ.....	125
5.4. Динамика вентиляционных процессов в рудниках после аварийных отключений главной вентиляционной установки.....	127
5.4.1. Динамика естественной тяги.....	127
5.4.2. Определение величины естественной тяги по результатам воздушно-депресссионной съемки стволов.....	131
5.4.3. Естественная тяга на рудниках с обособленным проветриванием горизонтов.....	137
5.5. Режимы проветривания рудников естественной тягой после отключения ГВУ.....	139

6. НАДЕЖНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ПО ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОМУ ФАКТОРУ.....

141

6.1. Критерий надежности систем вентиляции по теплофизическому фактору.....	141
---	-----

6.2. Надежность воздухораспределения в вентиляционных сетях при наличии источников тепловыделения	146
6.3. Геометрические параметры вентиляционных сетей с действующими источниками тепловыделения	150
6.4. Аэродинамические параметры вентиляционных сетей с действующими источниками тепловыделения.....	153
6.5. Классификация вентиляционных сетей по степени сложности управления воздухораспределением	156
7. НОРМАЛИЗАЦИЯ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РУДНИЧНОЙ АТМОСФЕРЫ С ПОМОЩЬЮ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ВОЗДУХА.....	159
7.1. Вентиляторные и безвентиляторные системы подогрева вентиляционного воздуха.....	159
7.2. Нагрев воздуха в калориферных установках.....	162
7.3. Осушение воздуха в калориферных установках	166
7.4. Реконструкция системы обогрева воздухоподающих стволов рудника РУ-3 ОАО «Беларуськалий»	172
7.5. Использование разработанных методов моделирования теплообменных процессов при проектировании систем кондиционирования воздуха для нефтяных шахт Ярегского месторождения	175
7.6. Нормализация микроклиматических параметров воздуха в глубоких рудниках Норильска	179
8. ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РЕЦИРКУЛЯЦИОННОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ.....	183
8.1. Повышение эффективности проветривания удаленных участков с помощью маломощных вентиляторов местного проветривания, установленных в перемышке.....	184
8.2. Методика расчета производительности эжекторных установок и оценки эффективности их использования для улучшения проветривания рабочих зон	187
8.3. Разработка и внедрение систем вентиляции с использованием эжекторных установок в сетях калийных рудников	189
9. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ АВАРИЙНЫХ НАРУШЕНИЙ ПРОВЕТРИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК, ПРОФИЛАКТИКА И БОРЬБА С ИХ ПОСЛЕДСТВИЯМИ	192
9.1. Прогнозирование процессов развития рудничных аварий	193
9.1.1. Варианты развития аварийных ситуаций при возгорании конвейерной ленты	196
9.1.2. Прогноз развития пожара в воздухоподающем стволе.....	203
9.1.3. Прогнозирование динамики воздушных потоков при возгорании в вентиляционном стволе	204
9.1.4. Последствия аварийного нарушения систем рециркуляционного проветривания рабочих зон.....	205

9.1.5. Процессы охлаждения крепи вентиляционного ствола при реверсировании ГВУ в холодный период года.....	207
9.2. Профилактика аварийных ситуаций на основе прогнозирования их развития при проектировании и эксплуатации рудников	210
9.3. Борьба с последствиями аварийных нарушений проветривания рудников	213
10. ПЛАН МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЛОКАЛИЗАЦИИ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ	217
10.1. Разработка плана ликвидации аварий в электронном виде.....	217
10.2. Составление планов ликвидации аварий с учетом особенностей рудничных вентиляционных сетей	220
10.3. Функциональные требования к электронному комплексу «План ликвидации аварий» ОАО «Беларуськалий».....	220
10.4. Интеграция модулей «План ликвидации аварий» и «Теплогазодинамический расчет»	224
10.5. Внедрение системы в опытно-промышленную эксплуатацию	227
10.6. Подготовка оперативных мероприятий плана ликвидации аварий....	227
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	235
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	239