



СТРОИТЕЛЬНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Старший преподаватель кафедры «Строительство подземных сооружений и горных предприятий»,

к.т.н. Сергей Геннадьевич Губанов

sg.gubanov@misis.ru

sg.gubanov@yandex.ru

Литература

Учебники:

1. Шахтное и подземное строительство: Учебник для вузов в 2-ух томах / Б.А.Картозия, Б.И.Федунец, М.Н. Шуплик и т.д.// МЖ Изд.-во Академии горных наук, 2001
2. Технология строительства подземных сооружений. Специальные способы строительства: учебник для вузов./ И.Д.Насовнов, В.А.Федюкин, М.Н.Шуплик и т.д. — М.:Недра, 1992

Пособия для практических занятий:

1. А.В.Корчак, В.А.Пшеничный. Практикум по дисциплине «Строительная геотехнология» (Раздел. Строительство вертикальных выработок). Учебное пособие // М.: МГГУ, 2013
2. А.Н.Панкратенко, В.А.Пшеничный, А.В.Кузина. Практикум по дисциплине «Строительство и реконструкция горных предприятий». Учебное пособие // М.: МГГУ, 2012



https://yadi.sk/d/VNyaWBIUI2E_hg



ПЛАН ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

№ практического занятия	Продолжительность	Краткое содержание
1	4 часа	Выбор формы и размеров поперечного сечения горных выработок (горизонтальных и вертикальных)
2	4 часа	Оценка устойчивости горных пород и основы выбора крепей
3	4 часа	Расчет паспорта БВР при строительстве горных выработок
4	6 часов	Определение параметров графика организации работ при строительстве вертикальных и горизонтальных горных выработок
5	2 часа	Основы проектирования метрополитенов
6	4 часа	Проектирование специальных способов строительства горных выработок
7	2 часа	Основы проектирования выработок в городском подземном строительстве
8	4 часа	Определение параметров графика организации работ при щитовой технологии строительства выработок



Практическое занятие №1:
Выбор формы и размеров поперечного сечения
горных выработок
Часть 1: Выбор формы и размеров горизонтальной
выработки



Форма поперечного сечения горных выработок

Форма поперечного сечения горной выработки зависит:

1. Категории устойчивости горных пород
2. Выбранной конструкции крепи

Крепление выработки – это возведение в ней специальной конструкции – крепи (обделки) с целью предотвращения обрушения или уменьшения смещения окружающих пород и обеспечения необходимых для эксплуатации размеров и формы поперечного сечения.



Классификация крепей и обделок

Крепи горных выработок и **обделки** транспортных, гидротехнических и специальных подземных сооружений различают по ряду признаков:

- **По назначению:** временная и постоянная крепь
- **По материалу:** деревянная, металлическая, каменная, бетонная, железобетонная и т.д.
- **По форме:** прямоугольная, трапециевидная, полигональная, сводчатая, подковообразная, кольцевая, эллиптическая.
- **По конструктивному виду:** сборная, монолитная, сборно-монолитная;
- **По характеру работы:** ограждающая, изолирующая и несущая;
- **По типу конструкции:** сплошная (монолитная и сборная из блоков, тюбингов, рам, установленных вплотную), интервальная (штанговая и рамная, различных форм и конструкций, установленных в разбежку), комбинированная (сечение сплошной и интервальной);



Классификация крепей и обделок

Крепи горных выработок и **обделки** транспортных, гидротехнических и специальных подземных сооружений различают по ряду признаков:

- **По конструктивной схеме:** балочные, арочные; с жёсткими или шарнирными соединениями элементов
- **По деформационно-силовой характеристике:** жесткая, малоподатливая, податливая и весьма податливая;
- **По структуре конструкции:** однослойная, многослойная.
- **По размещению на поверхности выработки:** потолочная, незамкнутая, замкнутая, торцевая;
- **По характеру контакта с массивом пород:** без сцепления с массивом по наружному контуру, со сцеплением;



Классификация крепей и обделок

Крепи горных выработок и **обделки** транспортных, гидротехнических и специальных подземных сооружений различают по ряду признаков:

- **По местоположению на трассе выработки:** крепь (обделка) протяженных участков, сопряжений и пересечений, закруглений, выходов на поверхность (порталов, устьев стволов, штолен);
- **По способу возведения:** обычная и специальная (забивная, задавливаемая, погружная, опускная, предварительно обжатая и т. п.); возводимая при подземном и открытом способе производства горных работ;
- **По возможности перемещения:** стационарная, передвижная.



Формы внутреннего очертания крепей (обделок)

а — прямоугольная;
б, в — трапециевидные;
г — полигональная;
д — бочкообразная;
е, ж, з, и — сводчатые с вертикальными и наклонными стенами (формы сводов:
 е — трехцентровый пониженный;
 ж, з — циркульный пониженный;
 и — полуциркульный);
с, л, м — подковообразные циркульного, трехцентрового и пятицентрового очертания;
н — кольцевая;
о, п — эллиптические

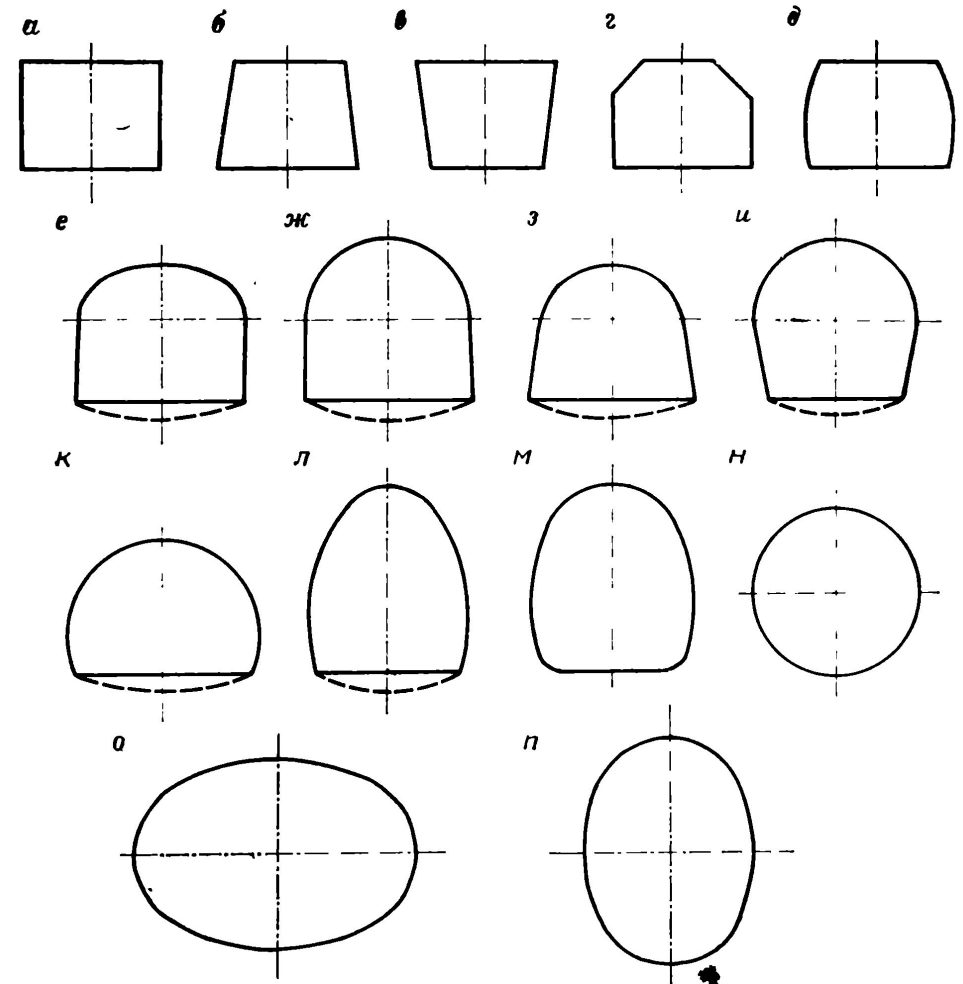


Схема сечения выработок с арочной крепью

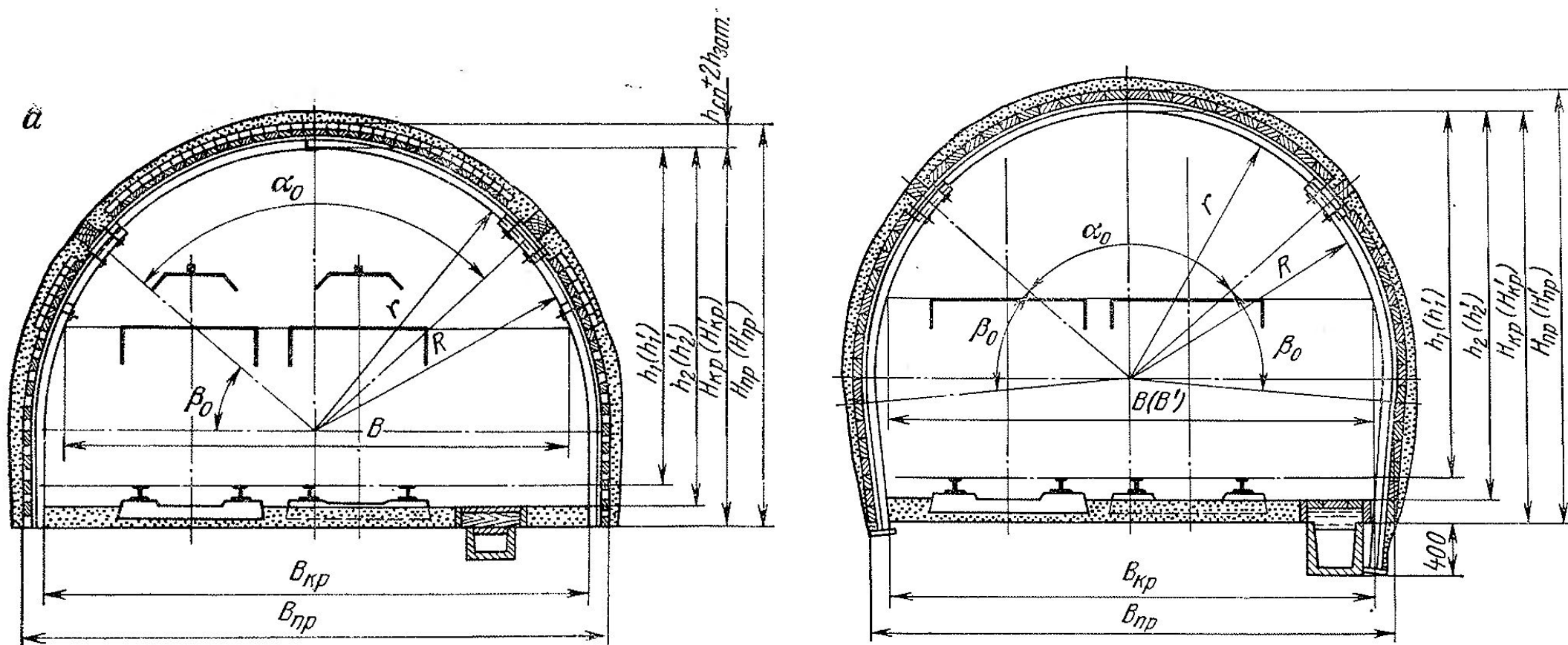


Схема сечения выработок с арочной крепью



Схема сечения выработок с монолитно бетонной и железобетонной крепью

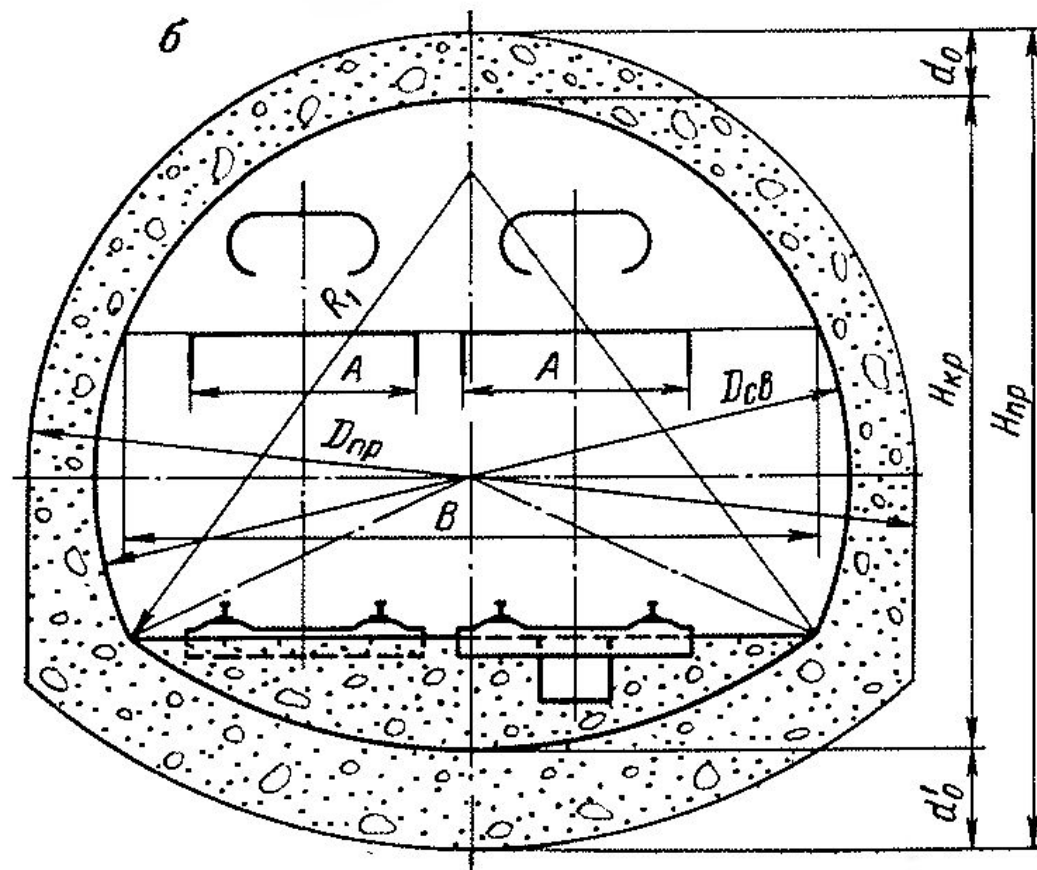
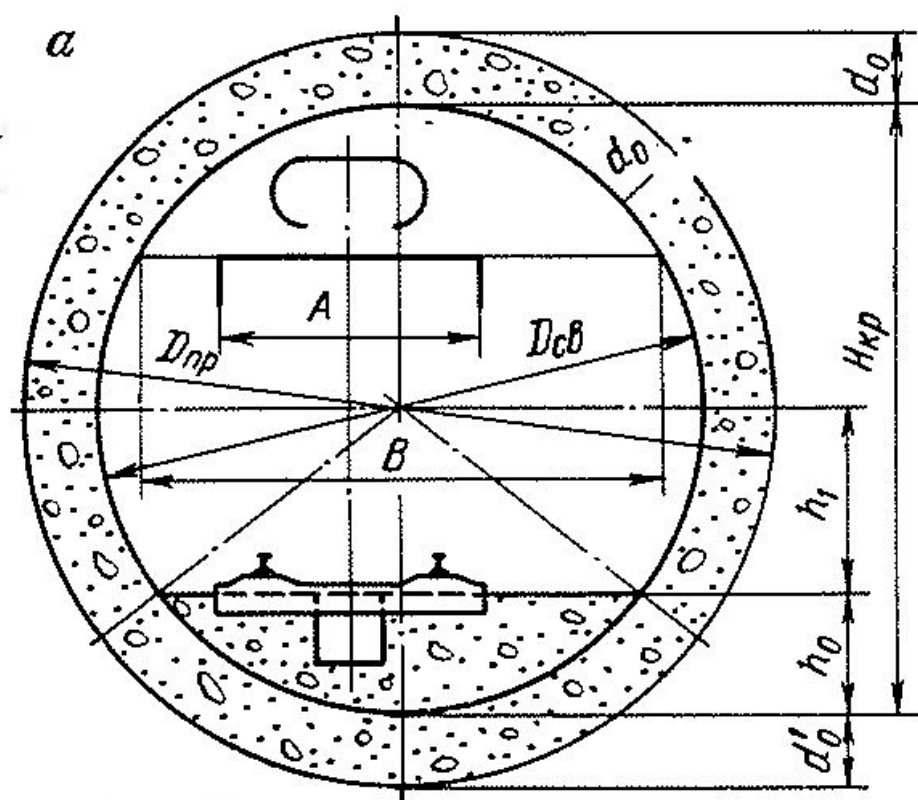


Схема сечения выработок с тубинговой крепью

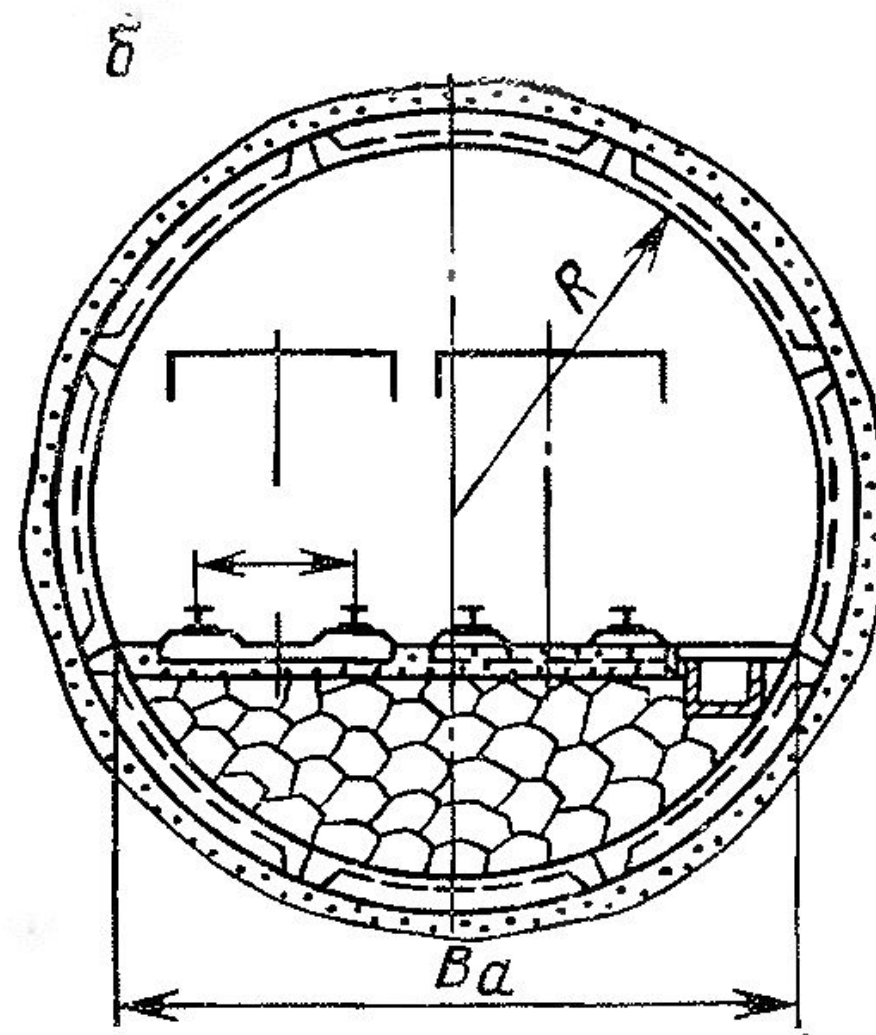
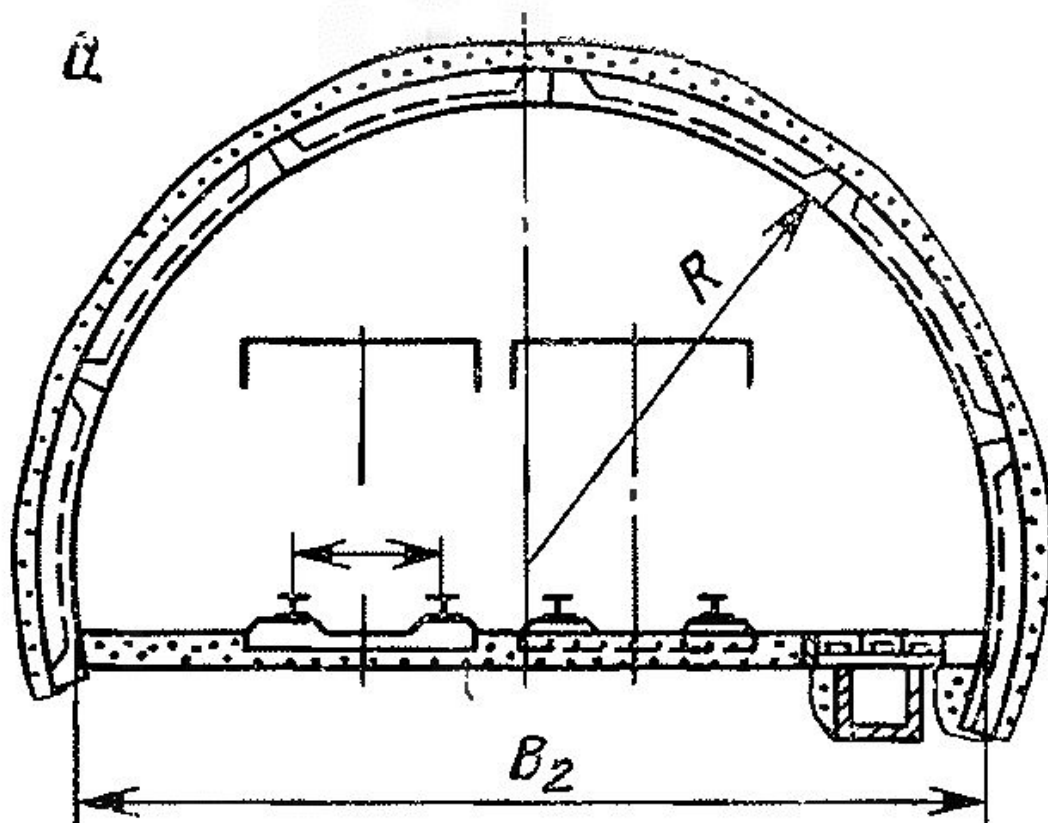


Схема сечения выработок с тубинговой крепью



технологический университет



Схема сечения выработок со сборной крепью, трапецевидной формы

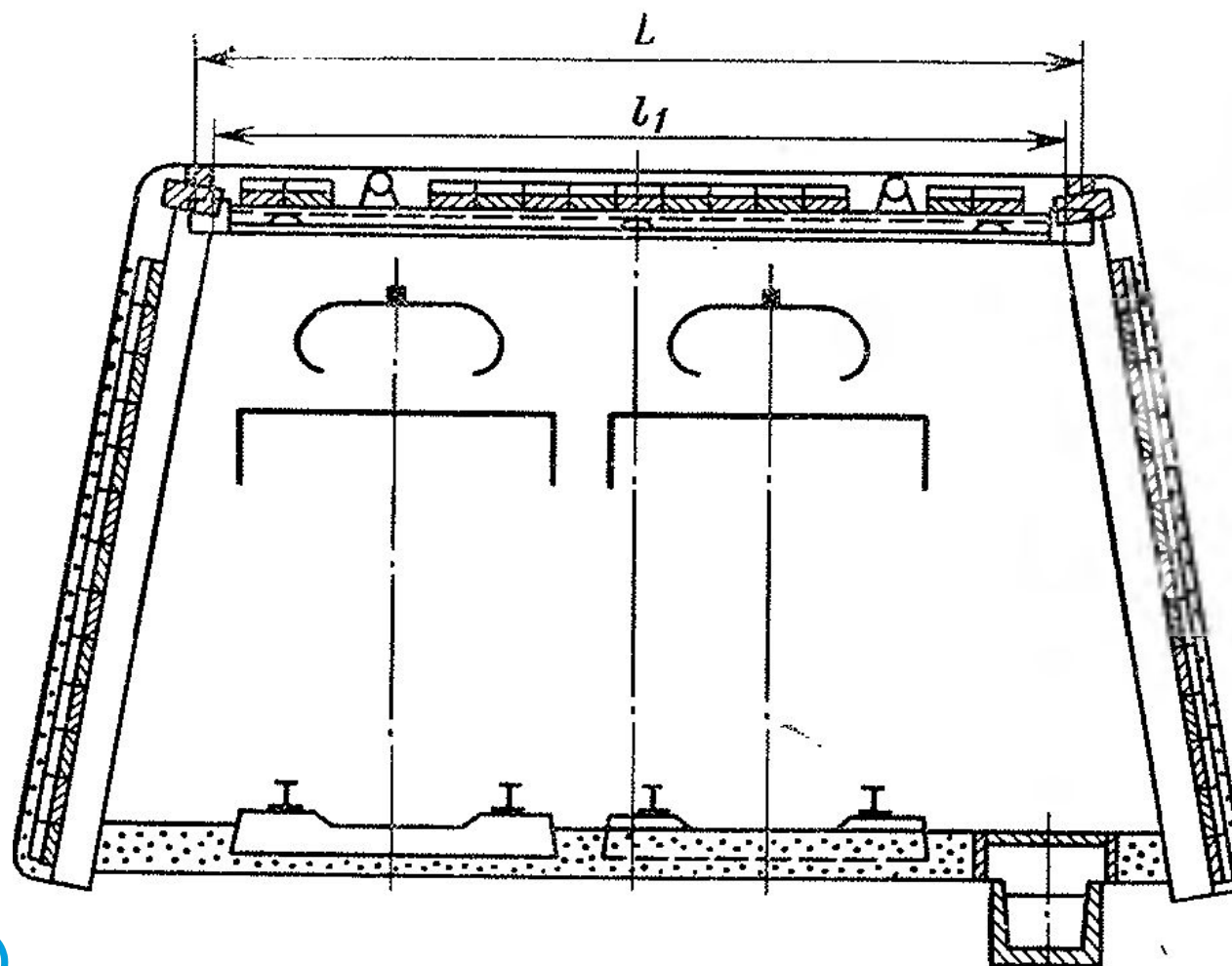


Схема сечения выработок со сборной крепью, трапецевидной формы



Схема сечения выработок с комбинированной анкерно-набрызг-бетонной крепью

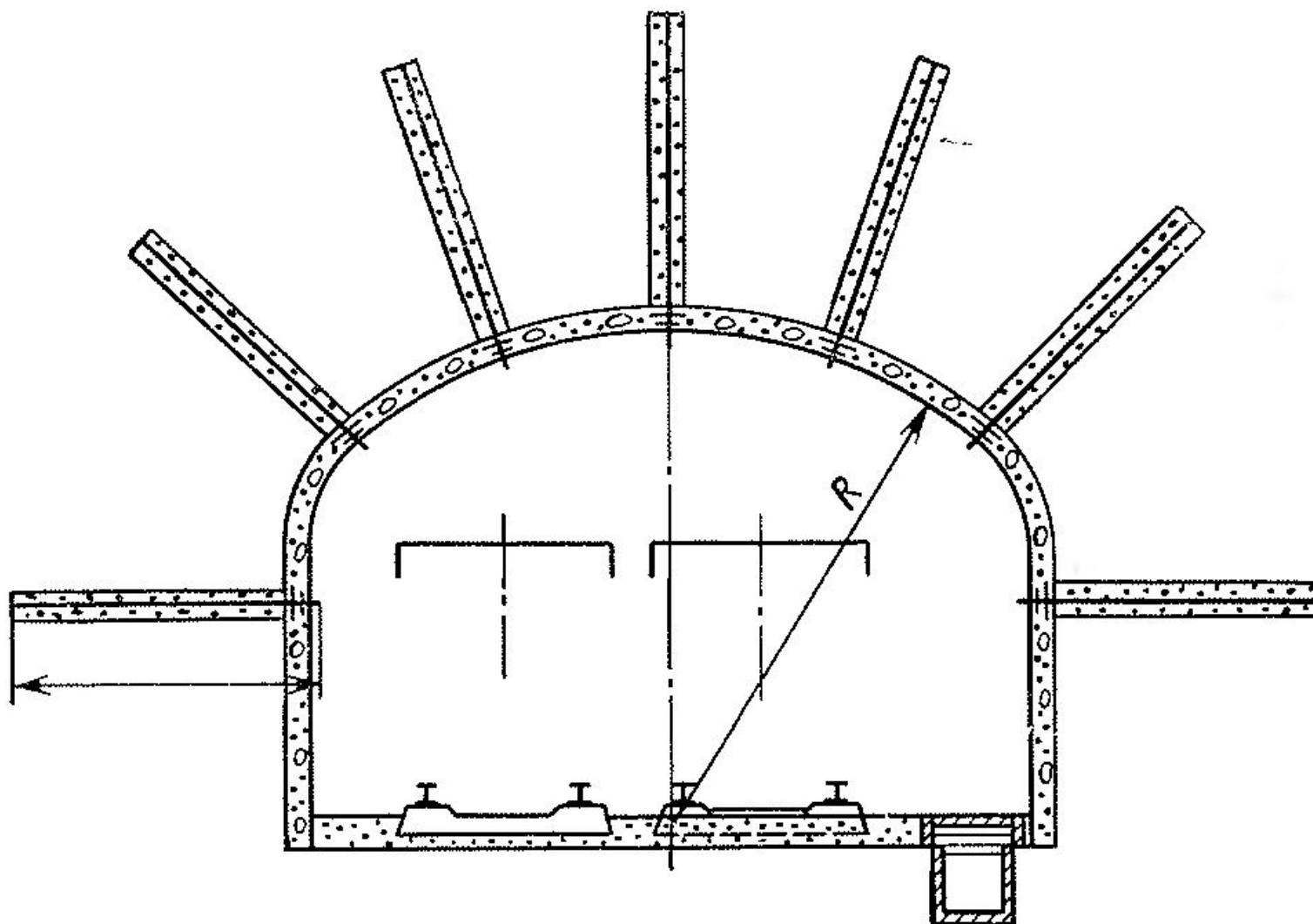
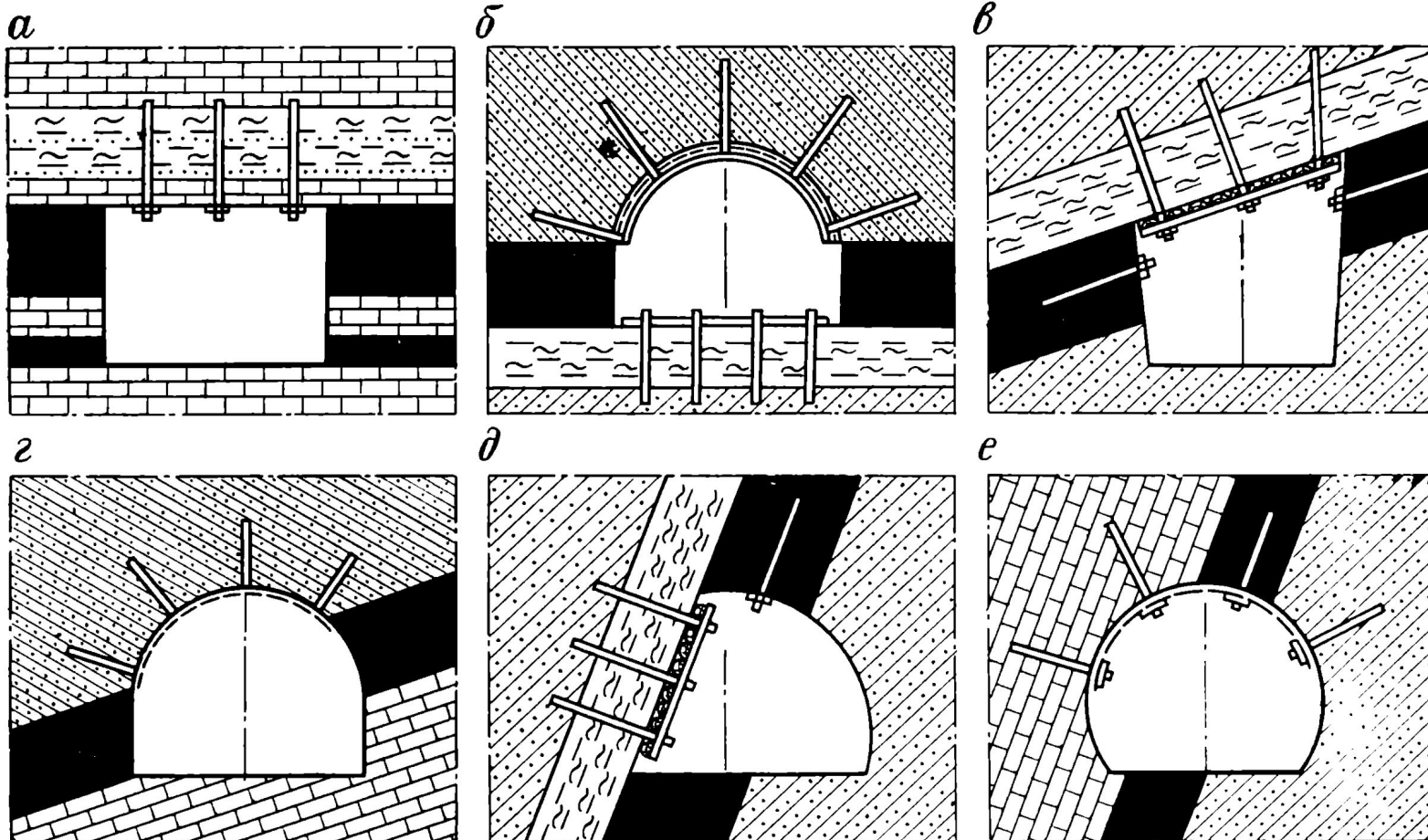


Схема сечения выработок закрепленных штанговой крепью



Размеры поперечного сечения выработок

Размеры поперечного сечения выработки зависят от:

- назначения выработки
- габаритов подвижного состава или конвейера,
- вида применяемого стационарного оборудования,
- числа рельсовых путей,
- минимальных зазоров, предусмотренными Правилами безопасности ПБ [8],
- способа передвижения людей
- количества воздуха, проходящего по выработке для проветривания.



Алгоритм выбора размеров поперечного сечения выработки

1. Определяются максимальные основные размеры принятого транспортного оборудования;
2. Определяются зазоры и расстояния между отдельными механизмами, и между оборудованием и крепью выработки;
3. Вокруг размещенного оборудования, с учетом зазоров, очерчивают контур выработки, соответствующей принятой форме поперечного сечения.
4. Находят размеры и площадь выработки «в свету»;
5. Полученная площадь проверяется по скорости движения воздушной струи.



Определение размеров выработки

1. Ширина выработки в свету на уровне верхней кромки подвижного состава определяется:

$$b_{\text{св}} = l_1 + A + l_2 + K + l_3$$

где

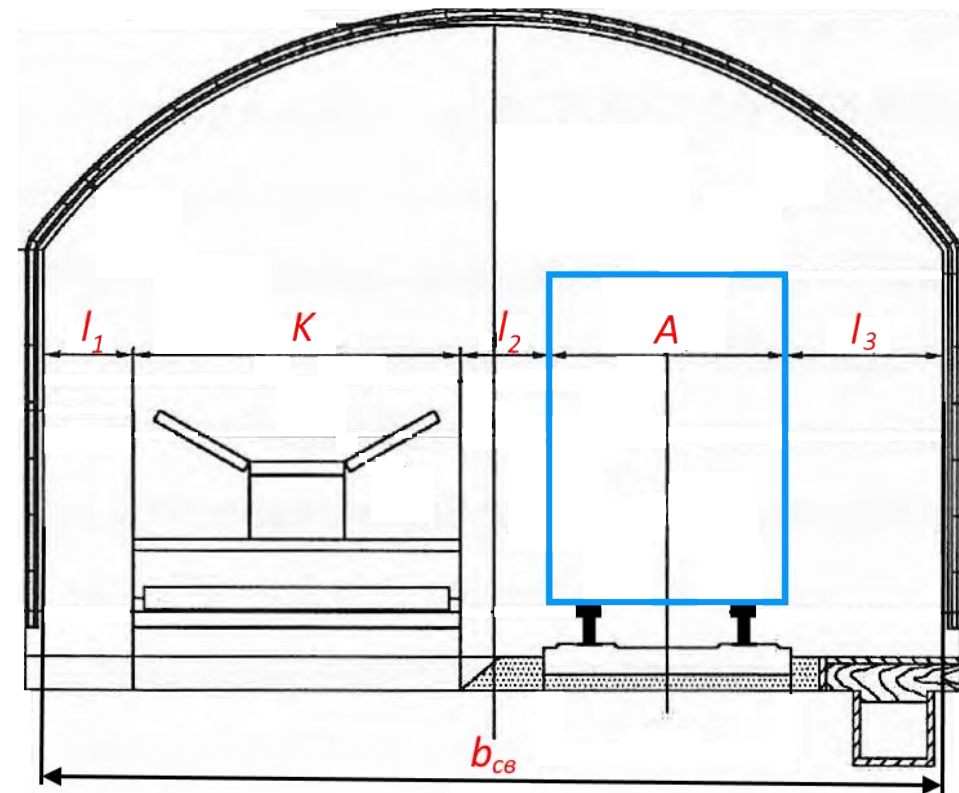
l_1 - зазор между крепью и максимальным габаритом конвейера (или подвижным составом), мм;

K – ширина конвейера, мм;

l_2 - требуемая ширина зазора между транспортными средствами, мм;

A – ширина подвижного состава, мм;

l_3 - зазор между крепью и электровозом (или конвейером) предназначенный для прохода людей, мм.



Определение размеров выработки

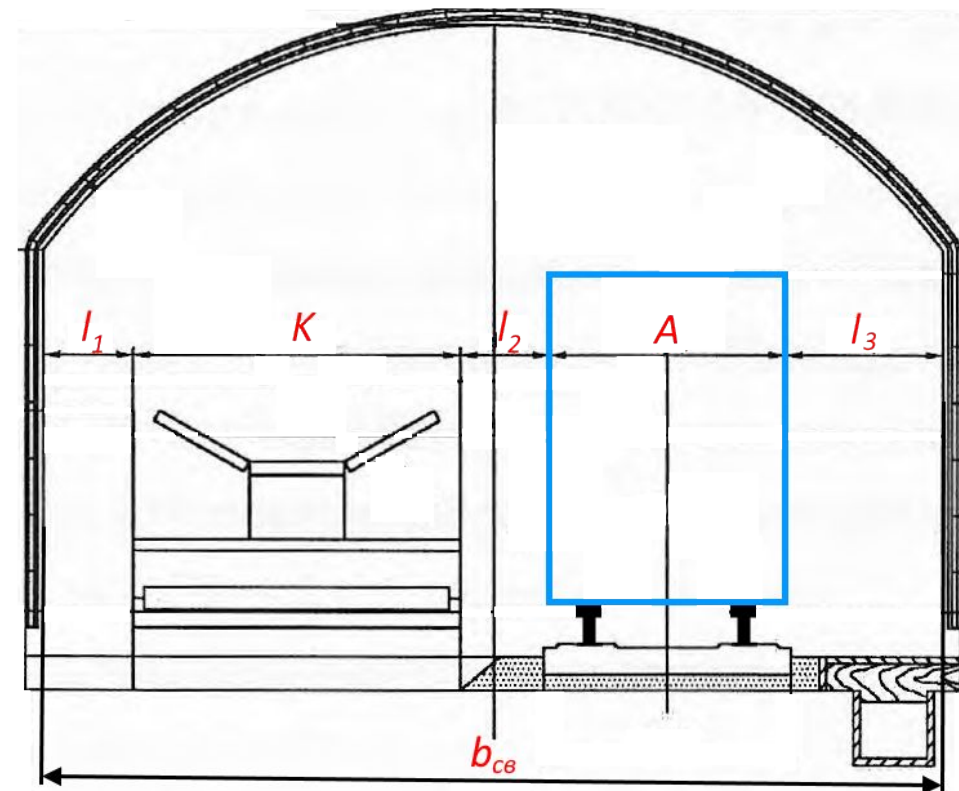
l_1 - зазор между крепью и максимальным габаритом конвейера (или подвижным составом), мм, принимается равным:

Для электровозов:

- Не менее 250 мм при рамных конструкциях крепей;
- Не менее 200 мм при гладких конструкциях крепей;

Для конвейеров:

- Не менее 400 мм;



Определение размеров выработки

K – ширина конвейера, мм;

Принимается равным максимальным габаритам конвейера.

К примеру, для конвейеров:

ЛК-80 1100 мм

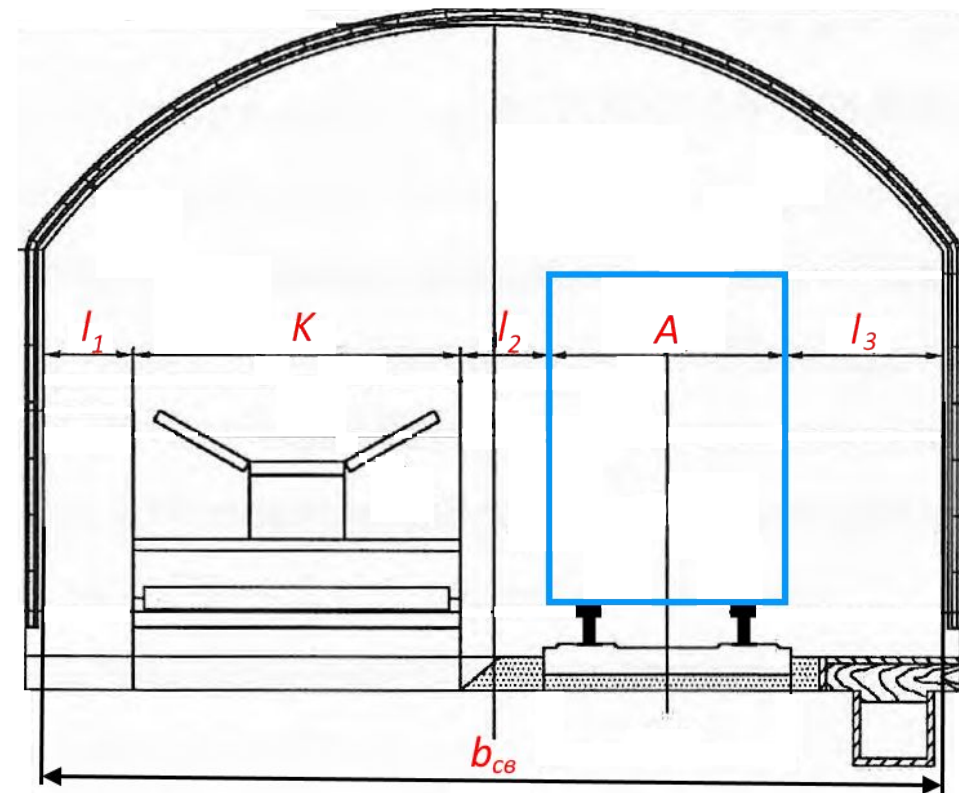
ЛЦ-100 1100 мм

ЛК-100 1450 мм

ЛЦ-100 1450 мм

ЛБ-80 1100 мм

ЛБ-100 1450 мм



Определение размеров выработки

l_2 - требуемая ширина зазора между транспортными средствами, мм, принимается равным:

Между двумя подвижными составами:

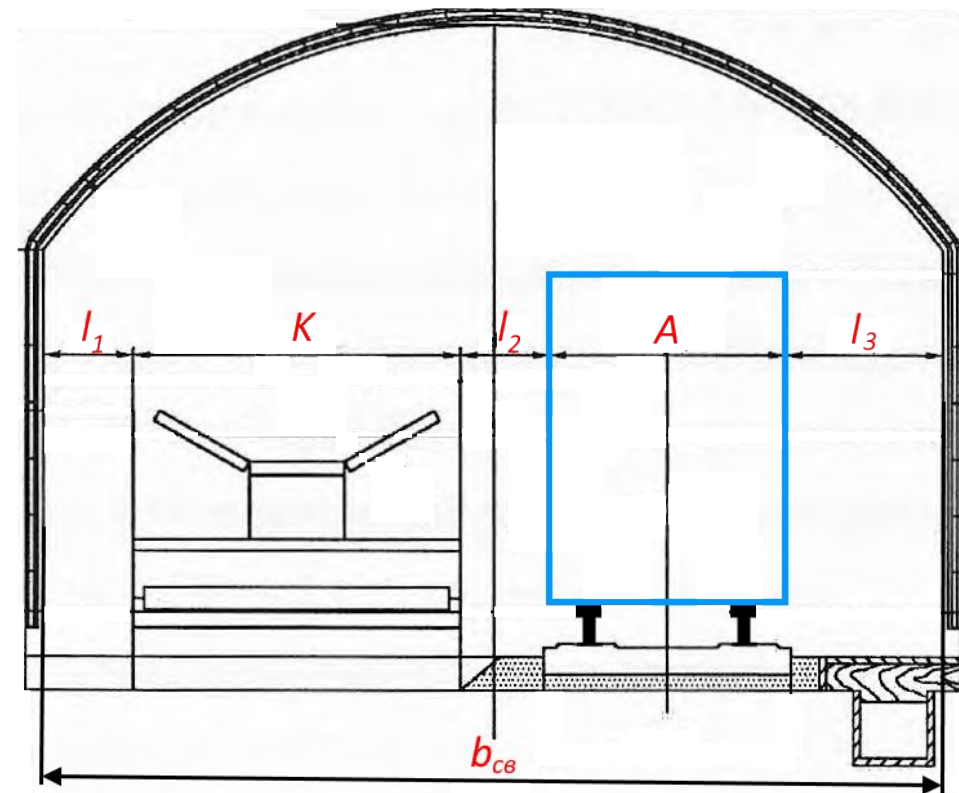
- Не менее 200 мм при рамных конструкциях крепей;

Между подвижным составом и конвейером:

- Не менее 400 мм;

Между двумя конвейерами:

- Не менее 400 мм;



Определение размеров выработки

$А$ – ширина подвижного состава, мм.

Принимается равным максимальным габаритам подвижного состава (вагонеток и электровоза).

К примеру, **для аккумуляторных электровозов:**

А 10-2, А 14-2 1350 мм

А 10-1 1050 мм

для контактных электровозов:

1К10-1 1050 мм

1К14-2 1350 мм

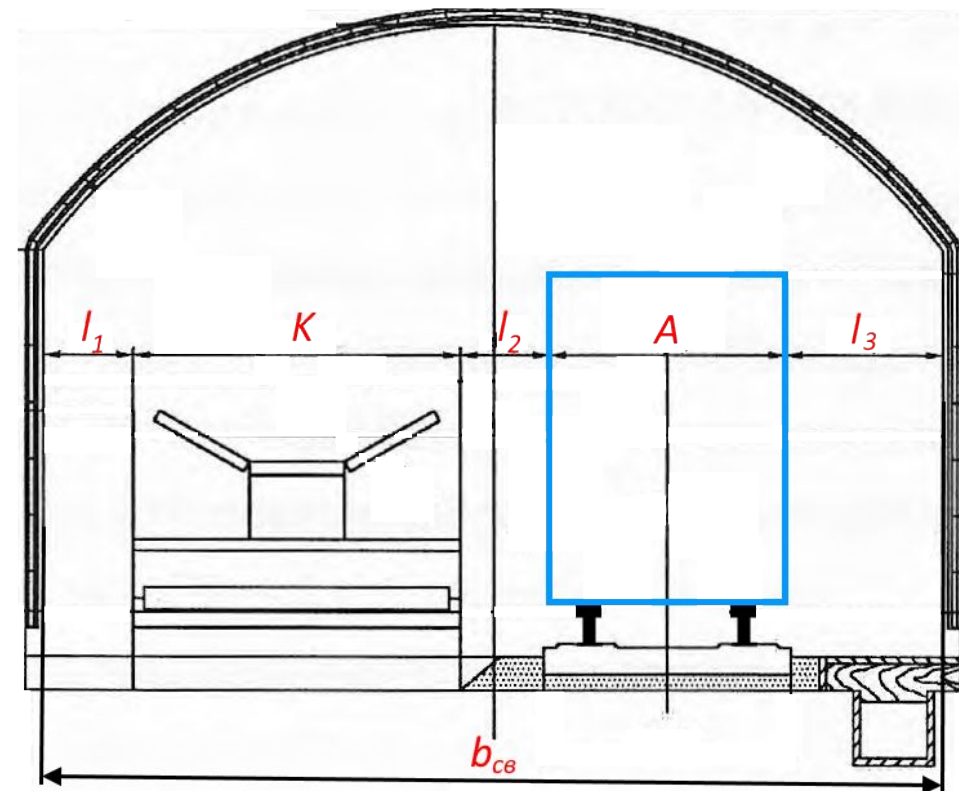
для вагонеток

УВГ-1,2 850 мм

УВГ-2,5 1240 мм

УВД-3,3 1350 мм

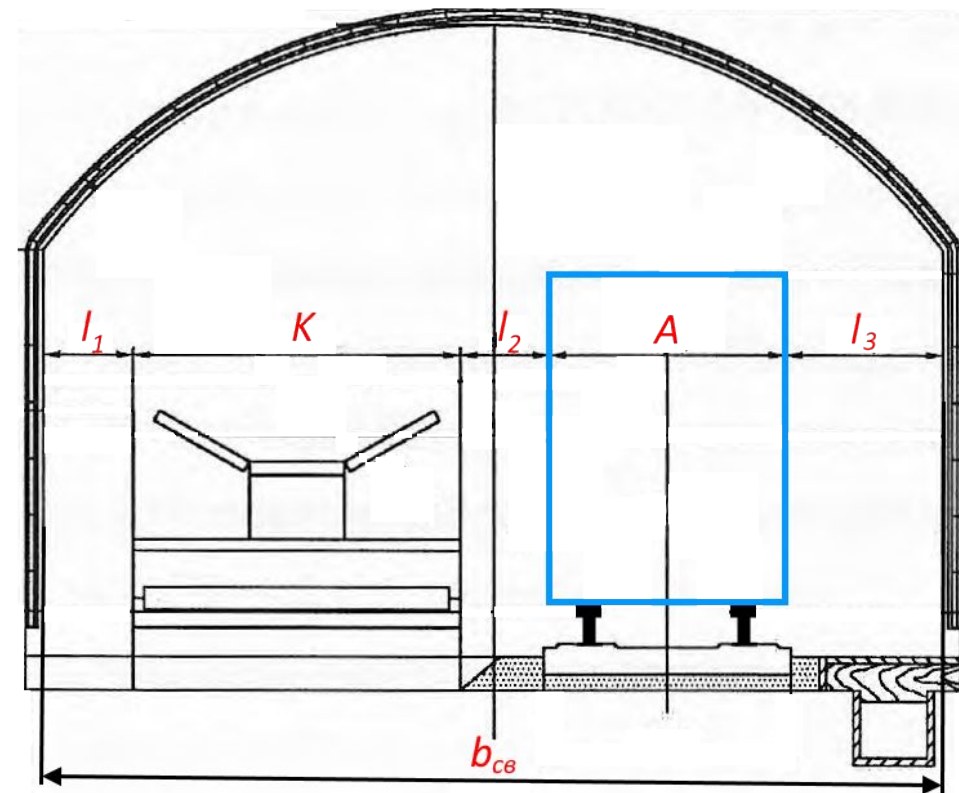
ВД 1350 мм



Определение размеров выработки

l_3 - зазор между крепью и электровозом (или конвейером) предназначенный для прохода людей, мм.

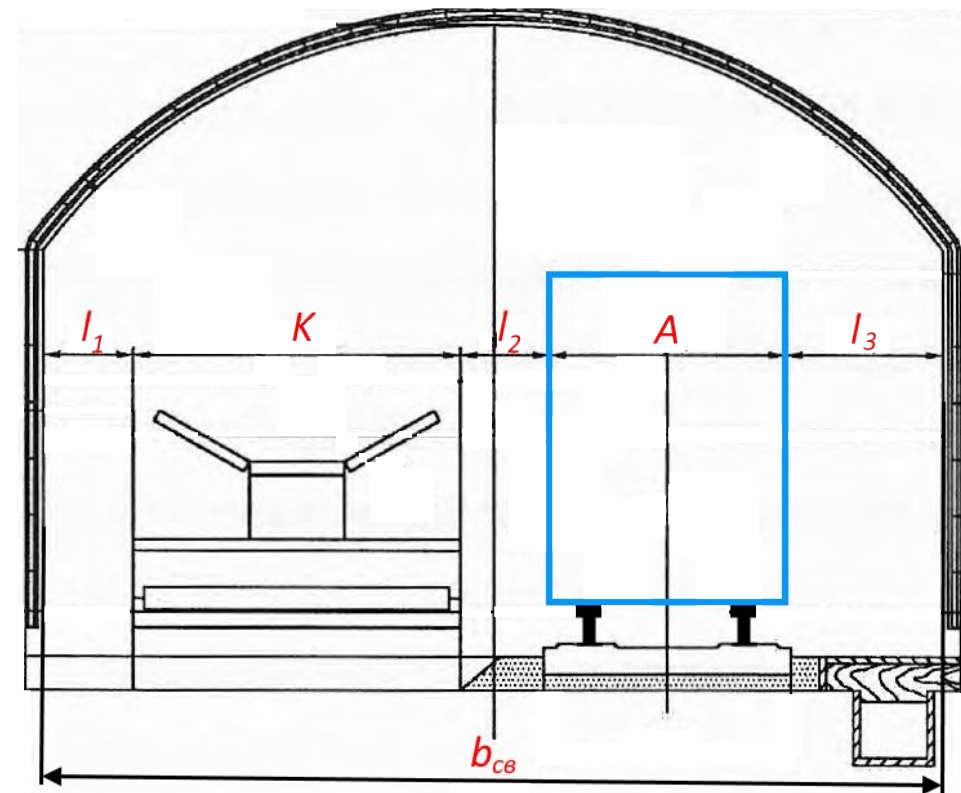
Принимается равным не менее 700 мм на высоте не менее 2000 мм от уровня балластного слоя или пешеходного трапа



Определение размеров выработки

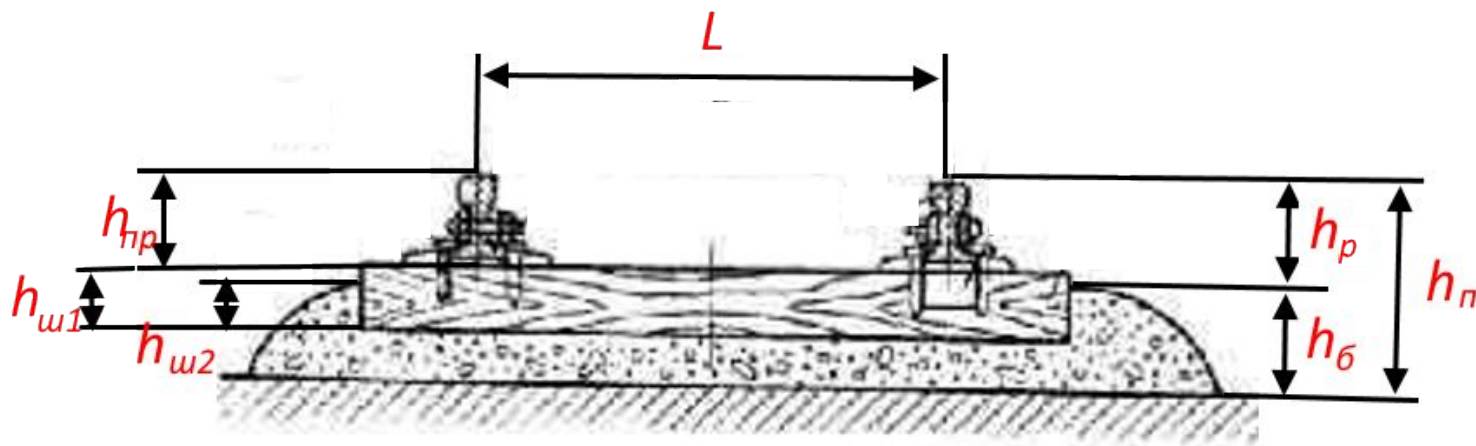
l_3 - зазор между крепью и электровозом (или конвейером) предназначенный для прохода людей, мм.

Принимается равным не менее 700 мм на высоте не менее 2000 мм от уровня балластного слоя или пешеходного трапа



Строение пути

Параметр	P-18	P-24	P-33	P-38
	320	350	390	400
	140	160	190	190
	180	190	200	210
	90	107	128	135
	150	159	186	165



Основные параметры выработки

1. Площадь сечения крепи с затяжкой

$$S_{кр} = (P - b_{св})(h_{кр} + h_3)$$

где P – периметр выработки в свету, мм;

$b_{св}$ – ширина выработки на уровне почвы, мм;

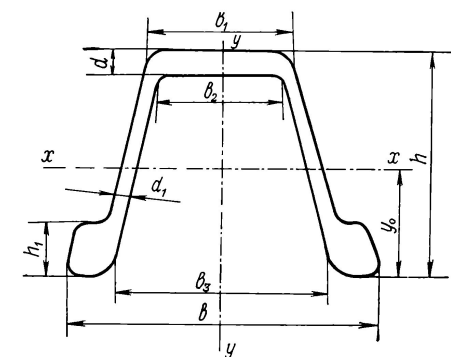
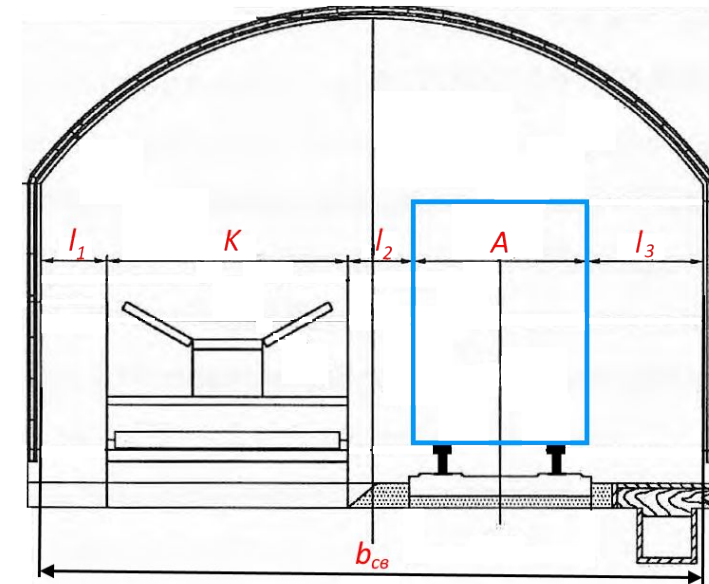
$h_{кр}$ – высота металлического профиля, мм;

h_3 – толщина затяжки, принимается равной от 30 до 50 мм;

2. Площадь поперечного сечения выработки «вчерне»:

$$S_{вч} = S_{св} + S_{кр}$$

где $S_{св}$ – площадь выработки в свету, м²;



Специальный
взаимозаменяемый
профиль для шахтной
крепи (СВП)

Основные параметры выработки

3. Площадь поперечного сечения выработки «в свету», для рассматриваемой формы выработки:

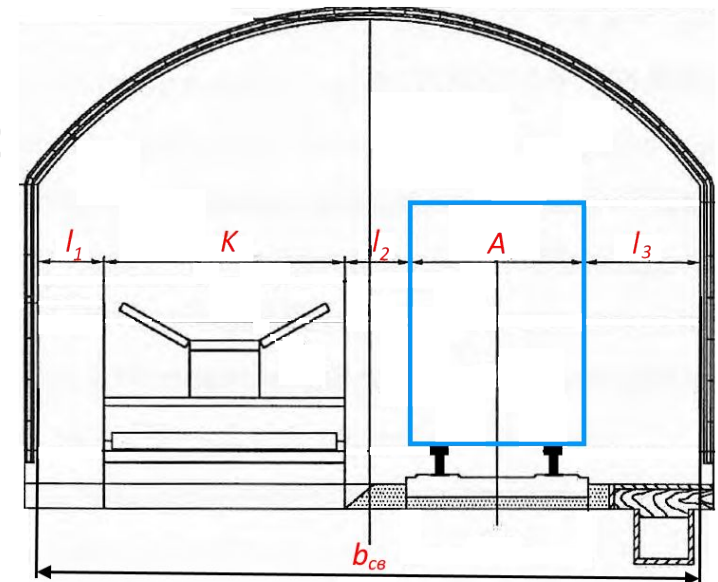
$$S_{\text{св}} = b_{\text{св}}(h + h_{\text{п}} + 0,26b_{\text{св}})$$

где h - высота подвижного состава, м;

4. Площадь поперечного сечения выработки в проходке:

$$S_{\text{пр}} = S_{\text{вч}} \cdot \mu$$

где μ – коэффициент излишка сечения (КИС).



Поперечное сечение горных выработок вчерне (по проекту), м ²	Коэффициент крепости пород по шкале проф. М.М.Протодияконова		
	От 0,4 до 2	От 2 до 9	От 10 до 20
До 8	1.05	1,1	1,12
От 8 до 15	1,04	1,08	1,1
Более 15	1,03	1.05	1,07

Требования вентиляции

Площадь сечения выработки в свету после осадки, проверяется по скорости движения воздуха:

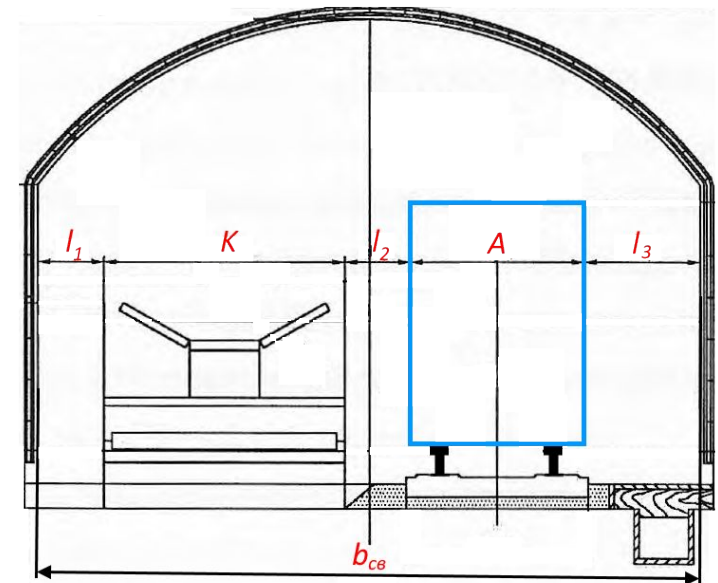
$$V = \frac{Q}{S_{св}}$$

где Q – количество воздуха, которое должно поступать в выработку, $\text{м}^3/\text{с}$;

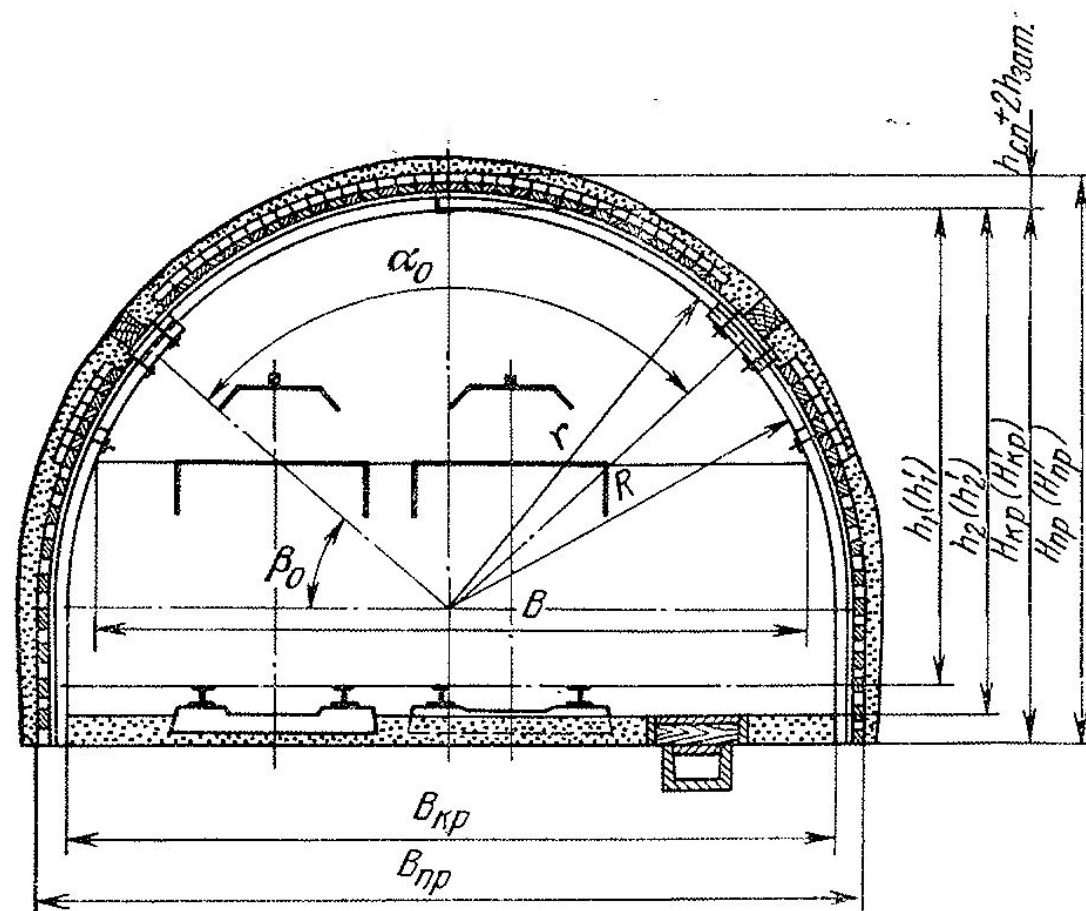
$$V_{min} < V < V_{max}$$

где $V_{min} = 0.25 \text{ м/с}$ минимальная допустимая Правилами Безопасности скорость движения воздуха;

$V_{max} = 8 \text{ м/с}$ максимальная допустимая Правилами Безопасности скорость движения воздуха.

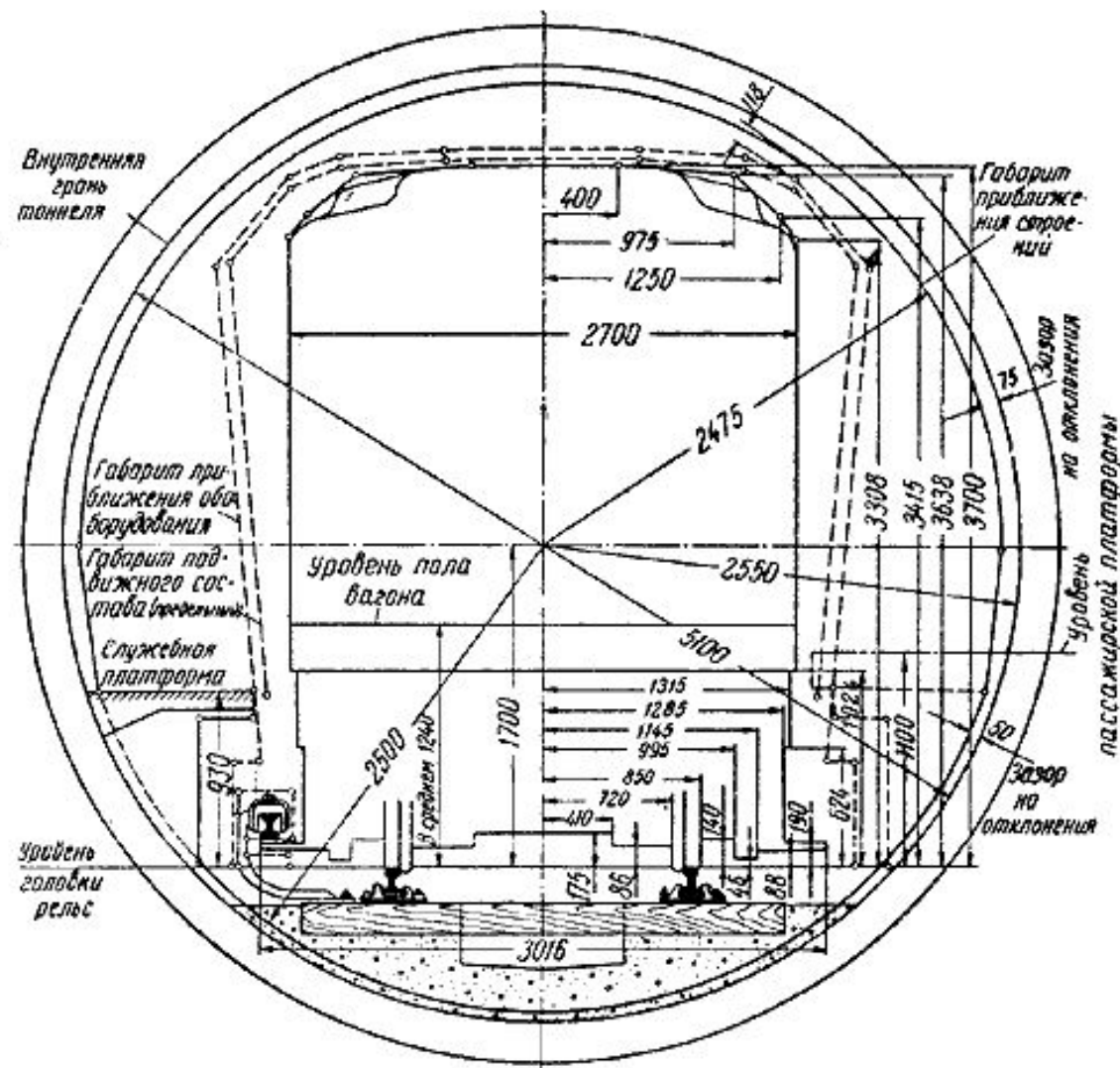


Выбор типового сечения



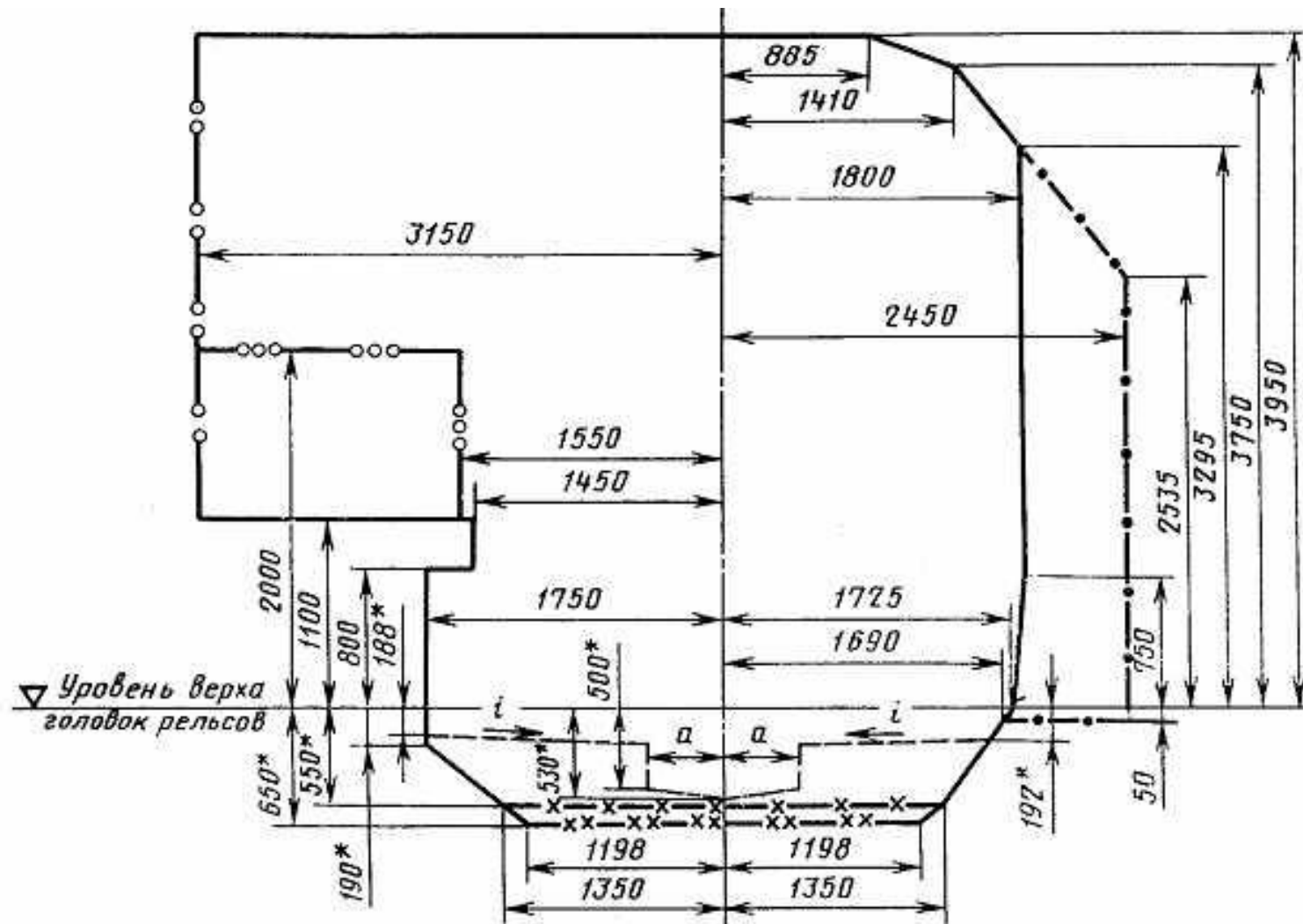
Площадь сечения выработки, м ²		Размеры в зоне установившегося горного давления												
		$B_{пр}, \text{ м}$			$B_{кр}, \text{ м}$	$B, \text{ м}$	$H_{пр}, \text{ м}$	$H_{кр}, \text{ м}$	$h_1, \text{ м}$	$h_2, \text{ м}$	$r, \text{ м}$	$R, \text{ м}$	α_0	β_0
		$i = 3$	$i = 4 \div 6$	$i = 7 \div 9$										
в свету	в проходке													
6,4	8,2	3,29	3,17	3,05	2,87	2,46	2,79	2,58	2,19	2,38	1,45	1,65	105° 18'	37° 19'
7,3	9,3	3,61	3,49	3,37	3,18	2,78	2,87	2,66	2,27	2,46	1,65	1,65	105° 22'	37° 19'
8,5	10,8	3,89	3,77	3,65	3,45	3,07	3,13	2,91	2,52	2,71	1,65	2,11	84° 20'	47° 50'
10,4	13	4,53	4,41	4,29	4,07	3,69	3,26	3,03	2,64	2,83	2,11	2,11	84° 32'	47° 44'
12,8	15,9	5,21	5	4,88	4,63	4,25	3,58	3,34	2,95	3,14	2,32	2,62	98° 40'	40° 40'
14,5	17,8	5,56	5,44	5,32	5,07	4,7	3,69	3,45	3,06	3,25	2,62	2,62	98° 40'	40° 40'
17,2	20,8	5,78	5,66	5,44	5,29	5,11	4,11	3,87	3,48	3,67	2,74	2,74	73° 32'	53° 14'

Определение габаритов железнодорожных и автодорожных тоннелей



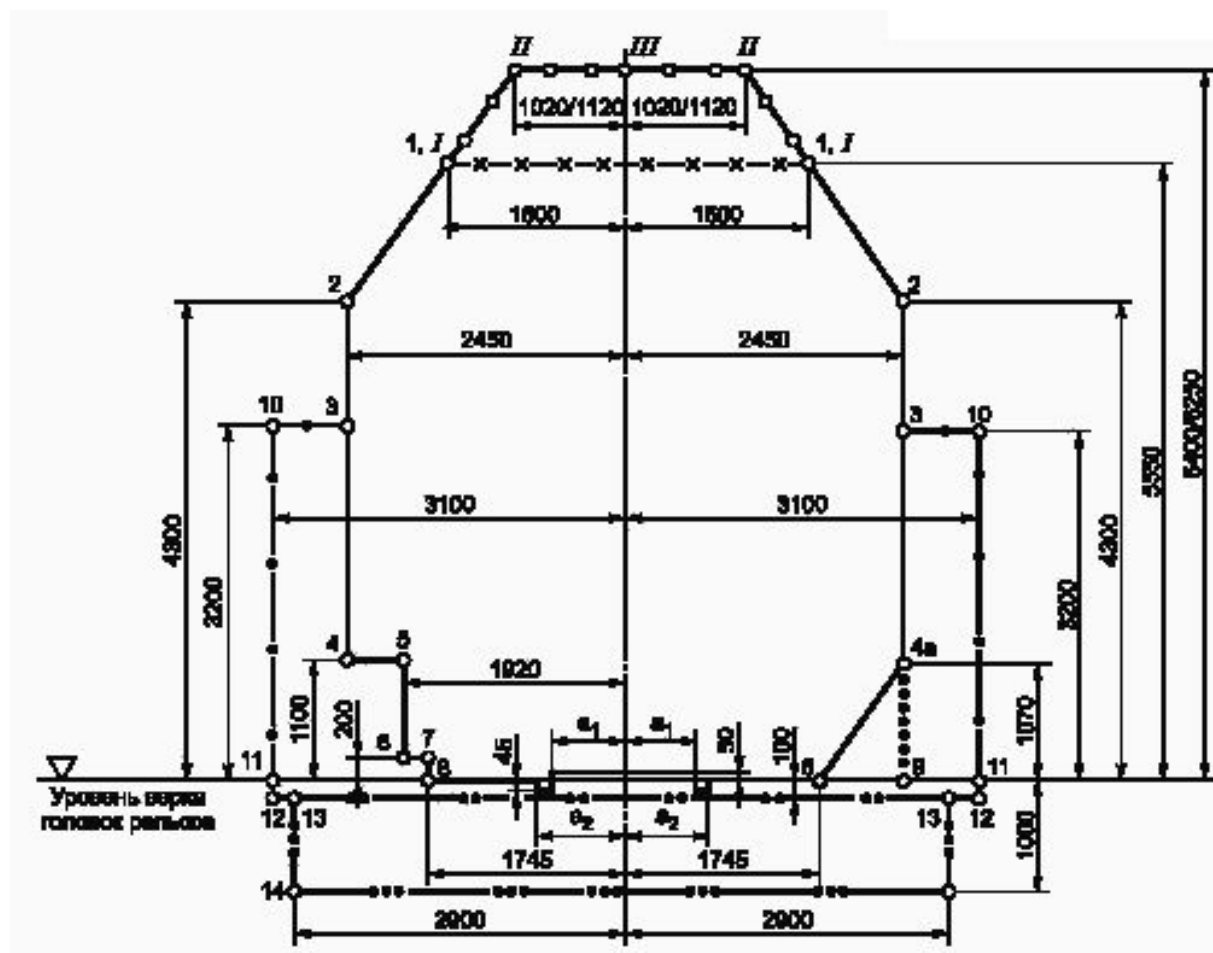
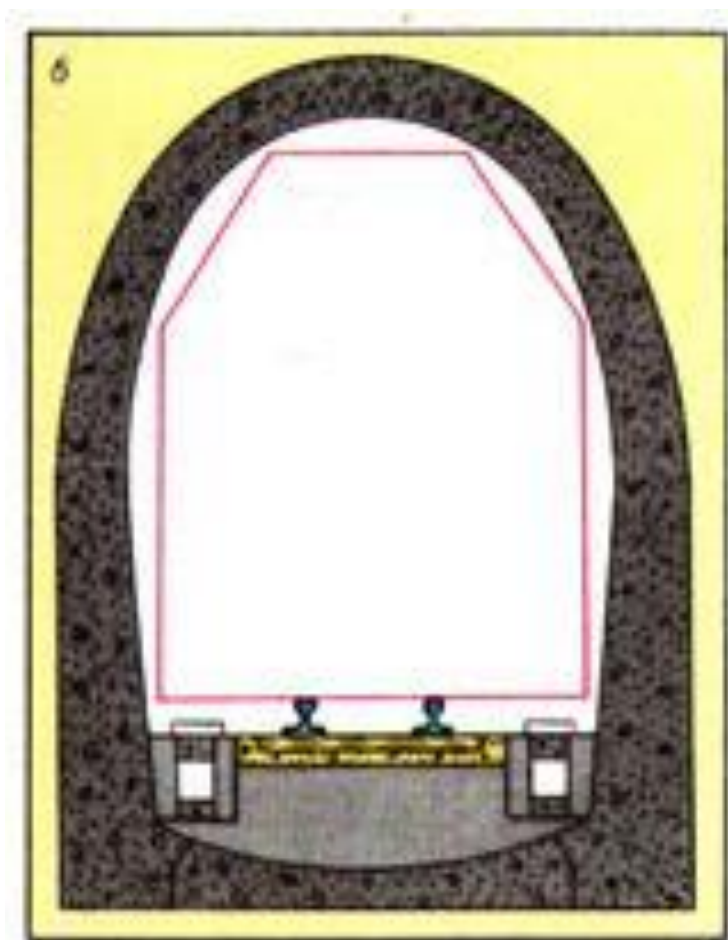
Тоннель метрополитена

Определение габаритов железнодорожных и автодорожных тоннелей



Станция метрополитена

Определение габаритов железнодорожных и автодорожных тоннелей



Железнодорожный тоннель