

## **МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС МЕЖДУ ГОРОДАМИ ГЁШЕНЕН И ХОСПЕНТАЛЬ (ШВЕЙЦАРИЯ)**

*Харужик Сергей Сергеевич, студент 4-го курса  
кафедра «Мосты и тоннели»*

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

Для строительства тоннеля были выбраны два города Гёшенен, Хоспенталь, Швейцария (Рис 1,2). Население составляет 436 тыс. и 254 тыс. человека. Плотность 5737 чел./км<sup>2</sup>. Тоннель будет проходить вдоль Gotthardstrasse. В свою очередь строительство тоннеля будет осуществляться горным способом.

Горный способ строительства тоннелей характеризуется тем, что при строительстве тоннелей используют проходческий щит, являющийся передвижной механизированной крепью, которая обеспечивает защиту от обрушения грунта по всему контуру горной выработки в зоне ведения основных проходческих работ: разработки грунта, крепления забоя выработки, уборки разработанного грунта и возведения в основном сборной обделки. Щитовая проходка является основным способом строительства тоннелей в мягких и неустойчивых грунтах, в сложных геологических условиях, а также при сооружении подводных тоннелей.

Глубина заложения тоннеля находится на глубине 150 м. Внешний диаметр обделки составляет 12 м. Так как реальная инженерно-геологическая ситуация неизвестна, то для простоты вычисления были приняты два грунта: песок и глина.

Координаты подземного комплекса:

Начало тоннеля, точка А - широта 46.666151, долгота 8.589089.

Конец тоннеля, Точка В – широта 46.619638, долгота 8.569694.



Рисунок 1 – точка А(Гёшене)



Рисунок 2 – Точка В(Хоспенталь)

В процессе работы были разработаны продольные профили трассы тоннеля (Рис 4,5) с учетом рельефа местности (Рис 3).

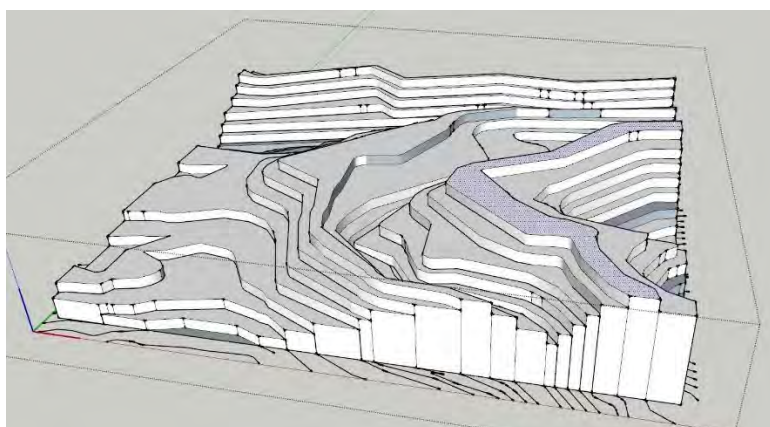


Рисунок 3 – Рельеф местности



Рисунок 4 – Продольный профиль трассы тоннеля в точка А.

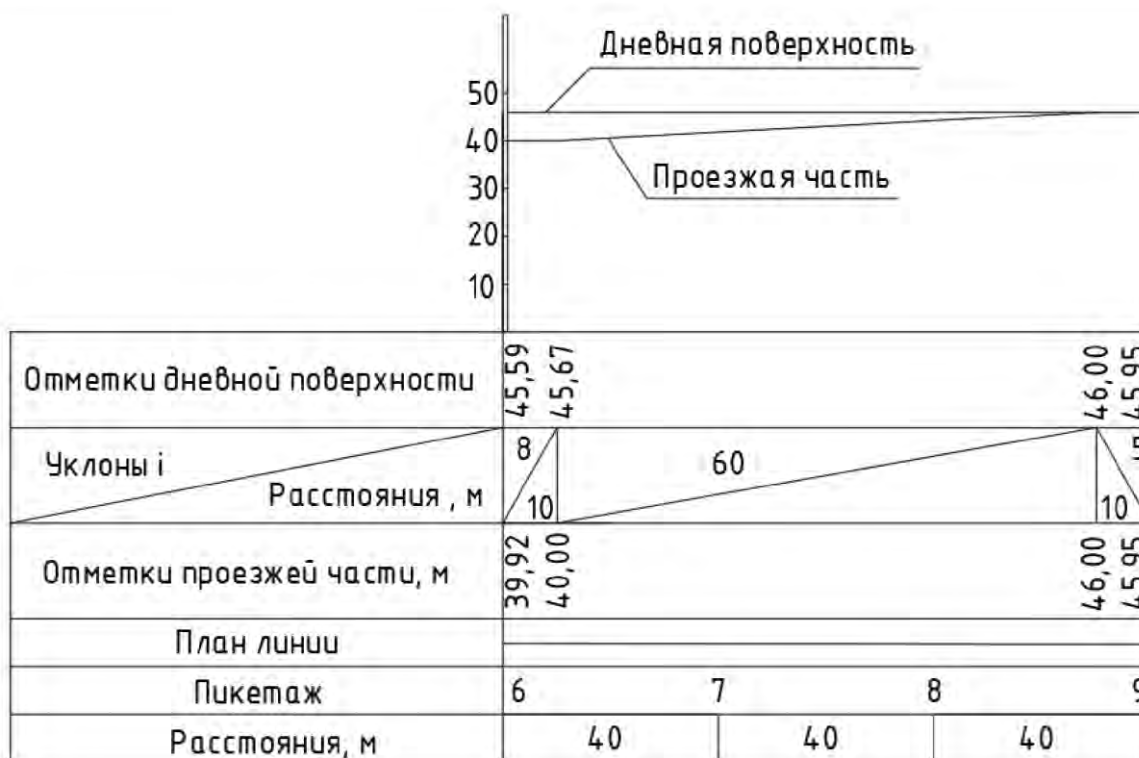


Рисунок 5 – Продольный профиль трассы тоннеля в точке В.

Также были спроектированы фасады данного тоннеля (Рис 6).

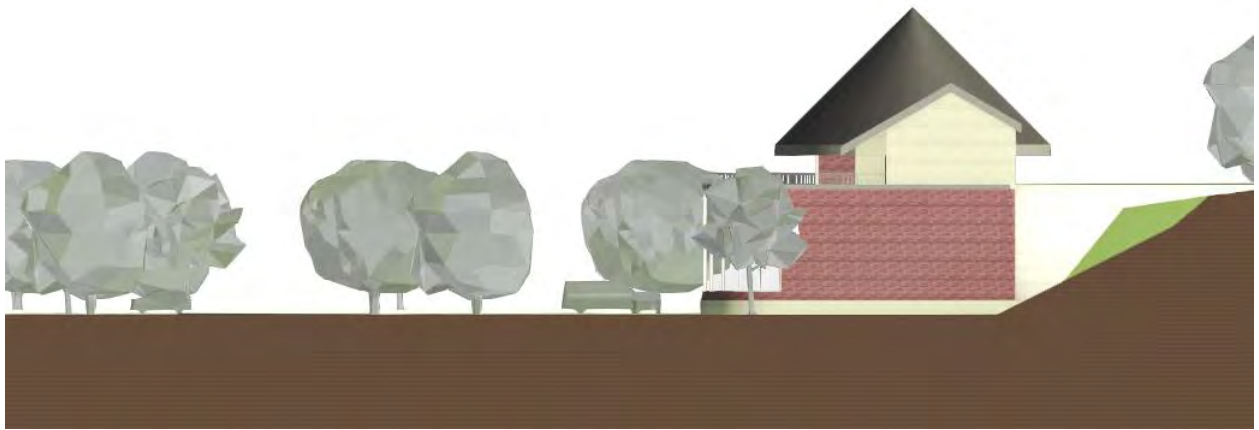


Рисунок 6 – Восточный фасад

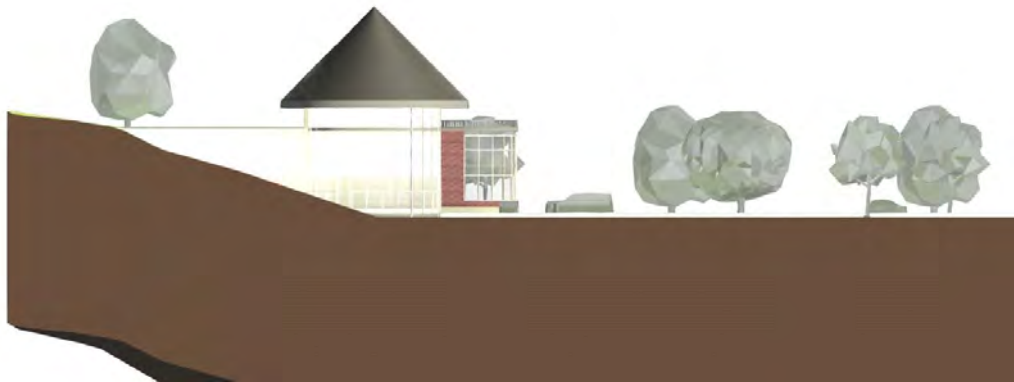


Рисунок 7 – Западный фасад

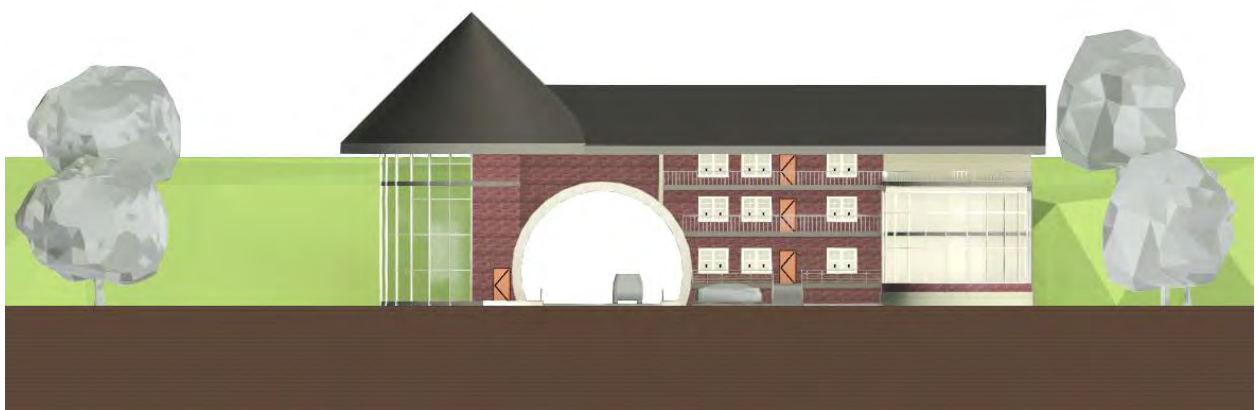


Рисунок 8 – Южный фасад

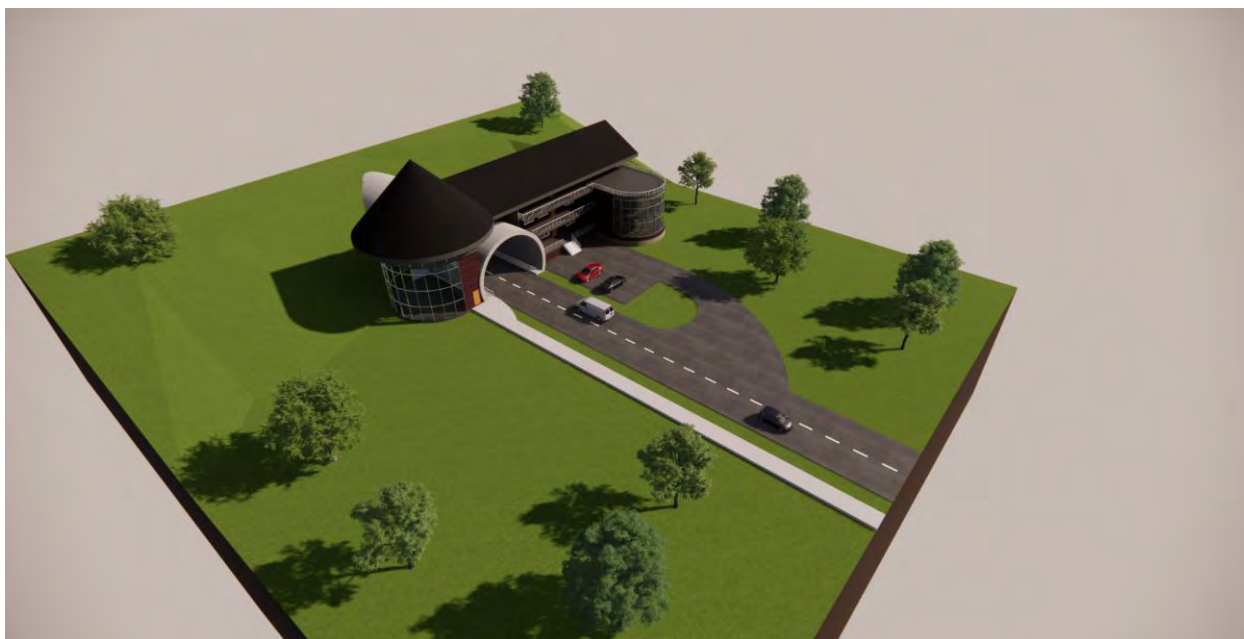


Рисунок 9 – Общий вид на вход в портал со стороны точки А

При выборе типа обделки в конкретной проектной ситуации следует анализировать такие показатели этих условий как деформационную характеристику (коэффициент упругого отпора,  $K=2,5 \cdot 10^{-5} \text{ кН/м}^3$ ) и величину гидростатического давления водоносного грунта на уровне лотка тоннеля.

В случае залегания скальных сильнотрещиноватых грунтов с наличием г.с. давления применяем сборную железобетонную обделку повышенной водонепроницаемости.

Кольцо железобетонной обделки состоит из лоткового блока с плоской внутренней поверхностью, нормальных блоков и двух-трёх замковых блоков-вкладышей.

В данной обделке геометрические параметры блоков остаются постоянными, независимо от величины действующих на обделку внешней нагрузки, а площадь сечения рабочей арматуры, симметрично расположенной в сечении, определяется расчётом по наибольшему изгибающему моменту в конкретных условиях загрузки обделки и принимается одинаковой для всех блоков кольца. Тем самым обеспечивается взаимозаменяемость блоков в кольце и упрощается процесс изготовления.

Сопряжение всех элементов в кольце в виде цилиндрических стыков. Цилиндрический стык по статической работе представляет собой шарнирное соединение, допускающее некоторый взаимный поворот сопрягаемых элементов. Обделка с такими стыками рассматривается как многошарнирное кольцо, геометрическая изменяемость которого обеспечивается работой обделки совместно с окружающим грунтовым массивом. В проектном положении блоки фиксируются относительно друг друга парными шпильками, устанавливаемыми

при монтаже обделки. Шпильки представляют собой стальные штыри длиной 170мм и диаметром 27мм. Наличие шпилек способствует лучшему центрированию продольной силы в стыках и облегчает монтаж кольца.

Замыкание кольца производится железобетонными вкладышами, которые вручную заводятся с торца кольца. Для удержания вкладышей до нагнетания за обделку раствора на каждом из них закреплены по две стальные пластины для опирания их на смежные нормальные блоки.

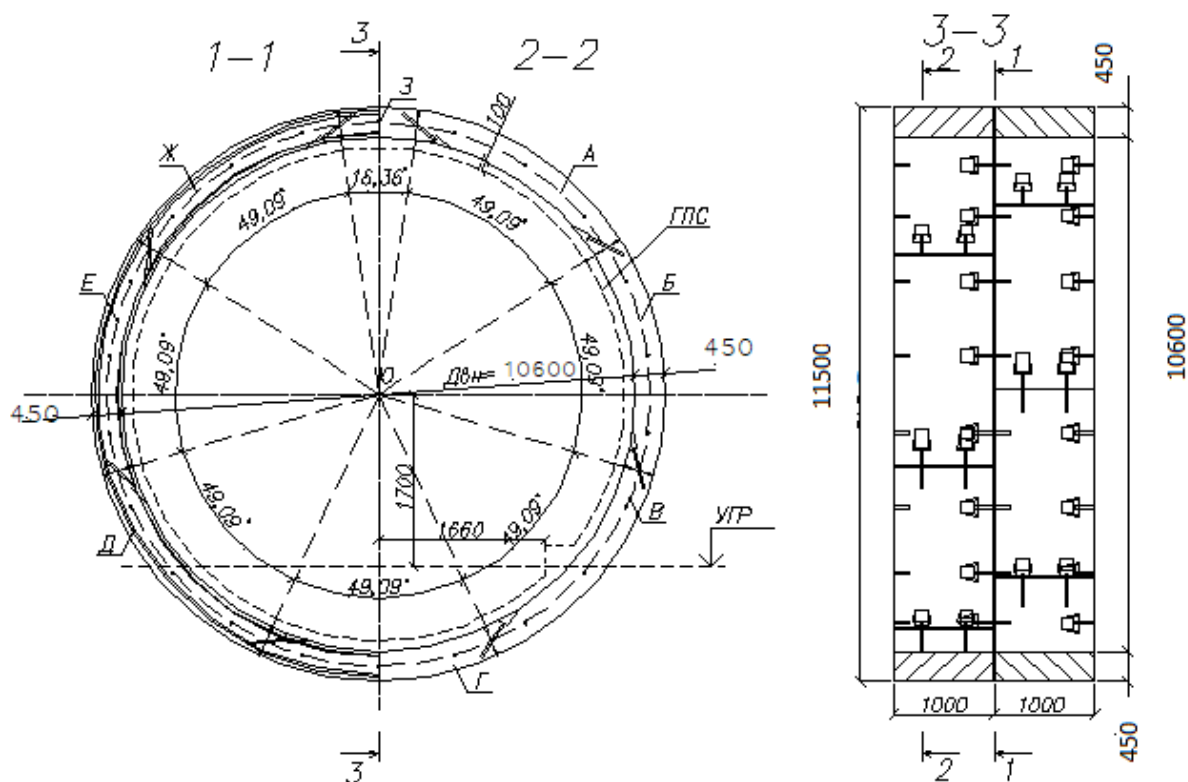


Рисунок 3.1.3 Железобетонная блочная обделка повышенной водонепроницаемости

Рисунок 10 – Железобетонная блочная обделка повышенной водонепроницаемости

На сегодняшний день разрабатывается все больше инноваций в строительстве тоннелей. Наиболее распространенными из них являются, во-первых, использование углепластика и композита, обеспечивающими высокую прочность и долговечность тоннеля. Во-вторых, использование беспилотных машин для контроля и наблюдения за процессом строительства, что позволяет более оперативно производить строительство. В-третьих, внедрение лазерного сканирования с целью повышения точности построения 3D-моделей будущего объекта. В-четвертых, строительство подводных тоннелей в целом, что позволяет оптимизировать инфраструктуру, создавая новые возможности для организации сообщения.

Таким образом, перечисленные инновации позволяют экономить ресурсы для строительства и достичь максимальной точности проектирования тоннеля.