

РАСЧЕТ ТОННЕЛЕЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

*Бабонова Татьяна Андреевна, 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 Австралия, город Сидней. (Рис.1) Население составляет 5 131 326 человек. Под архитектуру города была создана модель портала будущего тоннеля (Рис.2,3)

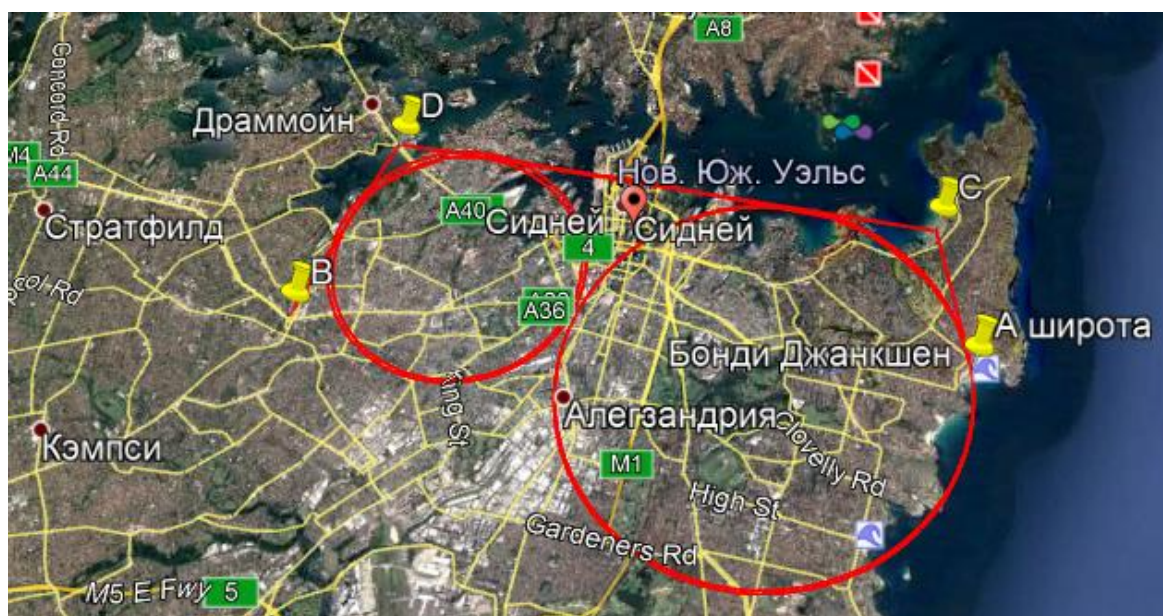


Рисунок 1 – Трасса тоннеля

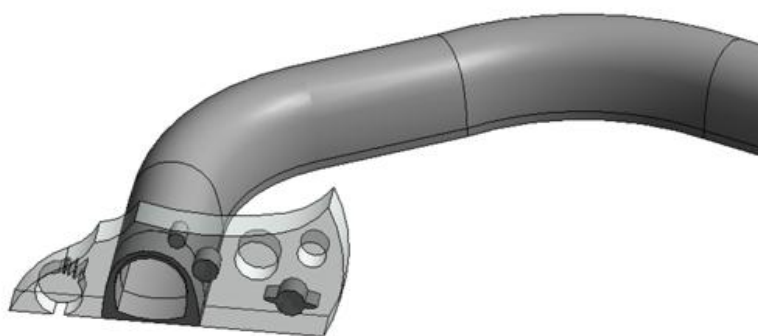


Рисунок 2 – Общий вид портала

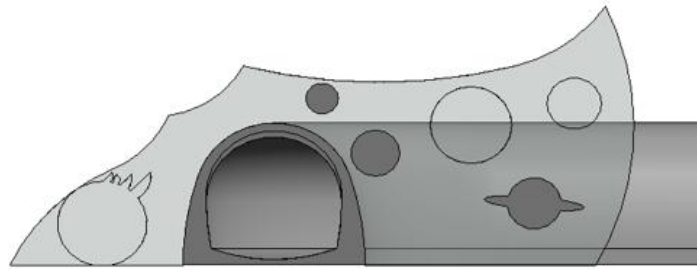


Рисунок 3 – Главный фасад

Данный железнодорожный тоннель будет сооружаться через горный массив, для сокращения пути и для значительного уменьшения времени в дороге. Портал при этом тоннеле будет снабжен LED экранами с качественной графической или видеоинформацией. Этот медиафасад может также использоваться для размещения рекламной информации.

В некоторых странах одной из главных проблем для строительства тоннелей является землетрясения. Землетрясения это колебания, которые распространяются в виде волн напряжений, такие волны называются сейсмическими. Последствиями такого стихийного бедствия являются повреждение подземных конструкций. Тоннели могут испытывать три вида деформации при сейсмических воздействиях:

- 1) Деформации сжатия и растяжения
- 2) Деформации изгиба
- 3) Деформации сдвига

Далее я приведу примеры повреждений тоннелей:

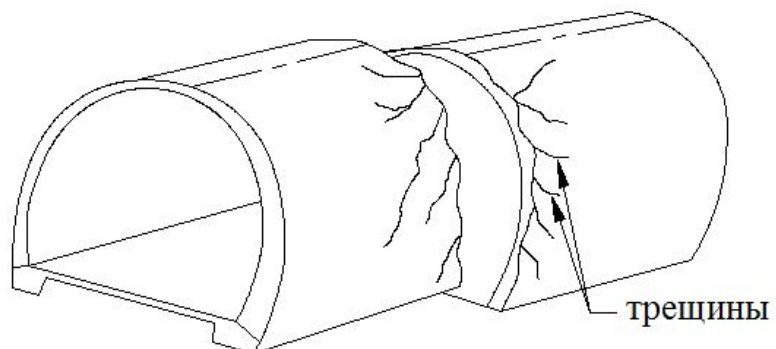


Рисунок 4 – Разрушение тоннеля при сдвиге грунта в зоне разлома

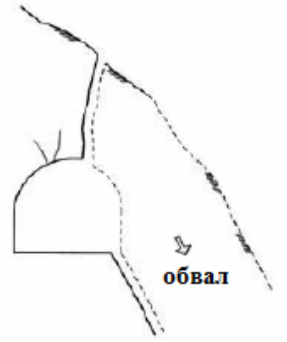
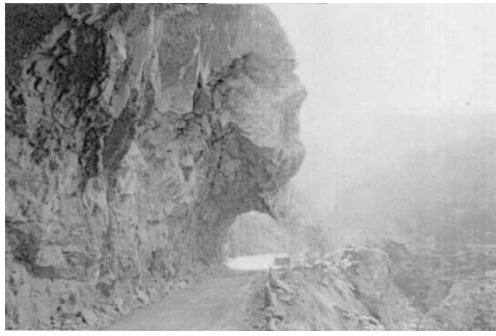


Рисунок 5 – Обрушение откоса вызвало разрушение тоннеля

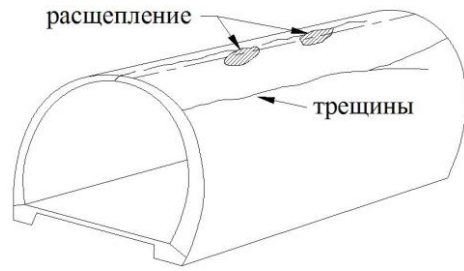
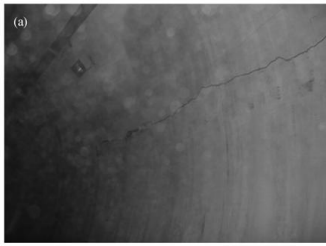


Рисунок 6 – Продольные трещины

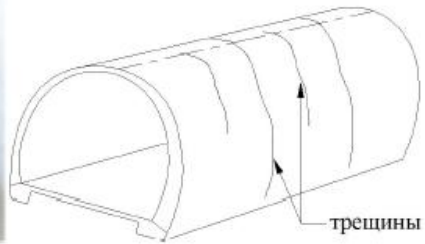
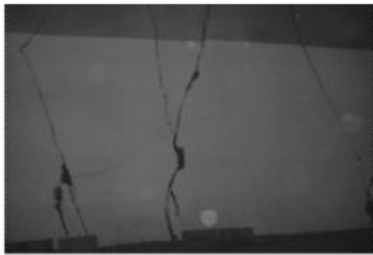


Рисунок 7 – Поперечные трещины

Профессором Е.Н. Курбацким было проведено решение задачи с использованием комплекса **MATLAB**.

Расчёт конструкций тоннеля при подвижке в зоне разлома, перпендикулярного его оси.

Для расчетов он использовал данные, которые соответствуют геологическим условиям Ханоя. Территорию, которую занимает город Ханой, пересекают несколько тектонических разломов, которые оказывают сильное влияние на сейсмическую активность. Характеристик грунта:

$$E_0 = 276,6 \cdot 10^3 \text{ КН/м}^2, \rho = 17,8 \text{ КН/м}^3, C = 13 \text{ КН/м}^2, \varphi = 130, \sigma = 0,44.$$

Для определения коэффициентов постели использовался программный комплекс PLAXIS. Схема модели и результат расчёта при нагрузке, равной 1 КН, представлена на рисунке 8. Значение коэффициента постели на первом участке загрузки $k_1 = 2,08 \cdot 10^4 \text{ КН/м}^3$. При превышении напряжений на

контакте обделки и грунта величины 300 КН/м значение коэффициента постели принимается в 8 раз меньше, чем величина k_1 [9, 10], т.е. $k_{01} = 2,6 \cdot 10^3 \text{ КН/м}^3$.

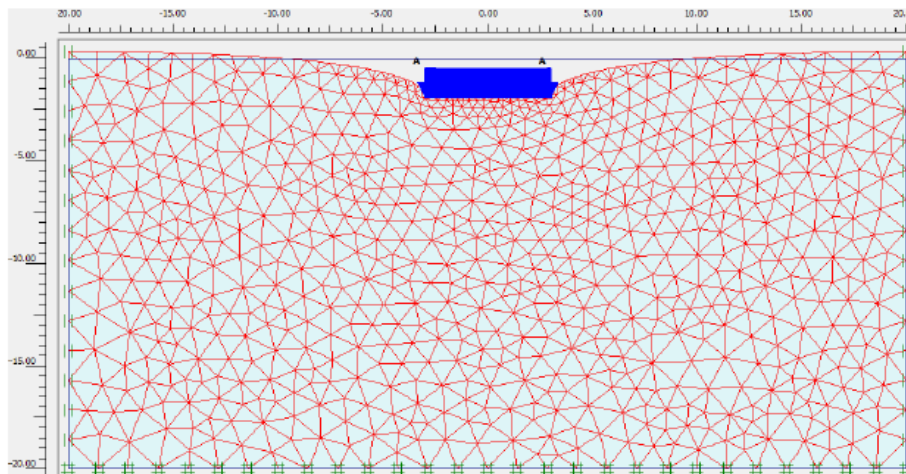


Рисунок 8 – Моделирование эксперимента, определяющего значение коэффициента постели с помощью программного комплекса

Исходные данные представлены в таблице 1.

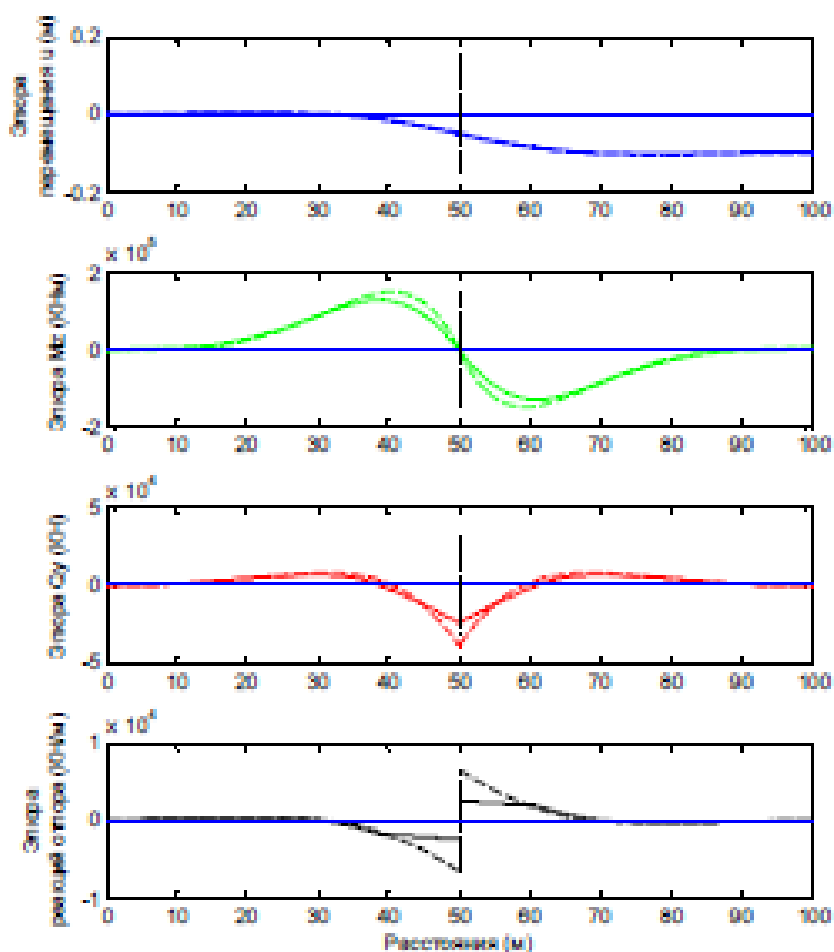
Таблица 1 – Название таблицы

№	Параметр	Значения	Меры
1	Длина левой части тоннеля от разлома ($L_{ле}$)	50	м
2	Длина правой части тоннеля от разлома	50	м
3	Наружный диаметр тоннельной обделки (D)	6,2	м
4	Толщина тоннельной обделки (t)	0,35	м
5	Модуль упругости бетона (E)	$2,4e+7$	кН м^2
6	Первый коэффициент постели основания левого тоннеля (k_1)	$2,08e+4$	кН м^3
7	Второй коэффициент постели основания левого тоннеля (k_1)	$2,6e+3$	кН м^3
8	Первый коэффициент постели основания правого тоннеля (k_2)	$2,08e+4$	кН м^3
9	Второй коэффициент постели основания правого тоннеля (k_{02})	$2,6e+3$	кН м^3
10	Смещение границ разлома (ΔU)	0,1	м
11	Пределы упругости на сжатие грунтов левой зоны ($[\sigma_1]$)	312	кН м^2
12	Пределы упругости на сжатие грунтов правой зоны ($[\sigma_2]$)	312	кН м^2

Результаты расчёта:

- Длина левого тоннеля, попадающего в зону пластического поведения грунта: $L2 = 9,48\text{м}$
- Длина правого тоннеля, попадающего в зону пластического поведения грунта: $L3 = 9,48\text{м}$.

Эпюры перемещений, внутренних усилий в тоннельной обделке и реакции отпора грунта представлены на рисунке 9.



----- для упругой среды
————— для среды с билинейными характеристиками

Рисунок 9 – График перемещений, внутренних усилий в тоннельной обделке и реакции отпора грунта

Расчёт тоннеля при воздействии разлома, направленного вдоль его оси.

В качестве примера он воспользовался характеристиками тоннеля, представленного ранее. Также учёл, что компонент разлома ΔW направлен вдоль оси тоннеля, длина тоннеля 200м. и добавил следующие данные:

Таблица 2 – Дополнительные данные задачи

№	Названия характеристик	Значения	Меры
1	Коэффициент реакции отпора для напряжений сдвига первого основания (k_{s1})	1400	кН м ³
2	Максимальное напряжение сдвига на поверхности тоннеля на первом основании (f_{01})	20	кН м ²
3	Коэффициент реакции отпора для напряжения сдвига второго основания (k_{s2})	1400	кН м ³
4	Максимальное напряжение сдвига на поверхности тоннеля на втором основании (f_{02})	20	кН м ²
5	Относительное продольное смещение оснований в зоне разлома (ΔW)	0,05	м

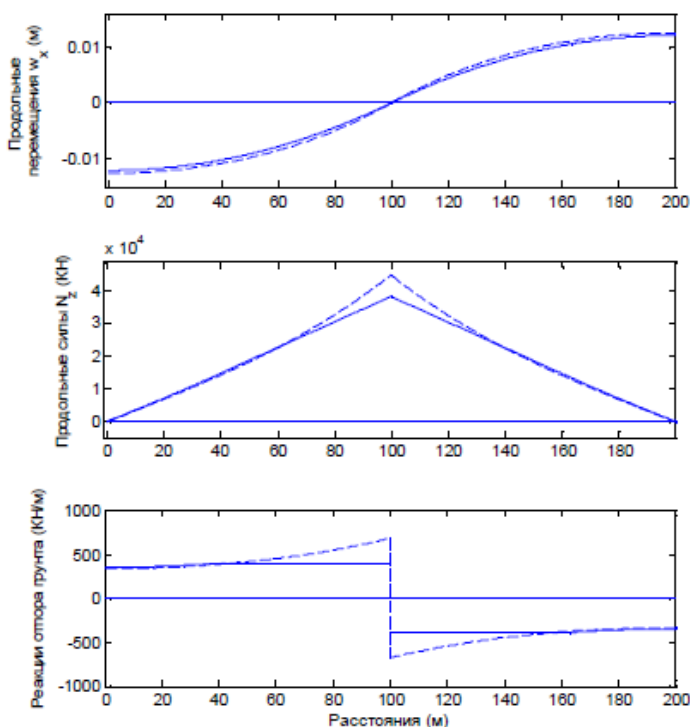


Рисунок 10 - График перемещений, продольных усилий в тоннельной обделке и реакции отпора грунта

В данной работе представлен метод решения и приведен пример расчёта тоннелей, пересекающих зоны активных разломов с использованием комплекса MATLAB и PLAXIS. Разработанные методики и результаты расчётов можно использовать при проектировании линий метро в Ханое.

Литература:

1. Бирбраер, А.Н. Расчёт конструкций на сейсмостойкость / А.Н.Бирбраер. – СПб.: Наука, 1998, – 255 с.
2. Зайнагабдинов Д. А., Май Дык Минь. Модели для расчета тоннелей, пересекающих активные разломы / Д. А. Зайнагабдинов, Май Дык Минь // Институт Государственного управления, права и инновационных технологий (ИГУПИТ). – Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2013. - №3 (16).
3. Курбацкий, Е.Н. Метод решения задач строительной механики и теории упругости, основанный на свойствах изображений Фурье финитных функций: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.23.17 / Курбацкий Евгений Николаевич. – МИИТ, Москва, 1995. – 205 с.
4. Курбацкий Е. Н., Май Дык Минь. Эквивалентная жесткость сборной обделки при изгибе перпендикулярной оси тоннеля / Е. Н. Курбацкий, Май Дык Минь// Перспективы развития строительного комплекса: Материалы VI Международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. 28-31 октября 2013 г. / под общ. Ред. В. А. Гутмана, А. Л. Хареньяна. – Астрахань: ГАОУ АО ВПО «АИСИ». – 2013. – Т. 2. – с.3-6.