

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра аэрологии, охраны труда и природы

Составитель  
А. А. Галлер

## **АЭРОЛОГИЯ КАРЬЕРОВ**

**Методические указания к самостоятельной работе  
для студентов очной формы обучения**

Рекомендованы учебно-методической комиссией направления  
подготовки 21.05.04 «Горное дело», специализации  
«Технологическая безопасность и горноспасательное дело»  
в качестве электронного издания для использования  
в учебном процессе

Кемерово 2017

#### Рецензенты:

Кроль Георгий Васильевич – доцент кафедры аэрологии, охраны труда и природы

Шевченко Л. А. – доктор технических наук, профессор кафедры аэрологии, охраны труда и природы, председатель учебно-методической комиссии специализации «Технологическая безопасность и горноспасательное дело»

#### **Галлер Александр Александрович**

Аэрология карьеров. [Электронный ресурс] : методические указания к самостоятельной работе для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело», специализации «Технологическая безопасность и горноспасательное дело», очной формы обучения / А. А. Галлер; Кузбасс. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева. – Электрон. издан. – Кемерово, 2017. – Систем. требования : Pentium IV; ОЗУ 8 Мб ; Windows 2003; мышь. – Загл. с экрана.

Подготовлены по дисциплине «Аэрология карьеров», содержат необходимые разделы курса «Аэрология карьеров», рекомендации по выполнению практических работ и оформлению отчетов, экзаменационные вопросы. Рекомендуются студентам очной формы обучения направления подготовки 21.05.04 «Горное дело» специализации «Технологическая безопасность и горноспасательное дело».

© КузГТУ, 2017  
© А. А. Галлер,  
составление, 2017

## Введение

Целью изучения дисциплины «Аэрология карьеров» является приобретение студентами теоретических и практических знаний о способах и средствах создания оптимальных санитарно-гигиенических условий труда по газовому и пылевому факторам в зависимости от метеоусловий при ведении открытых горных работ.

Долгосрочной программой развития угольной промышленности ставится задача увеличить добычу угля к 2020 году до 380 млн. тонн. Крупные месторождения угля сосредоточены в Кузнецком, Канско-Ачинском и Печорском бассейнах, что является надежной основой для развития угольной промышленности. Доля угля при производстве электроэнергии должна увеличиться до 44,4% за счет строительства и ввода мощных угольных ТЭС. К основным направлениям развития отрасли относится реализация программы дальнейшего улучшения условий труда, повышения безопасности ведения горных работ, снижения аварийности и травматизма.

Аэрология в горном деле – отрасль горной науки, изучающая свойства атмосферы шахт и карьеров, законы движения воздуха, переноса газообразных примесей, пыли и тепла в горных выработках, внутрикарьерном пространстве и прилегающем к ним массиве горных пород. Аэрология карьеров базируется на законах общей аэромеханики и термодинамики.

Курс «Аэрология горных предприятий» состоит из следующих частей: атмосфера и микроклимат карьеров, источники выделения пыли и газов и меры борьбы с ними, аэродинамика, термодинамика, газопылевая динамика атмосферы карьеров, схемы естественного проветривания, способы и средства искусственной вентиляции карьеров, проектирование проветривания карьеров и организация пылевентиляционной службы.

Раздел атмосфера и микроклимат карьеров рассматривает состав атмосферы карьеров, источники её загрязнения, климат в районе расположения карьера и специфические изменения его характеристик (скорости, температуры, влажности).

Аэродинамика атмосферы карьеров изучает процесс движения воздуха во внутрикарьерном пространстве, его турбулентные характеристики, схемы движения, а совместно с термо- и газопылевой динамикой карьеров – теоретические основы проветривания карьеров. Устанавливает структуру и закономерности изменения скорости дви-

жения воздушных потоков в карьере в зависимости от пространственных координат и геометрии карьера.

Аэродинамика атмосферы карьеров подразделяется на аэродинамику естественного проветривания и искусственной вентиляции карьеров. Первая изучает процесс движения воздуха в карьере за счёт ветра в приземном слое атмосферы или термических сил, оценивая эффективность естественного проветривания карьера. Аэродинамика искусственной вентиляции карьеров рассматривает вопросы развития во внутрикарьерном пространстве воздушных струй, создаваемых вентиляционными карьерными установками. Её задача состоит в определении мест расположения и схем совместной работы установок, обеспечивающих эффективную общую или местную вентиляцию карьера.

Термодинамика атмосферы карьеров изучает термодинамическое состояние атмосферы, источники тепла в карьерах, термические силы в атмосфере карьеров и их влияние на движение воздуха во внутрикарьерном пространстве. В этом разделе рассматриваются закономерности изменения температуры воздуха во внутрикарьерном пространстве, влияние температурной стратификации атмосферы карьера на её крупномасштабные и пульсационные движения, рассеивание и вынос вредных примесей, развитие туманов. Термодинамические характеристики атмосферы карьеров должны учитываться при оценке возможностей их естественного проветривания, особенно в периоды штилей.

Газопылевая динамика рассматривает вопросы движения вредных примесей (газов, пыли) в атмосфере карьеров и за её пределами, закономерности распространения и параметры газопылевых потоков, образующихся в карьере в результате технологических и естественных процессов, методы активного воздействия на очаги загрязнения, теоретические основы разработки комплекса мероприятий по нормализации состава воздуха в карьерах и определения размеров санитарно-защитных зон.

Настоящие методические рекомендации предназначены для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Технологическая безопасность и горноспасательное дело», изучающих учебную дисциплину «Аэрология карьеров».

Рабочей программой по дисциплине «Аэрология карьеров» для студентов очной формы обучения предусматривается проведение

аудиторных занятий (в виде лекций, практических работ) и самостоятельной работы студентов.

## 1. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа является внеаудиторной и предназначена для самостоятельного изучения студентами определённых разделов курса по рекомендованным материалам, подготовки к практическим работам.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- свойства вредных и ядовитых газов и пыли, их воздействие на организм человека;
- способы и средства снижения выделения вредных газов в атмосферу карьеров, способы пылеподавления;
- способы искусственной вентиляции карьеров;
- методы проектирования искусственной вентиляции карьеров.

В процессе самостоятельной работы студентом изучается основная и дополнительная литература, оформляются отчёты по практическим работам. В методических указаниях приведены темы для самостоятельного изучения с указанием литературных источников. К каждой теме даются вопросы для самоконтроля.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности студентов.

Форма контроля знаний студента:

- текущий контроль в виде защиты практических работ;
- промежуточный контроль – зачет по дисциплине.

## **Наименование тем для самостоятельного изучения**

1. Состав атмосферного воздуха, свойства ядовитых газов, выделяемых при производстве горных работ, способы снижения выделения ядовитых газов в атмосферу карьера.

2. Источники пылеобразования в карьерах, Методы борьбы с пылеобразованием, нормы запыленности.

3. Основные законы аэростатики и аэродинамики, теория и инженерные расчеты свободных струй, аэродинамическое сопротивление воздухопроводов и горных выработок.

4. Термодинамика атмосферы карьеров, источники тепла в карьере, термические силы и их влияние на состояние атмосферы, газовая и пылевая динамика карьеров.

5. Основные схемы проветривания карьеров энергией ветра, способы интенсификации естественного проветривания карьеров.

6. Содержания вредных веществ в атмосфере карьера, определение параметров естественного проветривания.

7. Способы искусственного проветривания карьеров, схемы вентиляции карьеров, вентиляционные установки для проветривания карьеров.

8. Организация пылевентиляционной службы, приборы и методы контроля состояния атмосферы карьеров

9. Вентиляция подземных выработок, вентиляция с помощью труб, скважин, параллельных выработок, шахтные вентиляционные сети.

## **Вопросы для самоконтроля**

1. Содержание кислорода в воздухе в местах производства работ в карьере в соответствии с требованиями Правил безопасности.

2. Безвредное для людей содержание углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) в воздухе.

3. При какой концентрации двуокиси азота ( $\text{NO}_2$ ) по объему в воздухе возникает смертельная опасность для человека?

4. При какой концентрации окиси углерода ( $\text{CO}$ ) в воздухе человек теряет сознание после нескольких вдохов?

5. При каком содержании сероводорода в воздухе ( $\text{H}_2\text{S}$ ) человек получает смертельное отравление?

6. При какой концентрации даже кратковременное воздействие сернистого газа ( $\text{SO}_2$ ) опасно для жизни человека?

7. Какой высотой ограничивается рабочая зона в пространстве, в котором располагаются места постоянного или временного пребывания работающих?

8. Допустимое содержание в воздухе рабочей зоны окиси углерода (CO).

9. Допустимое содержание в воздухе рабочей зоны сероводорода (H<sub>2</sub>S).

10. Допустимое содержание в воздухе рабочей зоны двуокиси азота (NO<sub>2</sub>).

11. ПДК запыленности воздуха на рабочих местах в карьерах, при содержании двуокиси кремния (SiO<sub>2</sub>) в пыли более 10 %.

12. Сколько климатических поясов выделяются на территории России?

13. Климатические факторы, определяющие проветривание карьеров. Силы, формирующие движение воздуха при естественном проветривании карьера.

14. Классификация технических средств для вентиляции карьеров.

## **2. Указания к самостоятельной работе для подготовки к практическим работам**

Цель практических занятий состоит в том, чтобы студенты получили навыки, позволяющих принимать технические и технологические решения по проектированию проветривания карьеров. Самостоятельная работа студентов при выполнении практических работ заключается в изучении методов расчета параметров естественного проветривания, выбора вентиляционных установок и оформлении отчетов.

### **Темы практических работ**

1. Определение параметров естественного проветривания карьера.

2. Определение баланса вредностей в атмосфере карьера от внутренних источников загрязнения воздуха.

3. . Определение баланса вредностей в атмосфере карьера от внешних источников загрязнения воздуха.

4. Определение уровня загрязнения атмосферы карьера.

5. Расчет искусственного проветривания карьера.

6. Выбор схем установки вентиляторов для искусственной вентиляции карьера, определение количества вентиляторов.

По каждой работе студенты самостоятельно оформляют отчеты. Отчет по практической работе должен содержать:

1. Цель работы.
2. Теоретические положения.
3. Расчеты (в зависимости от темы занятия).
4. Графические построения (в зависимости от темы занятия).
5. Анализ полученных результатов. Выводы.

Контрольные вопросы к практическим работам приведены в методических указаниях по проведению практических работ.

### **3. Вопросы к зачету по дисциплине «Аэрология карьеров»**

1. Атмосфера и микроклимат карьеров. Климатические условия в районах открытой угледобычи полезных ископаемых.

2. Состав атмосферы карьеров и предъявляемые к ней требования.

3. Основные элементы микроклимата карьера.

4. Источники загрязнения атмосферы карьеров (внешние и внутренние, точечные, объемные, линейные равномерно распределенные).

5. Способы нормализации атмосферы карьеров по пылевому и газовому факторам (пылеулавливание, пылеподавление, нейтрализация вредных газов).

6. Нормализация атмосферы путем изменения техники и технологии. Удаление вредных примесей из карьера. Создание микроклимата на рабочих местах.

7. Снижение поступления пыли при буровзрывных работах. Пылеподавление и пылеулавливание при бурении скважин.

8. Снижение пылевыделения при производстве взрывных работ.

9. Борьба с пылью при выемочно-погрузочных работах. Снижение запыленности при работе одноковшовых экскаваторов. Снижение запыленности при работе роторных экскаваторов.

10. Снижение выделения пыли при транспортировании горной массы.

Борьба с пылью на автодорогах.

11. Борьба с пылью при применении железнодорожного транспорта.

12. Борьба с пылью при применении конвейерного транспорта.
13. Снижение запыленности при комбинированном транспорте.
14. Снижение пылевыведения при применении циклично-поточной технологии. Борьба с пылью при работе самоходных дробильных агрегатов.
15. Предотвращение пылевыведения на полустационарных перегрузочных узлах.
16. Снижение поступления вредных газов в атмосферу карьеров. Снижение газовыведения при бурении скважин.
17. Снижение загазованности при взрывных работах.
18. Нейтрализация вредных газов при работе двигателей внутреннего сгорания (ДВС).
19. Борьба с пожарами.
20. Предотвращение газовыведения из грунтовых вод и горных пород.
21. Снижение интенсивности выделения вредностей от внешних источников.
22. Законы естественного воздухообмена в карьерах. Основные законы аэростатики.
23. Основные законы аэродинамики. Закон сохранения массы, закон сохранения энергии и закон сохранения количества движения.
24. Свободные турбулентные струи. Причины образования и основные элементы свободных струй.
25. Движение воздуха в трубах. Аэродинамическое сопротивление.
26. Движение воздуха в карьере. Схемы естественного проветривания карьеров.
27. Термодинамика атмосферы карьеров. Источники тепла.
28. Температурная стратификация атмосферы. Термические силы и их влияние на атмосферу карьера. Туманообразование.
29. Естественное проветривание карьеров. Проветривание карьеров энергией ветра.
30. Прямоточная схема проветривания.
31. Рециркуляционная схема проветривания.
32. Комбинированные схемы ветрового проветривания.
33. Проветривание карьеров энергией термических сил. Конвективная схема проветривания. Инверсионная схема движения воздуха.
34. Комбинированное проветривание карьеров. Схемы проветривания.

35. Газовая динамика карьеров. Распространение газов из точечных и линейных источников.
36. Распространение газов при взрывных работах.
37. Пылевая динамика карьеров. Распространение пыли точечными и линейными источниками. Распространение пыли при взрывных работах. Запыленность карьера в целом.
38. Искусственная вентиляция карьеров. Условия применения и способы искусственной вентиляции.
39. Интенсификация естественного воздухообмена. Вентиляция с применением труб и использованием выработок.
40. Технические средства при вентиляции свободными струями. Классификация технических средств.
41. Схемы вентиляции свободными струями.
42. Схемы местной вентиляции.
43. Схемы общеобменной вентиляции.
44. Влияние технологии разработки на атмосферу карьеров.
45. Определение параметров естественного проветривания карьеров.
46. Типовые схемы искусственной вентиляции карьеров.
47. Пылевентиляционная служба и контроль состояния атмосферы карьеров. Организация пылевентиляционной службы (ПВС).
48. Приборы и методы контроля состояния атмосферы карьеров.
49. Создание благоприятных условий труда на рабочих местах. Тепловые условия в кабинах оборудования.
50. Охлаждение воздуха в системах кондиционирования. Очистка воздуха кабин. Подогрев воздуха в системе кондиционирования.

### **3. Учебно-методические материалы по дисциплине**

#### **3.1. Основная литература**

1. Каледина, Н. О. Вентиляция производственных объектов: учеб. пособие. – 4-е изд., – М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2008. – 193 с.

[http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view&book\\_id=79175](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=79175)

2. Ковалев, В. А. Аэрология горных предприятий : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки (специальностям) «Горное дело» и «Физические процессы горного производства» / В. А. Ковалев, В. Н. Пузырев, Л. А. Шевченко;

ФГБОУ ВПО "Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева" . – Кемерово, 2013. – 170 с.  
<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91180&type=utchposob:common>

3. Вентиляция шахт [Электронный ресурс] : учеб. пособие / сост.: В. Н. Пузырев, Л. А. Шевченко; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. аэрологии, охраны труда и природы. – Кемерово, 2012. – 165 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90598&type=utchposob:common>

### **3.2. Дополнительная литература**

4. Бирюков, Ю. М. Способы и технологические схемы управления газовойделением на угольных шахтах средствами вентиляции и дегазации / Ю. М. Бирюков, В. А. Садчиков. – Калининград: КГТУ, 2009. – 171 с.

5. Ушаков, К. З. Аэрология карьеров : учебник для вузов / К. З. Ушаков, В. А. Михайлов; под ред. В. В. Ржевского. – М.: Недра, 1985. – 272 с.

6. Ушаков, К. З. Безопасность жизнедеятельности / К. З. Ушаков, Н. О. Каледина, Б. Ф. Кирин, М. А. Сребный, – М.: Изд-во МГГУ, 2002. – 430 с.

7. Угольный метан и способы управления газовойделением в шахтах / А. И. Жаров, Н. Н. Красюк, А. В. Ремезов, К. А. Филимонов [и др.]. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2006. – 87 с.

8. Колмаков, В. А. Горноспасательное дело и тактика ведения горноспасательных работ: учеб. пособие / В. А. Колмаков, В. А. Зубарева, А. В. Колмаков; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2008. – 138 с.

9. Битколов, Н. З. Аэрология карьеров : учебник по специальности «Открытые горные работы» / Н. З. Битколов, И. И. Медведев. – М.: Недра, 1992. – 263 с.

10. Бересневич, П. В. Аэрология карьеров: справочник / П. В. Бересневич, В. А. Михайлов, С. С. Филатов. – М.: Недра, 1991. – 280 с.