

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»**

Кафедра аэрологии, охраны труда и природы

## **ВОЗДУШНАЯ СЪЕМКА В ШАХТАХ**

Методические указания к практической работе по дисциплине  
**«Аэрология горных предприятий»**  
для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело  
всех форм обучения

Составитель В. А. Колмаков

Утверждены на заседании кафедры  
Протокол № 2 от 28.11.2018  
Рекомендованы к печати  
учебно-методической комиссией  
специальности 21.05.04  
Протокол № 2 от 28.11.2018  
Электронная копия находится  
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2019

**Цель работы:** научиться производить воздушную съемку для регулирования распределения воздуха в вентиляционных сетях шахт.

## 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 1.1. Воздушная съемка

Воздушная съемка – это комплекс работ, направленный на замер распределения воздуха в вентиляционных сетях шахты (табл. 1).

Таблица 1

№ п/п	Параметры	Ед. изм.	Приборы
1	$v$ – скорость движения воздуха	м/с	анемометр
2	$S$ – сечение выработки	м <sup>2</sup>	рулетка
3	$k$ – коэффициент загромождения сечения	ед.	рулетка
4	$N$ – число оборотов анемометра	ед.	анемометр
5	$T$ – время замера	с	секундомер
6	$Q$ – расход воздуха, $Q = kSv$	м <sup>3</sup> /с	
7	$P_{ск}$ – скоростной напор	даПа	депессиометр, воздухомерные трубки
8	$\gamma$ – средний удельный вес воздуха	Н/м <sup>3</sup>	
9	$g$ – ускорение силы тяжести	м/с <sup>2</sup>	
	$v_{ср} = \sqrt{\frac{(P_{ск1} + P_{ск2})}{\gamma \cdot 1,2}} \cdot 2g$		

Скорость движения воздуха – это длина пути  $L$  перемещения его частиц за время  $T$  под действием естественного источника энергии, например естественной тяги или вентилятора, т. е.

$$v = \frac{L_2 - L_1}{T_2 - T_1}, \quad (1)$$

где  $L_1, L_2$  – соответственно длина пути перемещения воздуха, м;  $T_1, T_2$  – время, с.

В соответствии с выражением (1) усредняется скорость движения воздуха на участке выработки между пунктами  $L_1, L_2$  и во времени или усредняется скорость движения воздуха в одном пункте участка выработки и во времени.

В условиях шахт, где воздух по пути его движения теряется в виде утечек через вентиляционные сооружения, скорость движения воздуха усредняется при замерах по длине выработок и во времени.

Измерение скорости движения воздуха осуществляется приборами, основанными на разных принципах ее замера: механическими (анемометры, воздухомерные трубки), термическими (термоанемометры) и др.

Наибольшее распространение в шахтах получила механизация способов замера скорости движения воздуха.

Принцип действия замера скорости движения воздуха анемометром заключается в передаче скоростного давления на лопатки или чашечки вертушки, которая приводится во вращение.

Скорость вращения вертушки прямо пропорциональна скорости движения воздуха:

$$v = a + b \frac{N_2 - N_1}{T_2 - T_1}, \quad (2)$$

где  $a, b$  – коэффициенты, свойственные данному анемометру (рис. 1);  $N_2, N_1$  – число делений вертушки анемометра, ед.;  $T_2, T_1$  – время замера, с.

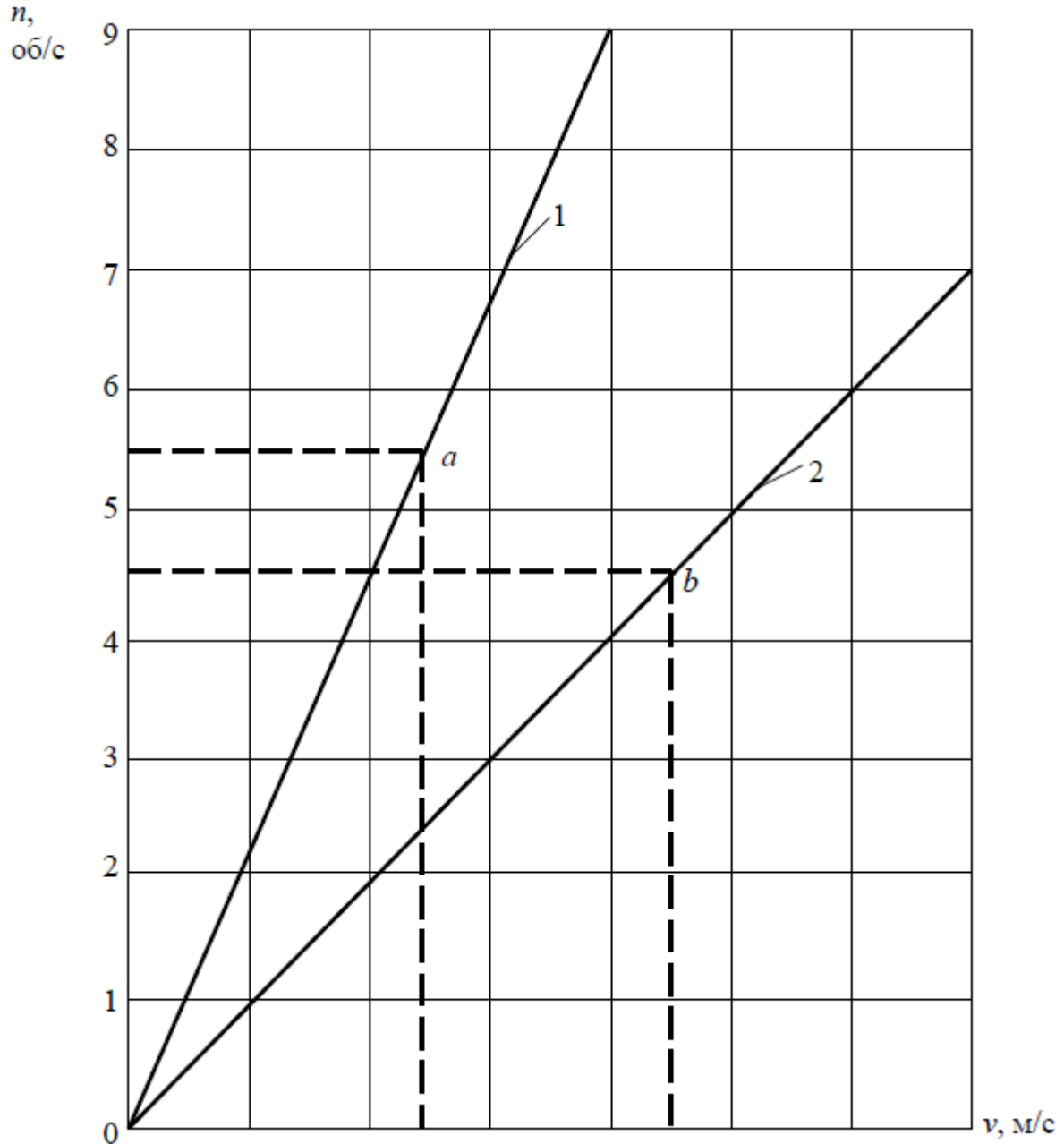


Рис. 1. Тарировочный график:  
1 – АСО-3; 2 – чашечный анемометр (МС-13)

Если по длине в выработке имеются утечки воздуха, то скорость движения воздуха замеряется по ее длине не менее чем в двух пунктах замера (рис. 2, а) и затем усредняется по длине выработки.

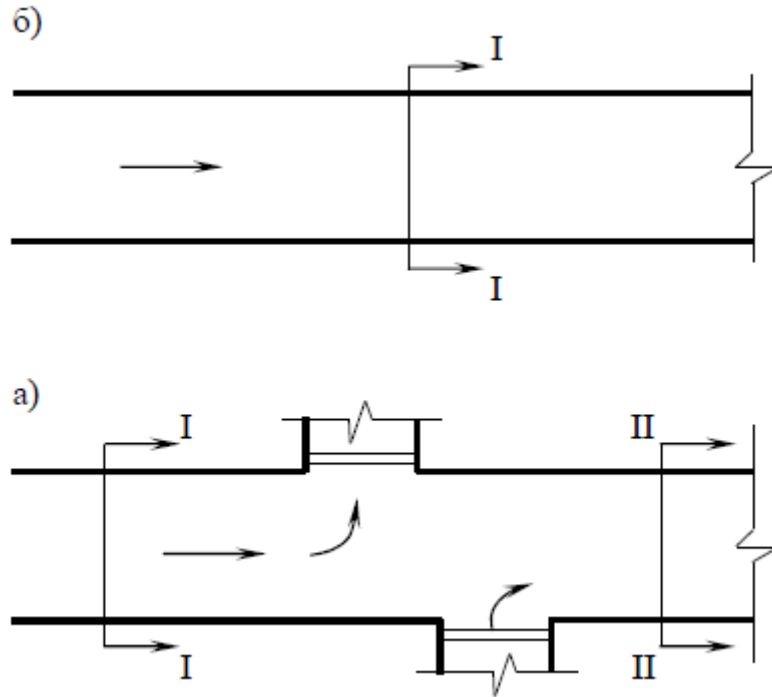


Рис. 2. Схема к замеру средней скорости движения воздуха:  
 а – в выработке без утечек воздуха; б – в выработке  
 с утечками воздуха: I-I, II-II – пункты замера

По замеренной скорости движения воздуха определяем расход воздуха по формуле

$$Q = v \cdot S \quad (3)$$

где  $S$  – сечение выработки,  $\text{м}^2$ ;  $v$  – скорость движения воздуха,  $\text{м/с}$ .

Другим распространенным способом замера скорости движения воздуха является способ замера с использованием воздухомерных трубок.

При замере скорости движения воздуха в одном пункте выработки средняя скорость определяется (рис. 2, б) по формуле

$$v_{\text{ср1}} = \sqrt{\frac{P_{\text{ск}} \cdot 2g}{\gamma}}, \quad (4)$$

где  $P_{\text{ск}}$  – скоростное давление воздуха, Па;  $g$  – ускорение силы тяжести,  $\text{м/с}^2$ ;  $\gamma$  – удельный вес воздуха,  $\gamma = 1,2 \times 9,81 \text{ Н/м}^3$ .

Средняя скорость движения воздуха между двумя пунктами замера определяется (рис. 2, б) по формуле

$$v_{\text{ср1,2}} = \sqrt{\frac{(P_{\text{ск1}} + P_{\text{ск2}}) \cdot 2g}{\gamma_{1,2}}}, \quad (5)$$

где  $P_{\text{ск1}}$ ,  $P_{\text{ск2}}$  – соответственно скорости давления воздуха в первом и втором пунктах замера, Па;  $\gamma_{1,2}$  – средний удельный вес воздуха, Н/м<sup>3</sup>.

По замеренной скорости движения воздуха также определяется расход воздуха по формуле (3).

Полученное значение скорости движения воздуха по формуле (2) соответствует средней скорости в одном пункте выработки (рис. 2, б).

## 1.2. Нормы скорости движения воздуха в шахте (табл. 2)

Таблица 2

Горные выработки, рабочие пространства забоев, вентиляционные устройства	Допустимая скорость движения воздуха, м/с
Вентиляционные скважины	не ограничена
Стволы, не оборудованные подъемом, вентиляционные каналы	15
Стволы для спуска и подъема только грузов	12
Кроссинги трубчатые и типа перекидных мостов	10
Стволы для спуска и подъема людей и грузов. Квершлагги, откаточные и вентиляционные штреки, капитальные и панельные уклоны и бремсберги	8
Все прочие горные выработки, пройденные по углю и породе	6
Рабочие пространства у забоев подготовительных выработок	4
Рабочие пространства у очистных забоев	4

**Примечание.** Если температура воздуха ниже 15°, то при отсутствии газового фактора скорость движения воздушной струи не должна превышать 0,3 м/с для подготовительных и 0,6 м/с для очистных выработок.

Скорость движения воздуха по вентиляционным скважинам не ограничивается. Производство ремонтных работ в стволе и

передвижение людей по лестничному отделению разрешаются при скорости движения воздуха в стволе не более 8 м/с.

### **1.3. Места и периодичность замера скорости прохода воздуха**

Контроль расхода воздуха осуществляется:

- в исходящих струях очистных и подготовительных выработок, выемочных участков, крыльев, пластов, горизонтов и шахт в целом;

- в поступающих главных воздушных струях шахт, в местах разветвлений поступающих струй, у забоев подготовительных выработок и вентиляторов местного проветривания;

- в поступающих или исходящих струях камер общешахтного назначения.

Расход воздуха в выработках негазовых шахт и шахт I и II категорий по газу и в камерах должен контролироваться не реже одного раза в месяц; в выработках шахт III категории – не реже двух раз в месяц, а в выработках сверхкатегорных шахт и шахт, опасных по внезапным выбросам, – не реже трех раз в месяц. Расход воздуха у вентиляторов местного проветривания должен контролироваться не реже одного раза в месяц.

## **2. ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИБОРЫ**

На практике широко используются крыльчатый анемометр АСО-3 и чашечный анемометр МС-13. С помощью анемометра АСО-3 измеряются скорости движения воздуха от 0,15 до 5 м/с. Поток воздуха действует на восемь лопастей, которые передают вращение стрелкам счетчика через струнную ось. Пуск механизма счетчика осуществляется с помощью арретира.

Измерение скорости движения воздуха производится в такой последовательности:

- записывают показания счетчика анемометра в виде четырехзначной цифры;

- анемометр вводят в поток воздуха и в фиксированное время включают механизм счетчика;

- счетчик включают через некоторое время (60–100 с) с фиксацией момента отключения;

- снимают показания счетчика анемометра.

Крыльчатый анемометр со струйной осью АСО-3 (рис. 3) служит для замера скорости воздуха в пределах от 0,1 до 5 м/с. Он состоит из крыльчатки 1, счетчика 2, числа оборотов крыльчатки, цилиндрического кожуха 3, в котором вращается крыльчатка, ручки для держания анемометра в нужном положении (ввинчиваемой в отверстие 4), арретира 5 для включения и выключения счетчика и циферблата 6 со шкалой показаний счетчика. Записав начальные показания  $N_1$  счетчика и поместив после этого анемометр в одну из точек потока, ориентируя при этом плоскость вращения крыльчатки перпендикулярно оси потока, через 10–15 с включают одновременно арретир и секундомер. По конечному показанию  $N_2$  счетчика и отсчитанному времени  $T$  на секундомере (обычно 100 с) определяют число оборотов  $N$  крыльчатки по формуле

$$N = \frac{N_1 - N_2}{T}, \quad (6)$$

а по подсчитанному значению  $N$  находят на тарировочном графике (см. рис. 1), имеющемся при каждом анемометре, истинную скорость воздуха, замеренную в точке установки анемометра. Для измерения средней скорости воздуха по сечению пользуются способами измерения «перед собой» и «в сечении».

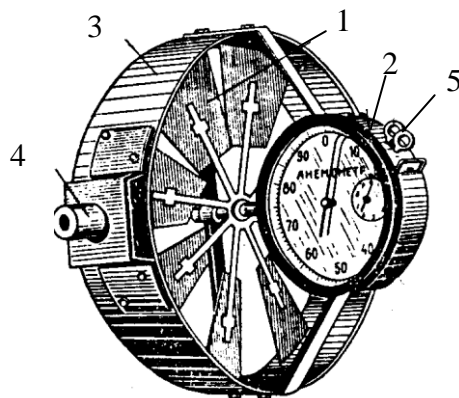


Рис. 3. Крыльчатый анемометр АСО-3



Чашечный анемометр МС-13 (рис. 4) отличается от крыльчатого анемометра тем, что у него для восприятия скорости потока служит вертушка из четырех полусферических чашечек 1, установленных на концах двух взаимно-перпендикулярных стерженьков. Стерженьки закреплены на общей оси 3, связанной со счетчиком оборотов вертушки, помещенным в корпусе 2. Чашечным анемометром измеряют скорости воздуха от 1 до 20 м/с.

В практике рудничной вентиляции для измерения скорости воздуха используются также трубки Пито. Трубка включает в себя два канала, один из которых выведен навстречу потоку воздуха и воспринимает действие полного давления, а второй выводится по периметру трубки в виде щели, перпендикулярной к направлению потока, и воспринимает, таким образом, статическое давление. Подсоединяя первый и второй каналы (выводные трубки соответственно со знаками плюс и минус) к соответствующим трубкам микроманометра, определяют скоростное давление.

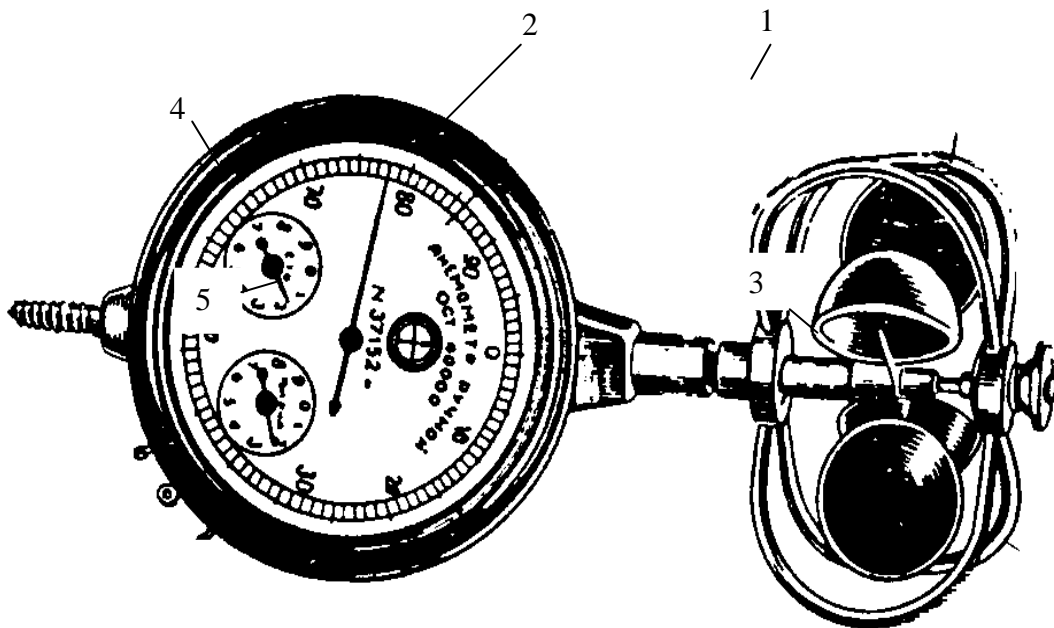


Рис. 4. Чашечный анемометр МС-13

Достаточная точность определения скорости воздуха с помощью трубки обеспечивается только при скорости воздуха более 16 м/с.

### 3. ПОРЯДОК ЗАМЕРА СКОРОСТИ И РАСХОДА ВОЗДУХА

#### 3.1. Порядок замера скорости ветра анемометрами

Скорость движения воздуха в поперечном сечении выработка распределяется неравномерно: в центре она больше, у стенок – меньше. Измерение средней скорости воздуха производят следующими способами: «в сечении», «перед собой», «по точкам».

При измерении «в сечении» замерщик встает спиной к одному боку выработки и, держа анемометр в вытянутой руке и перемещаясь поперек выработки, обводит равномерно по всему сечению анемометром так, как это показано на рис. 6. Секундомер и счетный механизм анемометра должны включаться одновременно. Время замера обычно принимают 100 секунд.

Полученную разницу в показаниях стрелок анемометра до и после замера делят на продолжительность замера в секундах. В полученный результат вносят поправку на способ замера, которая в данном случае зависит от площади сечения выработки  $S$  и может быть определена по формуле или взята из табл. 3.

Таблица 3

$S$	8	7	6	5	4	3	2
$K$	0,95	0,94	0,93	0,92	0,90	0,87	0,80

При замере «перед собой» замерщик встает лицом навстречу вентиляционной струе и, держа анемометр в вытянутой руке перед собой, обводит им сечение так же, как и в предыдущем случае. Поправка на способ замера принимается постоянной и равной 1,14.

При замере «по точкам» сечение выработки разбивают на площадки, как показано на рис. 6 и измеряют скорость воздуха в центре каждой из них, перемещая включенный анемометр последовательно из одной точки в другую. В каждой точке анемометр держат обычно 10–30 с. Разность отсчетов по анемометру до и после измерения делят на общее время замера.

Наиболее распространены первые два способа. Замеры по точкам производятся в диффузорах вентиляторов, иногда этот

способ применяется в выработках при малых скоростях движения воздуха.

### 3.2. Порядок замера скорости воздухомерной трубкой

Для замера скорости движения воздушного потока воздухомерной трубкой ее устанавливают отверстием полного напора навстречу струе. Отводы трубки соединяются с двумя коленами микроманометра, как показано на рис. 5, в том случае, когда необходимо замерить скорость движения потока в одном пункте, пользуются одним микроманометром. Когда же необходимо измерить осредненную скорость движения потока между двумя пунктами замера, то пользуются двумя микроманометрами.

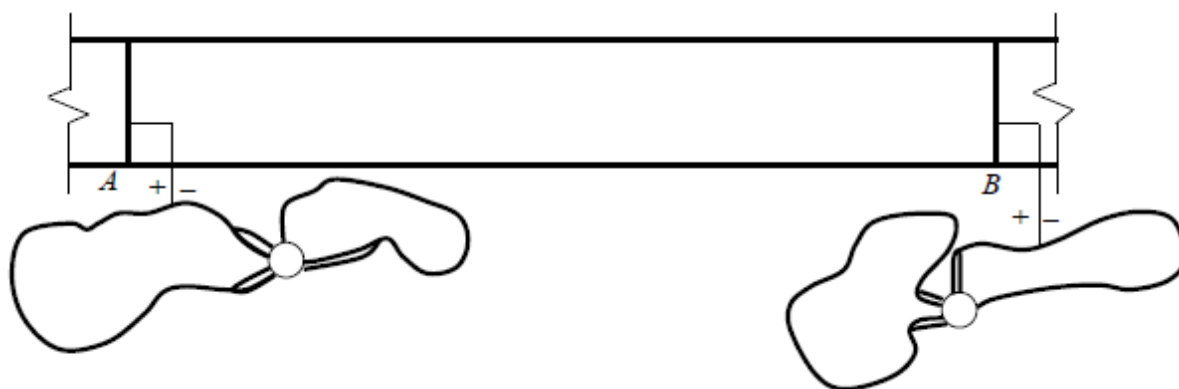


Рис. 5. Измерение скоростного давления воздуха в одном и двух пунктах замера

### 3.3. Способы замера скорости движения воздуха в сечении выработки

Существуют следующие способы замера скорости движения воздуха: «десятичный» (рис. 6, а), точечный (рис. 6, б), полярный, фотопланиметрический и др., которые делятся на дискретные или непрерывные ручные или автоматические (приборы: АКВ, комплекс «Воздух», аппарат ИСВ-1 и др.).

Наибольшее распространение на шахтах получили два первые способа.

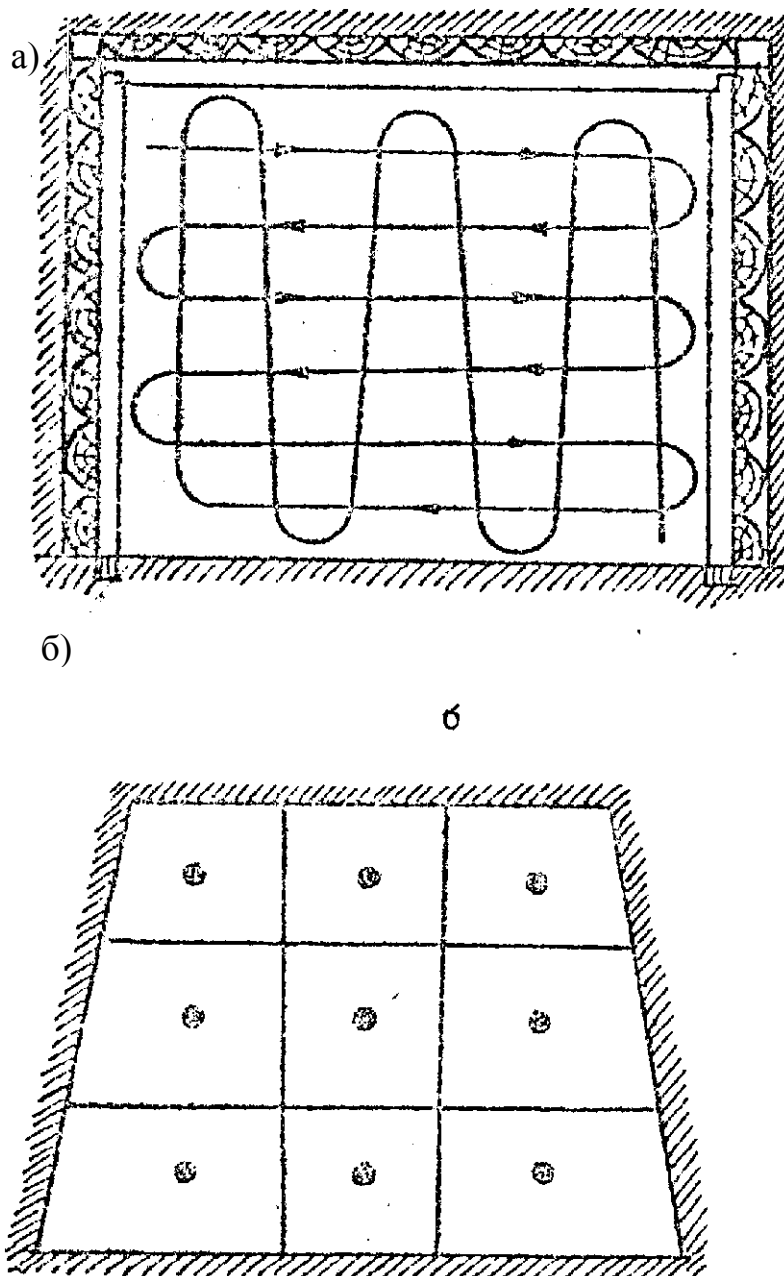


Рис. 6. Схемы измерения скорости движения воздуха:  
 а – методом обвода поперечного сечения выработки;  
 б – точечным методом  
 по секциям поперечного сечения выработки

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Порядок выполнения лабораторной работы следующий.

Преподаватель дает пояснения о цели работы и особенностях ее выполнения. Выдает каждому студенту одну на все лабораторные работы типовую рабочую схему вентиляции

шахты в соответствии с возможной его будущей работой или по желанию. Типовые рабочие схемы вентиляции угольных и рудных шахт вычерчены на рабочих планшетах, вывешенных в лаборатории, а также имеются в методических указаниях по составлению вентиляционных планов. Студент вычерчивает рабочую схему на каждую лабораторную работу с рабочего планшета или ксерокопирует заранее с полученной от преподавателя методички. На каждое занятие студент приходит с приготовленной рабочей схемой.

Преподаватель знакомит студента с типовой методической схемой мест замера аэрологических параметров данной лабораторной работы. Методические схемы для каждой съемки аэрологических параметров вычерчены на планшетах.

В соответствии с типовой методической схемой студент наносит места замера параметров на свою рабочую схему.

Лаборант выдает студентам методические пособия по каждой работе, приборы и принимает их по окончании работы.

Студент при выполнении лабораторной работы должен:

- ознакомиться с теоретическими положениями;
- изучить природу и единицы измерения параметров вентиляционного потока;
- изучить нормы по ПБ;
- ознакомиться с приборами и оборудованием;
- изучить методическую схему мест замера параметров вентиляционного потока в шахте (рис. 7);
- нанести замеры соответствующих параметров вентиляционного потока на выданную преподавателем рабочую схему вентиляции шахты;
- составить отчет по работе, с учетом задания преподавателя по воздушной съемке;
- защитить отчет.

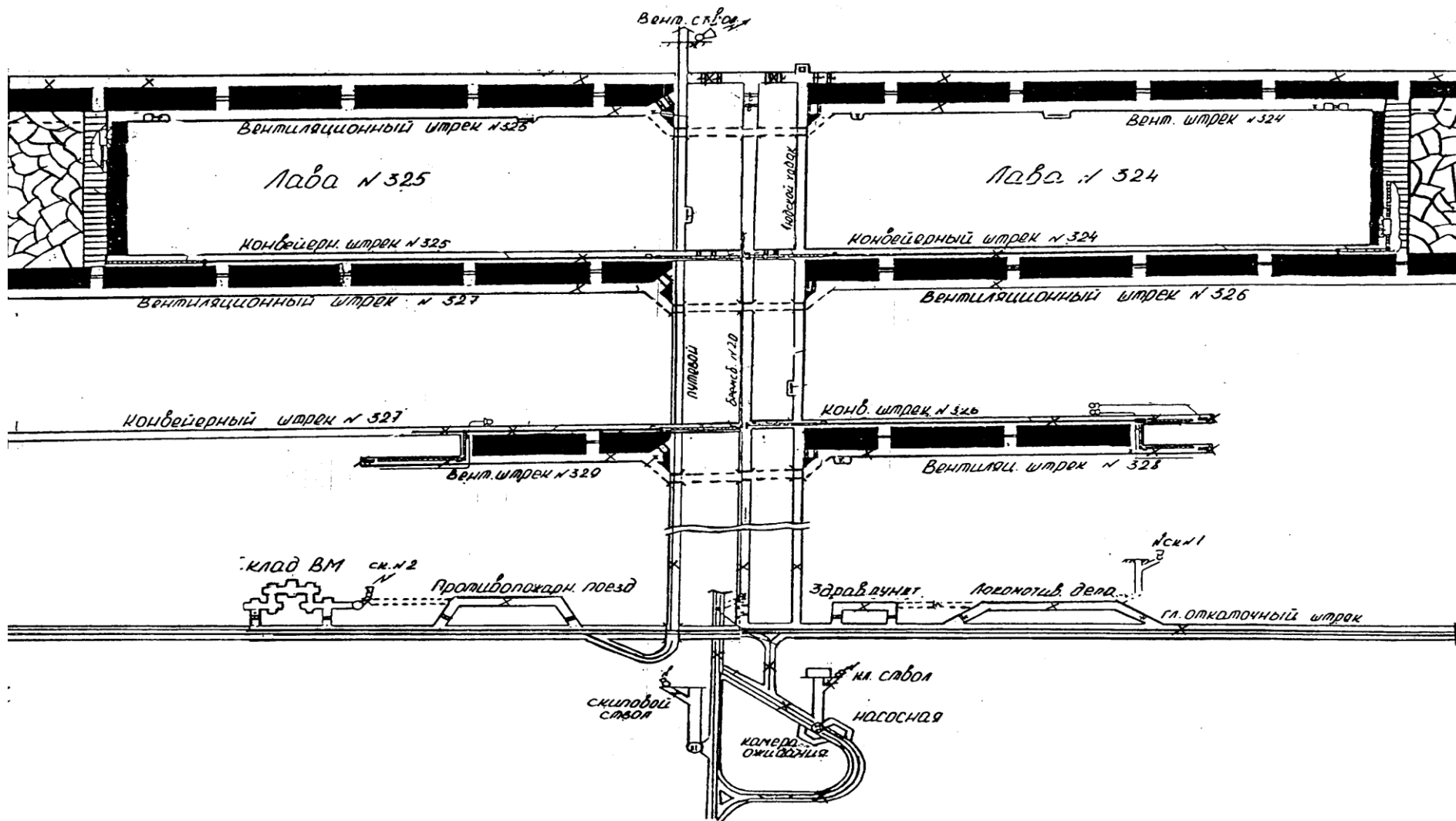


Рис. 7. Методическая схема по производству воздушной съемки: х – пункты замера

#### **4. БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ**

Перед выполнением работы необходимо ознакомиться с инструкцией по правилам техники безопасности при выполнении лабораторных работ. Особое внимание нужно уделить безопасности при замере воздуха выходящего из работающего вентилятора и на электробезопасность оборудования.

#### **5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Понятие воздушной съемки.
2. Поясните принцип действия анемометра.
3. Напишите формулу определения скорости движения воздуха с помощью анемометра.
4. Что такое объемный расход воздуха и укажите единицы его измерения.
5. Назовите допустимые нормы скорости движения воздуха.
6. Напишите формулу для определения скорости движения воздуха с помощью воздухомерной трубки.
7. Назовите типы анемометров и пределы замера или скорости.
8. Какие пределы замера скорости движения воздуха воздухомерной трубкой?
9. Поясните порядок замера скорости движения воздуха анемометром.
10. Поясните порядок замера скорости движения воздуха трубкой.

Составитель  
Владислав Александрович Колмаков

## **ВОЗДУШНАЯ СЪЕМКА В ШАХТАХ**

Методические указания к практической работе по дисциплине  
**«Аэрология горных предприятий»**  
для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело  
всех форм обучения

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 25.02.2019. Формат 60×84/16  
Бумага офсетная. Гарнитура «TimesNewRoman». Уч.-изд. л. 0,7  
Тираж 24 экз. Заказ.....  
КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28  
Издательский центр УИП КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а