

## СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ТОННЕЛЕЙ ОТ ПОДЗЕМНЫХ ВОД. УПОРЯДОЧЕНИЕ СТОКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НАД ТОННЕЛЕМ

*Радивановская Анна Юрьевна, студент 4-го курса  
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Для оптимизации движения был разработан тоннель в стране Россия, город Анапа. (Рис.1) Население составляет 75 865 человек, плотность населения составляет 1286,22 чел./км<sup>2</sup>. Под архитектуру города была создана модель портала будущего тоннеля (Рис.2,3)

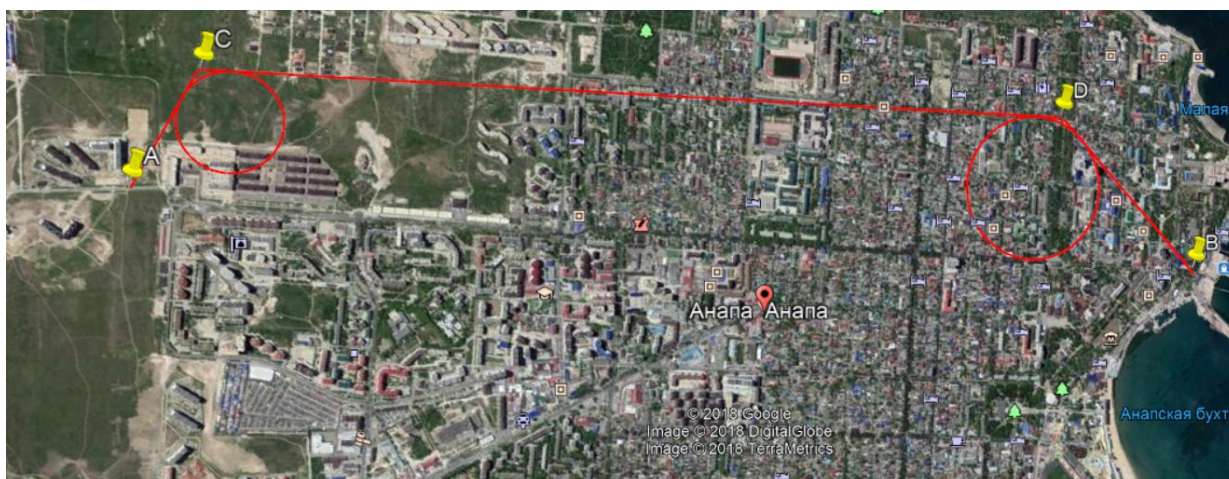


Рисунок 1 – Трасса тоннеля



Рисунок 2 – Продольный профиль

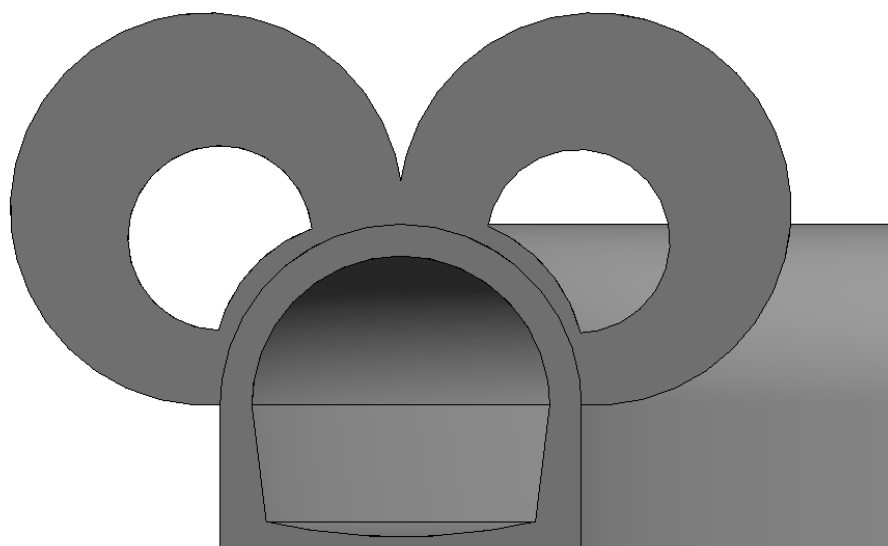


Рисунок 3 – Главный фасад

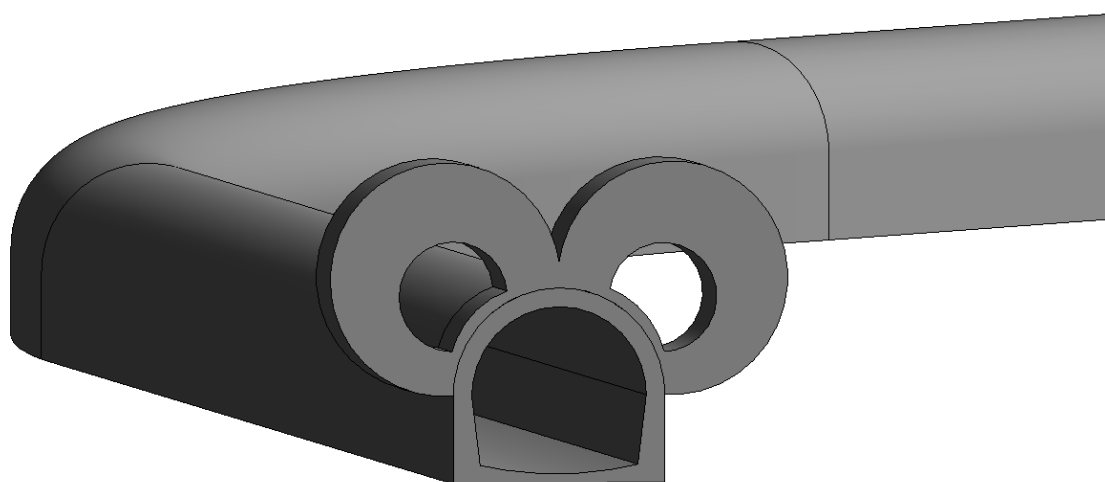


Рисунок 4 – Общий вид портала

Данный автомобильный тоннель будет сооружаться через город. Портал при этом тоннеле будет снабжен станциями, кассами. В отверстиях над порталом находятся ветрогенераторы для выработки электроэнергии.

Одной из основных проблем при строительстве тоннелей, является защита тоннеля от подземных вод.

Существует 2 способа обеспечения нормальной эксплуатации и долговечности тоннеля:

1. Герметизация обделки тоннеля с восстановлением режима подземных вод, существовавшего до проходки выработки;
2. Проведение мероприятий, в результате которых в окружающем тоннель горном массиве устанавливается пониженный уровень подземных вод, а сам тоннель оказывается в осушенной зоне.

Герметизации тоннеля увеличивает водонепроницаемости и плотности отделки (подбирается состав бетона по плотности, применяются специальные добавки); нагнетание за отделку цементных растворов (с добавками повышающие их водонепроницаемость: алюминатом натрия); устройство гидроизоляции отделки. Необходимо разрабатывать такие составы бетона, которые обеспечили бы полную водонепроницаемость материала и были бы водонепроницаемыми при обычных способах укладки.

Гидроизоляция нужна как на внутреннее оборудование, так и на облицовку для защиты от воды. Гидроизоляцию создают по наружному или внутреннему контуру. По наружному контуру (рис а): давление воды прижимает гидроизоляцию к отделке, которая воспринимает суммарное горное и гидростатическое давление, выполняется в выработке небольшой высоты за пределами проектного контура в очень стесненных условиях.

По внутреннему контуру (рис. б): бетонная отделка подвергается гидростатическому давлению воды, фильтрующейся через бетон. Гидроизоляция выполняется в удобных условиях, поэтому обеспечивается хорошее качество

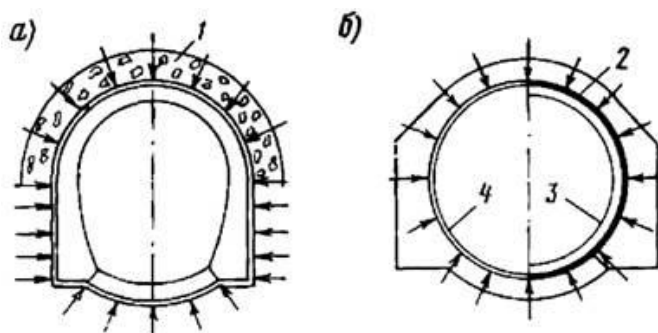


Рисунок 5 – а) наружный контур гидроизоляции;  
б) внутренний контур гидроизоляции

Неармированное покрытие из цементного раствора или из аэрированного цементного раствора применяется при напоре подземных вод  $< 5$  м вод. ст. (обладает малой усадкой: ВБЦ). А оклеенную гидроизоляцию из битумной мастики, армированной 2-1 слоями рулонного изоляционного материала применяют при напоре  $> 10$  м вод. ст.

Горный массив можно осушить с помощью поверхностного водоотвода, дренажных устройств и противодиффузионных завес.

Поверхностный водоотвод: предназначен для удаления поверхностных вод из надтоннельной полосы и предотвращения их просачивания в глубь горного массива. Задерживаются поверхностные воды на склонах гор из-за растительности, поэтому в надтоннельной полосе ее удаляют. Водотоки и

водоемы отводят от надтоннельной полосы или обеспечивают водонепроницаемость русла. При проектировании поверхностного водоотвода используют метод такой как мелиорация.

Горный массив также можно осушить с помощью дренажа. Дренаж может ослаблять породу, он вызывает подземные воды через обделку породы.

Условия дренажа:

1. Скальные или полускальные породы:
  - Невыщелачиваемость
  - Невымываемость
  - Нерастворимость
  
2. Несвязные породы:
  - Высокий коэффициент фильтрации ( $\geq 5$  м/сут)

Дренаж делится на:

1. Самотечный дренаж
2. Штольневой дренаж
3. Шпуровой дренаж

**Самотечный дренаж.** Надтоннельная поверхность может быть осушена при помощи сброса воды через вертикальные скважины, пробуренные до трещиноватых сухих пород, которые лежат ниже водоупора, подстилающего водоносный пласт (при выносе грунтовых частиц в скважинах монтируют фильтры).

**Штольневой дренаж.** Закладывают с верхней стороны потока. Для обеспечения длительности эксплуатации штольню монтируют с фильтрующей крепью из камня или бетонных блоков, на дне имеется лоток (для обеспечения не замерзания – утепляют). Дренажные штольни закладывают на расстоянии 10-15 м от тоннеля.



Рисунок 6 – Штольневой дренаж

В некоторых случаях в качестве дренажа может быть сам тоннель. Это допускается, когда в массиве из крепких неразмываемых пород имеется

сосредоточенный приток подземных вод при большом гидростатическом давлении. Устраивают каптаж за обделкой для допуска подземных вод в тоннель и отводят воду по лотку. Эти условия удовлетворяет, например, шпуровой дренаж.

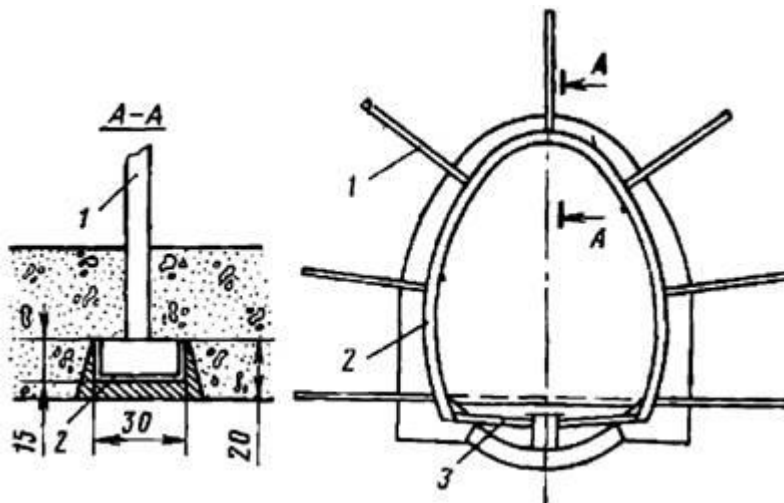


Рисунок 7 – Шпуровой дренаж

1- Шпур; 2 – Асбоцементный короб; 3- Асбоцементная труба;

Противофильтрационные завесы используются для укрепления горных пород и для ослабления притока воды.

Глубинные завесы устраивают путем нагнетания тампонажных растворов через скважины для преграждения движения потока подземных вод к тоннелю. Тип противофильтрационной выбирают в зависимости от свойств укрепляемых грунтов, а также от их коэффициента фильтрации.

В зависимости от вида тампонажных растворов различают цементацию, силикатизацию, глинизацию, горячую и холодную битумизацию.

Нагнетание за обделку выполняют для обеспечения совместной работы обделки с окружающими породами и уменьшения водопроницаемости конструкции. Нагнетание невозможно в плавунных и водонасыщенных песках.

В данной работе я представила способы защиты тоннеля от подземных вод и для тоннеля в городе Анапа наиболее оптимальным способом защиты является дренаж.

#### Литература:

1. “Тоннели и метрополитены”- Волкова В.П., Наумов С.Н., Пирожкова А.Н.
2. “Гидроизоляция подземных частей зданий и сооружений”- Фадеев А.В.
3. “Подземная геоэкология мегаполиса” – Куликова Е.Ю.