

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра строительства горных предприятий
и подземных сооружений

ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Методические указания по выполнению курсового проекта
для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»
специализации «Шахтное и подземное строительство»,

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2017

УДК 622.281

ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ. Проектирование поперечного сечения горных выработок: Методические указания по выполнению курсового проекта / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *В.И. Очкуров, М.А. Карасев*. СПб, 2017. с. 41.

Методические указания содержат последовательность проектирования поперечного сечения горных выработок с различными конструкциями крепи. Полученные навыки и умения будут полезны при выполнении расчетно-графических заданий, курсовых проектов по специальным дисциплинам и дипломного проекта.

Приведены справочные материалы по габаритам основного транспортного оборудования, основных элементов выработки, схемы последовательности определения размеров различных форм поперечных сечений горных выработок.

Методические указания предназначены для студентов дневной формы обучения направления подготовки 21.05.04 «Горное дело» специальности «Шахтное и подземное строительство» и других специальностей, изучающих основы горного дела.

Табл.: 15. Ил.:17. Библиогр.: 2 назв.

Научный редактор проф. *А.Г. Протосеня*

© Санкт-Петербургский
горный университет. 2017.

ВВЕДЕНИЕ

Целью курсового проекта является формирование умений и навыков проектирования поперечного сечения горных выработок с различными конструкциями крепи. Полученные навыки и умения будут полезны студентами при выполнении расчетно-графических работ, курсовых проектов по специальным дисциплинам и дипломном проектировании.

После выполнения данного проекта студент должен:

- знать последовательность определения и получить навыки проектирования параметров поперечного сечения горных выработок;
- знать конструкции металлической арочной податливой крепи, монолитной бетонной крепи и гладкостенной тубинговой крепи;
- уметь пользоваться нормативной и справочной литературой по проектированию поперечного сечения горизонтальных выработок;
- владеть навыками оформления технической документации.

1. ФОРМА ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ВЫРАБОТОК

Форма поперечного сечения определяется устойчивостью вмещающих выработку пород и видом крепи.

Крепь металлическая податливая арочная трёхзвенная (КМП-А3) состоит из верхняка и двух стоек из специального взаимозаменяемого профиля (СВП) (рис. 1.1, табл. 1.1). Элементы арок соединены между собой скобами, планками и гайками. Податливость арки (изменение геометрических размеров) реализуется скольжением верхняка по стойкам в соединительных узлах (узлах податливости). В выработке арки устанавливаются на расстоянии 0,5-1,2 м одна от другой. Для обеспечения продольной устойчивости крепи арки соединены между собой тремя межрамными стяжками из уголка 60х60х6 мм с помощью скоб и гаек.

Межрамное ограждение перекрывает пространство между арками. Используются железобетонные, металлические и деревянные затяжки, рулонное стеклопластиковое ограждение. Железобе-

тонные затяжки – плоские плиты прямоугольного сечения толщиной 50 мм изготавливаются из бетона класса В15, В25, армированного сварной сеткой из проволоки диаметром 3-8 мм (табл. 1.2).

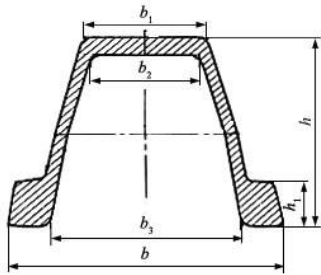


Рис. 1.1. Сечение специального взаимозаменяемого профиля СВП

Таблица 1.1.

СВП	Площадь поперечного сечения, см ²	Масса, кг/м	h	h_1	b	b_1	b_2	b_3
22	27,91	21,90	110,0	25,5	145,4	60,0	51,5	99,5
27	34,37	27,00	123,0	29,0	149,5	59,5	50,6	99,5
33	42,53	33,39	137,0	32,0	166,3	66,0	56,0	110,0

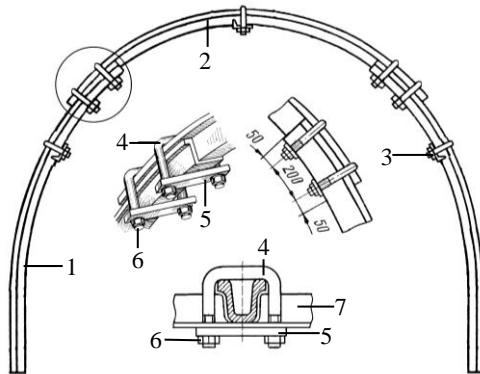


Рис. 1.2. Крепь металлическая арочная податливая трехребровая КМП-А3:

1 – стойка; 2 – верхняк; 3 – межрамная стяжка; 4 – скоба;
5 – планка; 6 – гайка; 7 – межрамная стяжка (уголок)

Таблица 1.2.

Размеры затяжки, мм			Масса, кг	
длина	ширина	высота		
500	200	55	14	
750		20		
800	500	50	48	
1000	200	440	44	
		45	18	
		50	24	
		55	27,5	
1100	200	70	19,2	
		45	20	
		50	26,4	
1200	300	40	34	
		200	45	22
		50	30	
1400	200	50	35	

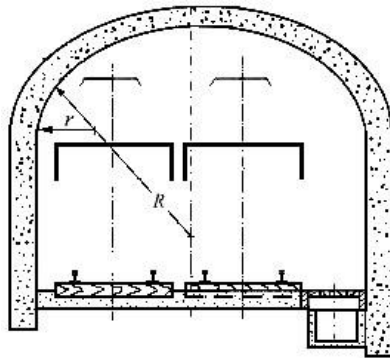


Рис. 1.3. Монолитная бетонная крепь

Монолитная бетонная крепь с вертикальными стенками и сводом циркульного или трехцентрового (коробового) очертания возводится из бетона класса В10-В12,5, для сложных горногеологических условий – из бетона класса В15 (рис. 1.3).

Железобетонная гладкостенная тубинговая крепь (ГТК) циркульного очертания монтируется из тубингов (рис. 1.4, табл. 1.3). Тубинг представляет собой цилиндрический сегмент, состоящий из плиты, которая ограничена по периметру ребрами. Масса тубинга 250-500 кг. Тубинги соединяются между собой в арку и со смежной тубинговой аркой 10 болтами с гайками через наружные выпуски арматуры (проушины).

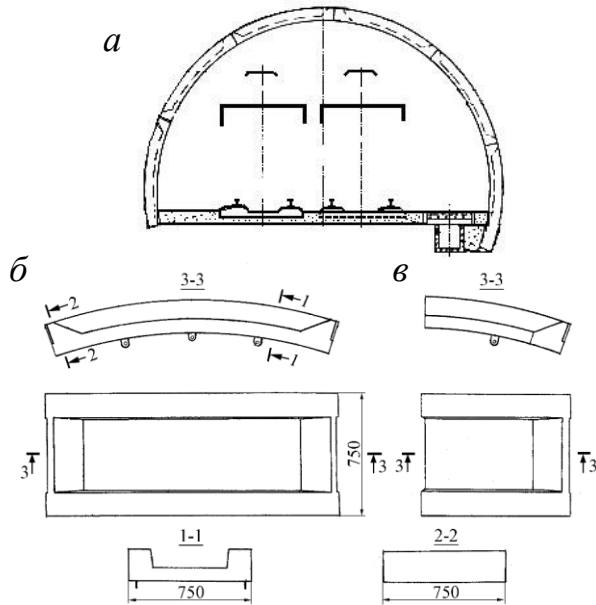


Рис. 1.4. Гладкостенная тубинговая крепь ГТК (а), гладкостенные тубинг (б) и полутубинг (в)

Таблица 1.3.

Радиус внутренней поверхности тубинга, мм	Толщина, мм	Длина хорды, мм	Центральный угол, градус
2200	130	1783	45
	200	1837	45
2700	160	1768	36
	200	1792	36
3000	200	1978	36

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ВЫРАБОТОК С РЕЛЬСОВЫМ И КОНВЕЙЕРНЫМ ТРАНСПОРТОМ

2.1. ПАРАМЕТРЫ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Параметры поперечного сечения горизонтальных выработок определяются габаритными размерами транспортного оборудования, количеством рельсовых путей и регламентируются минимальными зазорами. прохода для людей, между крепью и подвижным составом, рельсовым и конвейерным транспортом согласно требований Правил безопасности¹ (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Зазор	Минимальная величина, м		Примечание
	прохода для людей	зазора	
Между крепью и подвижным составом (конвейером)	0,7	0,25	При рамных конструкциях крепи
	0,7	0,2	При монолитной бетонной и железобетонной крепи
	1,0	-	В местах посадки людей в пассажирские вагоны
Между крепью и ленточным конвейером	0,7	0,4	При рамных конструкциях, железобетонной и бетонной крепи
Между подвижными составами	–	0,2	–
Между подвижным составом и ленточным конвейером	–	0,4	–

¹ 1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». Серия 05. Выпуск 40. – М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2014. – 200 с.

2. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом (ПБ 03-553-03). /ФГУП «НТЦ «Промышленная безопасность». М.: 2003.

В соответствии с Правилам безопасности минимальная высота в главных откаточных и вентиляционных выработках – 1,9 м, в участковых подготовительных выработках – 1,8 м.

Выработки должны иметь зазоры между крепью и подвижным составом для прохода людей на высоте 1,8 м от уровня балласта не менее 700 мм, а с противоположной стороны на уровне подвижного состава – не менее 250 мм при рамной крепи и 200 мм при сплошной крепи. Для обслуживания ленточного зазор с обеих сторон не менее 400 мм.

В местах посадки людей в пассажирские поезда проход для людей должен быть шириной не менее 1 м между крепью и максимальными габаритами поезда, а при двусторонней посадке или в однопутевых выработках околоствольного двора – с обеих сторон.

На закруглениях выработок ширина свободного прохода и зазоров от подвижного состава до крепи, между подвижными составами увеличивается на 300 мм с внешней стороны и на 100 мм с внутренней стороны кривой.

Минимальный зазор между подвижными составами – 200 мм.

При электровозной откатке контактный провод подвешивается на высоте от головки рельс не менее

- 2,2 м в околоствольном дворе на участке передвижения людей до места их посадки в вагонетки;
- 2,0 м при передвижении людей по выработке;
- 1,8 м при перевозке людей в пассажирских поездах или при наличии отделения для передвижения людей высота.

Расстояние от токоприемника (дуги) электровоза до верхняка (свода) крепи должно быть более 0,2 м.

Рельсовый путь (рис. 2.1, табл. 2.2). В горизонтальных выработках, уклонах и бремсбергах с рельсовым транспортом при откатке вагонетками с объемом кузова до 2 м³ применяются рельсы Р-24; при объеме до 4,5 м³ – Р-33, при большем объеме вагонеток – Р-38, (табл. П1-П4). Рельсовая колея 900 мм.

Применяют деревянные и железобетонные шпалы (рис. 2.1; табл. 2.2). Шпалы заглубляют в балласт на 2/3 их толщины. Толщина слоя балласта под шпалами не менее 100 мм.

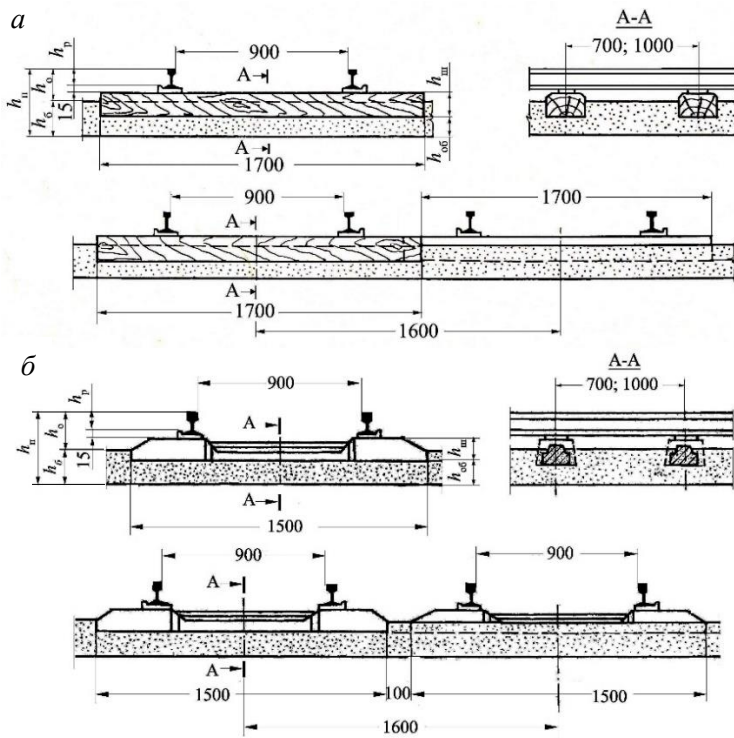


Рис. 2.1. Строение рельсового пути с деревянными (а) и железобетонными (б) шпалами

Таблица 2.2.

Тип рельса	Масса 1 м, кг	Размеры*, мм					Шпалы, мм				Расстояние между ося- ми путей*, мм
		$h_{ш}$	h_0	h_6	h_p	$h_{об}$	деревянные		железобетонные		
							$l_{ш}$	$h_{ш}$	$l_{ш}$	$h_{ш}$	
Р24	24,90	350	160		108						
Р33	33,69	370	180	190	128	1700	130	1500	130	1600	
Р38	38,42	380	190		135						

Примечание: * – минимальные размер

Водоотводная канавка. Размеры поперечного сечения водоотводной канавки определяется притоком воды, а конструкция – прочностью пород и видом крепи (рис. 2.2). Водоотводные канавки имеют уклон 0,003 в сторону ствола. Геометрические параметры железобетонных лотков, плит перекрытия, лежанов и плиты, поддерживающий балластный слой приведены в табл. 2.3, 2.4; рис. 2.3, 2.4.

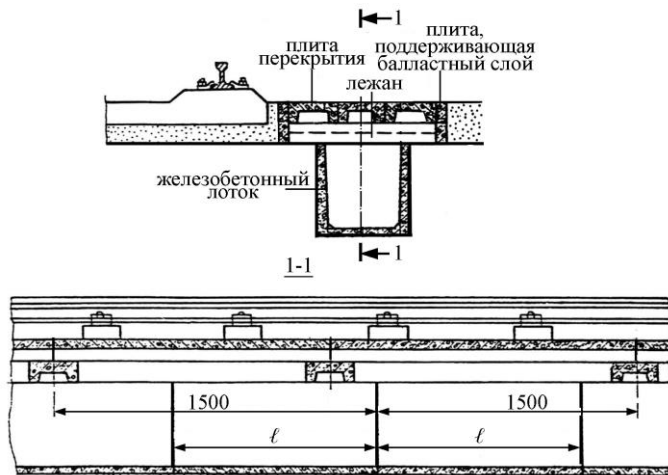


Рис. 2.2. Водоотводная канавка, закреплённая железобетонными лотками

Таблица 2.3

Приток воды, м ³ /ч	Размеры железобетонного лотка, мм									Масса, кг
	<i>b</i>	<i>b</i> ₁	<i>b</i> ₂	<i>b</i> ₃	<i>b</i> ₄	<i>h</i>	<i>h</i> ₁	<i>h</i> ₂	<i>l</i>	
200	430	370	350	30	40	340	300	40	1000	95
300	450	370	350	40	50	440	400	40	1000	135
500	520	420	400	50	60	550	500	50	750	158
700	620	520	500	50	60	550	500	50	750	168

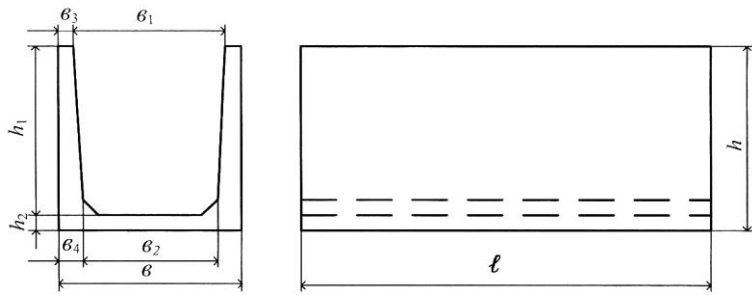


Рис. 2.3. Железобетонный лоток

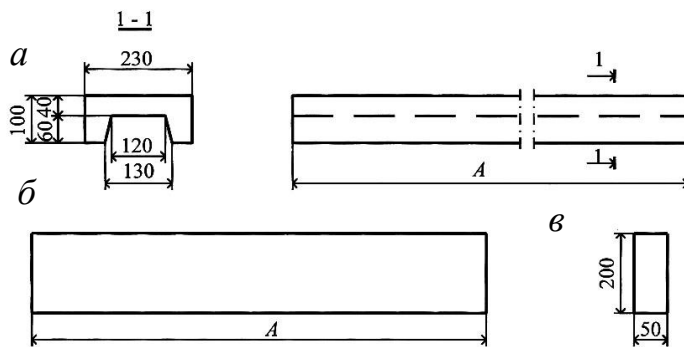


Рис. 2.4. Плита перекрытия (а), лежан (б) лотков канавки, и плита (в), поддерживающая балластный слой

Таблица 2.4.

Наименование	А, мм	Масса, кг
Плита перекрытия	1500	58
Лежан	700	28
Плита, поддерживающая балластный слой	990	25

2.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ВЫРАБОТОК С КРЕПЬЮ КМП-А3

Поперечные сечения горизонтальных выработок с крепью КМП-А3 представлены на рис. 2.5, а формулы для расчета геометрических параметров поперечного сечения в табл. 2.6.

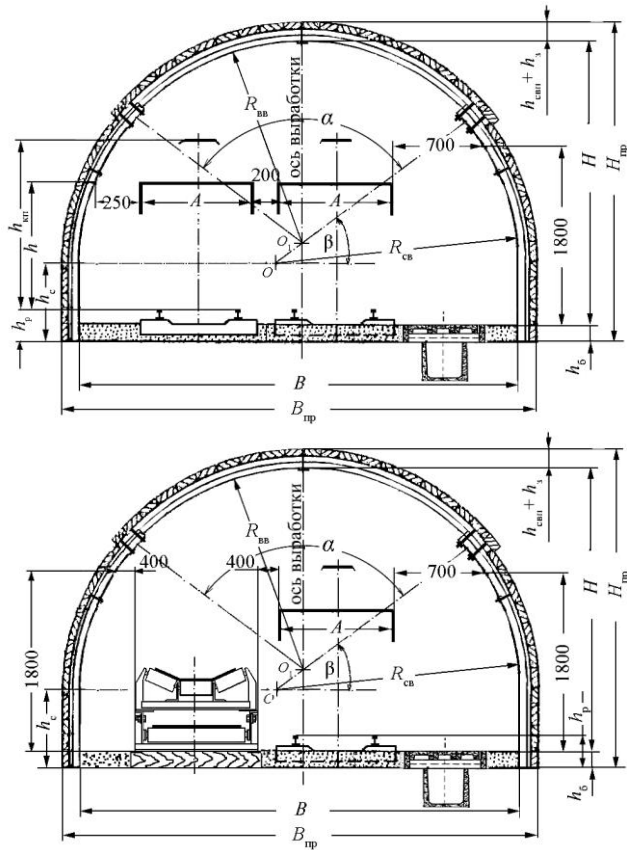


Рис. 2.5. Поперечные сечения выработок с крепью КМП-А3:
a – с рельсовым транспортом;
б – с рельсовым и конвейерным транспортом

Таблица 2.6.

Показатели	Символы и расчетные формулы
Высота подвижного состава	h
Ширина подвижного состава	A
Радиус внутреннего контура верхняка арки	$R_{\text{вв}}$
стойки арки	$R_{\text{св}}$
Центральный угол верхняка в арке	α
верхняка стойки в арке	$\alpha_{\text{в}}$
стойки	β
	$\beta_{\text{с}}$
Длина прямолинейного участка стойки	$h_{\text{с}}$
Расстояние от почвы выработки до головки рельс	$h_{\text{р}}$
Толщина балласта	$h_{\text{б}}$
Толщина железобетонной затяжки	$h_{\text{з}}$
Высота спецпрофиля СВП	$h_{\text{свп}}$
Зазоры на уровне подвижного состава:	
между подвижным составом и крепью	200 мм
между подвижными составами	200 мм
между подвижным составом и конвейером	400 мм
между крепью и конвейером	400 мм
Отклонение внутреннего контура стойки от внутреннего контура верхняка в узле соединения	$q = 20$ мм
Ширина выработки по почве в свету	B
в проходке (вчерне)	$B_{\text{пр}}$

Высота выработки
в свету
в проходке (вчерне)

$$\frac{H}{H_{np}}$$

Угол отклонения
прямого участка стойки
от вертикального положения
за счет податливости в узлах
соединения

$$\gamma = \text{arctg} \left[\frac{R_{cb} - \sqrt{R_{cb}^2 - (1990 - h_c)^2}}{1990} \right] -$$

$$- \text{arctg} \left[\frac{R_{cb} - \sqrt{R_{cb}^2 - (1990 - h_c)^2 + k}}{1990} \right]$$

Ширина выработки
на высоте h_x от почвы
выработки до исчерпания
податливости арки

$$B_x = 2 \sqrt{R_{cb}^2 - (h_x - h_c)^2} -$$

$$- 2(R_{cb} + q - R_{bb}) \cos \beta$$

Ширина выработки
на высоте h_x от почвы
выработки после
исчерпания
податливости арки

$$B'_x = 2 \left[\frac{\sqrt{R_{cb}^2 - (h_x + R_{cb} \sin \gamma - h_c - \cos \gamma)^2} -}{- \left(R_{cb} + h_c \text{tg} \frac{\gamma}{2} \right) \cos \gamma - h_c \text{tg} \frac{\gamma}{2} + R_{cb} -} \right. \\ \left. - (R_{cb} + q - R_{bb}) \cos \alpha \right]$$

Ширина выработки в свету
после исчерпания
податливости арки

$$B' = 2 R_{cb} - 2(R_{cb} + q - R_{bb}) \cos \alpha$$

Вертикальное смещение
верхняка за счет
податливости арки

$$\Delta h = R_{bb} \left(\text{cosarc} \sin \frac{R_{bb} \sin(0,5\alpha) - N}{r} - \cos \frac{\alpha}{2} \right) +$$

$$+ h_c + R_{cb} \sin \alpha - \sqrt{(h_c + R_{cb} \sin \alpha)^2 + (R_{cb} - R_{cb} \cos \alpha)^2} \times$$

$$\times \sin \left(\text{arctg} \frac{h_c + R_{cb} \sin \alpha}{R_{cb} - R_{cb} \cos \alpha} - \gamma \right), \text{ где}$$

$$N = \sqrt{(h_c + R_{bc} \sin \alpha)^2 + (R_{cb} - R_{cb} \cos \alpha)^2} \times$$

$$\times \cos \left(\text{arctg} \frac{h_c + R_{cb} \sin \alpha}{R_{cb} - R_{cb} \cos \alpha} - \gamma \right) - R_{cb} + R_{cb} \cos \alpha$$

<p>Горизонтальное смещение внутреннего контура арки на высоте 1,8 м от балласта в результате исчерпания податливости арки</p> <p>Периметр арки в свету до исчерпания податливости арки</p> <p>Площадь сечения выработки в свету без учета водоотводной канавки:</p> <p style="padding-left: 40px;">до исчерпания податливости арки</p> <p style="padding-left: 40px;">после исчерпания податливости арки</p>	<p style="text-align: center;">$\Delta П_{Г} = 100-150 \text{ мм}$</p> <p style="text-align: center;">$P = 0,01745 R_{\text{вв}} + 0,0349 R_{\text{св}} \alpha + 2(h_c - 0,19)$</p> <p style="text-align: center;">$S = 0,00872(R_{\text{вв}} + h_{\text{свп}} + \Delta_{\text{стр}})^2 \alpha +$ $+ 0,01745(R_{\text{св}} + h_{\text{свп}} + \Delta_{\text{стр}})^2 +$ $+ h_c (B' + 2h_{\text{свп}} + 2\Delta_{\text{стр}}) -$ $- (R_{\text{св}} + q - R_{\text{вв}})^2 \sin \alpha \cos \alpha,$</p> <p style="text-align: center;">где $\Delta_{\text{стр}} = 75 \text{ мм}$ - зазор между затяжкой и породным контуром выработки (строительный зазор)</p> <p style="text-align: center;">$S' = 0,00872 R_{\text{вв}}^2 \alpha + 0,01745 R_{\text{св}}^2 \alpha +$ $(h_c - h_c) B' - (R_{\text{св}} + q - R_{\text{вв}})^2 \sin \alpha \cos \alpha -$ $- 0,25(P + P') \Delta П_{\text{в}},$</p> <p style="text-align: center;">где $\Delta П_{\text{в}}$ - вертикальная податливость арки</p>
--	--

Построение внутреннего контура арки крепи КМП-А3 выполняется в последовательности, представленной на рис. 2.6 со следующими условными обозначениями (табл. 2.6).

Этап I:

- изображается верхнее строение рельсового пути;
- определяется ширина выработки на уровне подвижного состава и положение вертикальной оси сечения выработки (табл. П.1-П.5);
- С*, Б* - точки внутреннего контура арки при минимальных зазорах в соответствии с требованиями ПБ;
- УГР, УБ - уровни соответственно головок рельс и балласта.

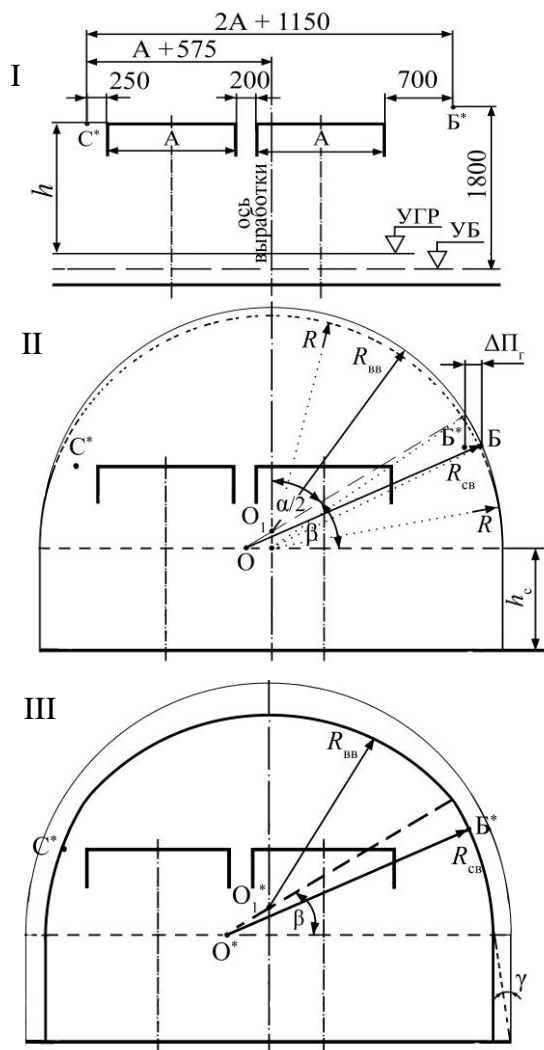


Рис. 2.6. Последовательность построения контура арки до и после исчерпания податливости:
 I, II, III – этапы построения

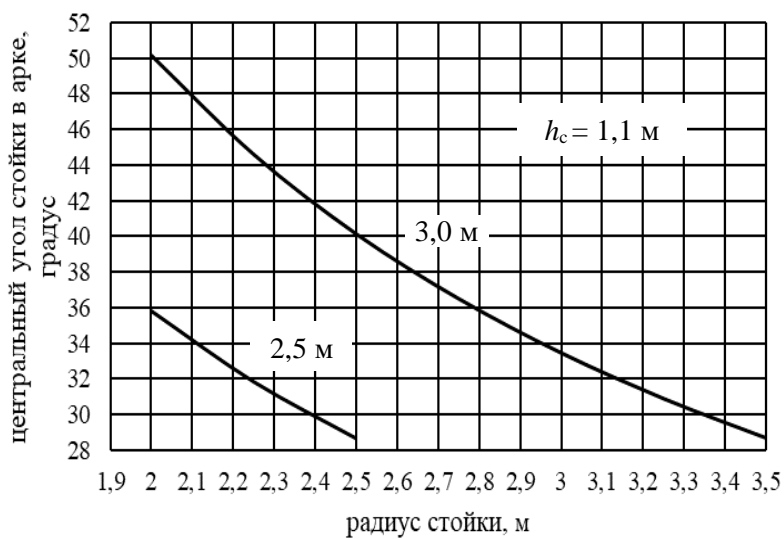
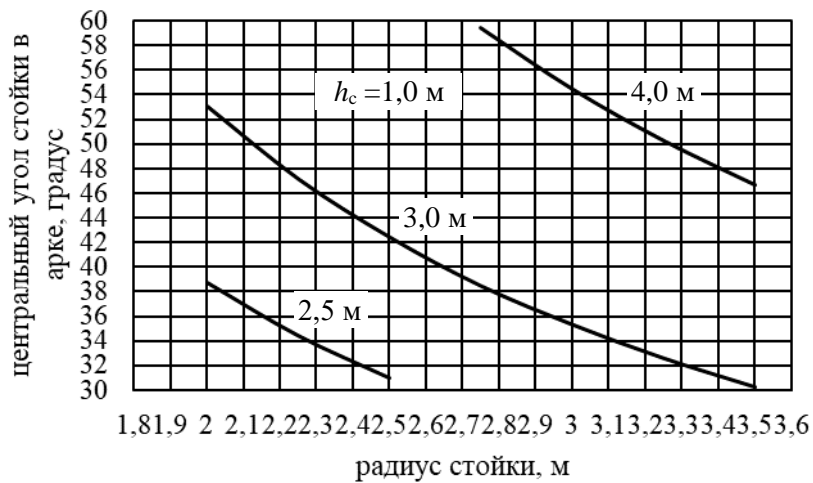


Рис. 2.7. Зависимости центрального угла стойки в арке от радиуса криволинейного участка стойки при длине стойки 2,5; 3,0; 4,0 м и длине прямолинейного участка $h_c = 1,0$ и $1,1$ м

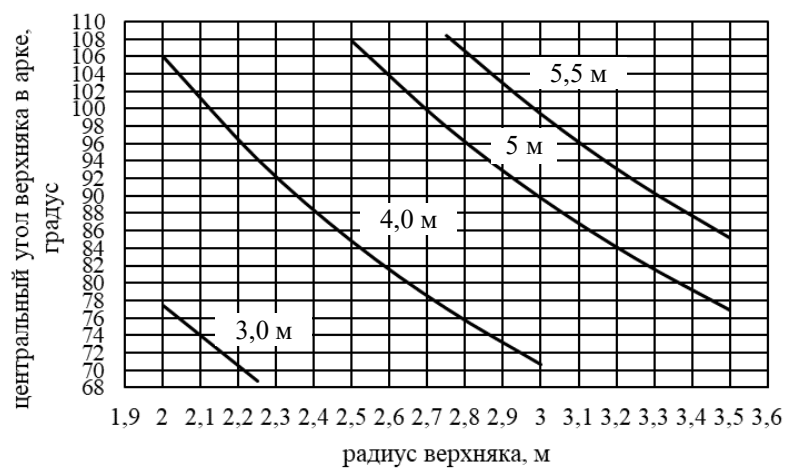
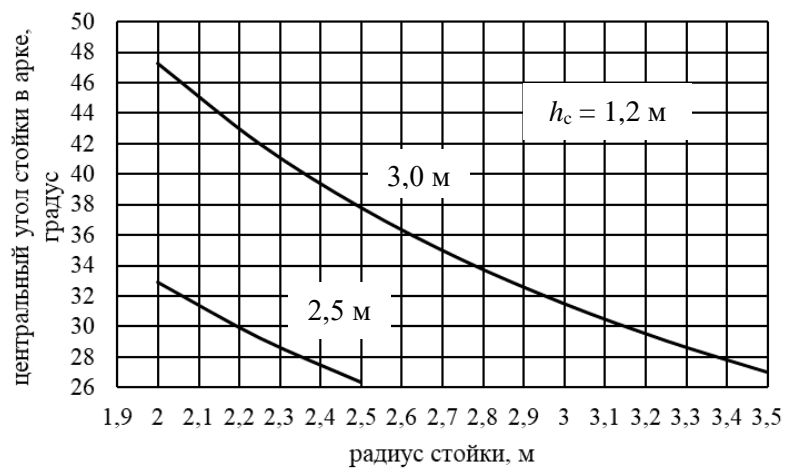


Рис. 2.8. Зависимость центрального угла стойки и верхняка в арке от радиуса кривизны при длине прямолинейного участка стойки 1,2 м, верхняка 3,0; 4,0; 5,0 и 5,5 м

Этап II. Построение внутреннего контура арки до начала податливости.

Для уменьшения отходов при изготовлении длины стоек и верхняков принимаются кратными длине 8 м стандартной прокатной балки СВП. С учетом данного условия геометрические размеры стоек и верхняков представлены на рис. 2.7, 2.8.

Исходя из условия $0,5\alpha + \beta = 90^\circ$, по графикам рис. 2.7, 2.8 определяются близкие по величине радиусы внутреннего контура стойки $R_{св}$ и верхняка $R_{вв}$, т. е. $R_{вв} = R_{св} \sim R$. Например, задаемся величиной центрального угла α верхняка в арке и определяем соответствующий радиус $R_{вв}$ внутреннего контура верхняка. Затем определяем соответствующее значение радиуса $R_{св}$ внутреннего контура стойки с учетом длины ее прямолинейного участка h_c (табл. 2.6).

Таблица 2.6

центральный угол α верхняка в арке, градус	$0,5 \alpha$, градус	радиус $R_{вв}$ внутреннего контура верхняка в арке, м	длина h_c прямолинейного участка стойки, м	центральный угол β стойки в арке, градус	радиус $R_{св}$ внутреннего контура стойки, м	Длина стойки, м
104	52	2,04	1,0	38	2,03	2,5
			1,1		2,63	3,0
			1,2		2,48	4,0
100	50	2,12	1,0	40	2,63	3,0
			1,1		2,50	3,0
			1,2		2,37	3,0
96	48	2,20	1,0	42	2,50	3,0
			1,1		2,39	3,0
			1,2		2,25	3,0
94	47	2,25	1,0	43	2,45	3,0
			1,1		2,34	3,0
			1,2		2,20	3,0
92	46	2,30	1,0	44	2,40	3,0
			1,1		2,28	3,0
			1,2		2,14	3,0

Принимаем значения $R_{вв}$ и $R_{св}$ с минимальной разницей (в табл. 2.6 выделены цветом) и проверяем их графически (условие плавного сопряжения) и на возможность их использования в соответствии с заданными габаритами подвижного состава. Принимаем окончательное решение.

Определив это рациональное сочетание изображается внутренний контур арки до исчерпания ее податливости.

(·) О – полюс радиуса стойки до начала податливости арки.

(·) O_1 – полюс радиуса верхняка до начала податливости арки.

(·) Б – положение точки внутреннего контура на высоте 1,8 м от балласта до начала податливости арки.

Этап III. Построение внутреннего контура арки после исчерпания податливости.

Полюс O^* криволинейного участка стойки после исчерпания податливости арки определяется засечкой радиусом $R_{св}$. После исчерпания податливости арки уменьшением отметки границы перехода прямолинейного участка в криволинейный участок стойки можно пренебречь. Полюс O^* может быть также определен после расчета угла отклонения γ прямолинейного участка стойки от вертикали (от положения стойки до исчерпания податливости арки).

Центральный угол β стойки в арке фиксирует положение узла податливости. Из полюса O^*_1 радиусом $R_{вв}$ изображается внутренний контур верхняка арки.

После определения графически или расчетом по формулам табл. 2.7 геометрических параметров арки заполняются нижеприведенные формы.

Элементы выработки по проекту

Площадь сечения, м ²			
в свету	в свету после исчерпания податливости	в проходке	в проходке с учетом водоотводной канавки

Проектный объем работ по конструктивным элементам на 1 м выработки

Выемка породы, м ³	Крепь				Настил рельсового пути		
	количество	расход металла, т		железобетонная затяжка		длина, м	объем балласта, м ³
		на арку	на 1 м выработки	количество	объем, м ³		

Далее строится поперечное сечение выработки с крепью КМП-А3 в эксплуатации (рис. 2.9).

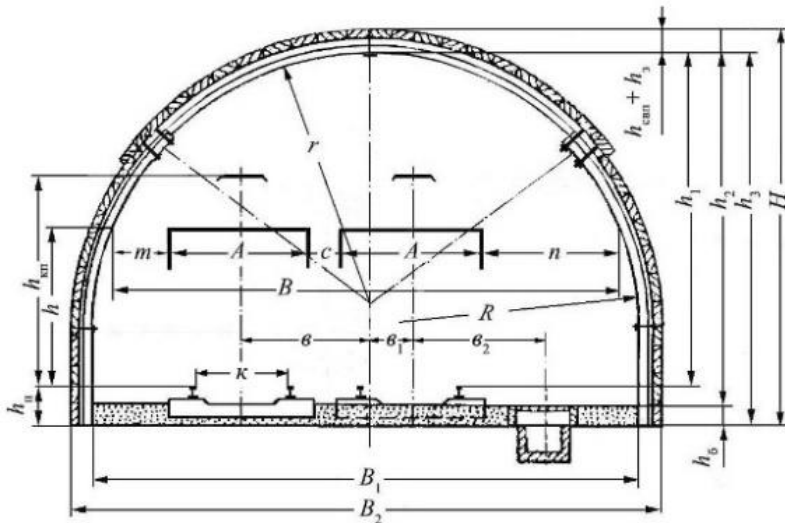


Рис. 2.9. Поперечное сечение двухпутевой выработки с крепью КМП-А3 и рельсовым транспортом

2.3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ВЫРАБОТОК С МОНОЛИТНОЙ БЕТОННОЙ КРЕПЬЮ

Поперечные сечения горизонтальных выработок с монолитной бетонной крепью представлены на рис. 2.10, а формулы для расчета геометрических параметров поперечного сечения в табл. 2.7.

Таблица 2.7.

Показатели	Символы и расчетные формулы
Высота подвижного состава	h
Ширина подвижного состава	A
Ширина конвейера	K
Толщина балластного слоя	h_b
Расстояние от почвы выработки до головки рельс	h_p
Высота подвески контактного провода	$h_{кп}$
Высота стенки от почвы выработки	$h_{ст}$
Высота стенки от уровня головок рельс до пяты свода	$h_{ст} - h_p = h - \sqrt{r^2 - (r - 0,023)^2}$
дополнительно при откатке контактным электровозом	$h_{ст} - h_p = h - (r - 500) \times \cos \left(\arcsin \frac{0,5B - a + 200}{R - 500} \right) + R - h_{св} - 300,$ <p style="text-align: center;">где $a = 0,5A + 200$</p> $h_{ст} - h_p = h - (r - 300) \times \sin \left(\arccos \frac{r - a + 3500}{r - 300} \right) - 1700$
Толщина бетонной крепи: стенки	$t_{ст}$
свода	$t_{св}$
Ширина прохода для людей на высоте 1,8 м	700 мм

Зазоры на уровне подвижного состава:	
между подвижным составом и крепью	200 мм
между подвижными составами	200 мм
между подвижным составом и конвейером	400 мм
между крепью и конвейером	400 мм
Ширина выработки по почве:	
в свету	B
в проходке (вчерне)	$B_{пр}$
Высота выработки в свету:	
от балласта до свода	H
от почвы до свода	$H_{пр}$
Высота трехцентрового свода:	
при $f \leq 12$	$h_{св} = B/3$
при $f > 12$	$h_{св} = B/4$
Радиус осевой дуги трехцентрового свода:	
при $f \leq 12$	$R = 0,692B$
при $f > 12$	$R = 0,905B$
Радиус боковой дуги трехцентрового свода:	
при $f \leq 12$	$r = 0,262B$
при $f > 12$	$r = 0,173B$
Площадь поперечного сечения в свету:	
при $f \leq 12$	$S_{св} = B(h_{ст} - h_{б} + 0,524B)$
при $f > 12$	$S_{св} = B(h_{ст} - h_{б} + 0,393B)$

Площадь поперечного сечения в проходке (вчерне) без учета фундамента и водоотводной канавки:	при $f \leq 12$	$S_{св} = B(h_{ст} + 0,524B)$
	при $f > 12$	$S_{св} = B(h_{ст} + 0,393B)$

Последовательность построения внутреннего контура монолитной бетонной крепи (рис. 2.11):

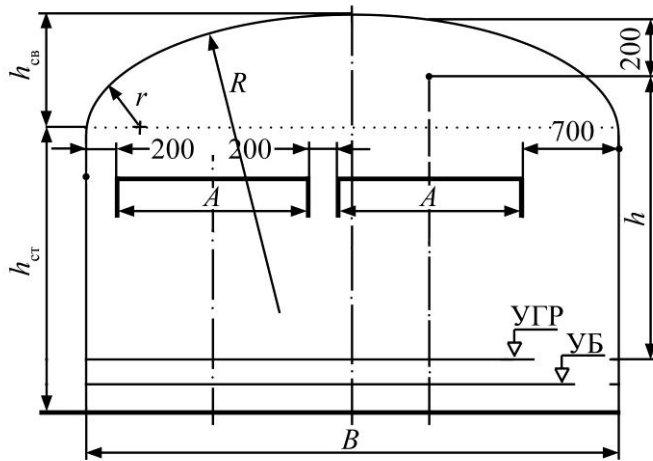


Рис. 2.11. Последовательность построения внутреннего контура монолитной бетонной крепи

- изображается верхнее строение рельсового пути;
- определяется ширина « B » выработки на уровне подвижного состава (в свету по почве выработки) и положение вертикальной оси сечения выработки (табл. П.1-П.5);
- по формулам табл. 2.7 определяются радиусы R и r внутреннего контура крепи;

- определяется высота стенки крепи в зависимости от типа электропровода (см. табл. 2.7);
- изображается внутренний контур монолитной бетонной крепи;
- рассчитываются геометрические параметры, изображается поперечное сечение выработки с монолитной бетонной крепью прямоугольно-сводчатой формы с трехцентровым сводом и заполняются нижеприведенные формы (табл. 2.8, рис. 2.12).

Таблица 2.8.

Ширина выработки в свету, мм	Толщина крепи (мм) при коэффициенте крепости пород					
	7-9		4-6		3	
	свод	стены	свод	стены	свод	стены
1800-2050	170	200	170	200	170	250
2051-2550	170	200	170	200	200	250
2551-2750	170	200	170	200	200	300
2751-3650	170	250	170	250	200	300
3651-4250	170	250	200	300	230	350
4251-4750	200	300	230	350	230	350
4751-5250	200	300	230	350	300	400
5251-5700	200	300	230	350	350	450

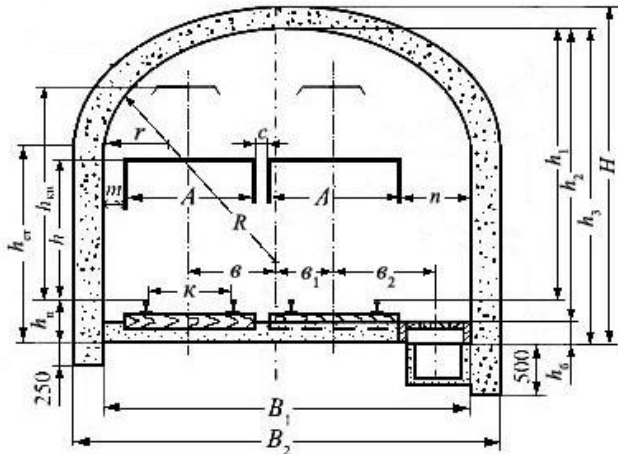


Рис. 2.12. Поперечное сечение выработки с монолитной бетонной крепью

Элементы выработки по проекту

Показатели	
Площадь сечения в свету, м ²	
Площадь сечения в проходке, м ²	
Площадь сечения в проходке с учетом фундамента водоотводной канавки, м ²	
Ширина в свету, м	
Ширина в проходке, м	
Высота в свету, м	
Высота в проходке, м	
Площадь сечения водоотводной канавки, м ²	
Железобетонный желоб, мм	
Железобетонное перекрытие, мм	
Лежан, мм	
Плита, удерживающая балласт, мм	

Проектный объем работ по конструктивным элементам на 1 м выработки

Выемка породы, м ³	Объем бетона, м ³			Настил рельсового пути		Устройство канавки, м ³
	свод	стены	фундамент	длина, м	объем балласта, м ³	

2.4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ВЫРАБОТОК С ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ГЛАДКОСТЕННОЙ ТЮБИНГОВОЙ КРЕПЬЮ

Поперечные сечения горизонтальных выработок с монолитной бетонной крепью представлены на рис. 2.13, а формулы для расчета геометрических параметров поперечного сечения в табл. 2.9.

В унифицированных сечениях горных выработок с сборной железобетонной гладкостенной тубинговой крепью (ГТК) принято три типоразмера тубингов и полутубингов радиусом в свету 2,2; 2,7; 3,0 м (см. рис. 1.4). Зазор между подвижным составом и крепью принят не менее 250 мм. На криволинейных участках выработки

увеличивается с наружной стороны кривой за счет выбега подвижного состава на 300 мм, с внутренней стороны – на 100 мм. Проход для людей на высоте 1,8 м от балласта – не менее 700 мм.

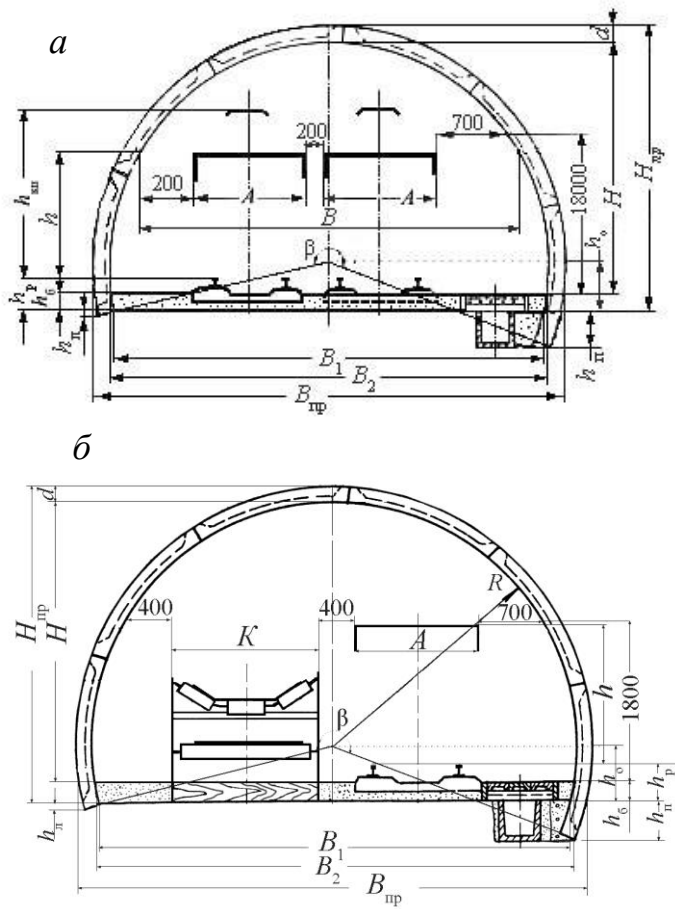


Рис. 2.13. Поперечные сечения выработок с крепью ГТК:

- a* – с рельсовым транспортом;
- б* – с рельсовым и конвейерным транспортом

Таблица 2.9.

Наименование показателей	Символы и расчетные формулы
Высота подвижного состава	h
Ширина подвижного состава	A
Толщина балластного слоя	h_b
Расстояние от почвы выработки до головок рельс	h_p
Высота подвески контактного провода	$h_{кп}$
Ширина прохода для людей на высоте 1,8 м от балласта	700 мм
Зазор на уровне подвижного состава:	
между подвижным составом и крепью	200 мм
между подвижными составами	200 мм
между подвижным составом и конвейером	400 мм
между конвейером и крепью	400 мм
Толщина тубинга	d
Радиус верхнего свода выработки в свету	R
в проходке	$R_1 = R + d$
Центральный угол дуги тубинга:	
при $R = 2200$ мм	$\alpha_T = 45^\circ$
при $R = 2700$ мм; 3000 мм	$\alpha_T = 35^\circ$

продолжение табл. 2.9.

Центральный угол дуги полутюбинга:	
при $R = 2200$ мм	$\alpha_{пт} = 22^{\circ}30'$
при $R = 2700$ мм; 3000 мм	$\alpha_{пт} = 18^{\circ}$
Количество тюбингов в своде	N
Центральный угол свода	$\beta = N \cdot \alpha_{т}$
Несущая способность крепи	P
Глубина приемков слева и справа при $R = 2,2; 2,7$ м, $P = 200; 300$ кН/м ²	$h_{л} = R_1 \cos \left(\frac{360 - \beta}{2} + \arcsin \frac{350}{2 R_1 \sin(0,5\beta)} \right) - h_o;$ $h_{п} = 350 + h_{л}$
Глубина приемков слева и справа при $R = 2,2; 2,7$ м, $P = 100$ кН/м ² ; при $R = 3,0$ м, $P = 200; 300$ кН/м ²	$h_{л} = 100 \text{ мм}; h_{п} = 450 \text{ мм}$
Расстояние от почвы до полюса радиуса свода R	$h_o = R_1 \cos \left(\frac{360 - \beta}{2} + \arcsin \frac{h_{п} - h_{л}}{2 R_1 \sin(0,5\beta)} \right) - h_{л}$
Ширина выработки в свету:	
по почве	$B_1 = 2 \sqrt{R^2 - h_o^2}$
на уровне балласта	$B_2 = 2 \sqrt{R^2 - (h_o - h_б)^2}$
на уровне подвижного состава	$B = 2 \sqrt{R^2 - (h + h_в - h_o)^2}$
Высота выработки в свету от балластного слоя	$H = h_1 - h_{п} - h_б$
Высота выработки в проходке	$H_{пр} = R_1 + h_o$

Площадь поперечного сечения без учета прямиков: в свету	$S = 0,5 \left[\frac{\pi R^2 \left(180 - \arccos \frac{h_o - h_6}{R} \right)}{90} + B_2 (h_o - h_6) \right]$
в проходке (вчерне)	$S = 0,5 \left[\frac{\pi R^2 \left(180 - \arccos \frac{h_o}{R} \right)}{90} + B_{пр} h_o \right]$

Построение внутреннего контура арки крепи ГТК выполняется в последовательности, представленной на рис. 2.14.

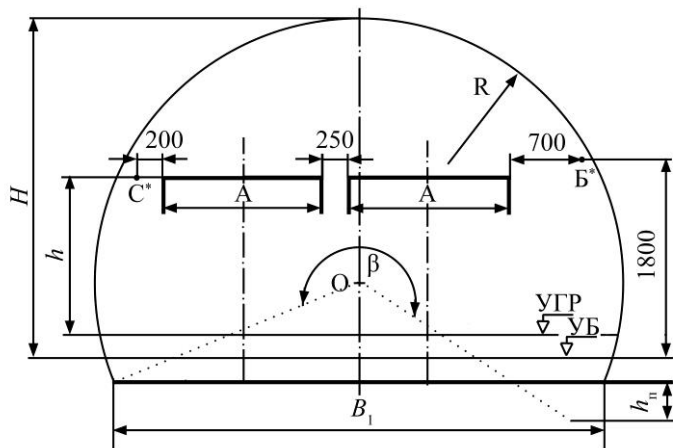


Рис. 2.14. Последовательность построения внутреннего контура железобетонной крепи ГТК

Изображается верхнее строение рельсового пути, определяется ширина выработки на уровне подвижного состава и положение вертикальной оси поперечного сечения выработки (табл. П.1-П.5).

По данным табл. 2.10 выбирается радиус « R » внутреннего контура крепи и ширина « B_1 » в свету по почве выработки.

Таблица 2.10.

Радиус внутреннего контура крепи, мм	2200	2700	3000
Ширина в свету по почве выработки, мм	4090	5140	5310
	4320	5340	5670
	-	-	5910

Изображается внутренний контур крепи, рассчитываются геометрические параметры выработки, изображается поперечное сечение выработки с крепью ГТК и заполняются нижеприведенные формы (рис. 2.15.)

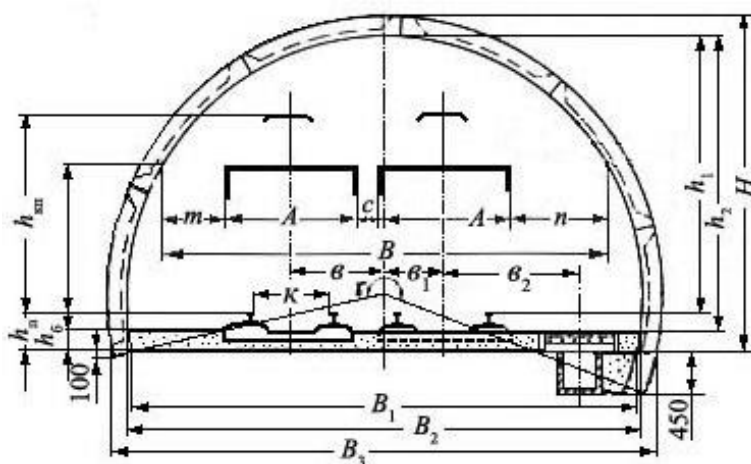


Рис. 2.15. Поперечные сечения двухпутевой выработки со сборной железобетонной гладкостенной крепью

Элементы выработки по проекту

Площадь сечения, м ²		
в свету	в проходке	в проходке с учетом прямков

Проектный объем работ по конструктивным элементам на 1 м выработки

Выемка породы, м ³		Крепё			Объем балласта рельсового пути, м ³
всего	прямки	количество			
		тюбингов	полу-тюбингов	болтов	

3. СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект «Проектирование поперечного сечения горных выработок» состоит из графической части и пояснительной записки.

Содержание проекта предусматривает построение внутреннего контура крепи, поперечного сечения выработки и расчета основных показателей крепи металлической арочной податливой трехзвенной КМП-А3, монолитной бетонной крепи сводчатой формы с вертикальными стенками и трехцентровым сводом, сборной железобетонной гладкостенной тюбинговой крепи ГТК подковообразного циркульного очертания.

Далее следует проанализировать влияние формы поперечного сечения выработки на его параметры. В масштабе в единой системе координат изображаются контуры крепи КМП-А3, монолитной бетонной и ГТК в свету (рис. 2.16). В табл. 2.11 приводятся параметры контуров. Максимальную скорость движения воздуха по выработке принять 8 м/с.

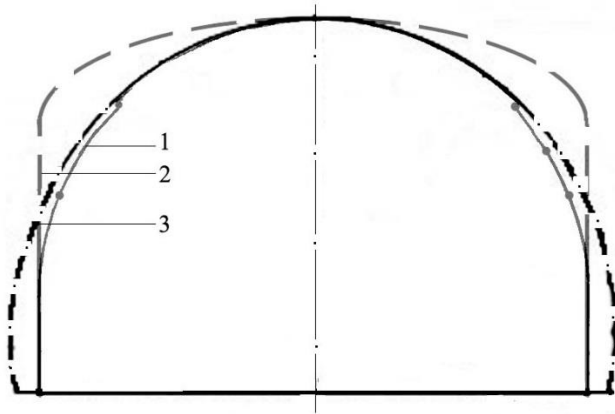


Рис. 2.16. Внутренние контуры различных видов крепи:
1, 2, 3 – сравниваемые контуры

Таблица 2.11.

Вид крепи	КМП-А3	Монолитная бетонная крепь	ГТК
Форма поперечного сечения	арочная	прямоугольно-сводчатая с трехцентровым сводом	подковообразная циркульного очертания
Высота в свету, м	- / 100%	- / -	- / -
Ширина в свету, м	- / 100%	- / -	- / -
Площадь сечения в свету, м ²	- / 100%	- / -	- / -
Объем балласта	- / 100%	- / -	- / -
Максимальное количество воздуха, проходящего по выработке, м ³ /мин	- / 100%	- / -	- / -

Примечания: числитель – абсолютный показатель; знаменатель – относительный показатель в процентах

Графическая часть проекта включает листы формата А4 (210x297 мм), на которых в масштабе представляются;

1. контур крепи КМП-А3 в свету до истощения податливости (см. рис. 2.6);

2. контур крепи КМП-А3 в свету после истощения податливости (см. рис. 2.6);

3. поперечное сечение выработки с крепью КМП-А3 (см. рис. 2.9);

4. контур монолитной бетонной крепи в свету (см. рис. 2.11);

5. поперечное сечение выработки с монолитной бетонной крепью (см. рис. 2.12);

6. контур железобетонной гладкостенной тубинговой крепи ГТК в свету (см. рис. 2.14);

7. поперечное сечение выработки с крепью ГТК (см. рис. 2.15);

8. контуры крепи КМП-А3, монолитной бетонной крепи, крепи ГТК в свету, построенных в единой системе координат (см. рис. 2.16).

Для пояснительной записки используются листы А4 (210x297 мм), формат набора 165x257 мм (верхнее и нижнее поля 20 мм; левое 30 мм; правое 15 мм).

Стиль основного текста: шрифт набора – Times New Roman, размер шрифта – 12 кегль, обычный, межстрочный интервал – полуторный, абзацный отступ – 1,25 см.

Стиль заголовков: полужирный, 12 кегль, Times New Roman, по центру, без переносов. При наличии трех и более заголовков они задаются по такому же принципу, но меньшим кеглем (11 или 10).

Стиль нижнего колонтитула: шрифт Times New Roman, 11 кегль.

Стиль набора формул: шрифт Times New Roman, 12 кегль, обычный, крупный индекс 8 кегль, мелкий индекс 7 кегль, крупный символ 20 кегль мелкий символ 12 кегль; формулы располагаются по центру; сверху и снизу задаются отбивки по 6 пунктов. Латинские буквы набираются курсивом, обычным; функции, русские, греческие буквы, цифры, индексы в символах – прямым, обычным.

Легенда к формуле – это расшифровка буквенных обозначений параметров, входящих в формулу. После формулы перед леген-

дой ставится запятая, затем с левого края (без абзаца) слово «где» (без двоеточия после него), затем обозначение параметра, его расшифровка и после запятой обозначение размерности параметра; после точки с запятой разъясняется следующий символ.

Стиль таблиц: Times New Roman, 11 кегль, межстрочный интервал 1,0; в таблицах, не размещающихся на одной полосе, необходимо повторять «головку» или написать «Продолжение таблицы ...».

Иллюстрации и таблицы размещаются в непосредственной близости от ссылки на них в тексте. Подрисуночную подпись набирают под рисунком шрифтом Times New Roman, 11 кегль, межстрочный интервал 1,0.

Пояснительная записка начинается титульным листом (рис. 2.17). Текст пояснительной записки излагается кратким и логичным стилем с использованием общепринятых специальных терминов. В тексте обязательны ссылки на используемые литературные источники, перечень которых помещается в конце пояснительной записки.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

дисциплина «ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА
ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ»

Специальность: «Шахтное и подземное строительство»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ
«ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК»

ВЫПОЛНИЛ
СТУДЕНТ ГРУППЫ ГС-...-...

А.И. Иванов

Сохранять вариант проекта с замечаниями преподавателя

ЗАЩИТА
КУРСОВОГО ПРОЕКТА

доц. кафедры СГП и ПС

В.И. Петров

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2017

Рис. 2.17. Шаблон титульного листа курсового проекта

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Форма поперечного сечения выработок.....	3
2. Проектирование поперечного сечения выработок с рельсовым и конвейерным транспортом.....	7
2.1. Параметры поперечного сечения горизонтальных выработок.....	7
2.2. Проектирование поперечного сечения выработок с крепью КМП-АЗ..	12
2.3. Проектирование поперечного сечения выработок с монолитной бетонной крепью.....	21
2.4. Проектирование поперечного сечения выработок с железобетонной гладкостенной тубинговой крепью.....	26
3. Содержание и оформление курсового проекта.....	32
Приложение.	38

ПРИЛОЖЕНИЯ

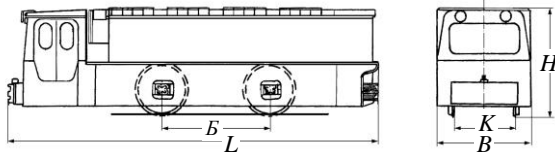


Таблица П1. Техническая характеристика аккумуляторных электровозов

Показатели	Тип электровоза				
	АПП7-900У5	АПВ7-900У5	А8-900У5; 2А8-900У5	В8-900У5; 2В8-900У5	А5-900У5
Размер колеи, (К) мм	900	900	900	900	900
Жесткая база, (Б) мм	1200	1200	1200	1200	1000
Основные размеры, мм:					
длина по буферам (L)	4200	4200	4550	4550	3800
ширина (B)	1350	1350	1350	1350	1350
высота по кабине (H)	1450	1450	1450	1470	1330

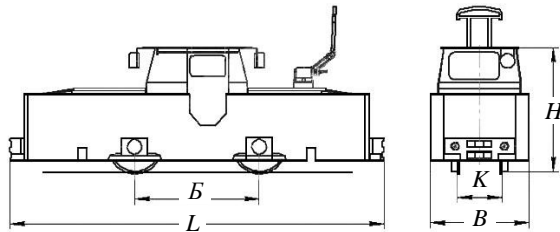


Таблица П2. Техническая характеристика контактных электровозов

Показатели	Тип электровоза			
	К4	7КРМ1	К10	К14М
Размер колеи, (К) мм	900	900	900	900
Жесткая база, (Б) мм	900	1220	1220	1700
Основные размеры, мм:				
длина по буферам (L)	3300	4600	1650	5100
ширина (B)	1350	1350	1350	1350
высота по кабине (H)	1515	1500	1650	1650

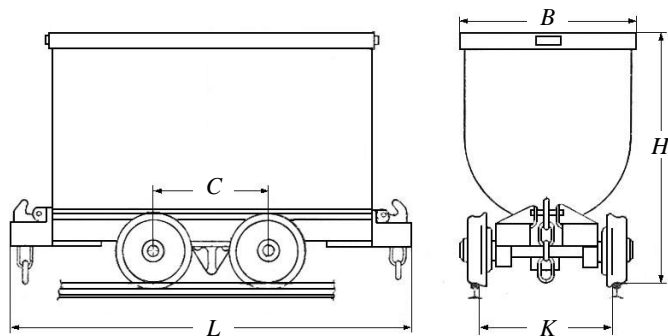


Таблица ПЗ. Технические характеристики вагонеток с глухим кузовом

Показатели	Тип вагонетки					
	ВГ-2,5	ВГ-3,3	ВГ-4,5А	ВГ-9,0А	ВГ-10	ВГ-12
Вместимость кузова, м ³	2,5	3,3	4,5	9,0	10,0	12,0
Размер колеи, (K) мм	900	900	900	900	900	900
Жесткая база, (Б) мм	800	1100	1250	4000	4000	3750
Габаритные размеры, мм						
длина по буферам (L)	2800	3440	3950	7850	7300	7300
ширина (B)	1240	1320	1350	1350	1800	1800
высота (H)	1300	1300	1550	1550	1600	1600
Масса, т	1,14	1,278	4,2	9,2	9,5	9,0

Таблица П4. Технические характеристики вагонеток с откидным бортом

Показатели	Тип вагонетки		
	ВБ1,6-900	ВБ-5,0	ВБ-5,0А
Вместимость кузова, м ³	1,6	5,0	5,0
Размер колеи, (K) мм	900	900	900
Жесткая база, (Б) мм	900	1600	1600
Габаритные размеры, мм			
длина по буферам (L)	2760	5650	5650
ширина (B)	1300	1350	1640
высота (H)	1300	1640	1650
Масса, т	2,2	5,5	5,8

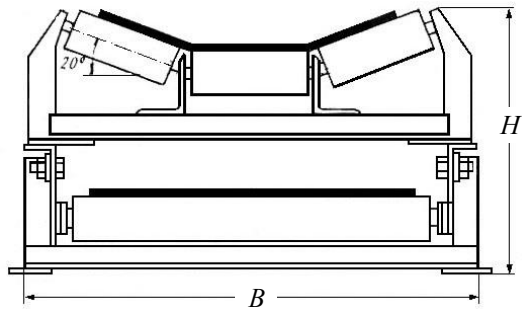


Таблица П5. Габарит става ленточного конвейера

Тип конвейера	КЛ80; КЛ120; КЛ180	КЛ220; КЛ250	КЛ300; КЛ350
Высота, (H) мм	480	480	1000
Ширина, (B) мм	1020	1320	1450