

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Иркутский национальный исследовательский технический университет»  
**Институт недропользования**  
**Кафедра Горных машин и электромеханических систем**

**УТВЕРЖДАЮ:**  
Директор института недропользования  
\_\_\_\_\_ А.Н. Шевченко

**Методические указания для самостоятельной работы студентов  
по дисциплине**

**ВЕНТИЛЯТОРНЫЕ УСТАНОВКИ**

Специальность: 21.05.04 Горное дело.  
Специализация: Горные машины и оборудование; Электрификация  
и автоматизация горного производства.  
Квалификация: горный инженер (специалист).  
Форма обучения: заочная.

Зав. кафедрой ГМиЭМС

С.Ю. Красноштанов

Составитель

В.А. Перфильев

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией Института недропользования ИРНИТУ

**Водоотливные установки:** метод. указания для самостоятельной работы студентов / сост.: В.А. Перфильев. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2019. 22–с.

Методические указания соответствуют образовательному стандарту высшего образования по специальности «Горное дело». В методических указаниях изложены основные вопросы для самостоятельной подготовки студентов в рамках курса дисциплины вентиляторные установки. Предназначены для студентов заочного обучения специальности Горное дело.

© Перфильев В.А., 2019 г.

© ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», 2019 г.

---

Иркутский национальный исследовательский  
технический университет  
664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83

## Содержание

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1      | Объём дисциплины .....  | 4  |
| 2      | Структура и содержание дисциплины .....                                     | 4  |
| 3      | Типовые оценочные средства для проведения зачёта по дисциплине .....        | 5  |
| 3.1    | Теоретические вопросы для подготовки к зачёту по дисциплине .....           | 5  |
| 3.2    | Задание для выполнения контрольной работы по дисциплине .....               | 6  |
| 3.2.1  | Расчёт главной вентиляторной установки шахты .....                          | 7  |
| 3.2.2  | Расчёт необходимого количества воздуха для проветривания шахты .....        | 7  |
| 3.2.3  | Расчёт депрессии шахтной вентиляционной сети .....                          | 8  |
| 3.2.4  | Выбор вентилятора .....   | 9  |
| 3.2.5  | Определение действительного режима работы вентилятора .....                 | 9  |
| 3.2.6  | Выбор электродвигателя .....  | 10 |
| 3.3    | Расчёт вентилятора установки местного проветривания .....                   | 11 |
| 3.3.1  | Определение потребной подачи вентилятора .....                              | 12 |
| 3.3.2  | Проверка принятого количества воздуха по условию .....                      | 13 |
| 3.3.6  | Необходимая депрессия вентилятора для максимальной длины трубопровода ..... | 13 |
| 3.3.7  | Мощность двигателя вентилятора .....  | 13 |
| 3.3.9  | Продолжительность проходки штрека .....                                     | 14 |
| 3.3.10 | Расход электроэнергии на проходку штрека .....                              | 14 |
| 3.3.11 | Определение сопротивления воздухопроводов различной длины .....             | 14 |
| 3.3.12 | Расчёт характеристик сетей при различных длинах воздухопровода .....        | 14 |
| 3.3.13 | Углы установки лопаток направляющего аппарата ВМ-6 .....                    | 14 |
| 4      | Основная учебная литература .....   | 15 |
| 5      | Дополнительная учебная и справочная литература .....                        | 15 |
| 6      | Приложение А .....  | 17 |

## 1 Объём дисциплины

Таблица 1 – Объём изучаемой дисциплины

| Вид учебной работы  | Трудоемкость в академических часах<br>(Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа) |         |         |
|---|---|---------|---------|
|   | Всего   | Курс №3 | Курс №4 |
| Общая трудоемкость дисциплины                                   | 72  | 36      | 36      |
| Аудиторные занятия, в том числе:                                | 6   | 2       | 4       |
| лекции  | 4   | 2       | 2       |
| лабораторные работы   |   |         |         |
| практические/семинарские занятия                                | 2   |         | 2       |
| Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)         | 62  | 34      | 28      |
| Трудоемкость промежуточной аттестации                           | 4   |         | 4       |
| Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине) | Зачет   |         | Зачет   |

## 2 Структура и содержание дисциплины

Таблица 2 – Сводные данные по содержанию дисциплины за третий курс

| № п/п | Наименование раздела и темы дисциплины                             | Вид контактной работы |           |    |           |         |           |     |           | Форма текущего контроля и вид промежуточной аттестации |
|-------|--|-----------------------|-----------|----|-----------|---------|-----------|-----|-----------|--|
|       |  | Лекции                |           | ЛР |           | ПЗ(СЕМ) |           | СРС |           |  |
|       |  | №                     | Кол. час. | №  | Кол. час. | №       | Кол. час. | №   | Кол. час. |  |
| 1     | 2  | 3                     | 4         | 5  | 6         | 7       | 8         | 9   | 10        | 11   |
| 1     | Вводная лекция. Общие сведения о шахтных вентиляторных установках. | 1                     | 2         |    |           |         |           | 1   | 34        |  |
| 2     |  | 2                     |           |    |           |         |           |     |           |  |
|       | Промежуточная аттестация   |                       |           |    |           |         |           |     | 0         |  |
|       | Всего  |                       | 2         |    |           |         |           |     | 34        |  |

Таблица 3 – Сводные данные по содержанию дисциплины за четвертый курс

| № п/п | Наименование раздела и темы дисциплины                         | Вид контактной работы |           |    |           |         |           |      |           | Форма текущего контроля и вид промежуточной аттестации |
|-------|--|-----------------------|-----------|----|-----------|---------|-----------|------|-----------|--|
|       |  | Лекции                |           | ЛР |           | ПЗ(СЕМ) |           | СРС  |           |  |
|       |  | №                     | Кол. час. | №  | Кол. час. | №       | Кол. час. | №    | Кол. час. |  |
| 1     | 2  | 3                     | 4         | 5  | 6         | 7       | 8         | 9    | 10        | 11   |
| 2     | Раздел 1<br>Шахтные вентиляторные установки.<br>Тема 1.1 Общие | 2                     | 2         |    |           | 1       | 2         | 1, 3 | 24        |  |

|  |   |   |  |  |  |   |    |  |       |
|--|---|---|--|--|--|---|----|--|-------|
| сведения шахтных вентиляторных установках. | 0 |   |  |  |  |   |    |  |       |
| Промежуточная аттестация                   |   |   |  |  |  | 2 | 4  |  | Зачет |
| Всего                                      |   | 2 |  |  |  | 2 | 28 |  |       |

### 3 Типовые оценочные средства для проведения зачёта по дисциплине

#### 3.1 Теоретические вопросы для подготовки к зачёту по дисциплине

##### Вентиляторные установки

1. Назначение и требования ЕПБ к главной вентиляторной установке шахты.
2. Потребители сжатого воздуха на шахтах, карьерах, заводах. Достоинство сжатого воздуха как энергоносителя, его недостатки.
3. Способы проветривания шахт.
4. Назначение реверсирования воздушной струи. Требования ЕПБ.
5. Реверсирования воздушной струи с осевыми вентиляторами.
6. Реверсирования воздушной струи с обходным каналом.
7. Конструкция осевых вентиляторов для главного проветривания типа ВОД. Расшифруйте ВОД-30.
8. Конструкция центробежных вентиляторов для главного проветривания типа ВЦ и ВЦД. Расшифруйте ВЦ-4, ВЦД-47.
9. Аэродинамические характеристики вентиляторов ВОД-30  $H = f(Q)$ ,  $\eta = f(Q)$ ,  $N = f(Q)$  при изменении угла установки лопаток на рабочем колесе.
10. Аэродинамические характеристики вентиляторов ВЦ  $H = f(Q)$ ,  $\eta = f(Q)$ ,  $N = f(Q)$  при изменении угла установки лопаток на направляющем аппарате.
11. Схема стенда для снятия аэродинамических характеристик вентиляторов.
12. Смазка механизмов движения. Требования ПБ.
13. Рабочая часть характеристики вентилятора  $H = f(Q)$ , зона промышленного использования.
14. Вентиляционная сеть шахты. От чего зависит сопротивление этой сети?
15. Совместная работа вентилятора и сети.
16. Способы регулирования производительности вентилятора.
17. Назначение и оборудование воздухоборника, приборы. Требования ПБ.
18. Статическое, динамическое и полное давление, схемы для их измерения.
19. Приборы для измерения депрессии, количества подаваемого воздуха.
20. Назначение и конструкция вентиляторов местного проветривания. Расшифруйте ВМ-5.
21. Схема расположения вентилятора ВМ при проветривании тупиковой выработки.
22. Совместная работа вентиляторов ВМ с сетью (трубопроводом). Зависимость подачи от длины и диаметра трубопровода.
23. По каким факторам определяется необходимое количество воздуха для проветривания тупиковой выработки.
24. Последовательное соединение вентиляторов ВМ. Производительность и напор при этом.
25. Назначение калориферной установки. Требования ЕПБ. Количество теплоты для подогрева  $1 \text{ м}^3$  воздуха от  $t_1$  до  $t_2 = 2^\circ\text{C}$ .

26. Регулирование производительности вентиляторов местного проветривания. Аэродинамические характеристики.
27. Смазка подшипников вентиляторов ВОД, ВЦ. Контроль температуры и потока масла.

### 3.2 Задание для выполнения контрольной работы по дисциплине

Таблица 4 – Исходные данные для расчёта главной вентиляторной установки шахты

| Вариант | Кол-во людей в шахте | Кол-во взрыв. ВВ, кг | Кол-во людей в камере | Мощность дизелей, л.с. | Глубина ствола, м | Длина штрека, м | Годов. произв., тыс. тонн |
|---------|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|-----------------|---------------------------|
| 1       | 100                  | 55                   | 10                    | 100                    | 200               | 1000            | 300                       |
| 2       | 110                  | 60                   | 20                    | 150                    | 300               | 1500            | 400                       |
| 3       | 120                  | 65                   | 30                    | 200                    | 400               | 2000            | 500                       |
| 4       | 130                  | 70                   | 40                    | 250                    | 500               | 2500            | 600                       |
| 5       | 140                  | 75                   | 50                    | 300                    | 600               | 3000            | 700                       |
| 6       | 150                  | 80                   | 12                    | 110                    | 230               | 1000            | 300                       |
| 7       | 160                  | 85                   | 22                    | 160                    | 330               | 1500            | 400                       |
| 8       | 170                  | 90                   | 32                    | 210                    | 430               | 2000            | 500                       |
| 9       | 180                  | 95                   | 42                    | 260                    | 530               | 2500            | 600                       |
| 10      | 190                  | 100                  | 52                    | 310                    | 630               | 3000            | 700                       |
| 11      | 105                  | 57                   | 14                    | 120                    | 210               | 1000            | 300                       |
| 12      | 115                  | 62                   | 24                    | 170                    | 310               | 1500            | 400                       |
| 13      | 125                  | 67                   | 34                    | 220                    | 410               | 2000            | 500                       |
| 14      | 135                  | 72                   | 44                    | 270                    | 510               | 2500            | 600                       |
| 15      | 145                  | 77                   | 54                    | 320                    | 610               | 3000            | 700                       |
| 16      | 155                  | 82                   | 15                    | 130                    | 220               | 1000            | 300                       |
| 17      | 165                  | 87                   | 25                    | 180                    | 320               | 1500            | 400                       |
| 18      | 175                  | 92                   | 35                    | 230                    | 420               | 2000            | 500                       |
| 19      | 185                  | 97                   | 45                    | 280                    | 520               | 2500            | 600                       |
| 20      | 195                  | 102                  | 55                    | 330                    | 620               | 3000            | 700                       |

Таблица 5 – Исходные данные для расчёта вентилятора установки местного проветривания

| Вариант | Макс. число работающих | Кол-во взрыв. ВВ, кг | Длина выработки, м | Кол-во воздуха по сквозн. выаб., м <sup>3</sup> /с | Площадь выработки, м <sup>2</sup> | Время проветривания после взрыва, мин |
|---------|------------------------|----------------------|--------------------|--|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 1       | 3                      | 10                   | 100                | 10   | 6,4                               | 30                                    |
| 2       | 4                      | 20                   | 120                | 12   | 6,4                               | 30                                    |
| 3       | 5                      | 30                   | 140                | 14   | 6,4                               | 30                                    |
| 4       | 6                      | 40                   | 160                | 16   | 6,4                               | 30                                    |
| 5       | 7                      | 50                   | 180                | 18   | 6,4                               | 30                                    |
| 6       | 3                      | 12                   | 110                | 10   | 6,4                               | 30                                    |
| 7       | 4                      | 22                   | 130                | 12   | 6,4                               | 30                                    |
| 8       | 5                      | 32                   | 150                | 14   | 6,4                               | 30                                    |
| 9       | 6                      | 42                   | 170                | 16   | 6,4                               | 30                                    |
| 10      | 7                      | 52                   | 190                | 18   | 6,4                               | 30                                    |
| 11      | 3                      | 14                   | 105                | 11   | 6,4                               | 30                                    |
| 12      | 4                      | 24                   | 125                | 13   | 6,4                               | 30                                    |
| 13      | 5                      | 34                   | 145                | 15   | 6,4                               | 30                                    |

| Вариант | Макс. число работающих | Кол-во взрыв. ВВ, кг | Длина выработки, м | Кол-во воздуха по сквозн. выработ., м <sup>3</sup> /с | Площадь выработки, м <sup>2</sup> | Время проветривания после взрыва, мин |
|---------|------------------------|----------------------|--------------------|---|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 14      | 6                      | 44                   | 165                | 17  | 6,4                               | 30                                    |
| 15      | 7                      | 54                   | 185                | 19  | 6,4                               | 30                                    |
| 16      | 3                      | 16                   | 125                | 11  | 6,4                               | 30                                    |
| 17      | 4                      | 26                   | 135                | 13  | 6,4                               | 30                                    |
| 18      | 5                      | 36                   | 170                | 15  | 6,4                               | 30                                    |
| 19      | 6                      | 46                   | 180                | 17  | 6,4                               | 30                                    |
| 20      | 7                      | 56                   | 200                | 19  | 6,4                               | 30                                    |

### 3.2. 1 Расчёт главной вентиляторной установки шахты

*Исходные данные:*

Шахта рудная, негазовая. Способ проветривания – нагнетательный.

1. Количество людей, работающих в шахте  $n = 160$  чел;
2. Количество взрываемого ВВ – 100 кг;
3. Мощность дизелей погрузочно-доставочных машин 250 л.с. (184 кВт);
4. Глубина воздухоподающего и глубина воздуховыдающего стволов по 300 м;
5. Диаметры стволов  $D = 6$  м;
6. Длина вентиляционного штрека 1500 м;
7. Размеры вентиляционного штрека 2,5х2,5 м;
8. Камера ожидания на 30 чел;
9. Годовая добыча 700 тыс. тонн руды.

### 3.2.2 Расчёт необходимого количества воздуха для проветривания шахты

Расход воздуха для работающих в шахте:

$$Q_1 = 6n / 60 = 6 \cdot 160 / 60 = 16 \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $n = 6 \text{ м}^3/\text{мин}$  – норма расхода воздуха на 1 чел.

Расход воздуха по взрываемому ВВ:

$$Q_2 = \frac{2,25}{60T} \sqrt[3]{\frac{V_{ВВ} \cdot S^2 \cdot \ell^2 \cdot K_{ОБВ}}{K_{УТ}^2}} = \frac{2,25}{60 \cdot 30} \sqrt[3]{\frac{2000 \cdot 6,25^2 \cdot 1500^2 \cdot 0,8}{1,2^2}} = 7,2 \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $V_{ВВ}$  – объём вредных газов, образующихся после взрывания, л;

$$V_{ВВ} = 40 \cdot 100 = 4000 \text{ л},$$

40 – объём газов, образующихся после взрывания 1 кг ВВ, л;

$K_{ОБВ}$  – коэффициент обводненности.

Расход воздуха для камеры ожидания на 30 чел.:

$$Q_3 = 6n / 60 = 6 \cdot 30 / 60 = 3 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расход воздуха по отработанным газам оборудования с дизельным приводом:

$$Q_4 = 5N / 60 = 5 \cdot 250 / 60 = 20,8 \text{ м}^3/\text{с},$$

где 5 – норма расхода воздуха на проветривание отработанных газов на 1 л.с. мощности двигателя, м<sup>3</sup>/мин.

Расход воздуха по минимально допустимой скорости движения воздуха:

$$Q_{MIN} = S \cdot V_{MIN} = 6,25 \cdot 0,17 = 0,73 \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $V_{MIN}$  – минимальная скорость воздуха в горных выработках по ЕПБ, п. 115.

$$V_{MIN} = 0,1P / S = 0,1 \cdot 10 / 6,25 = 0,17 \text{ м/с},$$

$P$  – периметр выработки, м;  $S$  – площадь поперечного сечения выработки, м<sup>2</sup>.

Необходимое количество воздуха для проветривания всей шахты:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 16 + 7,2 + 3 + 20,8 = 47 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расчетная подача вентилятора,  $Q_p$ :

$$Q_p = K_v \cdot Q = 1,2 \cdot 47 = 56,4 \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $K_v$  – коэффициент, учитывающий утечки воздуха через надшахтные сооружения и каналы вентиляторов.

### 3.2.3 Расчёт депрессии шахтной вентиляционной сети

Величина общешахтной депрессии:

$$h_{шт} = K \sum h_B,$$

где  $\sum h_B$  – суммарная расчетная депрессия выработок, образующих струю от устья воздухоподающей выработки до устья выработки с исходящей струей;

$K = 1,25$  – коэффициент, учитывающий депрессию местных сопротивлений.

Аэродинамическое сопротивление штрека:

$$R_{шт} = \frac{\alpha PL}{S^3} = \frac{0,009 \cdot 10 \cdot 1500}{6,25^3} = 0,553 \text{ Нс}^2/\text{м}^6,$$

где  $\alpha$  – коэффициент аэродинамического сопротивления трения, Нс<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>;

$P$  – периметр поперечного сечения выработки, м;

$L$  – длина выработки, м;  $S$  – площадь поперечного сечения штрека, м<sup>2</sup>.

Депрессия штрека:

$$h_{шт} = R_{шт} Q_p^2 = 0,553 \cdot 56,4^2 = 1759 \text{ Па},$$

где  $Q_p$  – расход воздуха по штреку, м<sup>3</sup>/с.

Аэродинамическое сопротивление ствола диаметром 6 м:

$$R_{ст} = \frac{\alpha PL}{S^3} = \frac{0,050 \cdot 18,84 \cdot 300}{28,3^3} = 0,0125 \text{ Нс}^2/\text{м}^6,$$

где  $\alpha$  – коэффициент аэродинамического сопротивления трения ствола, Нс<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>.

Депрессия ствола:



$$h_{CT} = R_{CT} Q^2 = 0,0125 \cdot 56,4^2 = 39,8 \text{ Па.}$$

Общешахтная депрессия:

$$h_{шт} = K \cdot (h_{CT} + h_{шт} + h_{CT}) = 1,25 \cdot (39,8 + 1759 + 39,8) = 2300 \text{ Па.}$$

### 3.2.4 Выбор вентилятора

Принимаем осевой вентилятор ВОД-21: один рабочий и один резервный.

Номинальная подача  $Q_H = 63 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Номинальное статическое давление  $h_H = 2600 \text{ Па}$ .

Максимальный статический КПД  $\eta_H = 0,80$ .

Подача в области промышленного использования  $Q = 20 \div 110 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Статическое давление в области промышленного использования

$$h = 3200 \div 900 \text{ Па}$$

### 3.2.5 Определение действительного режима работы вентилятора

$$h_{MAX} = 2300 \text{ Па} \quad h_{MIN} = 1150 \text{ Па}$$

Коэффициент сопротивления внешней сети при минимальной депрессии:

$$R_{CMIN} = \frac{h_{MIN}}{Q_P^2} = \frac{1150}{56,4^2} = 0,362 \text{ Нс}^2/\text{м}^6$$

Тоже при максимальной депрессии:

$$R_{CMAX} = \frac{h_{MAX}}{Q_P^2} = \frac{2300}{56,4^2} = 0,723 \text{ Нс}^2/\text{м}^6$$

Уравнения сетей:  $H_{CMIN} = R_{CMIN} \cdot Q^2$ ;  $H_{CMAX} = R_{CMAX} \cdot Q^2$

Задаваясь  $Q$ , находим депрессии  $H_C$

Таблица 6

|                             |   |     |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------|---|-----|------|------|------|------|------|------|
| $Q$ , $\text{м}^3/\text{с}$ | 0 | 30  | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   |
| $H_{CMIN}$ , Па             | 0 | 326 | 579  | 905  | 1303 | 1774 | 2317 | 2932 |
| $H_{CMAX}$ , Па             | 0 | 752 | 1158 | 1810 | 2606 | 3548 | 4634 | 5864 |

При  $h_{MIN}$   $\theta = 25^0$   $Q_{DMIN} = 63 \text{ м}^3/\text{с}$   $H_{DMIN} = 1500 \text{ Па}$   $n_{DMIN} = 0,71$

При  $h_{MAX}$   $\theta = 30^0$   $Q_{DMAX} = 61 \text{ м}^3/\text{с}$   $H_{DMAX} = 2600 \text{ Па}$   $n_{DMAX} = 0,79$

Максимально возможные подачи вентилятора ВОД-21 при  $\theta = 45^0$

При  $h_{MIN}$   $Q_5 = 93 \text{ м}^3/\text{с}$

При  $h_{MAX}$   $Q_6 = 72 \text{ м}^3/\text{с}$

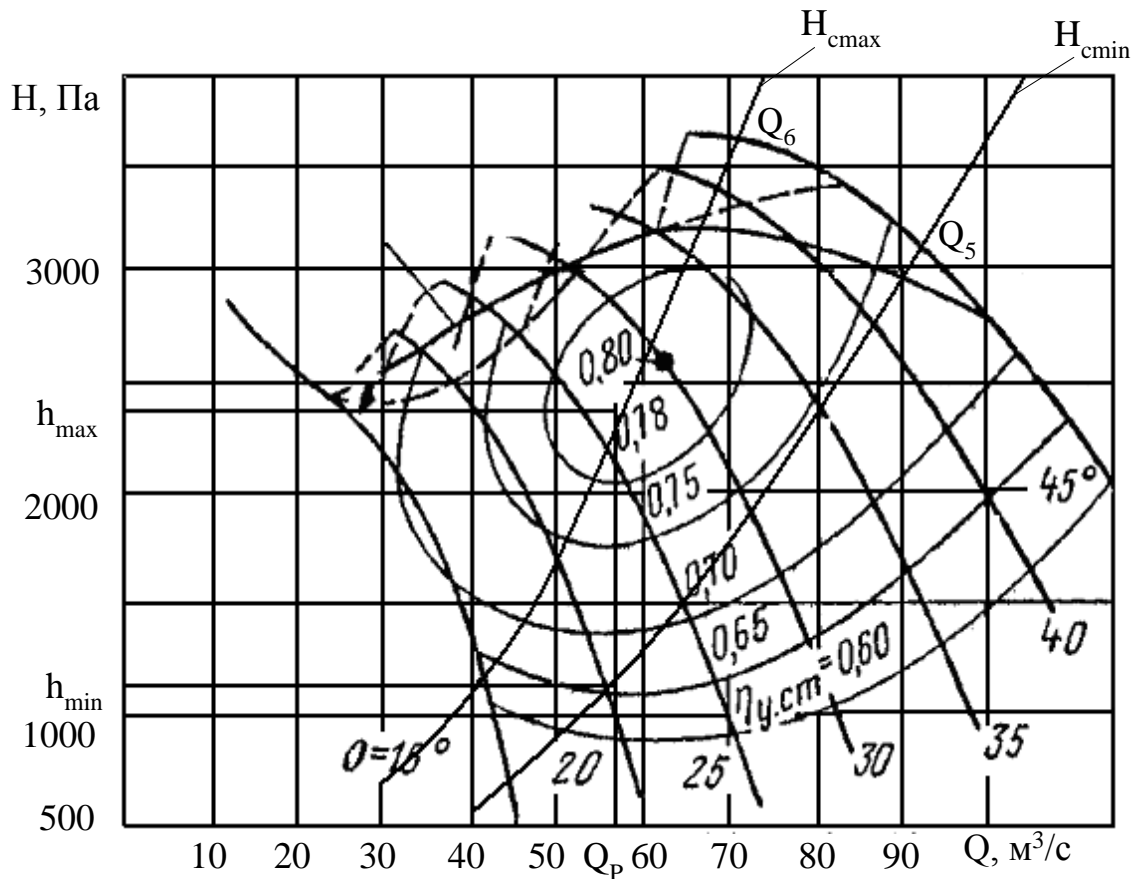


Рисунок 1 – Определение режимов работы вентилятора ВОД-21

Резерв производительности при  $h_{MIN}$  :

$$\Delta Q = Q_5 - Q_P = 93 - 56,4 = 36,6 m^3/c;$$

$$\Delta Q\% = \frac{\Delta Q \cdot 100}{Q_P} = \frac{36,6 \cdot 100}{56,4} = 64,9\%.$$

Резерв производительности при  $h_{MAX}$  :

$$\Delta Q = Q_6 - Q_P = 72 - 56,4 = 15,6 m^3/c;$$

$$\Delta Q\% = \frac{15,6 \cdot 100}{56,4} = 27,7\%.$$

Эквивалентное отверстие шахты:

$$A_{MIN} = \frac{1,19Q}{\sqrt{h_{MAX}}} = \frac{1,19 \cdot 56,4}{\sqrt{2300}} = 1,4 m^2;$$

$$A_{MAX} = \frac{1,19 \cdot Q}{\sqrt{h_{MIN}}} = \frac{1,19 \cdot 56,4}{\sqrt{1150}} = 1,98 m^2.$$

### 3.2.6 Выбор электродвигателя

Расчетная мощность вентилятора при минимальной депрессии:

$$N_{P_{MIN}} = \frac{H_{DMIN} \cdot Q_{DMIN}}{1000 \cdot \eta_{DMIN}} = \frac{1500 \cdot 63}{1000 \cdot 0,71} = 133,1 \text{ кВт.}$$

Тоже при максимальной депрессии:

$$N_{P_{MAX}} = \frac{H_{DMAX} \cdot Q_{DMAX}}{1000 \cdot \eta_{DMAX}} = \frac{2600 \cdot 61}{1000 \cdot 0,79} = 200,8 \text{ кВт.}$$

Расчётная мощность электродвигателя с учётом резерва 15%:

$$N_P = k_3 \cdot N_{P_{MAX}} = 1,15 \cdot 200,8 = 230,9 \text{ кВт.}$$

Принимаем синхронный электродвигатель СД2-87/47-8

$$P_H = 400 \text{ кВт} \quad n_H = 750 \text{ об/мин} \quad \eta_{ЭД} = 94,3\% \quad \cos \varphi = -0,9 \quad \lambda_H = 1,7$$

Среднегодовой расход электроэнергии на вентиляцию шахты

$$E_{\Gamma} = \frac{1,05 \cdot (N_{P_{MIN}} + N_{P_{MAX}}) \cdot 365 \cdot 24}{2 \eta_{CP} \cdot \eta_{ЭД} \cdot \eta_{ЭС}} = \frac{1,05 \cdot (133,1 + 200,8) \cdot 365 \cdot 24}{2 \cdot 0,75 \cdot 0,943 \cdot 0,95} = 2285511 \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

где  $\eta_{CP}$  – средний КПД вентилятора;

$\eta_{ЭД}$  – средний КПД электродвигателя;

$\eta_{ЭС}$  – средний КПД электрической сети.

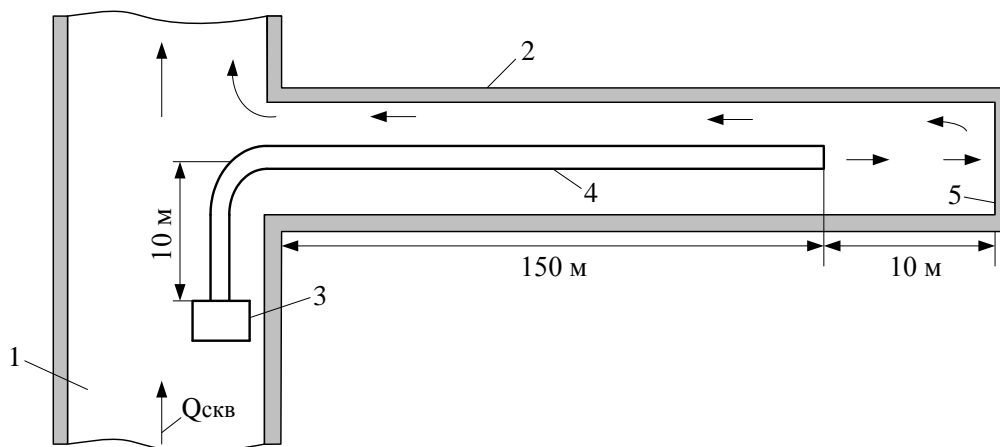
Удельный расход электроэнергии на вентиляцию на 1 т полезного ископаемого

$$e = E_{\Gamma} / A_{\Gamma} = 2285511 / 700000 = 3,265 \text{ кВт}\cdot\text{ч/т.}$$

### 3.3 Расчёт вентилятора установки местного проветривания

*Исходные данные:*

1. Наибольшая длина проходимой выработки  $\ell = 150$  м;
2. Размеры выработки 2,5x2,5 м, площадь поперечного сечения выработки в свету  $S = 6,4 \text{ м}^2$ ;
3. Количество одновременно взрываемого ВВ за 1 цикл проходки  $B = 20$  кг;
4. Время проветривания выработки после взрыва  $T = 30$  мин;
5. Максимальное число одновременно занятых людей  $n = 4$  чел;
6. Количество воздуха по сквозной выработке  $Q_{СКВ} = 10 \text{ м}^3/\text{с}$ .
7. Способ проветривания – нагнетательный.



1 – вентиляционный штрек (сквозная выработка); 2 – тупиковая выработка;  
3 – вентилятор местного проветривания; 4 – вентиляционный воздухопровод; 5 – забой тупиковой выработки

**Рисунок 2 – Схема расположения вентилятора местного проветривания в плане**

### 3.3.1 Определение потребной подачи вентилятора

Количество воздуха по наибольшему числу занятых людей:

$$Q_{\text{Л}} = 6 \cdot n / 60 = 6 \cdot 4 / 60 = 0,4 \text{ м}^3/\text{с},$$

где 6 – норма расхода воздуха на одного человека, м<sup>3</sup>/мин.

Количество воздуха по ядовитым газам, образующимся после взрыва

$$Q_{\text{ВВ}} = \frac{2,25}{60T} \sqrt[3]{\frac{V_{\text{ВВ}} \cdot S^2 \cdot \ell^2 \cdot K_{\text{ОБВ}}}{K_{\text{УТ}}^2}} = \frac{2,25}{60 \cdot 30} \sqrt[3]{\frac{800 \cdot 6,4^2 \cdot 150^2 \cdot 0,8}{1,03^2}} = 4,6 \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $V_{\text{ВВ}}$  – объем вредных газов, образующихся после взрывания, л

$$V_{\text{ВВ}} = 40 \cdot B = 40 \cdot 20 = 800 \text{ л},$$

40 – количество газов, образующихся после взрывания 1 кг ВВ, л;

$K_{\text{ОБВ}}$  – коэффициент обводнённости тупиковой выработки;

$K_{\text{УТ}}$  – коэффициент утечек воздуха из трубопровода

$$K_{\text{УТ}} = 1/\eta = 1/0,97 = 1,03,$$

где  $\eta$  – доставочный коэффициент для текстурных труб диаметром 0,6 м при длине 150 м.

Количество воздуха по минимальной скорости:

$$Q_{\text{МИН}} = S \cdot V_{\text{МИН}} = 6,4 \cdot 0,17 = 1,09 \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $V_{\text{МИН}}$  – минимальная скорость воздуха в горных выработках по ЕПБ п. 115.

$$V_{\text{МИН}} = \frac{0,1 \cdot P}{S} = \frac{0,1 \cdot 11}{6,4} = 0,17 \text{ м/с},$$

$P$  – периметр выработки, м.

Количество воздуха по пылевому фактору (по пыли):

$$Q_{\text{П}} = S \cdot V_{\text{ОПТ}} = 6,4 \cdot 0,6 = 3,84 \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $V_{\text{ОПТ}}$  – оптимальная скорость для выноса пыли, м/с.

Принимаем наибольшее из 4-х значений  $Q = 4,6 \text{ м}^3/\text{с}$ .

### 3.3.2 Проверка принятого количества воздуха по условию $Q_{\text{ВМП}} < 0,7Q_{\text{СКВ}}$

$$0,7Q_{\text{СКВ}} = 0,7 \cdot 10 = 7 \text{ м}^3/\text{с}; \quad Q_{\text{ВМП}} = 4,6 \text{ м}^3/\text{с};$$

Условие выполняется.

### 3.3.3 Выбор диаметра вентиляционного воздухопровода

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V_{\text{ТР}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,6}{3,14 \cdot 15}} = 0,625 \text{ м},$$

где  $V_{\text{ТР}}$  – рекомендуемая скорость движения воздуха в трубопроводе, равная (10÷15) м/с.

Принимаем прорезиненные трубы с диаметром 600 мм типа Мб.

### 3.3.4 Аэродинамическое сопротивление воздухопровода при максимальной длине выработки

$$R = \frac{6,5 \cdot \alpha \cdot \ell}{d^5} = \frac{6,5 \cdot 0,0005 \cdot 150}{0,6^5} = 62,7 \text{ Нс}^2/\text{м}^8,$$

где  $\alpha$  – коэффициент аэродинамического сопротивления для прорезиненных труб  $\alpha = 0,0005 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$ .

### 3.3.5 Необходимая подача вентилятора с учётом утечек

$$Q_P = Q \cdot K_{\text{УТ}} = 4,6 \cdot 1,03 = 4,74 \text{ м}^3/\text{с}.$$

### 3.3.6 Необходимая депрессия вентилятора для максимальной длины трубопровода

$$h_B = K(h_{\text{СТ}} + h_{\text{МС}}) = 1,1(1409 + 19,5) = 1429 \text{ Па},$$

где  $h_{\text{СТ}}$  – депрессия прямолинейного участка трубопровода.

$$h_{\text{СТ}} = R \cdot Q^2 = 62,7 \cdot 4,74^2 = 1408,7 \text{ Па},$$

$h_{\text{МС}}$  – депрессия местных сопротивлений (на поворот трубопровода).

$$h_{\text{МС}} = 0,035 \cdot \delta^2 \cdot V_{\text{ТР}}^2 = 0,035 \cdot 1,57^2 \cdot 15^2 = 19,4 \text{ Па},$$

$\delta$  – угол поворота трубопровода, рад ( $90^\circ = 1,57$  рад).

### 3.3.7 Мощность двигателя вентилятора

$$N = \frac{Q_P \cdot h}{1000 \cdot \eta_B} = \frac{4,74 \cdot 1429}{1000 \cdot 0,65} = 10,42 \text{ кВт},$$

где  $\eta_B$  – КПД вентилятора.

### 3.3.8 Выбор вентилятора

По расчётной производительности и депрессии наиболее подходящим является вентилятор ВМ-6 с параметрами.

Производительность: в области промышленного использования (140÷480) м<sup>3</sup>/мин; (2,3÷8) м<sup>3</sup>/с; в оптимальном режиме 340 м<sup>3</sup>/мин; 5,67 м<sup>3</sup>/с.

Полное давление: в области промышленного использования (340÷75) даПа; в оптимальном режиме 260 даПа.

Максимальный КПД вентилятора  $\eta = 0,76$ .

Потребляемая мощность в области промышленного использования 10÷22,5 кВт.

Предел регулирования давления в оптимальном режиме 120÷295 даПа.

Электродвигатель: ВАО М62-2  $P_n = 24$  кВт,  $n_H = 2950$  об/мин,  $n_{ДВ} = 0,9$ ,  $m = 350$  кг.

### 3.3.9 Продолжительность проходки штрека

$$n_{ПР} = \frac{L}{\ell_{СУТ}} = \frac{150}{3} = 50 \text{ дней,}$$

где  $\ell_{СУТ}$  – суточная проходка при 2-х рабочих сменах по 7 часов каждая, м.

### 3.3.10 Расход электроэнергии на проходку штрека

$$W = \frac{N \cdot n_{ПР} \cdot 14}{\eta_{ДВ} \cdot \eta_C} = \frac{10,42 \cdot 50 \cdot 14}{0,9 \cdot 0,95} = 8548 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

### 3.3.11 Определение сопротивления воздухопроводов различной длины

$$R = \frac{6,5 \cdot a \cdot \ell}{d^5}.$$

Таблица 7 – Определение сопротивления воздухопроводов

|            |      |       |       |
|------------|------|-------|-------|
| $L$ , доли | 1,0  | 0,5   | 0,25  |
| $L$ , м    | 150  | 75    | 37,5  |
| $R$ ,      | 62,7 | 31,35 | 15,68 |

### 3.3.12 Расчёт характеристик сетей при различных длинах воздухопровода

Таблица 8 – Расчёт характеристик сети

|                           |       |       |     |      |      |      |      |
|---------------------------|-------|-------|-----|------|------|------|------|
| $Q$ , м <sup>3</sup> /с   | 1     | 2     | 3   | 4    | 5    | 6    | 7    |
| $Q$ , м <sup>3</sup> /мин | 60    | 120   | 180 | 240  | 300  | 360  | 420  |
| $Q^2$                     | 1     | 4     | 9   | 16   | 25   | 36   | 49   |
| $H = 62,7Q^2$ , Па        | 62,7  | 250,8 | 564 | 1003 | 1568 | 2257 | 3072 |
| $H = 31,35Q^2$ , Па       | 31,35 | 125,4 | 282 | 502  | 784  | 1129 | 1536 |
| $H = 15,68Q^2$ , Па       | 15,68 | 63    | 141 | 251  | 392  | 564  | 768  |

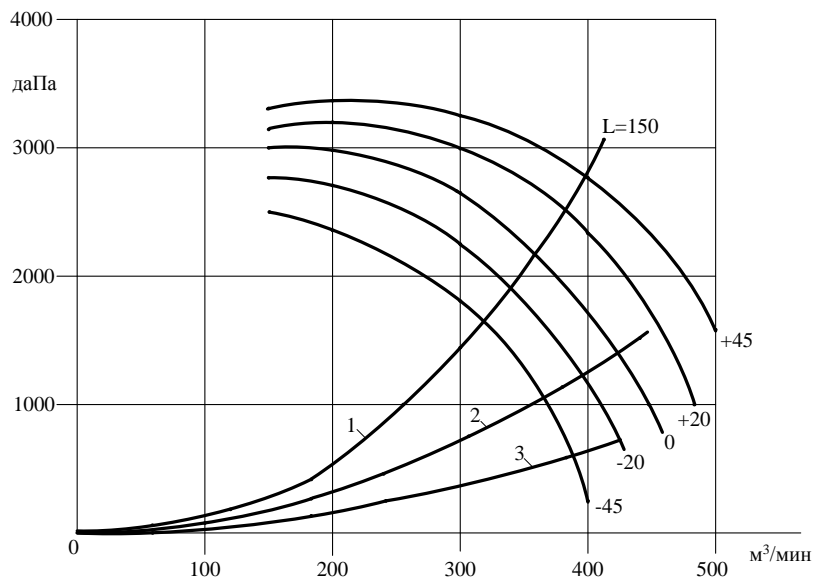
### 3.3.13 Углы установки лопаток направляющего аппарата ВМ-6

При  $L = 150$  м,  $\alpha = -45^\circ$ ,  $Q = 330$  м<sup>3</sup>/мин = 5,5 м<sup>3</sup>/с;

при  $L = 75$  м,  $\alpha = -45^\circ$ ,  $Q = 360$  м<sup>3</sup>/мин = 6 м<sup>3</sup>/с;

при  $L = 37,5$  м,  $\alpha = -45^\circ$ ,  $Q = 380$  м<sup>3</sup>/мин = 6,3 м<sup>3</sup>/с.

1 –  $L = 150$  м; 2 –  $L = 75$  м; 3 –  $L = 37,5$  м



**Рисунок 3 – Совместные характеристики вентилятора ВМ-6 и сетей**

#### **4 Основная учебная литература**

1. Гришко. Стационарные машины : учеб. для вузов по специальности "Горн. машины и оборудование" направления подгот. "Технол. машины и оборудование". - (Высшее горное образование). Т. 2 : Рудничные водоотливные, вентиляторные и пневматические установки, 2007. - 585 с.

#### **5 Дополнительная учебная и справочная литература**

1. Гимельштейн, Леонид Яковлевич. Высоконадежные шахтные реверсивные вентиляторные установки / Леонид Яковлевич Гимельштейн, Илья Самуилович Фрейдлих, 1988. - 100 с.

2. Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом : утв. Госгортехнадзором СССР 30.08.68, 1987. - 95 с. - Цена 0.35

3. Калинушкин, Михаил Павлович . Вентиляторные установки : учеб. пособие для вузов по спец. "Теплогасоснабжение и вентиляция" / Михаил Павлович Калинушкин, 1979. - 223 с.

4. Шахтные вентиляторные установки главного проветривания / Григорий Алексеевич Бабак, К.П. Бочаров, А.Т. Волохов, 1982. - 296 с.

5. Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом : утв. Госгортехнадзором России 21.07.92, 1992. - 109 с.

6. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом: (ПБ-06-111-95): [В 2 кн.]: Утв. Росгортехнадзором России 23.01.95. Кн. 1, 1999. - 260 с.

7. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом: (ПБ-06-111-95): [В 2 кн.]: Утв. Росгортехнадзором России 23.01.95. Кн. 2, 1999. - 225 с.

8. Чудогашев Е. В. Шахтные пневматические установки : учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию / Е. В. Чудогашев, Е. А. Дмитриев, 2008. - 48 с.

9. Ушаков К. А. Шахтные вентиляторные установки с осевыми вентиляторами: аэродинамические характеристики и конструкции : учебное пособие для горных вузов / К. А. Ушаков, А. Р. Бушель, 1958. - 90 с.

10. Вопросы горной механики. (Шахтные вентиляторы и вентиляторные установки, шахтная вентиляция) / отв. ред. В. С. Пак, 1961. - 167 с.



## 6 Приложение А

Таблица А.1 – Технические данные вентиляторов местного проветривания типа ВМ

| Параметры  | ВМ-3М    | ВМ-4М     | ВМ-5М     | ВМ-6М    | ВМ-8М  | ВМ-12М |
|--|----------|-----------|-----------|----------|--------|--------|
| Подача, м <sup>3</sup> /с:                                       |          |           |           |          |        |        |
| номинальная  | 1,0      | 2,0       | 3,17      | 5,67     | 10     | 20     |
| в области промышленного использования                            | 0,7-1,67 | 0,83-2,58 | 1,67-4,67 | 2,33-8,0 | 4,0-13 | 10-32  |
| Полное давление, даПа:   |          |           |           |          |        |        |
| номинальное  | 95       | 130       | 210       | 260      | 280    | 250    |
| в области промышленного использования                            | 100-40   | 145-70    | 240-60    | 340-75   | 420-80 | 380-80 |
| Мощность электродвигателя, кВт                                   | 2,2      | 4,0       | 13        | 242      | 55     | 110    |
| Частота вращения, мин <sup>-1</sup>                              | 2900     | 2900      | 2940      | 2940     | 2960   | 1470   |
| Максимальный полный КПД:   |          |           |           |          |        |        |
| вентилятора  | 0,70     | 0,72      | 0,75      | 0,76     | 0,80   | 0,76   |
| вентиляторного агрегата  | 0,60     | 0,61      | 0,67      | 0,68     | 0,72   | 0,70   |
| Диаметр рабочего колеса, мм                                      | 296      | 396       | 496       | 595      | 700    | 1185   |
| Номинальный внутренний диаметр присоединительного патрубка, мм   | 300      | 400       | 500       | 600      | 800    | 1200   |
| Масса, кг  | 85       | 138       | 250       | 350      | 795    | 2300   |
| Площадь выходного отверстия, м <sup>2</sup>                      | 0,09     | 0,16      | 0,25      | 0,36     | 0,64   | 1,44   |
| Максимальная длина проветривания выработок одним вентилятором, м | 120      | 300       | 400       | 600      | 1000   | 1000   |

Таблица А.2 – Технические данные осевых вентиляторов местного проветривания типа ВМП

| Параметры                                   | ВМП-3М    | ВМП-4М    | ВМП-5М    | ВМП-6М  |
|---|-----------|-----------|-----------|---------|
| Подача, м <sup>3</sup> /с:                  |           |           |           |         |
| номинальная                                 | 1,0       | 1,83      | 3,17      | 6,0     |
| в области промышленного использования       | 0,42-1,67 | 0,75-2,67 | 1,33-4,67 | 2,0-8,0 |
| Полное давление, даПа:                      |           |           |           |         |
| номинальное                                 | 115       | 180       | 190       | 270     |
| в области промышленного использования       | 120-40    | 220-40    | 200-50    | 290-60  |
| Максимальный полный адиабатный КПД агрегата | 0,24      | 0,28      | 0,30      | 0,35    |
| Масса, кг                                   | 50        | 50        | 175       | 270     |

Таблица А.3 – Технические данные центробежных вентиляторов главного проветривания

| Параметр  | Типоразмер вентилятора |           |          |           |           |          |           |           |                             |           |           |                             |             |
|-----------|------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------------------------|-------------|
|           | ВЦ-11М                 | ВЦ-11М    | ВШЦ-16   | ВШЦ-16    | ВЦП-16    | ВЦ-25М   | ВЦ-25М    | ВЦ-31,5М  | ВЦ-31,5М                    | ВЦД-31,5М | ВЦД-47,5У | ВЦД-47,5У                   | ВЦД-47,5У-Р |
| 1100      | 1100                   | 1600      | 1600     | 1600      | 2500      | 2500     | 3150      | 3150      | 3150                        | 4700      | 4700      | 4700                        |             |
| 1500      | 1000                   | 1000      | 750      | 1500      | 750       | 600      | 600       | 500       | 600                         | 500       | 375       | 500                         |             |
| 14        | 9,5                    | 29        | 21,5     | 29        | 62        | 50       | 108       | 90        | 200                         | 400       | 300       | 400                         |             |
| 2710      | 1200                   | 2580      | 1430     | 7060      | 3870      | 2450     | 4200      | 2950      | 5000                        | 6300      | 3800      | 6300                        |             |
| 0,85      | 0,85                   | 0,85      | 0,85     | 0,87      | 0,86      | 0,86     | 0,84      | 0,84      | 0,84                        | 0,85      | 0,85      | 0,85                        |             |
| 5,5-20,5  | 4-13,5                 | 11-42     | 9-31     | 10-46     | 25-95     | 22-77    | 45-160    | 37-134    | 35-305                      | 145-590   | 110-460   | 90-590                      |             |
| 3430-1130 | 1450-510               | 3280-1080 | 1830-600 | 9200-1960 | 4600-1520 | 2900-980 | 5100-1800 | 3580-1300 | 5100-500                    | 8300-2300 | 4900-1200 | 8300-900                    |             |
| 84,5      | 54,8                   | 80,4      | 57,6     | 120,6     | 98,1      | 78,5     | 100,5     | 83,7      | 100,5                       | 124,2     | 93,2      | 124,2                       |             |
| 8         | 8                      | 8         | 8        | 8         | 8         | 8        | 8         | 8         | 8                           | 8         | 8         | 8                           |             |
| 14        | 14                     | 14        | 14       | 14        | 14        | 14       | 20        | 20        | 20                          | 20        | 20        | 20                          |             |
|           |                        | 680       |          |           | 5900      |          | 25000     |           | 37000                       | 170000    |           |                             |             |
| НА        | НА                     | НА        | НА       | НА        | НА        | НА       | НА        | НА        | Изменением частоты вращения | НА        | НА        | Изменением частоты вращения |             |

Таблица А.4 – Технические данные осевых вентиляторов главного проветривания

| Параметр  | Типоразмер вентилятора |         |         |         |         |         |         |
|---|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|   | ВОД-11П                | ВОД-16П | ВОД-21М | ВОД-30М | ВОД-30М | ВОД-40М | ВОД-50  |
| Диаметр рабочего колеса, мм                         | 1100                   | 1600    | 2100    | 3000    | 3000    | 4000    | 5000    |
| Частота вращения рабочего колеса, мин <sup>-1</sup> | 1500                   | 1000    | 750     | 500     | 600     | 375     | 300     |
| Номинальная подача, м <sup>3</sup> /с               | 21                     | 42      | 63      | 140     | 160     | 250     | 350     |
| Номинальное статическое давление, Па                | 3200                   | 3050    | 2600    | 2800    | 3900    | 2450    | 2550    |
| Подача в области                                    | 7-33                   | 12-67   | 20-110  | 50-224  | 60-270  | 86-400  | 104-580 |

| Параметр   | Типоразмер вентилятора                           |          |          |          |           |          |          |
|--|--|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
|  | ВОД-11П  | ВОД-16П  | ВОД-21М  | ВОД-30М  | ВОД-30М   | ВОД-40М  | ВОД-50   |
| промышленного использования,<br>м <sup>3</sup> /с                    |  |          |          |          |           |          |          |
| Статическое давление в области<br>промышленного использования,<br>Па | 3900-1150  | 4300-900 | 3200-900 | 2900-800 | 4200-1200 | 2860-610 | 3220-880 |
| Максимальный статический<br>КПД                                      | 0,81   | 0,79     | 0,80     | 0,80     | 0,80      | 0,80     | 0,815    |
| Окружная скорость по концам<br>лопаток, м/с                          | 82,7   | 82,7     | 82,5     | 78,5     | 94,2      | 98,1     | 78,5     |
| Масса вентилятора, т   | 4,6  | 12       | 13,2     | 32,3     | 32,3      | 50       | 74       |
| Срок службы до списания, лет   | 14   | 14       | 14       | 14       | 14        | 20       | 20       |
| Момент инерции, кгм <sup>2</sup>                                     | 110  | 420      | 2300     | 12800    | 12800     | 40000    | 103000   |
| Число лопаток  | 12   | 12       | 12       | 12       | 12        | 12       | 12       |
| Мощность электродвигателя,<br>кВт                                    | 125  | 2x160    | 500      | 800      | 1000      | 1600     | 2000     |
| Площадь выходного отверстия,<br>м <sup>2</sup>                       | 0,97   | 2,05     | 3,53     | 7,2      | 7,2       | 12,8     | 20       |
| Способ регулирования   | Изменением угла установки лопастей рабочих колес |          |          |          |           |          |          |

Таблица А.5 – Оборудование с дизельным приводом

| № п/п | Назначение                            | Тип            | Мощность |     |
|-------|---------------------------------------|----------------|----------|-----|
|       |                                       |                | л. с.    | кВт |
| 1     | Доставка горной массы из забоев (ПДМ) | ST-1000        | 250      | 187 |
| 2     | Шахтный самосвал                      | ЕТС-416 Д      | 250      | 187 |
| 3     | Буровая установка                     | Boomer-H 282 С | 75       | 55  |
| 4     | Самоходная буровая установка          | Simba H 356 S  | 75       | 55  |
| 5     | Доставка людей и топлива              | Multimesc      | 138      | 102 |
| 6     | Доставка материалов и грузов          | Utimec         | 88       | 65  |

Таблица А.6 – Технические данные синхронных электродвигателей на напряжение 6 кВ, применяемых в качестве привода вентиляторов главного проветривания

| Типоразмер электродвигателя | Мощность, кВт | Частота вращения, мин <sup>-1</sup> | КПД, % | cosφ | $M_{MAX} / M_{НОМ}$ |
|-----------------------------|---------------|-------------------------------------|--------|------|---------------------|
| СД2-85/47-8                 | 400           | 750                                 | 94,3   | 0,9  | 1,7                 |
| СД2-85/57-10                | 500           | 600                                 | 94,0   | 0,9  | 1,7                 |
| СДВ-15-34-12                | 500           | 500                                 | 93,2   | 0,9  | 2,4                 |
| СД2-85/57-8                 | 630           | 750                                 | 94,8   | 0,9  | 1,7                 |
| СДВ-15-39-10                | 800           | 600                                 | 94,3   | 0,9  | 2,2                 |
| СДВ-15-49-12                | 800           | 500                                 | 94,3   | 0,9  | 2,1                 |
| СДВ-15-64-10                | 1250          | 600                                 | 95,3   | 0,9  | 2,2                 |
| СДВ-16-41-12                | 1250          | 500                                 | 94,7   | 0,9  | 2,2                 |
| СДС3-17-41-16               | 1600          | 375                                 | 94,6   | 0,9  | 2,1                 |
| СДС3-18-39-20               | 2000          | 300                                 | 94,8   | 0,9  | 2,0                 |
| СДС3-2-17-76-12             | 4000          | 500                                 | 95,5   | 0,9  | 2,0                 |

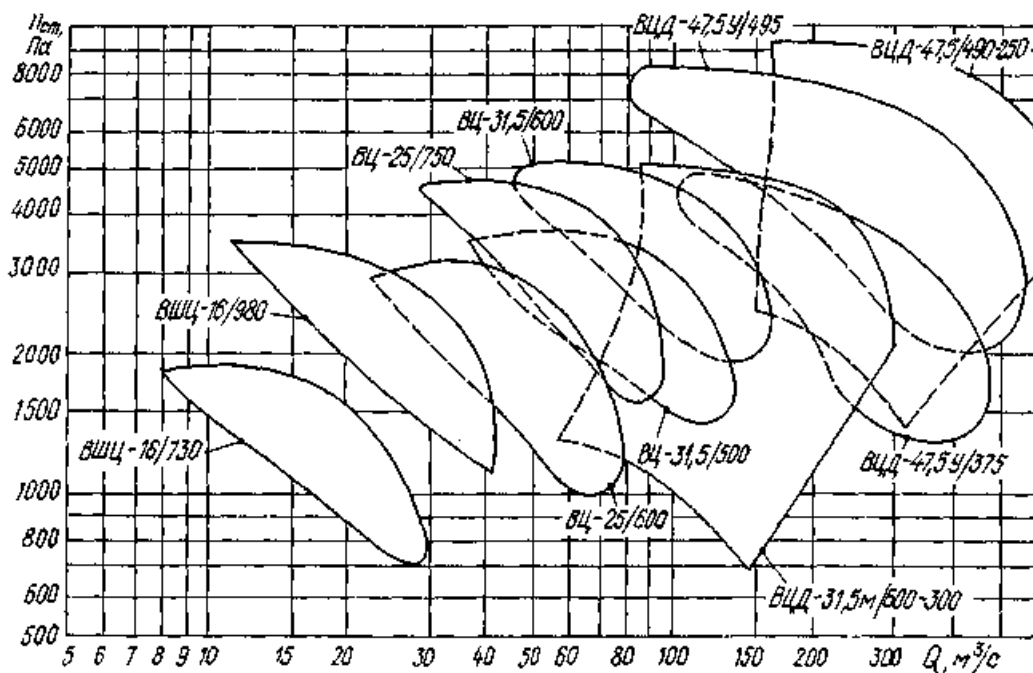
Таблица А.7 – Электродвигатели осевых вентиляторов

| Тип вентилятора | Тип электродвигателя             | Мощность, кВт | Частота вращения, об/мин | Напряжение, В |
|-----------------|----------------------------------|---------------|--------------------------|---------------|
| ВОД-11          | 4А-280М                          | 132           | 1460                     | 380/680       |
| ВОД-16          | А0103-6М                         | 2х160         | 985                      | 380           |
| ВОД-21          | СД-2-85/47-874                   | 500           | 750                      | 6000          |
| ВОД-30          | СДВ-15-49-12У3 или СДС-15-49-10Р | 800           | 500                      | 6000          |
|                 |                                  | 1250          | 600                      | 6000          |
| ВОД-40          | СДС3-17-41-16-УА                 | 1600          | 375                      | 6000          |
| ВОД-50          | СДС3-18-39—20УА                  | 2000          | 300                      | 6000          |

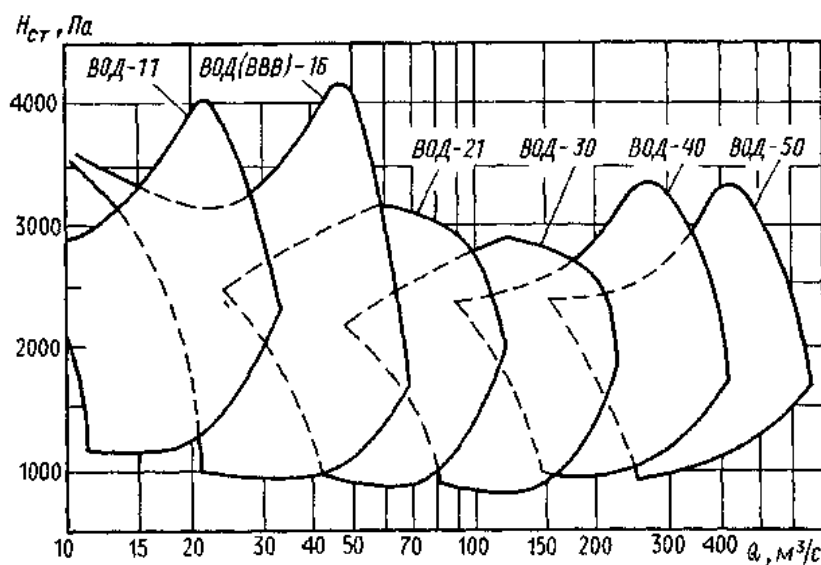
Таблица А.8 – Электродвигатели центробежных вентиляторов

| Тип вентилятора | Тип электродвигателя | Мощность, кВт | Частота вращения, об/мин | Напряжение, В |
|-----------------|----------------------|---------------|--------------------------|---------------|
| ВЦ-11М          | А02-82-4У3           | 55            | 1460                     | 380           |
| ВЩЦ-16          | АО-102-6М            | 125           | 980                      | 380           |
| ВЦ-25           | СД2-85/57-8У4        | 630           | 750                      | 6000          |
|                 | СД2-85/57-10У4       | 500           | 600                      | 6000          |
| ВЦ-31,5М        | СДВ-15-34-10У3       | 800           | 600                      | 6000          |
|                 | СДВ-15-39-12У3       | 500           | 500                      | 6000          |

| Тип вентилятора | Тип электродвигателя | Мощность, кВт | Частота вращения, об/мин | Напряжение, В |
|-----------------|----------------------|---------------|--------------------------|---------------|
|                 | АКН-2-15-69-10У4     | 800           | 590                      | 6000          |
| ВЦД-31,5М       | СДВ-15-64-10У3       | 1250          | 600                      | 6000          |
|                 | СДВС-16-41-12У3      | 1250          | 500                      | 6000          |
|                 | АКН-2-16-69-10У4     | 1250          | 590                      | 6000          |
| ВЦД-40          | АКН-2-16-69-10У4     | 2x1600        | 590                      | 6000          |
| ВЦД-47          | АКС-17-76-12 и       | 3200          | 490                      | 6000          |
|                 | МП-1600-400          | 1600          | 490                      | 750           |



**Рисунок А.1 – Сводные графики областей промышленного использования центробежных вентиляторов главного проветривания**



**Рисунок А.2 – Сводные графики областей промышленного использования осевых вентиляторов главного проветривания типа ВОД**

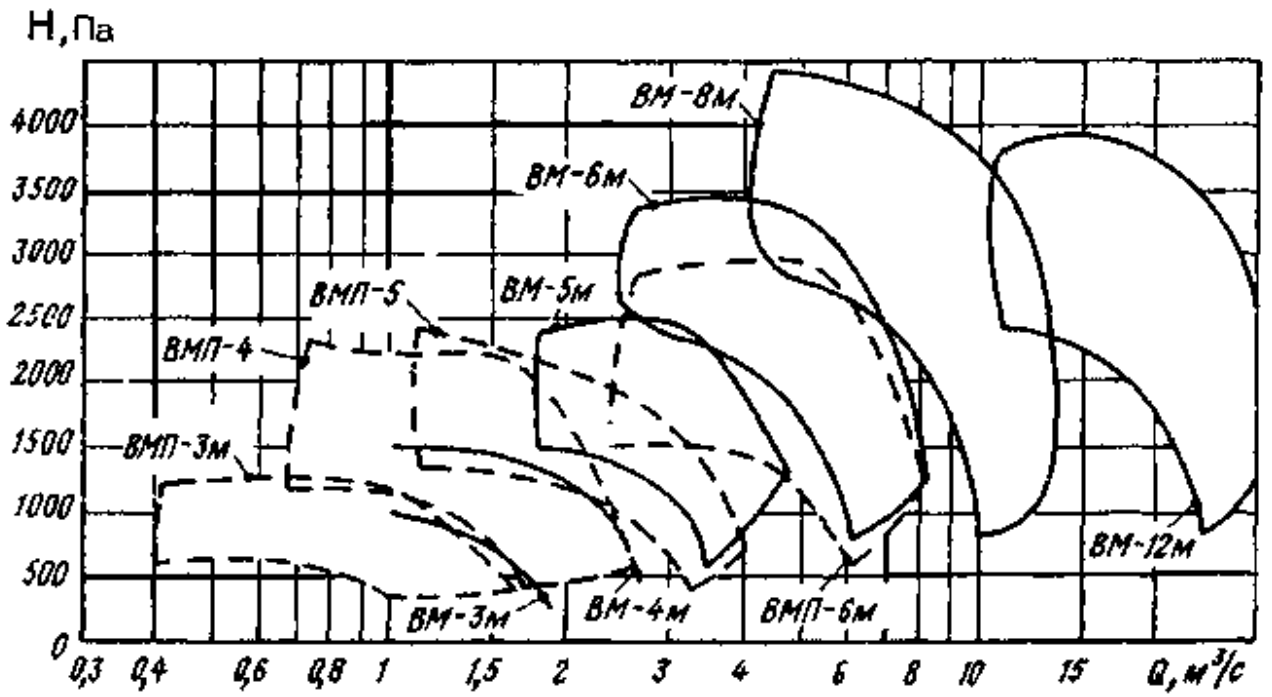


Рисунок А.3 – Сводные графики областей промышленного использования осевых вентиляторов местного проветривания