

Конструкции обделок железнодорожных и автодорожных тоннелей

- **1. Техника конструирования**
- **монолитных бетонных обделок**
- **2. Конструкции монолитных бетонных обделок**
- **3. Конструкции «облегченных» обделок**
- **4. Армирование монолитных бетонных обделок**
- **5. Сборные обделки**
- **6. Раструбные участки на порталах**



Техника конструирования монолитных бетонных обделок

- **Порядок конструирования:**
- - **выбор материала обделки;**
- - **установление внутреннего очертания обделки;**
- - **назначение толщины обделки в характерных точках;**
- - **установление наружного очертания;**
- - **конструирование обделки:**
- - **проверка прочности конструкции;**
- - **внесение при необходимости изменение в конструкцию (армирование, увеличение или уменьшение ее толщины).**

Материалы и форма очертания тоннельных конструкций

- **Материалы должны удовлетворять требованиям прочности, огнестойкости, долговечности, устойчивости к агрессивному действию подземных вод, не выделять токсичных соединений и иметь сертификаты.**
- Обделки тоннелей, штолен, камер, ниш и шахтных стволов при горном способе строительства, обычно, выполняются из монолитного бетона и железобетона;
- они имеют подковообразное (\cap) очертание (для стволов – круговое).



- Состав бетона (200-350 кг Цемент; ~0,8 м³ Щебня; ~ 0,4 м³ Песка; В/Ц 0,5 – 0,6)
- а) - Класс по прочности на сжатие должен быть не ниже: **В 30** – для сборной ж.б. обделки;
В25 – монолитной ж.б. обделки;
В15 – монол. бет. и н/б обделки, порталов, внутренних монолитных ж.б. конструкций.
- б) **Плотность**: тяжелый бетон плотный $D = 2200 - 2500 \text{ кг/ м}^3$
- в) **Марки** по морозостойкости (F) и водонепроницаемости (W) (для бетона)
- **По СП 122**

- Арматура рабочая:
- стержневая, Ø 10 мм и более (для обделок) классы **A-II, III, IV**.
- Арматура конструктивная – класса **A-I**.
- Чугун – для обделок из чугунных тюбингов.
- Марки чугуна СЧ-21, СЧ-28 серый; модифицированный и высокопрочный.



Общие требования к конструкциям

- В не сильно обводненных грунтах и при дренировании подземных вод монолитные конструкции применяют без гидроизоляции; при невозможности дренирования устраивают гидроизоляцию.
- Толщина конструкций устанавливается расчетом, но должна быть не меньше, мм (СНиП 32-04-97):
 - монолитная бетонная и железобетонная обделка -200
 - то же, в крепких ск. грунтах (превыш. прочн. бетона более в 1,5 раза) - 100
 - несущие из набрызг-бетона - 100
 - облицовочные из набрызг-бетона - 50
 - ж/б блоки сплошного сечения (сборные) - 200
 - порталы, оголовки и стены рамп: ж/б - 150
 - бетонные - 300
 - бутобетонные - 500
- Минимальная толщина защитного слоя бетона рабочей арматуры:
 - - при толщине элементов до 300 мм - 20 мм
 - - при толщ. 300 – 500 - 30 мм
 - - при толщ. > 500 - 40 мм.


Ориентировочная толщина обделки в характерных сечениях (бетон класса В20), см.

М.У. «Горн.способ», 1999 г., ч1, с.14.

Сечение	Коэффициент крепости гр. f			
	1	2	4	6
Замковое (h_3):				
однопутный ждт	55	50	40	30
двухпутн. ждт.	85	75	60	40
Адт. III-IV кат	80	70	55	45
Адт. I-II кат.	90	80	75	50
В усл. плите свода (h_n)	(1,3 - 1,4) h_3		(1,1 - 1,3) h_3	
В стене ($h_{ст}$)	(1,5 - 1,6) h_3		(1,3 - 1,5) h_3	
По обрезу ф-та (h_0)	(1,8 - 2) h_3		(1,6 - 1,8) h_3	
В обр. своде ($h_{обр}$)	(0,7 - 0,8) h_3			
Примечание: в местах уширений для авар. остановки толщину обделки адт в замке увеличитт. на 10 - 15 см.				

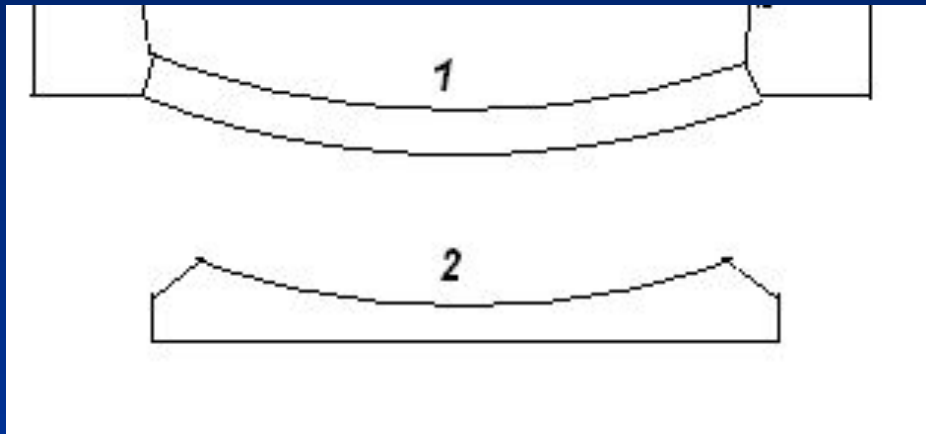


Обделка железнодорожного тоннеля

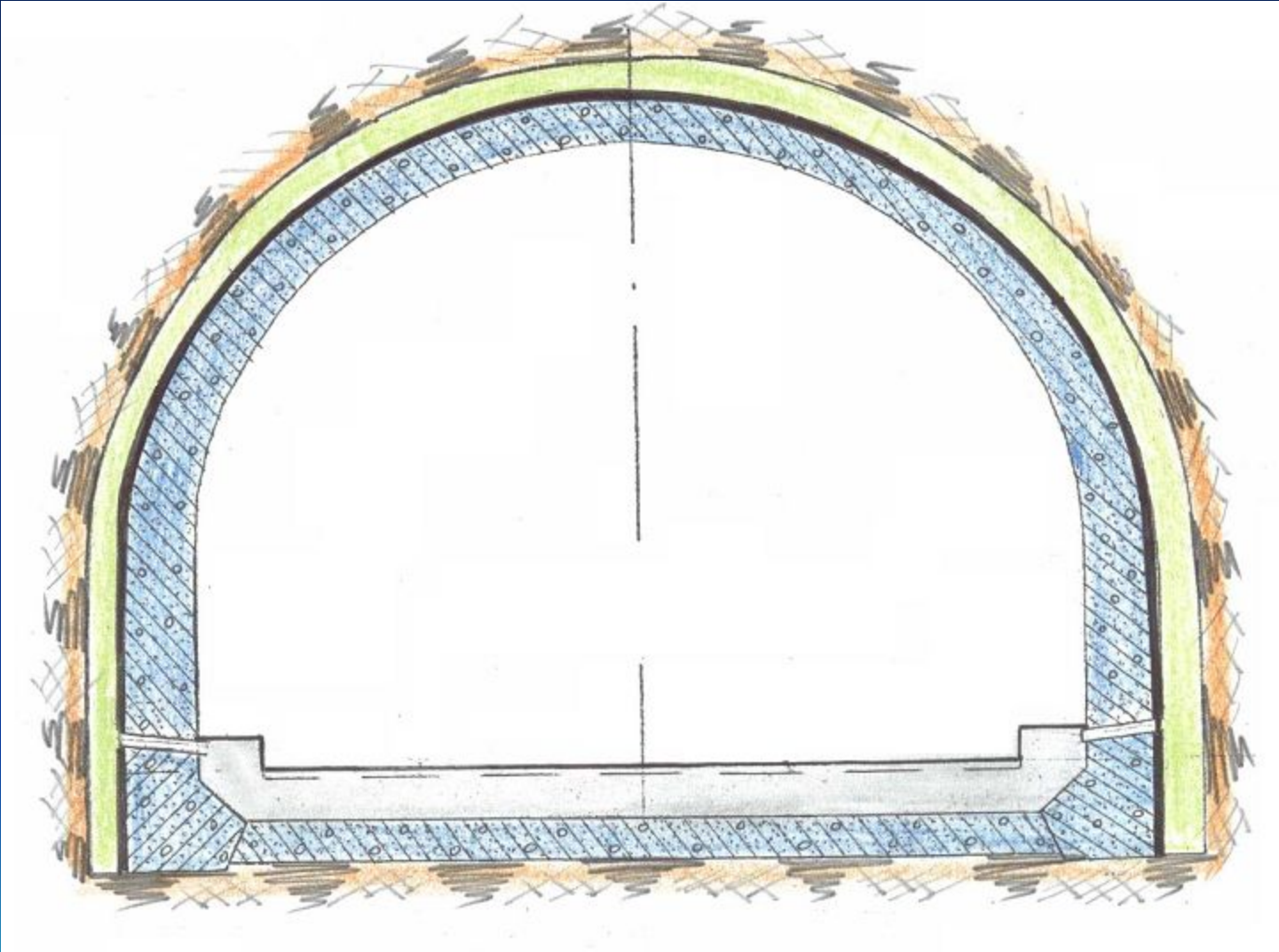
- Примеры конструкции:
 - - *Т и М (Храпов, с. 38-42),*
 - *Справочник инж. – тоннельщика, с.63,64,68.*
 - **Обделка проектируется подковообразной, т.к. преобладает вертикальная нагрузка, а горизонтальной почти нет.**
 - **Обделки в крепких грунтах ($f > 5$) могут иметь плоские прямые стены, при меньшей крепости они должны быть криволинейны.**
 - **В слабых грунтах с ($f < 4$) обделка проектируется с обратным сводом – он должен предотвращать сдвиг стен обделки внутрь.**
- 

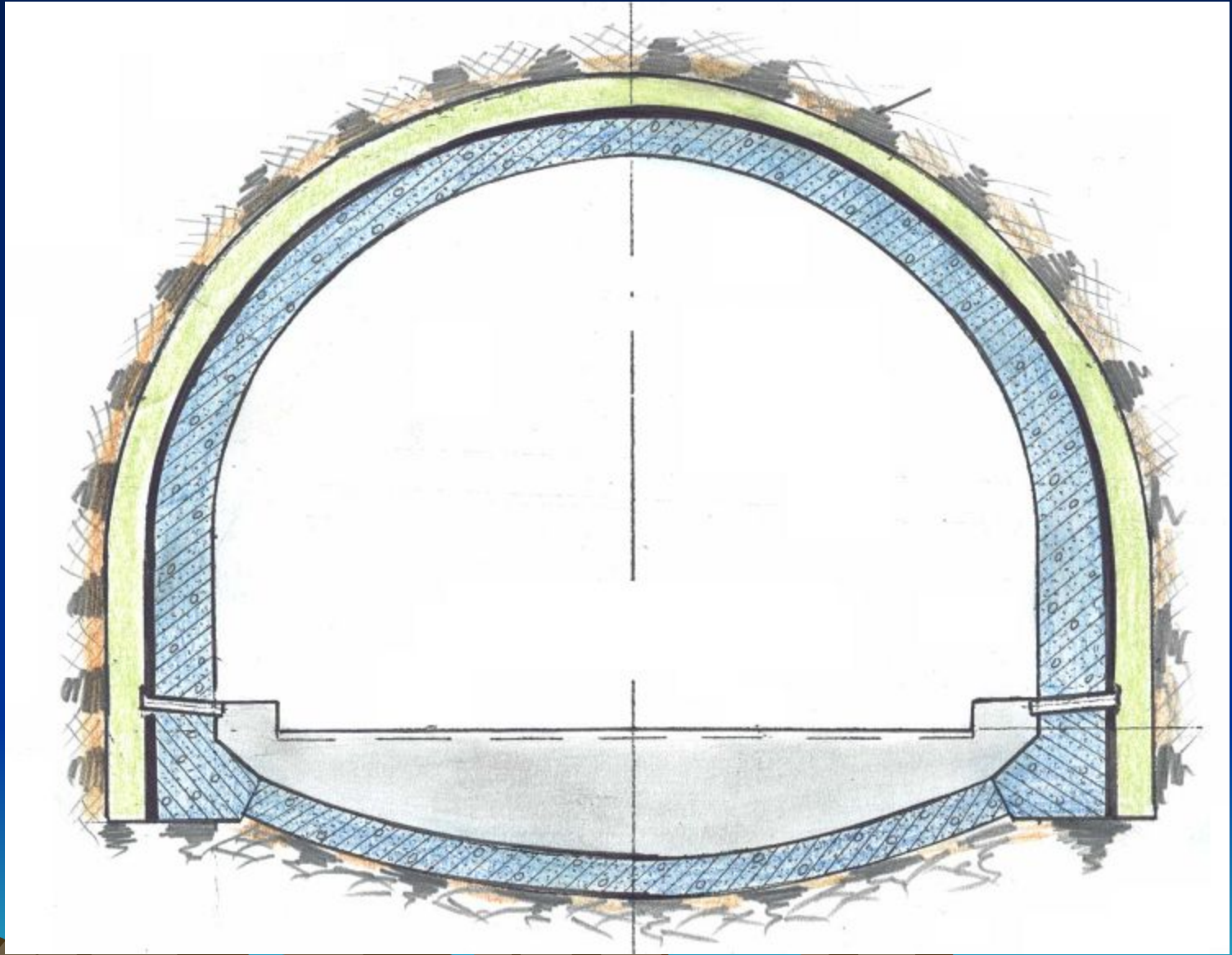
Обратный свод

В слабых грунтах с ($f < 4$) обделка проектируется с обратным сводом – он должен предотвращать сдвиг стен обделки внутрь.



- Варианты очертания:
- 1-Криволинейный свод постоянной толщины – экономичнее;
- 2 - с плоским лотком - технологичнее





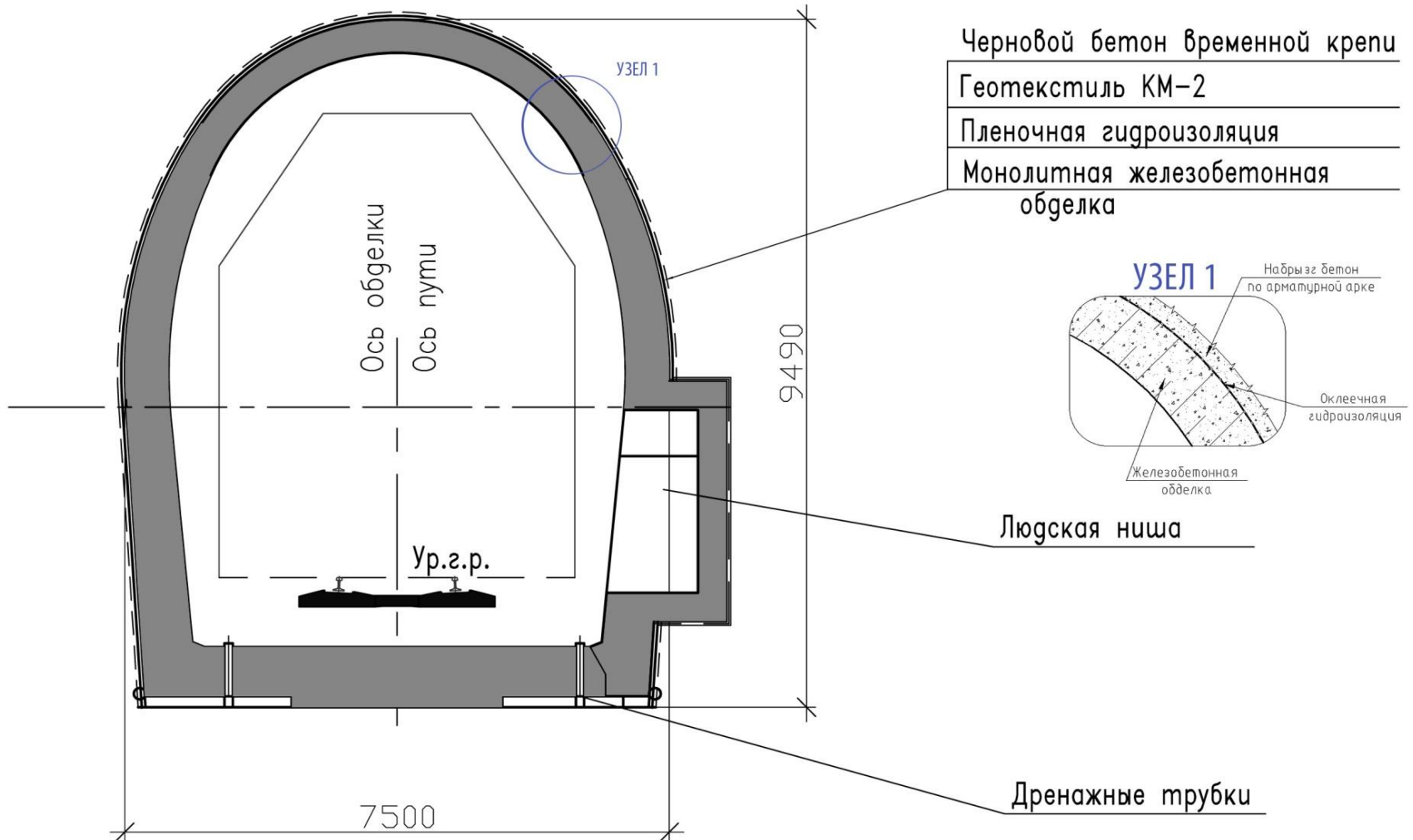
Правила проектирования обделок :

- 1. **Ось обделки** должна иметь **плавное очертание**, так как наличие её переломов вызывает отклонение кривой давления от оси;
- 2. **Свод** должен быть достаточно **подъёмистым**, приближающимся по форме к квадратной параболе. (При преобладании вертикальных нагрузок).
- 3. При действии на обделку бокового горного давления **стены** должны иметь **криволинейное очертание**, выпуклое в сторону грунта.

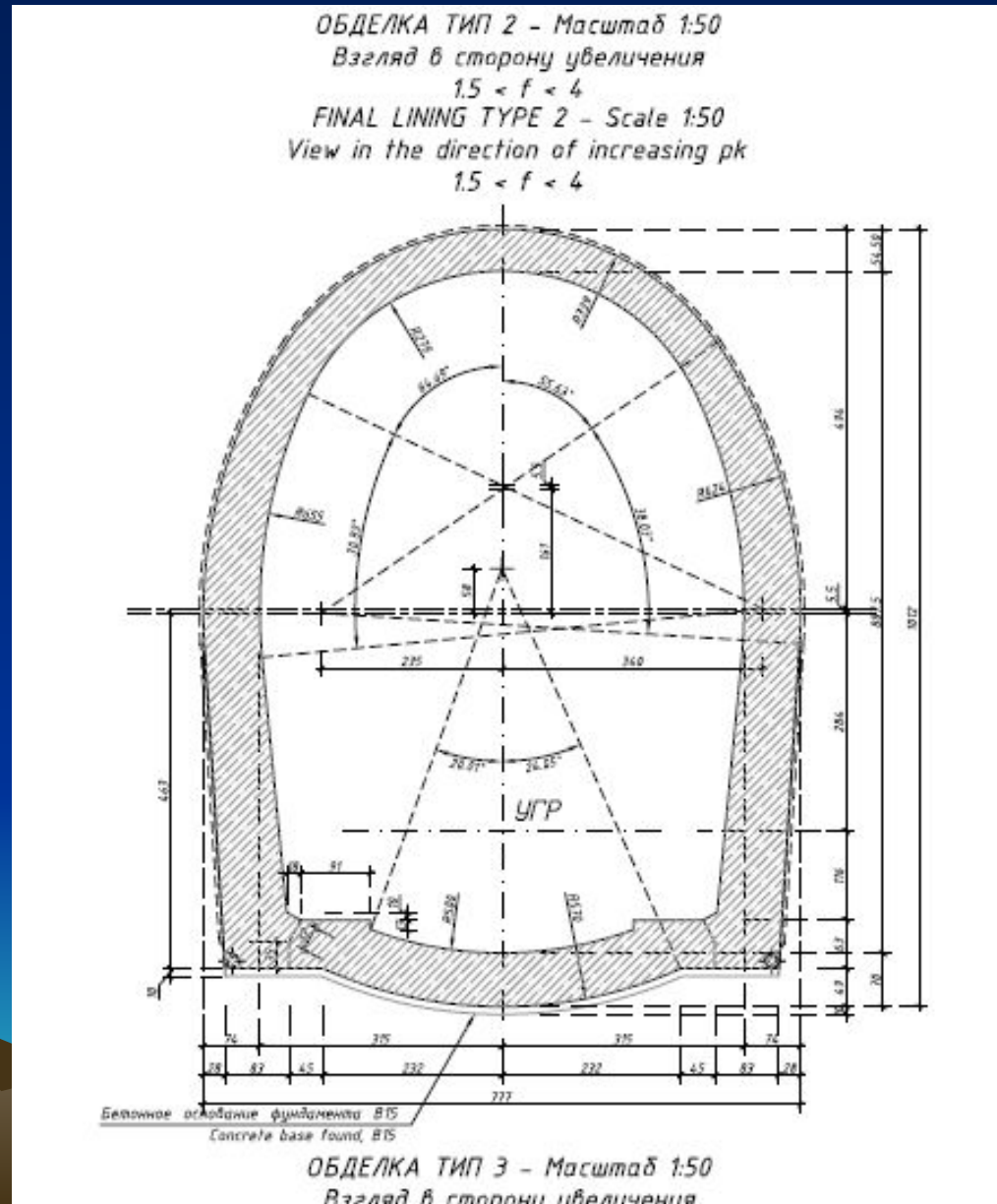


Сечение железнодорожного тоннеля подковообразного очертания

Тип В

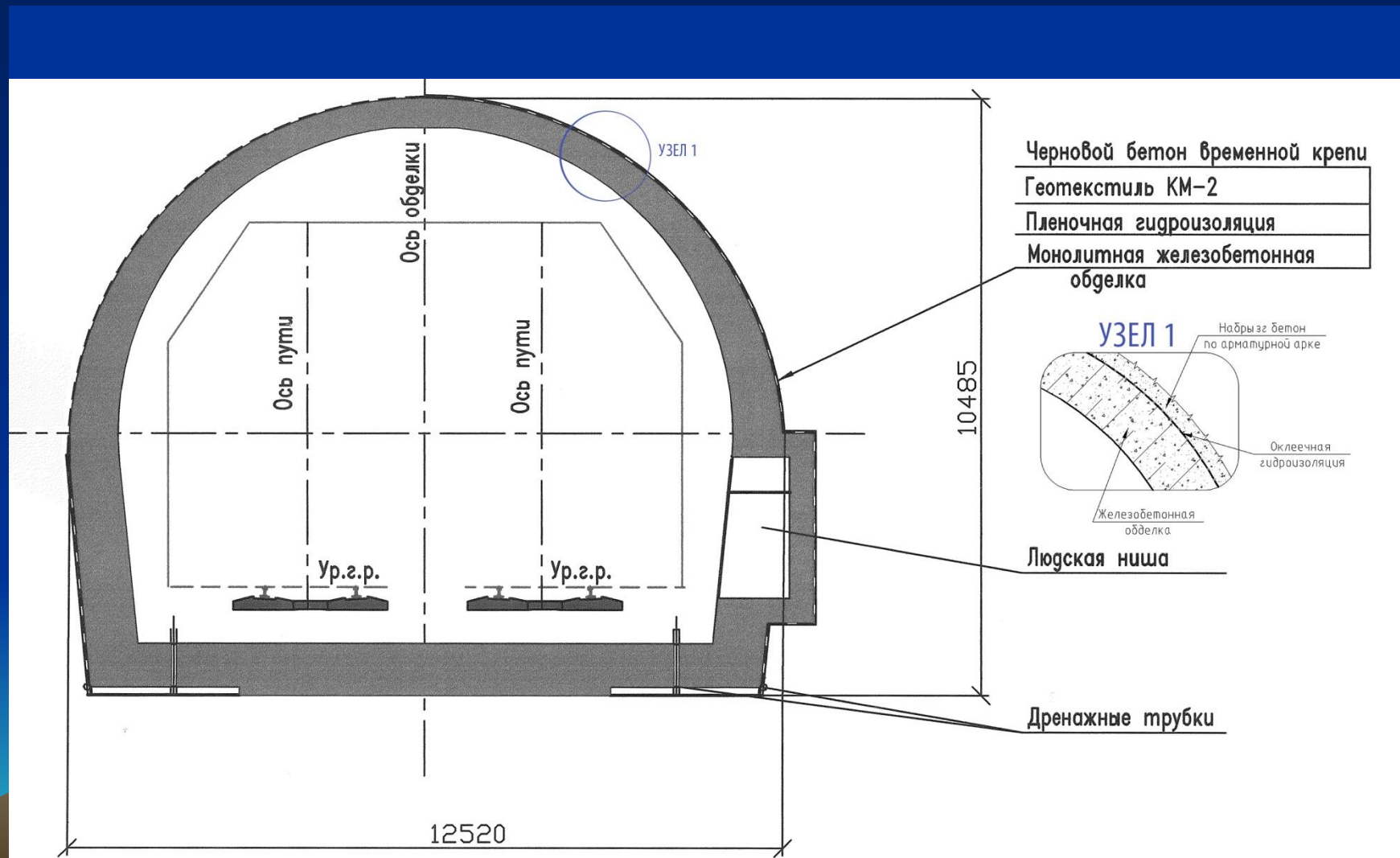


Пример чертежа обделки однопутного ж.д. тоннеля Сочи 2014

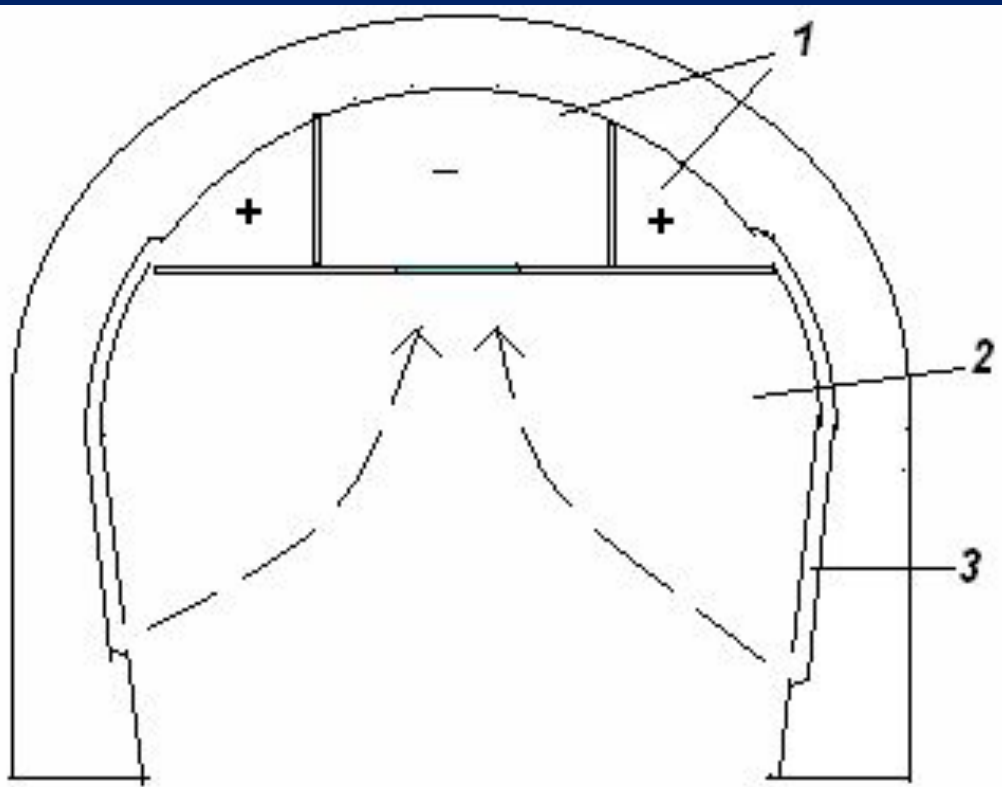


Сечение двухпутного железнодорожного тоннеля подковообразного очертания

Тип С

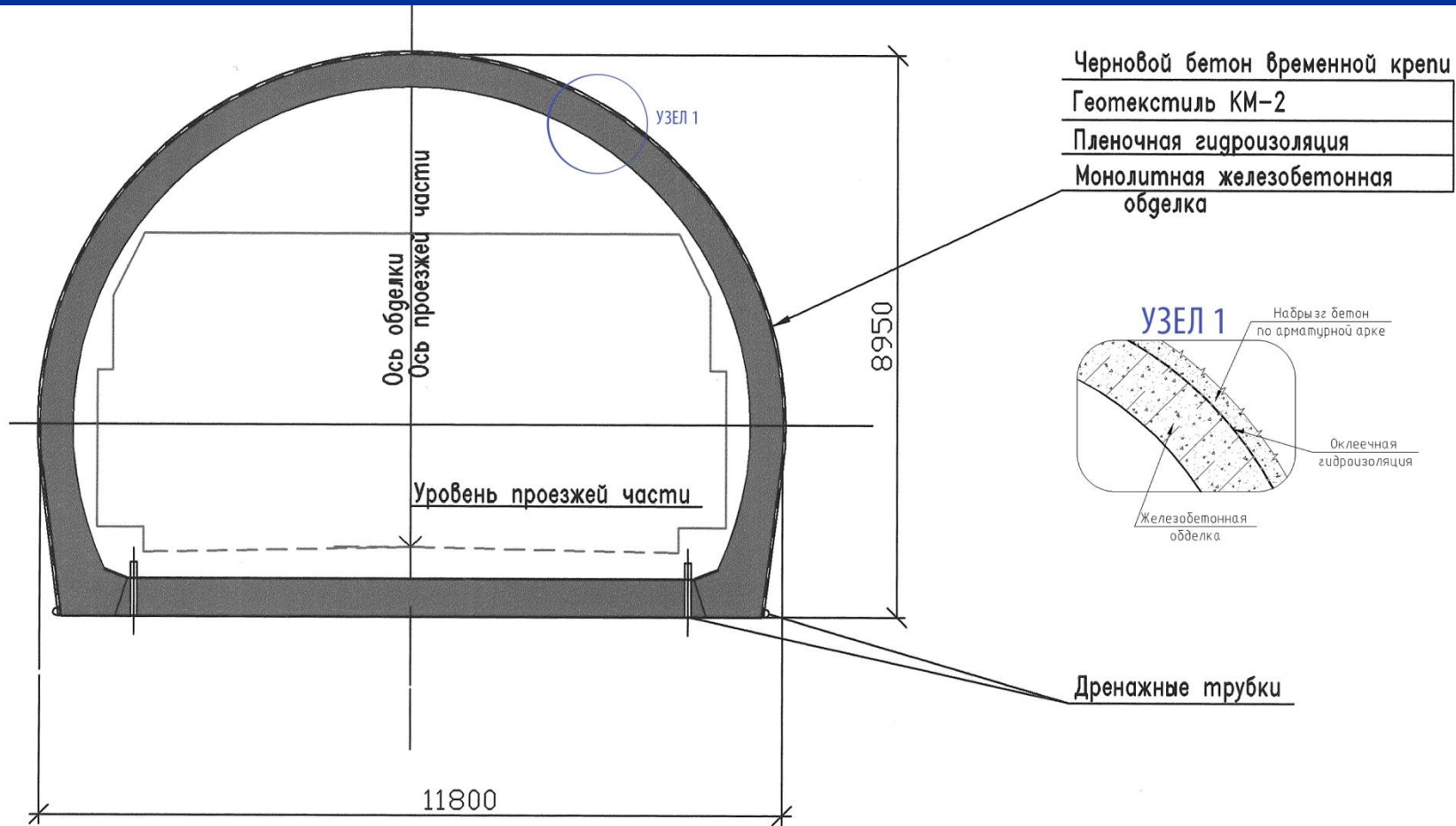


Обделка автодорожных тоннелей с поперечной системой вентиляции

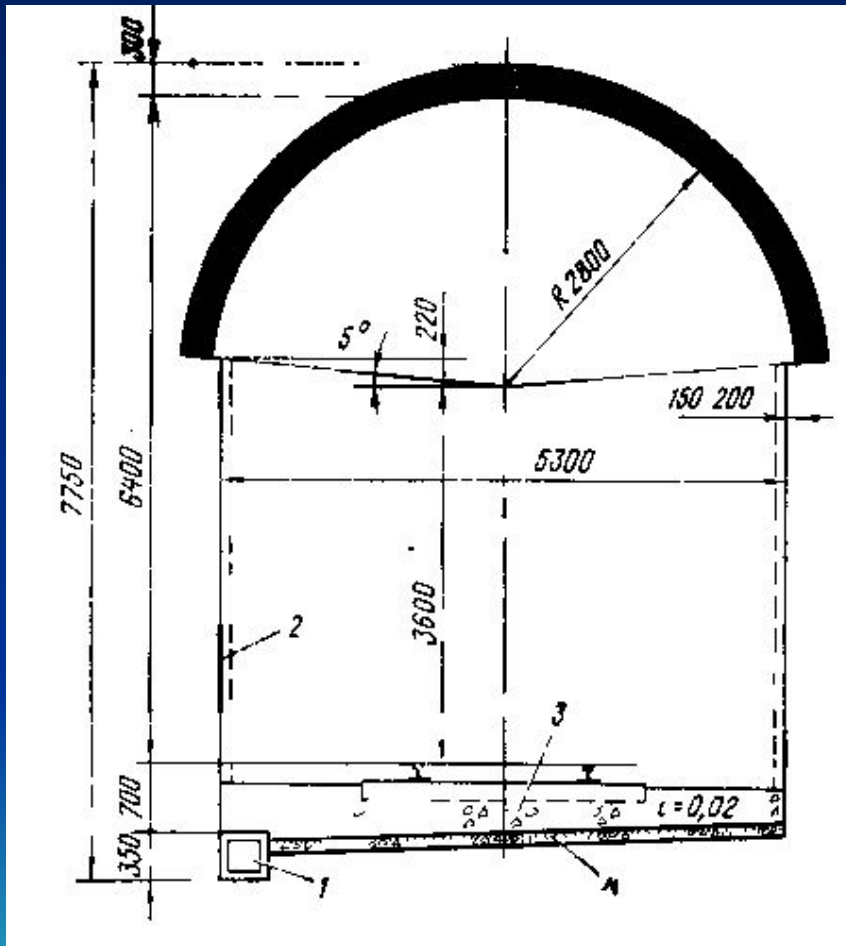


- 1-продольные вент. отсеки ($S \approx 6-10\text{м}^2$) – расчет!
- 2-Транспортный отсек
- 3-Поперечн.вент. каналы(0,2x1м, через 6-10м) –расчет!
- Для струйной системы:
 - -сечение тоннеля меньше;
 - -см. лекцию «Вентиляция в тонн.»

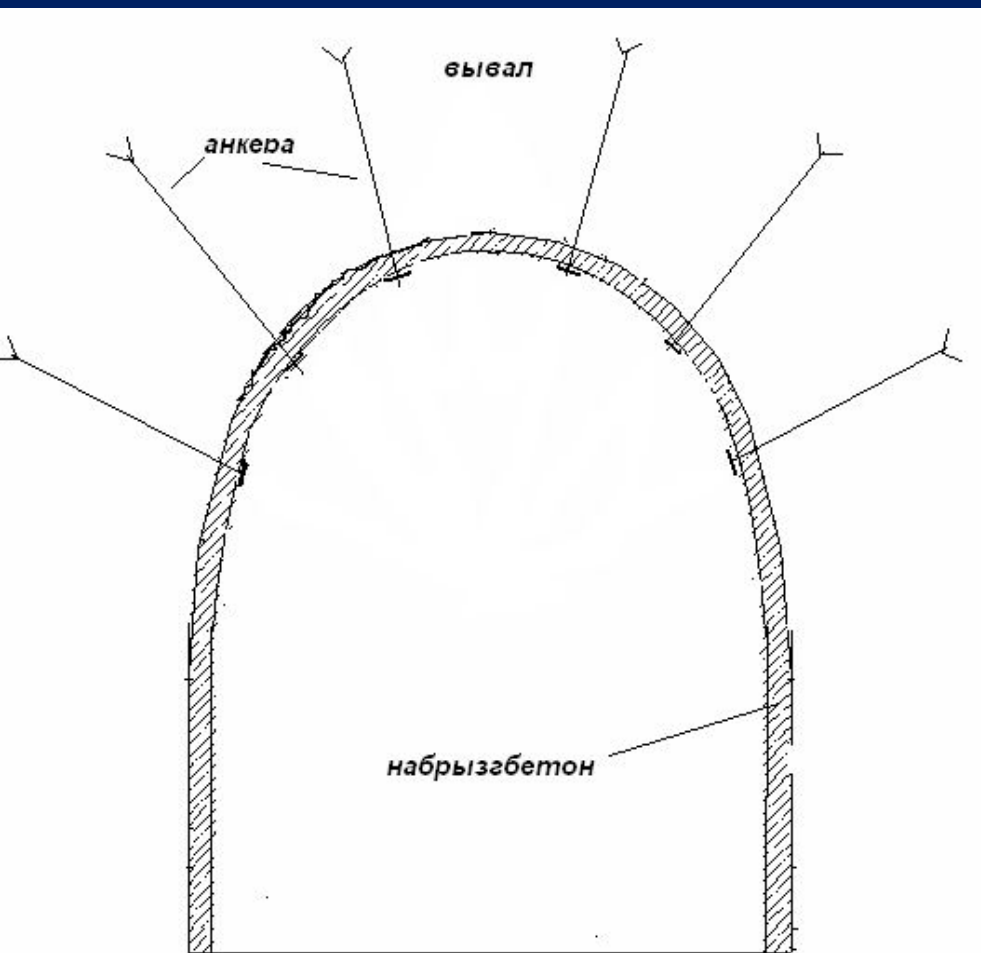
Сечение автодорожного тоннеля подковообразного очертания



Облицовочные «облегченные» обделки



Конструкции «облицовочных» обделок



- Конструкция:
- набрызгбетон наносится по сетке + анкера или арки.
- Н.б обделки применяются как несущие в грунтах
- с $f = 4-6$ и как облицовочные при $f > 6$.

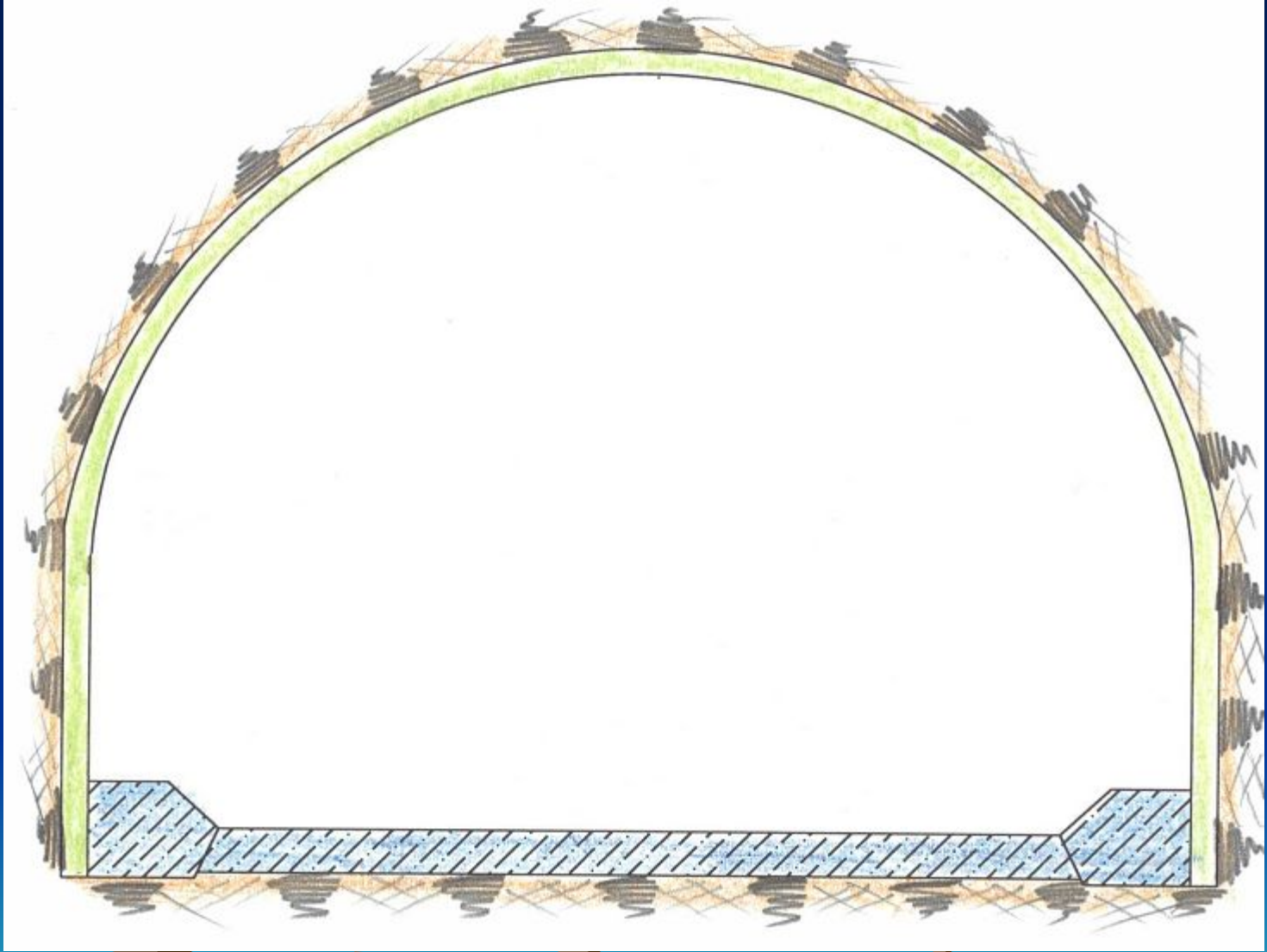
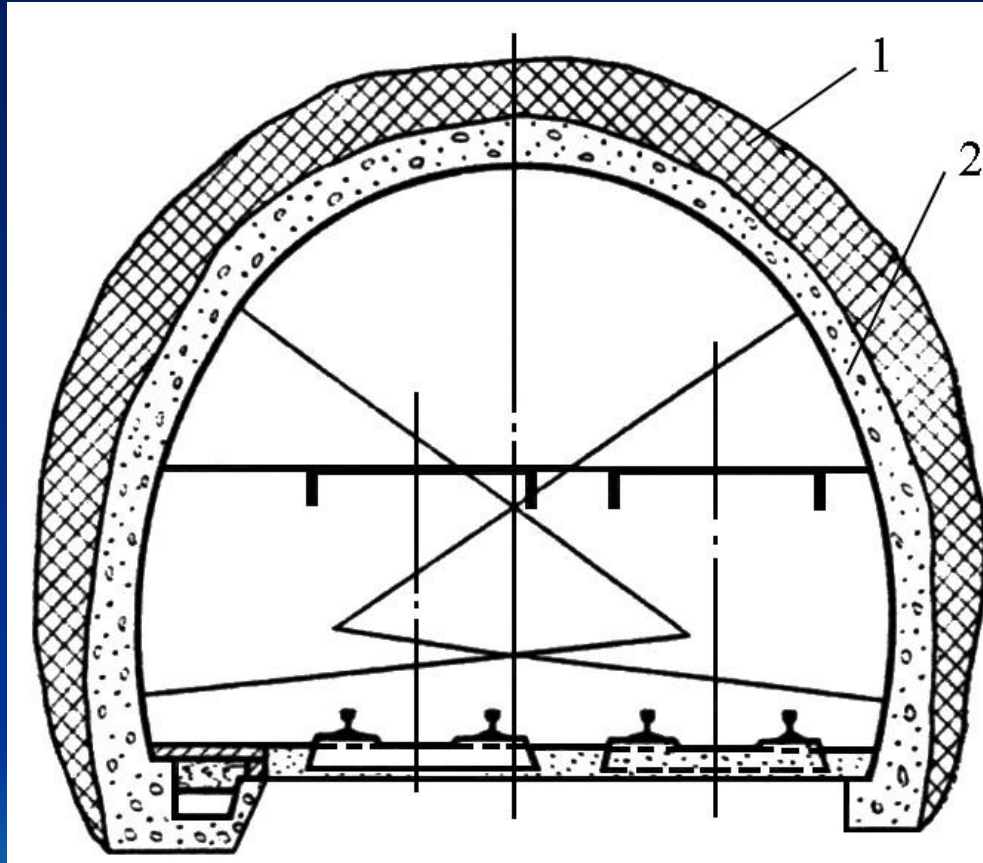
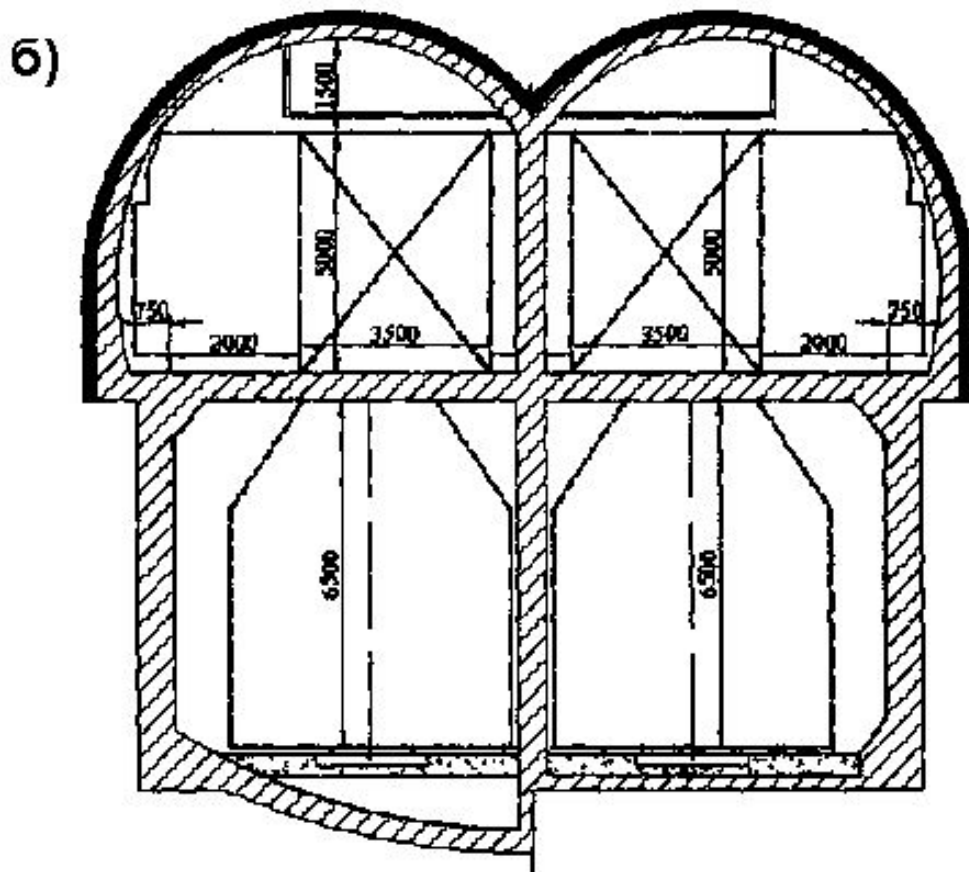
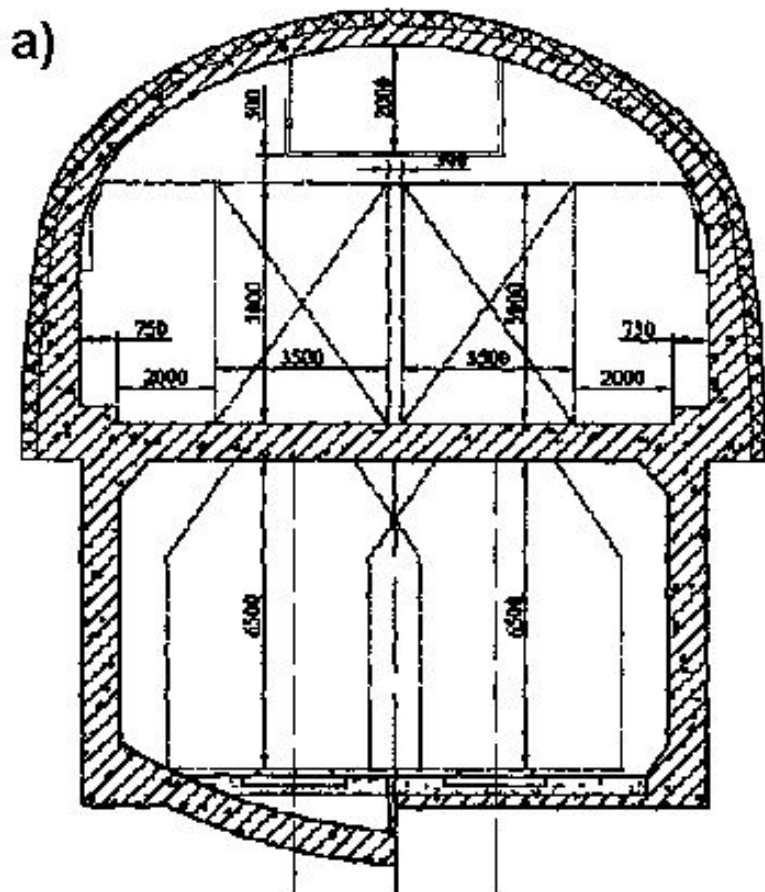


Схема комбинированной двухслойной обделки:



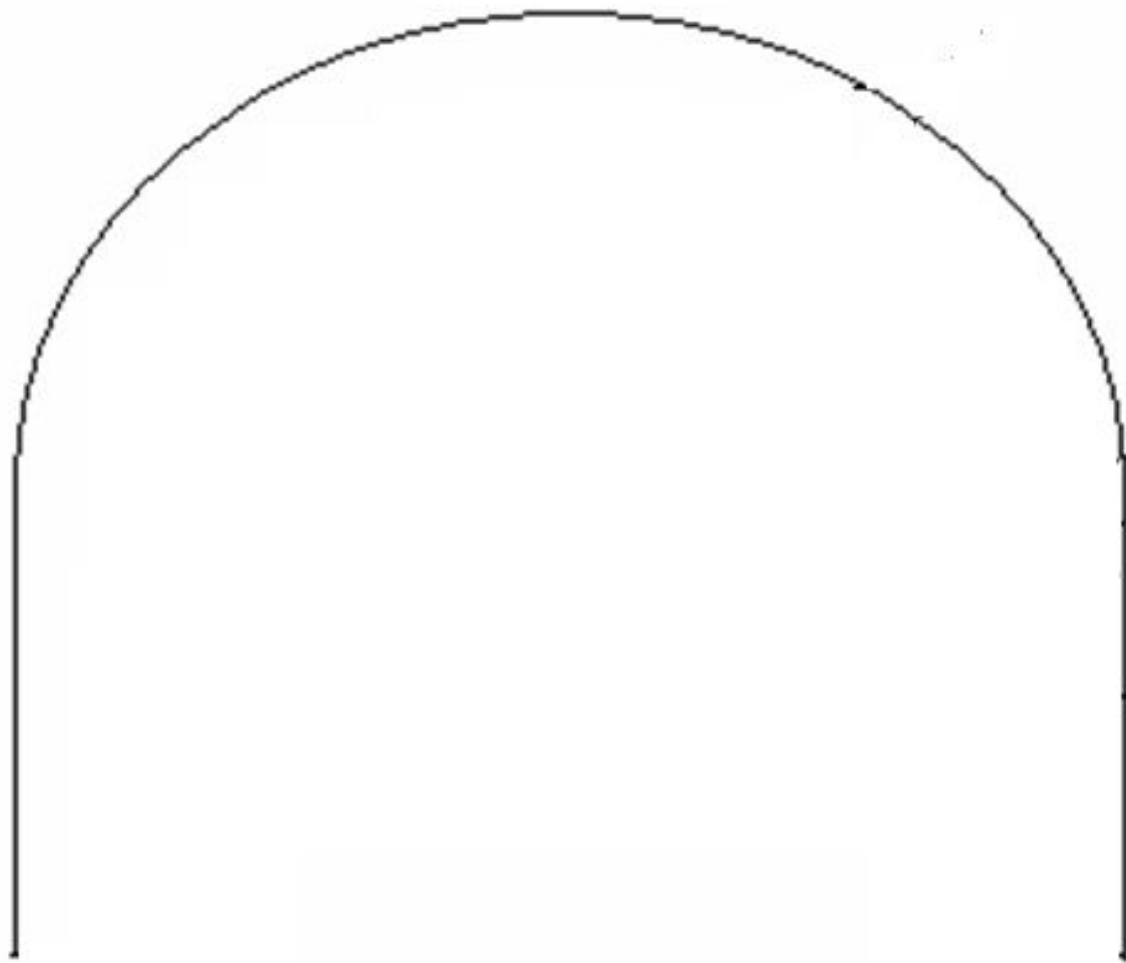
- 1 – пенопласт; 2 – бетон.

Варианты сечений двухъярусных совмещенных тоннелей: **а - односводчатое; б - двухсводчатое**

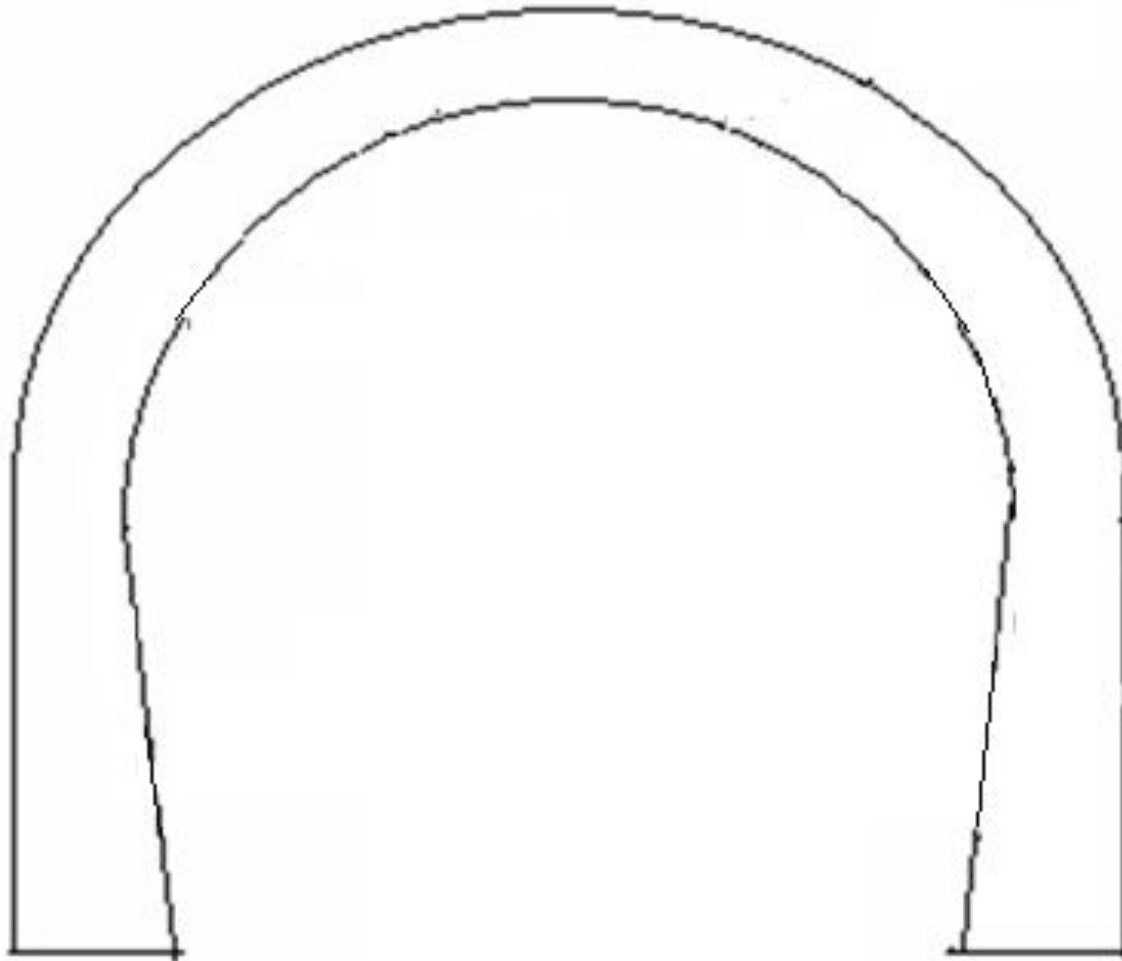


Армирование монолитных бетонных обделок

- Монолитные железобетонные Обделки применяют при наличии в этих конструкциях значительных растягивающих напряжений (R_p).
- Место проявления (R_p) определяют по результатам статического расчета конструкции методами строительной механики.
- Процент армирования от 0,5 до 2%.



- Схема армирования МБО

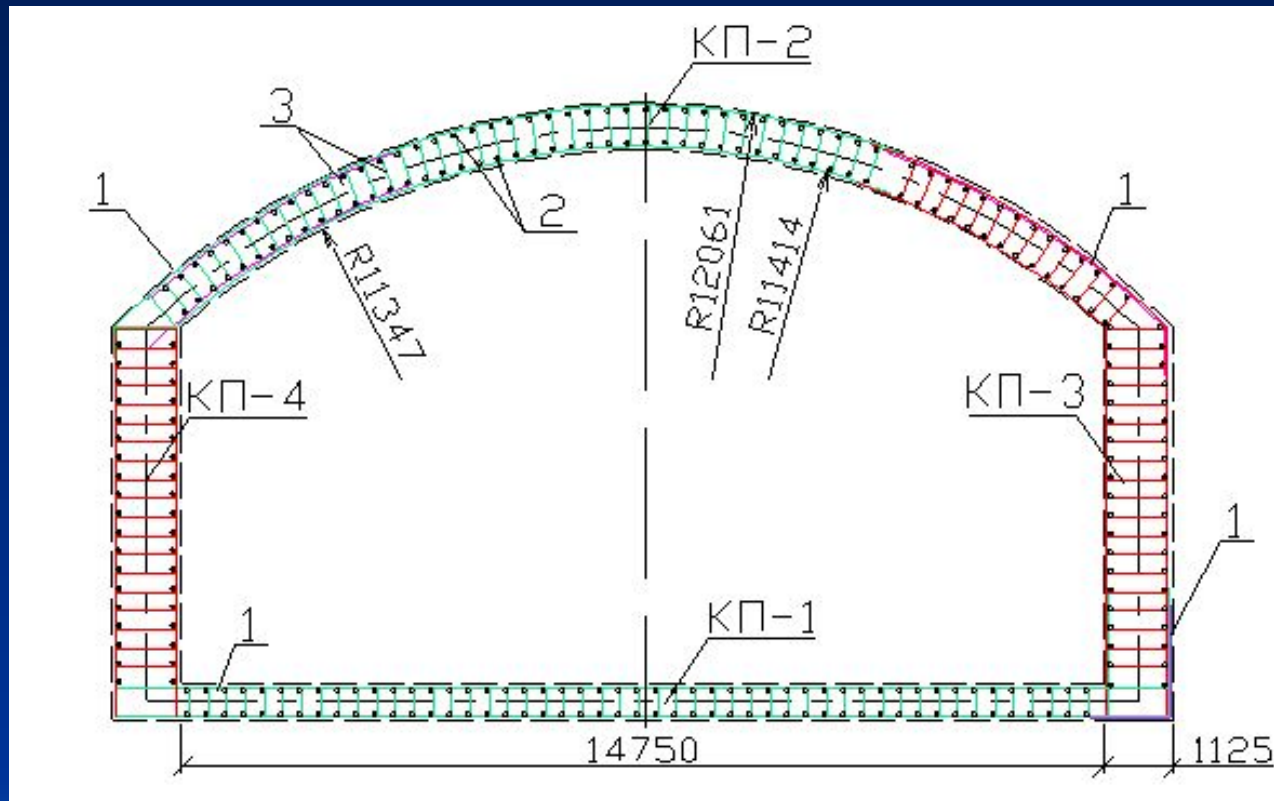


Армирование монолитных бетонных обделок

- Арматура используется преимущественно в виде вязанных или сварных каркасов.
- Стержни рабочей арматуры диаметром 20-40 мм располагают в один или два ряда.
- На распределительную арматуру приходится не более 15% объёма рабочей.



Схема армирования



- Рабочая арматура Класса **AII, AIII, AIV**
- -стержни D 10-40 мм
- Конструкционная Арматура - проволока
- D 6. 8 или стержни

Армирование монолитных бетонных обделок



Армирование монолитных бетонных обделок



Рис. ПЗ.13 Монтаж армокаркаса.



Деформационные швы

- В монолитных бетонных и ж/б обделках устраивают деформационные швы только в сейсмически опасных грунтах.
- Их устраивают через 20 м в бетонных и
- через 40 м – в ж/бетонных обделках,
- а также при пересечении тектонических зон и на контакте грунтов разной крепости.

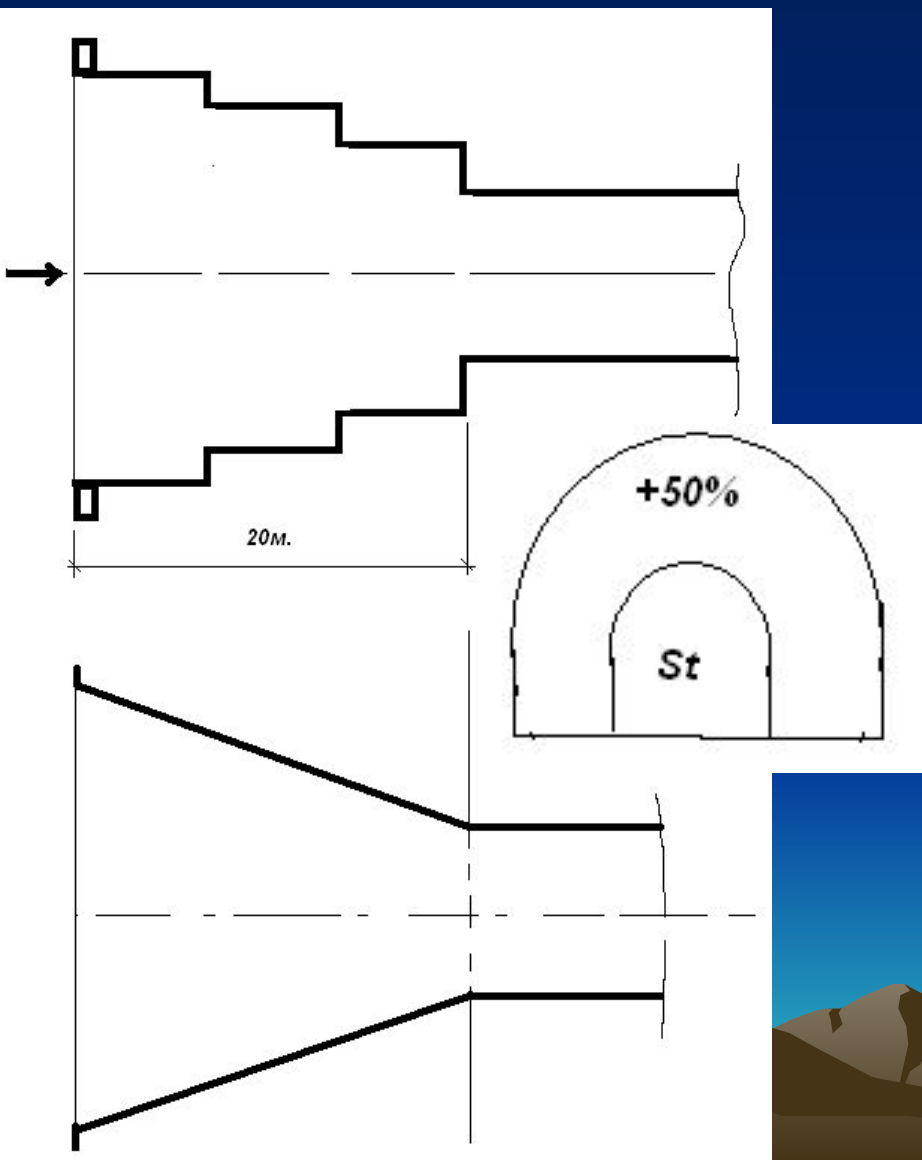


Сборные и комбинированные обделки

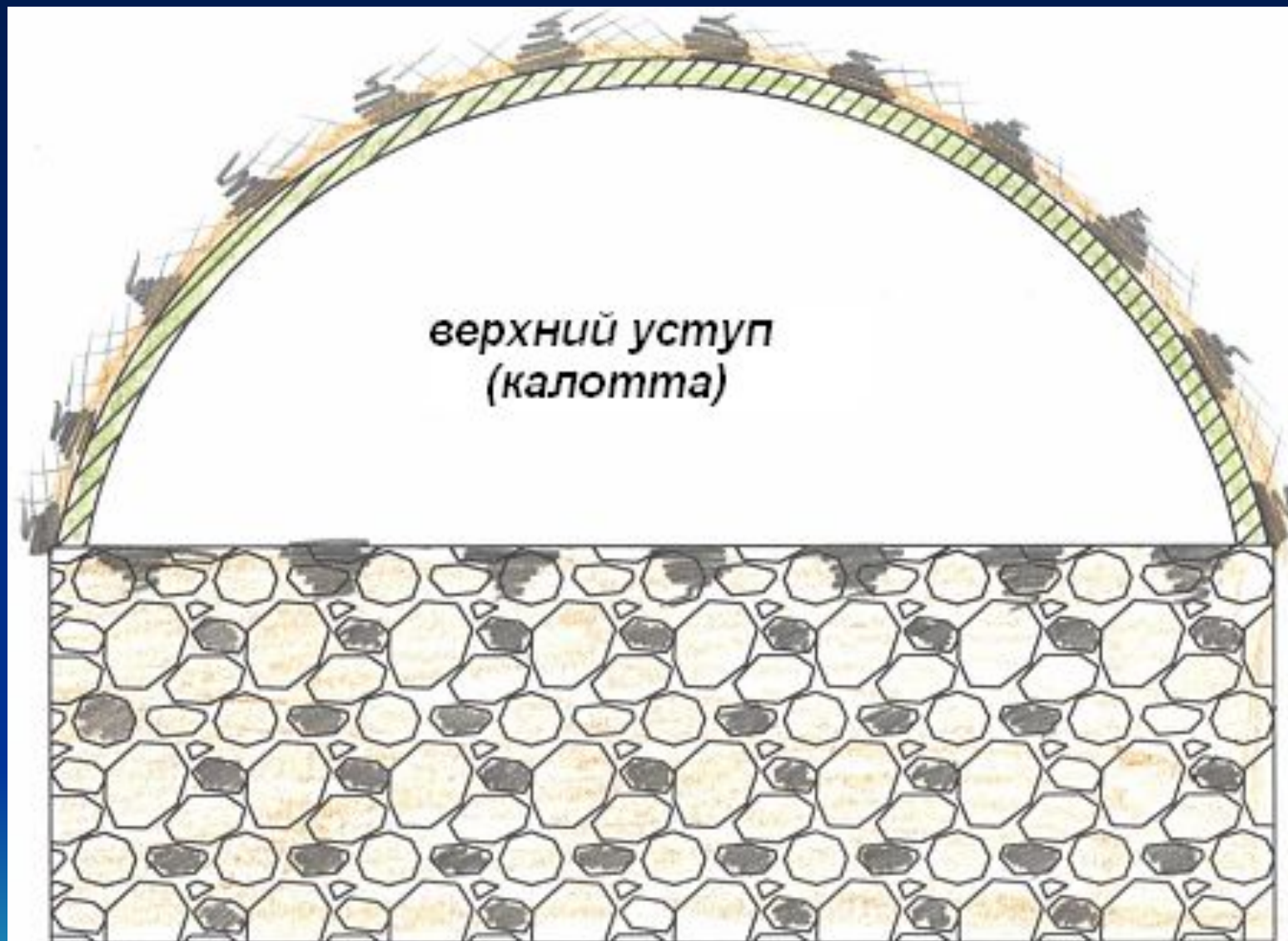
(**Проработать самостоятельно!**).

- Применяются при сооружении тоннелей щитовым способом, немеханизированными щитами - в слабых грунтах ($f < 2$).
- Имеют круговое очертание и изготавливаются из чугунных тубингов или ж/б блоков (для 1-пут. ждт).
- Для 2-пут. и адт применяют сборные конструкции по типу односводчатой станций метрополитена с опорными тоннелями.
- **Примеры:**
- **Справочник инженера-тоннельщика, с.65.**
- **Храпов ТиМ стр. 174.**

Раструбные участки



- В **СП 122.13330.2012 (п. 4.14)** имеется следующее требование: "Во въездной зоне тоннелей длиной $> 100\text{м}$ с односторонним движением со скоростью $> 100\text{ км/ч}$ в **ж.д.** **т**
- и 90 км/ч – в **а.д.т.** следует устраивать раструбный участок длиной не менее 20м с увеличением площади поперечного сечения не меньше чем на 50% ".



верхний уступ
(калотта)