

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

Горный институт

Кафедра строительства подземных сооружений и шахт

**В.В. Першин, М.Д. Войтов,
А.Б. Сабанцев, П.М. Будников**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТВОЛА

Методические указания расчетно-графической работе №1

Рекомендовано учебно-методической комиссией
специальности 130400.65 «Горное дело»
в качестве электронного издания
для самостоятельной работы

КЕМЕРОВО 2013

Рецензенты:

Копытов А. И. – д.т.н., профессор кафедры строительства подземных сооружений и шахт.

Дементьев А. В. – к.т.н., доцент кафедры строительства подземных сооружений и шахт.

Першин В. В. – председатель учебно-методической комиссии направления подготовки 130400.65 «Горное дело», специализации 130405.65 «Шахтное и подземное строительство»

Першин Владимир Викторович. Определение площади поперечного сечения вертикального ствола. [Электронный ресурс]: методические указания к расчетно-графической работе №1 по дисциплине «Основы горного дела (строительная геотехнология)» для студентов специальности 130400.65 «Горное дело», специализаций 130401.65 «Подземная разработка пластовых месторождений», 130404.65 «Маркшейдерское дело», 130405 «Шахтное и подземное строительство», 130412.65 «Технологическая безопасность и горно-спасательное-дело» очной формы обучения / В. В. Першин, М. Д. Войтов, А. Б. Сабанцев, П. М. Будников. – Электрон. дан. – Кемерово : КузГТУ, 2013. – Систем. требования: Pentium IV; ОЗУ 32 Мб; Windows XP; мышь. – Загл. с экрана.

Включает краткое ознакомление с определением размеров поперечного сечения вертикального ствола, рассмотрен пример расчета определения размеров поперечного сечения вертикального ствола, а также список учебной литературы.

© КузГТУ
© Першин В. В.
© Войтов М. Д.
© Сабанцев А. Б.
© Будников М. П.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Основы горного дела (строительная геотехнология)» относится к базовой части профессионального цикла и опирается на знания геологии, начертательной геометрии, инженерной графики, физики, математики.

Целями изучения дисциплины «Основы горного дела (строительная геотехнология)» являются формирование у студентов представления о будущей профессии и получении базовых знаний об основных принципах строительства горных выработок, а также горнотехнических зданий и сооружений.

Дисциплина «Основы горного дела (строительная геотехнология)» формирует теоретические знания, практические навыки, вырабатывает компетенции, которые дают возможность выполнять следующие виды профессиональной деятельности: производственно-технологическую; проектную; научно-исследовательскую; организационно-управленческую.

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

✓ использование нормативных и инструктивных документов в своей деятельности, а именно: знать отраслевые нормативные и инструктивные документы; уметь: ориентироваться в научно-технической литературе освещающей вопросы строительной геотехнологии; владеть: отраслевыми правилами безопасности (ПБ), сводами правил (СП), строительными нормами и правилами (СНиП), а также техническим регламентом о безопасности зданий и сооружений;

✓ владение основными принципами проектирования производства и организации процессов строительной геотехнологии, а именно: знать классификацию способов и схем строительства горных выработок; процессы и технологии горнопроходческих работ; здания и сооружения на поверхности шахт; уметь выбирать и рассчитывать основные параметры процессов строительной геотехнологии; владеть основными принципами технологии строительства и эксплуатации подземных и наземных объектов.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТВОЛА

1.1 Определение подъемных сосудов

Размеры поперечного сечения стволов обуславливаются их назначением и техническим оснащением. Эти размеры определяют расчетно-графическим путем в зависимости от следующих факторов:

- ✓ размеров размещаемых в стволе подъемных сосудов (скипов, клетей), которые, в свою очередь, зависят от производственной мощности горного предприятия, объемов выдаваемой на поверхность пустой породы;
- ✓ размеров элементов армировки (расстрелов и проводников);
- ✓ зазоров между крепью и подъемными сосудами, подъемными сосудами и элементами армировки, установленных Правилами безопасности;
- ✓ размеров лестничного и кабельно-трубного отделений.

Принимаемый типоразмер подъемных сосудов должен соответствовать массе груза, который необходимо поднять из шахты за один раз, и непосредственно зависит от производительности подъемной установки.

Производительность подъемной установки $A_{\text{ч}}$, т/ч, определяется по формуле

$$A_{\text{ч}} = \frac{k_p A}{N_{\text{д}} t},$$

где k_p – коэффициент резерва подъема, учитывающий возможность увеличения добычи по сравнению с проектной, а также неравномерность поступления грузов к стволу (в угольной промышленности $k_p = 1,5$ для последнего проектируемого горизонта, в горнорудной промышленности $k_p = 1,15-1,25$); A – годовая проектная мощность шахты, т/год; $N_{\text{д}}$ – число рабочих дней в году по выдаче полезного ископаемого, при шести рабочих днях в неделю $N_{\text{д}} = 300$ дней, а при пяти рабочих днях в неделю $N_{\text{д}} = 260$ дней; t –

число часов работы подъемной установки по выдаче полезного ископаемого в сутки (исходя из трехсменной работы, $t = 18$ ч).

Масса одновременно поднимаемого полезного груза:

– для угольных шахт

$$Q_y = \frac{4\sqrt{H_{\text{п}} + \Theta}}{3600} A_{\text{ч}};$$

– для рудных шахт

$$Q_p = 0,0057^4 \sqrt[4]{H_{\text{п}} A_{\text{ч}}},$$

где $H_{\text{п}}$ – высота подъема, определяемая по формуле

$$H_{\text{п}} = h_{\text{ст}} + h_{\text{а}} + h_{\text{п}};$$

$h_{\text{ст}}$ – глубина ствола от устья ствола до уровня почвы околоствольного двора, м; $h_{\text{п}}$ – высота приемной площадки (при скиповом подъеме берется в пределах от 20 до 32 м, при неопрокидных клетях – от 6 до 12 м; $h_{\text{п}} = 0$ м, если приемная площадка устроена на уровне устья ствола); $h_{\text{а}}$ – высота загрузки скипа у подъемного бункера, $h_{\text{а}} = 15\text{--}20$ м (для клетей $h_{\text{а}} = 0$ м); Θ – время, затрачиваемое на загрузку и разгрузку подъемных сосудов, с: при вместимости скипа до 5 м^3 – $\Theta = 7$ с; при вместимости скипа больше 5 м^3 число секунд на загрузку и разгрузку равно числу вместимости скипа в кубических метрах. Для одноэтажных клетей с вагонеткой вместимостью $1,3 \text{ м}^3$ – $\Theta = 12$ с; $2,5\text{--}4 \text{ м}^3$ – $\Theta = 15$ с; $5,6\text{--}8 \text{ м}^3$ – $\Theta = 18\text{--}20$ с; для двухэтажных клетей при тех же вместимостях вагонеток Θ соответственно 30, 35 и 40 с при постоянном радиусе навивки и 45, 50 и 55 с при переменном радиусе навивки.

По полученным массам одновременно поднимаемого полезного груза, определенным по вышеприведенным формулам, подбирают необходимый типоразмер скипа (прил. А, табл. 1) или клетки (прил. А, табл. 2). По этим же таблицам устанавливают размеры подъемных сосудов.

Выбирают сетку расстрелов из числа типовых, а также величину необходимых зазоров по ПБ [1, § 402], размеры расстрелов и проводников – с учетом рекомендации в книге [2, с. 337].

1.2 Армирование вертикального ствола

Армирование ствола представляет собой пространственную конструкцию, которая размещается по всей глубине ствола и используется для заданного и безопасного направления подъемных сосудов (скапов, клетей) при движении их по стволу.

В зависимости от конструкции применяемой армировки она может быть жесткой или гибкой (канатной).

Жесткая армировка состоит из расстрелов и проводников (направляющих).

Расстрелы – горизонтально уложенные балки, закрепляемые в крепи ствола. Расстрелы являются основными несущими элементами армировки.

Проводники служат для перемещения в заданном направлении подъемных сосудов. Проводники крепят к расстрелам. Расстрелы располагают в одной горизонтальной плоскости в стволе, которая называется *ярусом армировки*. Расстояние между ярусами армировки принимается постоянным и называется *шагом армировки*.

При *гибкой армировке* в качестве проводника применяются канаты, и тогда расстрелы исключаются.

Рассмотрим элементы жесткой армировки, представленных на рисунке 1.1.

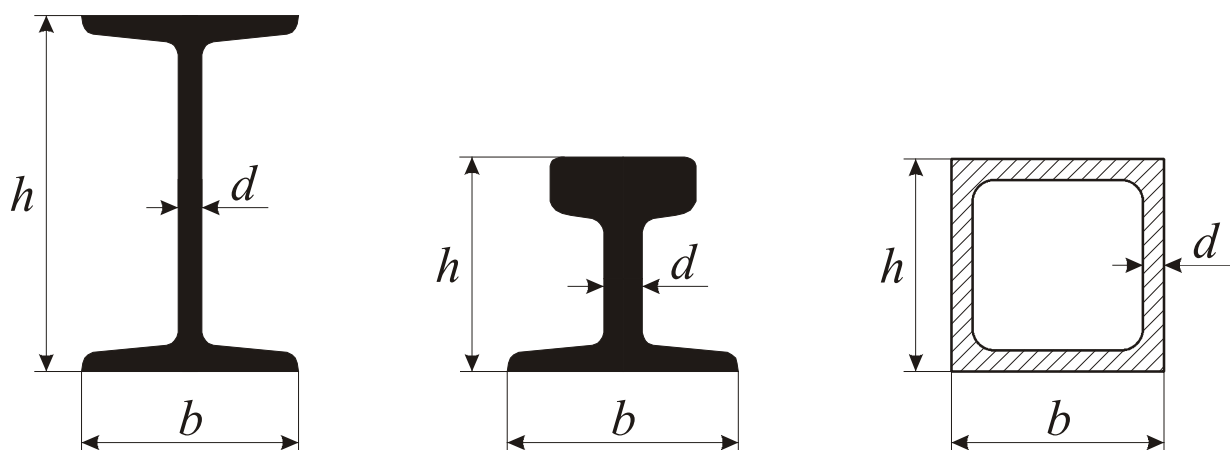


Рисунок 1.1 – Элементы жесткой армировки

1.3 Определение размеров вертикального ствола графическим способом

Для определения размеров сечения ствола графическим способом на бумагу в масштабе наносят сетку расстрелов и располагают оборудование (подъемные сосуды, лестничное и трубное отделения) с учетом необходимых зазоров. Вокруг этого оборудования описывают окружность с учетом зазоров между крепью и сосудами (рисунок 1.2).

Для этого необходимо найти три точки, не лежащие на одной прямой и находящиеся в одной горизонтальной плоскости, так как только в этом случае можно провести единственную окружность, которая будет искомой.

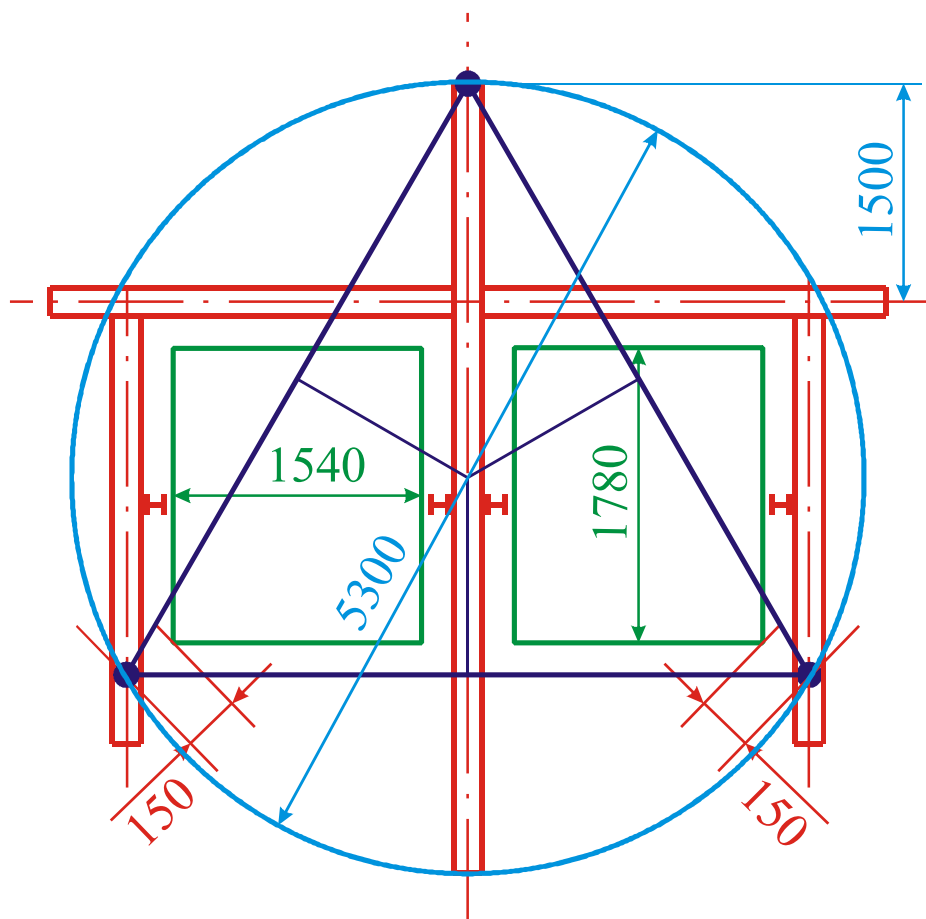


Рисунок 1.2 – Графическое определение диаметра ствола

Таковыми точками могут быть точки, отстоящие от выступающих частей оборудования (обычно углов скипов, клетей, противовесов) на расстоянии не менее 150 мм, а также точка, отстоящая на 1,5–1,57 м от середины расстрела, отделяющего лестничное и трубокабельное отделение. Затем, согласно принятому масштабу, определяют диаметр этой окружности, т.е. диаметр ствола в свету. По этому диаметру принимают ближайшее большее типовое сечение ствола, которое проверяют на скорость движения воздуха. Это сечение не должно превышать норм, установленных ПБ [1, § 235, табл. 3.2].

Скорость движения вентиляционной струи V_B , м/с, определяют по формуле

$$V_B = \frac{Q}{S_{св} k} \leq V_{доп},$$

где Q – количество подаваемого воздуха в ствол, м³/с; $S_{св}$ – площадь поперечного сечения ствола в свету, м²; k – коэффициент, учитывающий уменьшение полезной площади поперечного сечения ствола, за счет наличия в стволе армировки и подъемных сосудов, $k = 0,75–0,8$; $V_{доп}$ – максимально допустимая скорость движения воздуха в стволе, м/с, значения которой представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Допустимая скорость движения воздуха

Горные выработки	Максимальная скорость воздуха, м/с
Вентиляционные скважины	Не ограничена
Стволы и вентиляционные скважины с подъемными установками, предназначенные для подъема людей в аварийных случаях, вентиляционные каналы	15
Стволы для спуска и подъема только грузов	12
Стволы для спуска и подъема людей и грузов	8

Рассчитанная величина скорости должна удовлетворять неравенству. Если $V_B > V_{доп}$, то следует принимать другой типораз-

мер сечения ствола, соответствующий требованиям ПБ.

Сечение стволов круглой формы типизировано и в горнодобывающих отраслях промышленности колеблется в пределах 4–9 м в свету через каждые 0,5 м.

Так, на шахтах средней производственной мощности (1,0–1,5 млн.т/год) в основном предусматривают стволы диаметром в свету 5,5–6,5 м, а на шахтах большой производственной мощности (2,4–3 млн.т/год) 7–8 м. Стволы диаметром менее 5,5 м обычно располагают на флангах шахтного поля для вентиляции и запасного выхода.

Проверка сечения ствола по минимальному расходу воздуха

$$Q_{\min} = V_{\min} S_{\text{св}},$$

где V_{\min} – минимально допустимая скорость движения воздушной струи воздуха по выработке, $V_{\min} \leq 0,15$ м/с.

Проверка сечения ствола по максимальному расходу воздуха

$$Q_{\max} = V_{\max} S_{\text{св}},$$

где V_{\max} – максимальная скорость движения воздуха, м/с.

Из условия оптимизации диаметра ствола по максимальному расходу воздуха, принимая во внимание количество проходящего по стволу воздуха, заданное по условию проекта и равное, можно представить

$$Q_{\max} > Q_{\text{доп}} > Q_{\min}.$$

Это показывает правильность выбора диаметра ствола по фактору проветривания.

2. ТИПОВАЯ ЗАДАЧА С РЕШЕНИЕМ

Исходные данные:

Осуществляется строительство вертикального клетового ствола глубиной 518 м. Годовая проектная мощность шахты – 1,8 млн.т/год, количество воздуха при эксплуатации – 285 м³/мин. Необходимо определить размеры поперечного сечения вертикального ствола.

Решение:

Производительность подъемной установки $A_{\text{ч}}$, т/ч, определяется по формуле

$$A_{\text{ч}} = \frac{k_p A}{N_{\text{д}} t},$$

где k_p – коэффициент резерва подъема, учитывающий возможность увеличения добычи по сравнению с проектной, а также неравномерность поступления грузов к стволу, $k_p = 1,5$; A – годовая проектная мощность шахты, $A = 1,8 \cdot 10^6$ т/год; $N_{\text{д}}$ – число рабочих дней в году по выдаче полезного ископаемого, $N_{\text{д}} = 300$ дней; t – число часов работы подъемной установки по выдаче полезного ископаемого в сутки, $t = 18$ ч;

$$A_{\text{ч}} = \frac{1,5 \cdot 1,8 \cdot 10^6}{300 \cdot 18} = 500 \text{ т/ч.}$$

Масса одновременно поднимаемого полезного груза для угольных шахт

$$Q_y = \frac{4\sqrt{H_{\text{п}} + \Theta}}{3600} A_{\text{ч}};$$

где $H_{\text{п}}$ – высота подъема, определяемая по формуле

$$H_{\text{п}} = h_{\text{ст}} + h_{\text{а}} + h_{\text{п}};$$

$h_{\text{ст}}$ – глубина ствола от устья ствола до уровня почвы околоствольного двора, $h_{\text{ст}} = 518$ м; $h_{\text{п}}$ – высота приемной площадки, $h_{\text{п}} = 0$ м; $h_{\text{а}}$ – высота загрузки скипа у подъемного бункера, $h_{\text{а}} = 0$ м;

$$H_{\text{п}} = 518 + 0 + 0 = 518 \text{ м};$$

Θ – время, затрачиваемое на загрузку и разгрузку подъемных сосудов, с: при вместимости скипа до 5 м^3 – $\Theta = 15$ с;

$$Q_y = \frac{4\sqrt{518 + 15}}{3600} \cdot 500 = 14,72 \text{ м}^3;$$

По полученным массам одновременно поднимаемого полезного груза, подбирают необходимый типоразмер клетки по прил. А табл. 2. По этой же таблице устанавливают размеры подъемных сосудов.

Принимается две клетки УКО4Г-1И: ширина – 1936 мм; длина – 4000 мм; масса – 6560 кг.

Выбирают сетку расстрелов из числа типовых, а также величину необходимых зазоров по ПБ [1, § 402, табл. 4.4], размеры расстрелов и проводников – с учетом рекомендации в книге [2].

Для определения размеров сечения ствола графическим способом на бумагу в масштабе наносим сетку расстрелов с расположением оборудования с учетом необходимых зазоров. Вокруг этого оборудования описываем окружность с учетом зазоров между крепью и сосудами (см. рисунок 2.1).

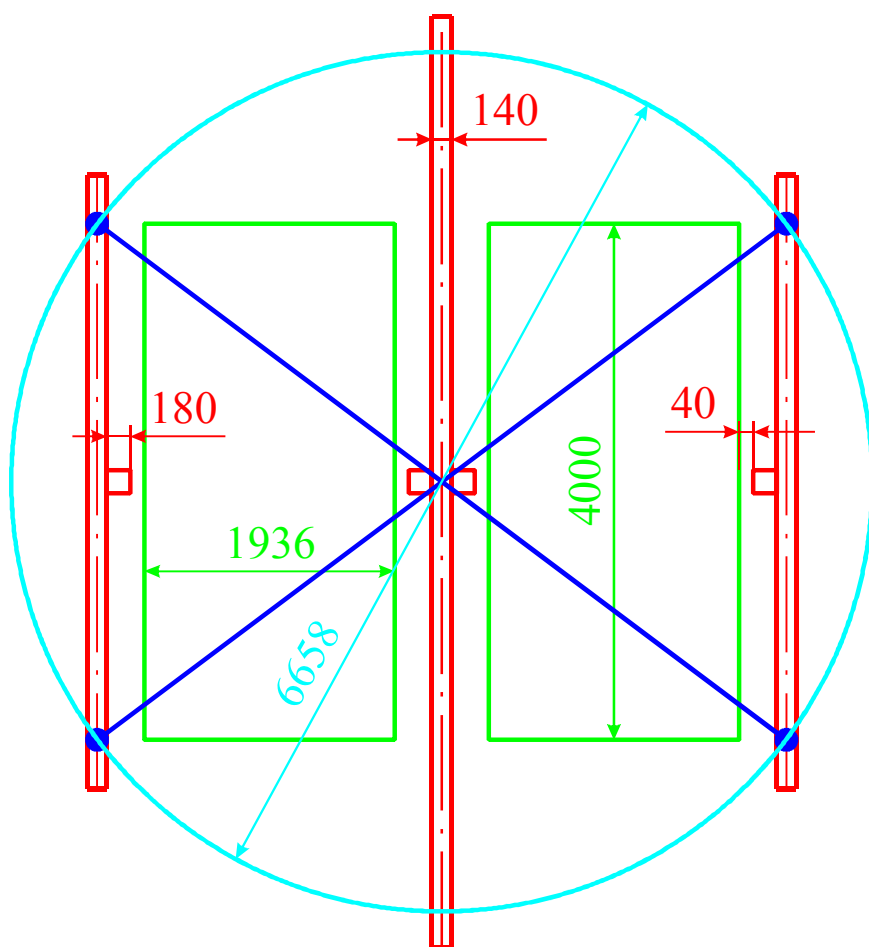


Рисунок 2.1 – Графическое определение диаметра ствола

Окончательно принимаем для дельнейших расчетов, согласно типоразмерам стволов $D_{\text{св}} = 7,0$ м.

Скорость движения вентиляционной струи $V_{\text{в}}$, м/с, определяют по формуле

$$V_{\text{в}} = \frac{Q}{S_{\text{св}} k} \leq V_{\text{доп}},$$

где Q – количество подаваемого воздуха в ствол, $Q = 285 \text{ м}^3/\text{мин} = 4,75 \text{ м}^3/\text{с}$; $S_{\text{св}}$ – площадь поперечного сечения ствола в свету, $S_{\text{св}} = 38,47 \text{ м}^2$; k – коэффициент, учитывающий уменьшение полезной площади поперечного сечения ствола, за счет наличия в стволе армировки и подъемных сосудов, $k = 0,8$; $V_{\text{доп}}$ – максимально допустимая скорость движения воздуха в стволе, $V_{\text{доп}} = 8 \text{ м/с}$;

$$V_{\text{в}} = \frac{4,75}{38,47 \cdot 0,8} = 0,15 \leq 8 \text{ (м/с)}.$$

Проверка сечения ствола по минимальному расходу воздуха

$$Q_{\text{min}} = V_{\text{min}} S_{\text{св}},$$

где V_{min} – минимально допустимая скорость движения воздушной струи воздуха по выработке, $V_{\text{min}} \leq 0,15 \text{ м/с}$;

$$Q_{\text{min}} = 0,15 \cdot 38,47 = 5,77 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Проверка сечения ствола по максимальному расходу воздуха

$$Q_{\text{max}} = V_{\text{max}} S_{\text{св}},$$

где V_{max} – максимальная скорость движения воздуха, $V_{\text{max}} = 8 \text{ м/с}$;

$$Q_{\text{max}} = 8 \cdot 38,47 = 307,76 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Из условия оптимизации диаметра ствола по максимальному расходу воздуха, принимая во внимание количество проходящего по стволу воздуха, заданное по условию проекта и равное, можно представить

$$Q_{\max} > Q_{\text{доп}} > Q_{\min};$$

$$307,76 > 8 > 5,77 \text{ (м}^3\text{/с)}.$$

Это показывает правильность выбора диаметра ствола по фактору проветривания. Окончательно принимается диаметр ствола в свету 7 м.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица 1 – Характеристики скипов

Типоразмер скипа	Вместимость скипа, м ³	Размеры в плане, мм		Масса, кг
		ширина	длина	
С-6НМ	5,0	1700	1920	10230
С-7НМ	9,5	1540	1780	10920
С-12НМ	9,5	1540	1780	13000
С-14НМ	9,0	1700	1920	12100
С-9НМ	11,0	1540	1780	11700
С-16НМ	11,0	1540	1780	12550
С-18НМ	11,0	1700	1920	11140
С-ПНМ	11,0	1740	1980	13200
С-20НМ	11,0	1740	1980	13000
С-22НМ	15,0	1700	1920	13880
С-13НМ	15,0	1740	1980	14860

Таблица 2 – Характеристики скипов

Типоразмер клетки	Грузоподъемность, т	Размеры в плане, мм		Масса, кг	Тип вагонетки
		ширина	длина		
Опрокидные (унифицированные) клетки					
УКОЗ,6Г-2		1840	3600	5210	ВГ2,5-900
УКО4Г-1И		1936	4000	6560	ВГ3,3-900
УКО4Г-2		1936	4000	6580	ВГ3,3-900
Неопркидные клетки для многоканатного подъема					
2КН4-2	110	1500	4000	13000	ВГ2,5-900 ВГ3,3-900
2КН5,2-2	140	1650	5200	16600	ВД3,3-900
Неопркидные клетки для одноканатного подъема					
1УКНЗ,6Г-1	53	1400	3600	2815	ВГ2,5-900
1УКНЗ,6Г-2	53	1400	3600	2875	ВГ2,5-900
1УКНЗ,6Г-3	53	1400	3600	2900	ВГ2,5-900
2УКНЗ,6Г-1	105	1400	3600	2860	ВГ2,5-900

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица 1 – Задание на выполнение расчетно-графической работы №1

Вариант	Назначение ствола	Глубина ствола, м	Годовая проектная мощ- ность шахты, млн.т/год	Количество воздуха при эксплуатации, м³/мин
1.	скиповой	420	1,5	285
2.	клетевой	428	1,8	258
3.	скипо-клетевой	423	2,1	318
4.	вентиляционный	560	1,2	401
5.	вентиляционный	500	1,2	356
6.	скиповой	400	1,5	346
7.	скиповой	548	1,8	291
8.	клетевой	438	1,5	316
9.	скипо-клетевой	431	2,1	323
10.	клетевой	628	2,4	292
11.	скипо-клетевой	488	2,1	319
12.	вентиляционный	447	1,5	346
13.	вентиляционный	584	1,8	315
14.	скиповой	426	1,5	410
15.	скиповой	462	1,2	418
16.	скиповой	391	1,2	385
17.	клетевой	518	2,1	351

Продолжение таблицы 1

Вариант	Назначение ствола	Глубина ствола, м	Годовая проектная мощ- ность шахты, млн.т/год	Количество воздуха при эксплуатации, м³/мин
18.	скипо-клетевой	470	1,8	372
19.	вентиляционный	476	1,5	413
20.	клетевой	398	1,5	346
21.	скиповой	471	1,5	390
22.	клетевой	522	1,8	415
23.	скипо-клетевой	596	2,1	400
24.	вентиляционный	468	1,2	285
25.	клетевой	315	1,2	318
26.	скиповой	556	1,5	258
27.	скиповой	477	1,8	356
28.	клетевой	594	1,5	401
29.	скипо-клетевой	457	2,1	291
30.	клетевой	367	2,4	346
31.	скипо-клетевой	402	2,1	316
32.	вентиляционный	457	1,5	292
33.	вентиляционный	594	1,8	323
34.	скиповой	443	1,5	346
35.	скиповой	341	1,2	319
36.	скиповой	414	1,2	410
37.	клетевой	516	2,1	315

Продолжение таблицы 1

Вариант	Назначение ствола	Глубина ствола, м	Годовая проектная мощ- ность шахты, млн.т/год	Количество воздуха при эксплуатации, м³/мин
38.	скипо-клетевой	672	1,8	385
39.	вентиляционный	556	1,5	418
40.	клетевой	297	1,5	372
41.	клетевой	483	1,8	351
42.	вентиляционный	492	1,5	346
43.	скипо-клетевой	721	2,1	413
44.	клетевой	508	2,4	415
45.	скиповой	402	2,1	390
46.	вентиляционный	554	1,5	400
47.	скиповой	452	1,8	410
48.	вентиляционный	646	1,5	315
49.	вентиляционный	433	1,2	346
50.	клетевой	412	1,2	319
51.	скипо-клетевой	491	2,1	292
52.	скиповой	510	1,8	323
53.	клетевой	572	1,5	316
54.	скипо-клетевой	471	1,5	291
55.	вентиляционный	452	1,8	346
56.	вентиляционный	407	2,1	356
57.	скиповой	460	1,2	401

Продолжение таблицы 1

Вариант	Назначение ствола	Глубина ствола, м	Годовая проектная мощ- ность шахты, млн.т/год	Количество воздуха при эксплуатации, м³/мин
58.	скиповой	467	1,2	318
59.	вентиляционный	376	1,5	258
60.	клетевой	518	1,8	285

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила безопасности при строительстве подземных сооружений (ПБ 03-428–02). Серия 03. Выпуск 12 / Коллектив авторов. – М. : Научно-технический центр «Промышленная безопасность», 2009. – 408 с.

2. Справочник инженера-шахтостроителя : в 2 т. Т 1 / М. И. Алешин, И. В. Баронский, Н. С. Булычев [и др.] ; под общ. ред. В. В. Белого. – М. : Недра, 1983. – 439 с.

3. Шахтное и подземное строительство : учебник для вузов – 3-е изд., перераб. и под. : В 2 т. / Б. А. Картозия, Б. И. Федунец, М. Н. Шуплик [и др]. – М. : Издательство Московского государственного горного университета, 2003. – Т. 1. – 732 с.