



**XXXIV Международный научный симпозиум  
«Неделя горняка – 2026»  
02 - 06 февраля 2026 г.**

# **ПРОГРАММА**

**Круглого стола «Актуальные проблемы строительной  
геотехнологии при освоении подземного пространства»**



**Москва, 2026**

## **Круглый стол «Актуальные проблемы строительной геотехнологии при освоении подземного пространства»**

**04 февраля**

**Заседание утреннее (10.00-13.00)**

**Б-2**

|                  |                                                                                       |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Модераторы:      | <b>Панкратенко Александр Никитович</b><br>зав. каф. СПСиГП НИТУ МИСИС, д-р техн. наук |
|                  | <b>Плешко Михаил Степанович</b><br>проф. кафедры СПСиГП НИТУ МИСИС, д-р техн. наук    |
| Ученый секретарь | <b>Сафронов Артем Максимович</b><br>асс. кафедры СПСиГП НИТУ МИСИС                    |

### **Картозия Б.А. (НИТУ МИСИС)**

Приветственное слово участникам круглого стола

### **Панкратенко А. Н. (НИТУ МИСИС)**

История кафедры «Строительства подземных сооружений и горных предприятий».  
Задачи, перспективы

### **Плешко М.С. (НИТУ МИСИС)**

Перспективные решения многофункциональной крепи для сверхглубоких горных выработок

### **Князев А.А. (НИТУ МИСИС)**

Строительство в эпоху новых технологий. Внедрение технологий информационного моделирования и искусственного интеллекта в подземном строительстве

### **Антипов В.В., Аверин Е.А. (ООО «СОЭЗ»)**

Опыт, проблемы и перспективы внедрения отечественных механизированных комплексов для строительства рудников

**Анциферов С.В. (ТулГУ)**

Геомеханическое обоснование устойчивости склона, вмещающего горизонтальную выработку, расположенную параллельно земной поверхности, на основе аналитического определения напряженного состояния массива грунта

**Глухов А.В. (ООО «СТРИМ»)**

Применение импортнезависимых материалов для решения проблем горнорудных предприятий

**Земсков А.Н., Бычковский А.А., Белокопытов П.А. (ПНИПУ)**

Калийная промышленность: проблемы и перспектив

**Чан Туан Минь (ХГГУ, Вьетнам)**

Выбор и обоснование формы строящихся параллельных тоннелей с учетом изменения рельефа местности

**Литвинский Г.Г. (ФГОУ ВО ДонГТУ)**

Исчерпание «комбайновой» парадигмы и контуры новой доктрины развития горнопроходческой техники

**Обеденный перерыв ( с 13 00 до 14 00)****Заседание вечернее (14.00-17.00)****Б-2****Николаев П.В. (НИТУ МИСИС)**

Анализ влияния параметров конструкции замораживающих колонок и режима течения теплоносителя на эффективность искусственного замораживания горных пород

**Саммаль А.С. (ТулГУ)**

Аналитический метод расчета многослойных подземных конструкций, сооружаемых под защитой слоя более крепких пород

**Семин М.А. (Горный институт УрО РАН)**

Искусственное замораживание горных пород «по требованию» при строительстве шахтных стволов

**Жуков В.Н. (НИТУ МИСИС)**

Дренажные мероприятия для защиты подземных камер машинного зала и помещения трансформаторов Рогунской ГЭС в Таджикистане

**Скопинов М.В. (АО «ВНИИ Галургии»)**

Технология ликвидации горных выработок калийного рудника

**Бублик С.А. (Горный институт УрО РАН)**

Исследование закономерностей искусственного замораживания пород, насыщенных многокомпонентными рассолам

**Козловский Е.Я. (ООО «ПроТехИнжиниринг»)**

Прогноз механического поведения подземных сооружений в зоне влияния бишофит-содержащих пород

**Пунтус В.Ф. (ФГБОУ ВО "ДонГТУ")**

Разработка конструкции электроемкостного интроскопа для определения трещиноватости породного массива

**Давиденко А.И. (НИТУ МИСИС)**

Исследование деформирования и разрушения железобетонных колонн круглого сечения при поперечном изгибе с использованием метода корреляции цифровых изображений

**Кириенко Ю.А. (НИТУ МИСИС)**

Прогноз геомеханических процессов и повышение долговечности крепи сопряжений стволов в соляных породах

**Паринов Д.С. (НИТУ МИСИС)**

Нормализация температурного режима в призабойной зоне глубоких горных выработок

**Фаермарк Г.М. (ООО «ПЕРВЫЙ МАШЗАВОД»)**

Шахтные стойки, как необходимость в креплении горных выработок

**05 февраля****Заседание утреннее (10.00-17.00)****Г-524**

|                  |                                                                                                                                                                             |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Модераторы:      | <b>Панкратенко Александр Никитович</b><br>зав. каф. СПСиГП НИТУ МИСИС, д-р техн. наук<br><b>Плешко Михаил Степанович</b><br>проф. кафедры СПСиГП НИТУ МИСИС, д-р техн. наук |
| Ученый секретарь | <b>Сафронов Артем Максимович</b><br>асс. кафедры СПСиГП НИТУ МИСИС                                                                                                          |

**Петрунин Ю.О. (НИТУ МИСИС)**

Строительство притоннельных сооружений Большой кольцевой линии Московского метрополитена с применением комплекса VSM-10000

**Паринов Д.С. (НИТУ МИСИС)**

Развитие методов оценки напряженного состояния бетонной крепи вертикальных стволов при обосновании решений по ее ремонту

**Давыденко А.П. (НИТУ МИСИС)**

Обоснование технологии восстановления горных выработок в разрушенном породном массиве

**Портнова А.В. (НИТУ МИСИС)**

Обоснование параметров крепи и режима эксплуатации рудоспусков в сложных горно-геологических условиях на основе численного моделирования

**Пягай П.В. (СПГУ императрицы Екатерины II)**

Разработка метода прогноза напряженно-деформированного состояния подпорных конструкций припортальных сооружений тоннелей при оползневых и сейсмических нагрузках

**Силичева Е. Д. (СПГУ императрицы Екатерины II)**

Перспективы и возможности комплексной оценки удароопасности массива с применением алгоритмов машинного обучения на рудных месторождениях

**Бибков Р.И. (СПГУ императрицы Екатерины II)**

Развитие технологии углубки вертикальных стволов на основе оптимизации буровзрывных работ

**Демишкан В.Ю. (МГРИ)**

Влияние фиброармирования на проектные параметры опережающей крепи из грунтоцементных колонн

**Кузнецов В.Н. (НИТУ МИСИС)**

Выявление аварийного состояния вертикальных стволов с помощью комплекса дистанционного визуального обследования

**Кубышкин Д.В. (СПУ-7)**

Управление рисками при строительстве водопропускных сооружений с применением продавливания защитного экрана

**Буторин В.Б. (ООО «ЕРТ-ГГРУПП»)**

## Реверс инжиниринг вентилятора местного проветривания высокой производительности и низким уровнем шума

**Назаров Д.И. (КГТУ им. Т.Ф.Горбачева)**

# Бифуркация и устойчивость в конечно-элементном моделировании горнотехнических задач

## Для заметок

[illegible]

Контакты: Кафедра строительства подземных сооружений и горных предприятий, 119049,  
г. Москва, Ленинский проспект, д. 6, стр. 1, корпус Г, ауд. Г-526

+7 499 230-24-57; +7 499 230-72-96; [sps@misis.ru](mailto:sps@misis.ru)

Заместитель заведующего кафедрой по науке: Плешко Михаил Степанович, +7(919)871-32-96, [pleshko.ms@mis.ru](mailto:pleshko.ms@mis.ru)





**ХАНОЙСКИЙ ГОРНО - ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (ХГГУ)**

---

# **ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ФОРМЫ СТРОЯЩИХСЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ТОННЕЛЕЙ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ**

*Чан Туан Минь<sup>1\*</sup>, К.Т.Н., Доцент*

<sup>1</sup>Кафедра: Строительство подземных сооружений и шахт - ХГГУ, Вьетнам

<sup>\*</sup>[tuanminhhung@yahoo.com](mailto:tuanminhhung@yahoo.com); [trantuanminh@humg.edu.vn](mailto:trantuanminh@humg.edu.vn)

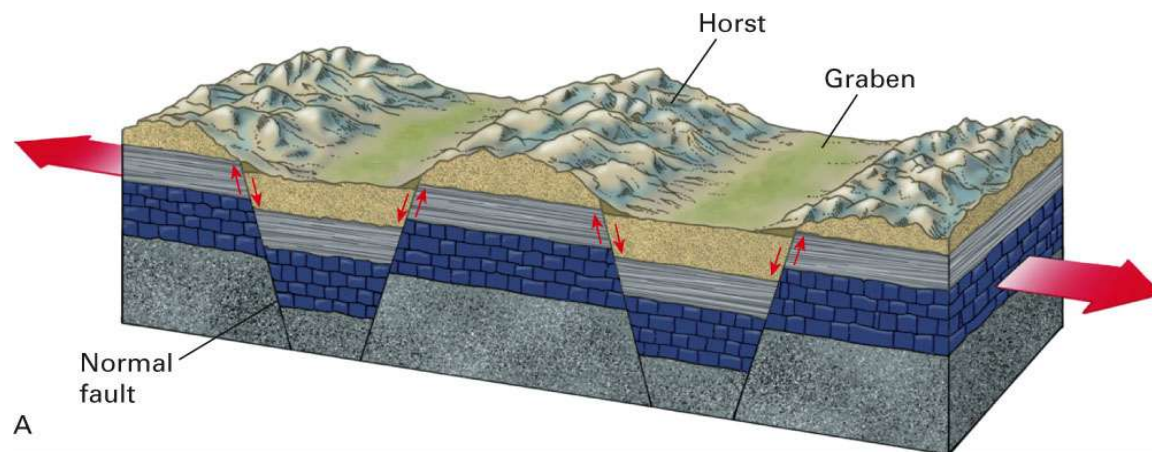
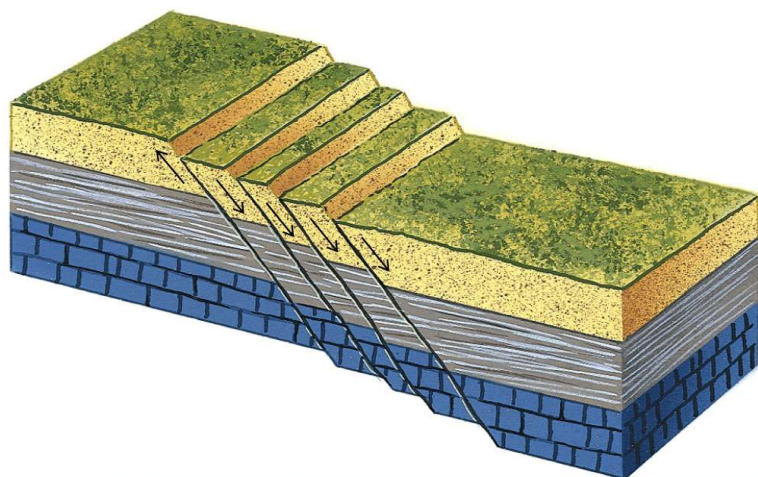
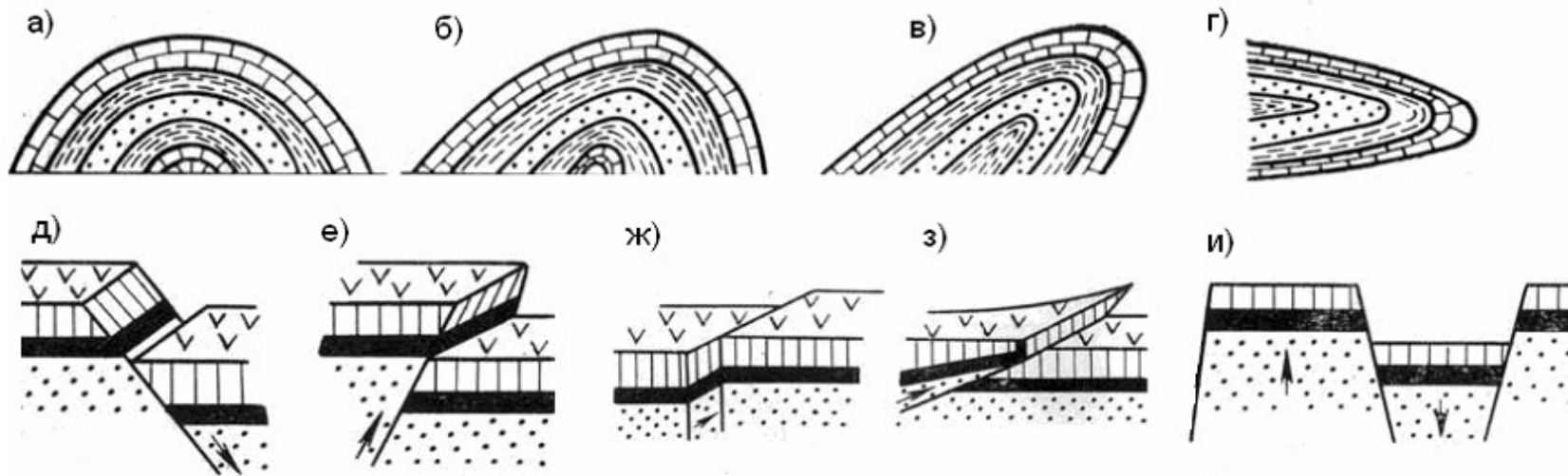
*Ханой - 2026*

☐ **Введение**

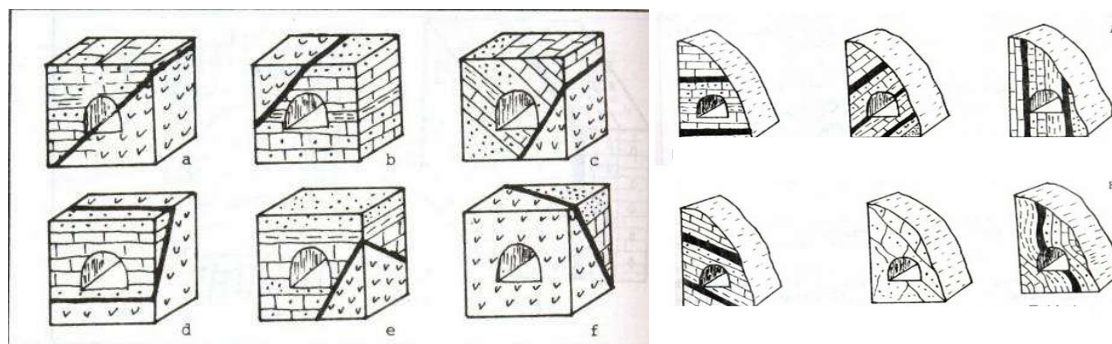
☐ **Основные содержания**

☐ **Выводы и обсуждения**

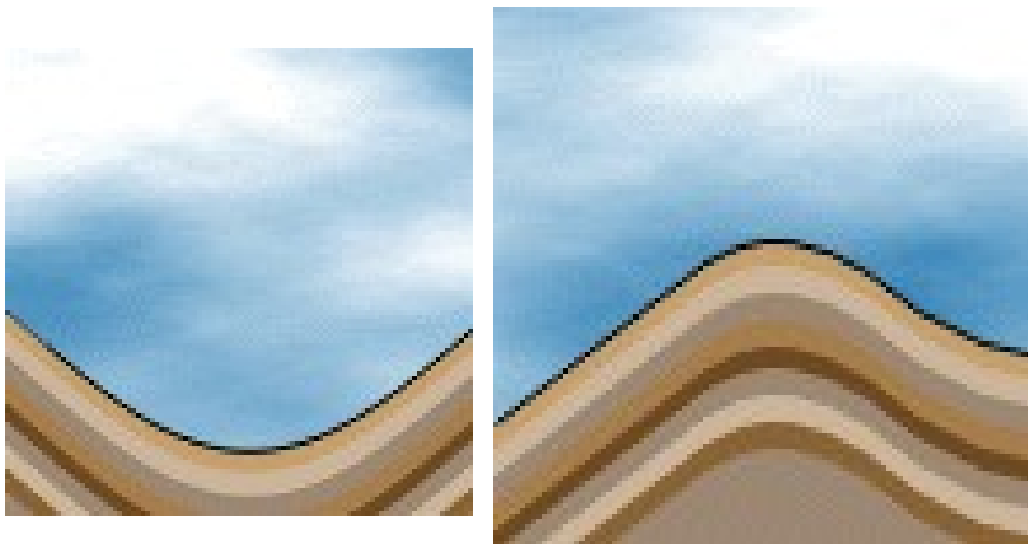
# Введение - Сложность геологических условий



© 2007 Thomson Higher Education



# Введение - Сложность геологических условий



(b)

FIGURE 11.21

*Earth: Portrait of a Planet, 2nd Edition*  
Copyright (c) W.W. Norton & Company



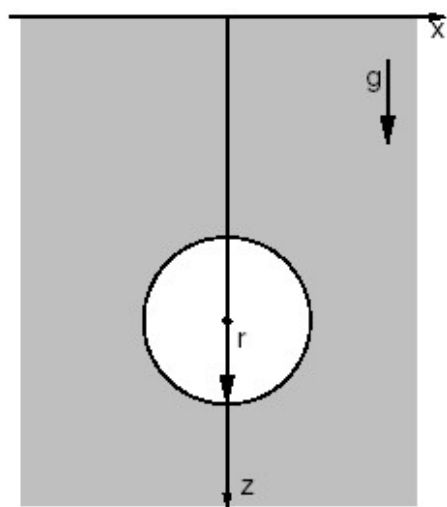
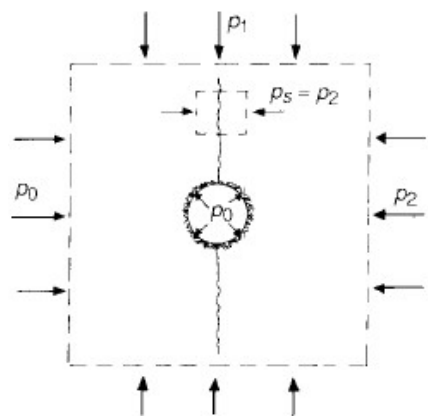
(a)

FIGURE 11.21

*Earth: Portrait of a Planet, 2nd Edition*  
Copyright (c) W.W. Norton & Company

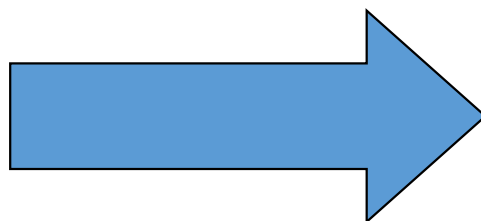
# Введение - Сложность геологических условий

В теории, однородная горная порода, единый  
тоннель, ровная поверхность земли

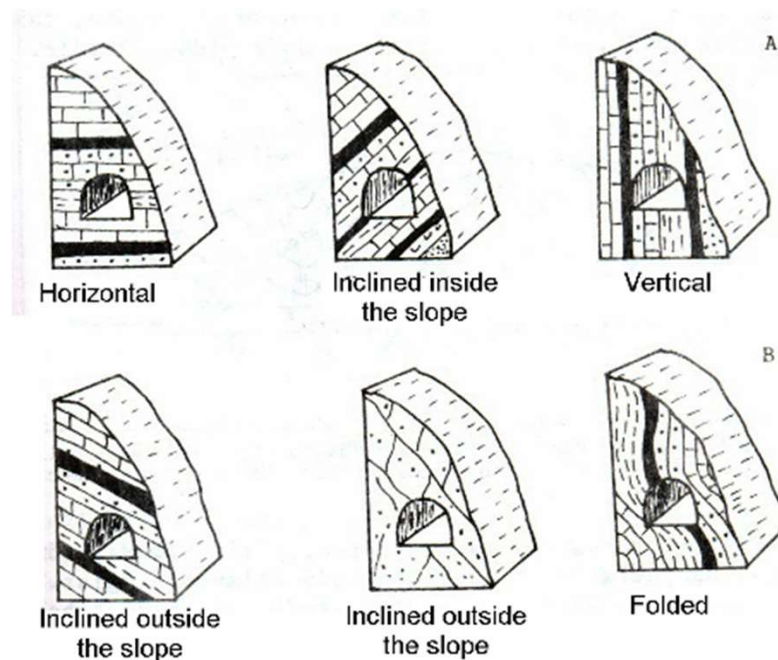


Глубокие тоннели

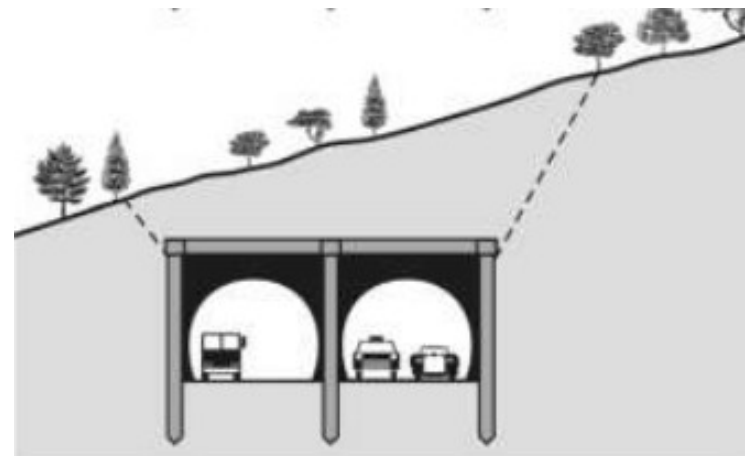
Вопросы ???



Реальность



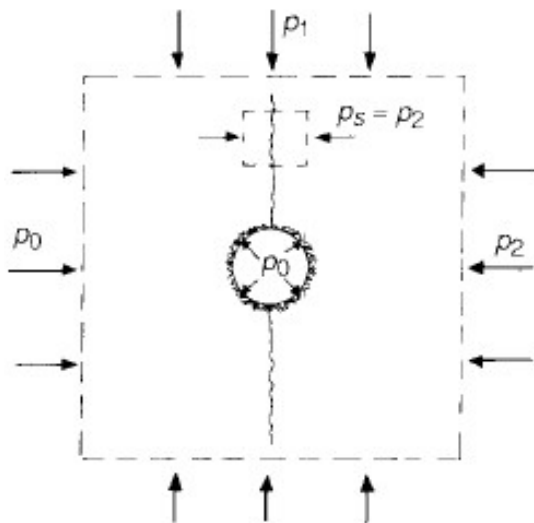
Вопросы две  
выработки???



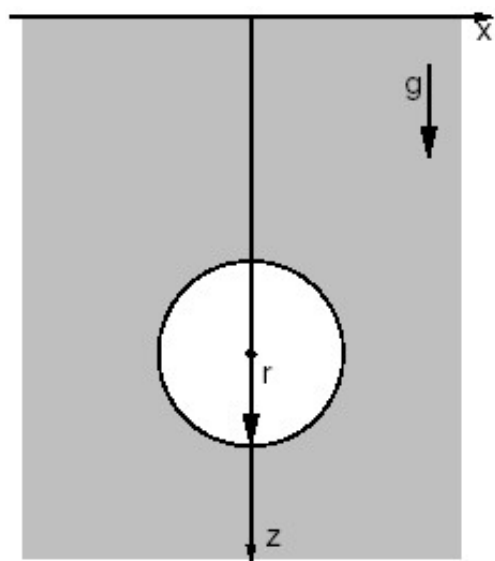
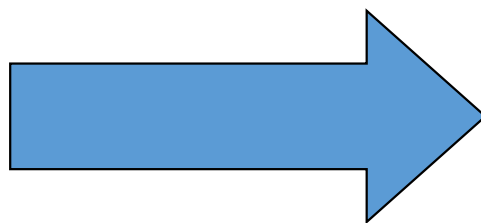
Для этого необходимо задавать вопросы для исследования.

# Введение - Сложность геологических условий

В теории, однородная горная порода, единый тоннель, ровная поверхность земли

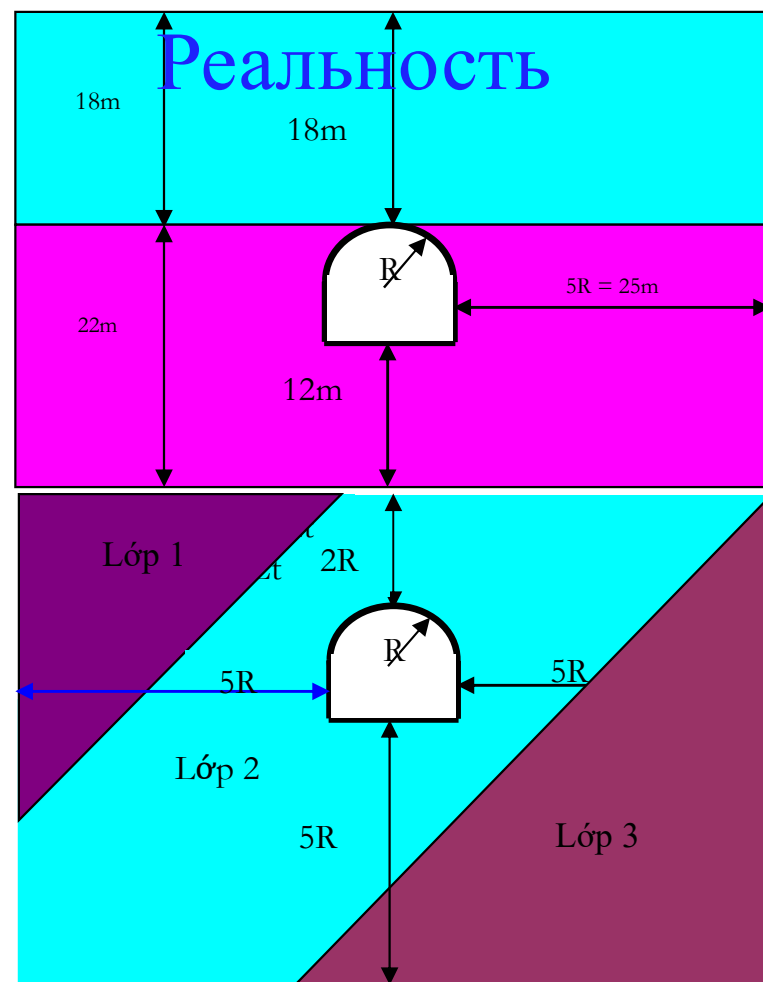


Придется учиться???



Неоднородные, слоистые горные породы и почвы

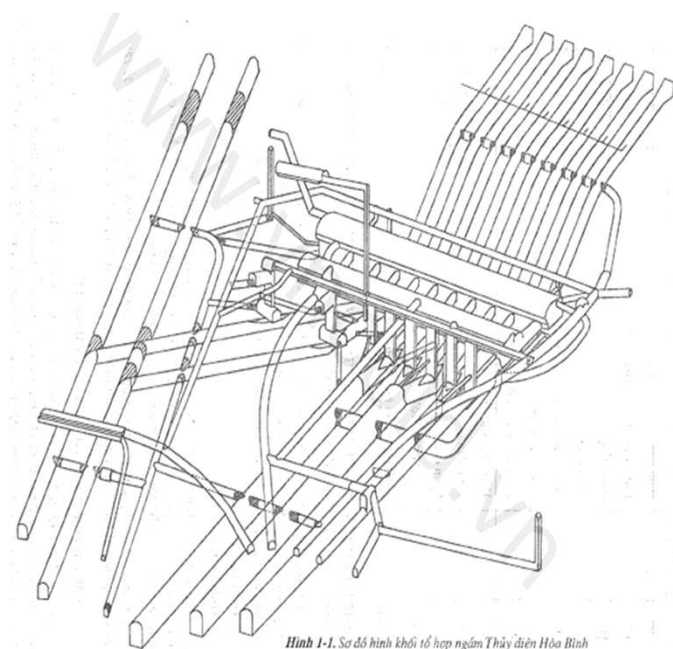
Вопросы ???



Для этого необходимо задавать вопросы для исследования.

# ОБЗОР СИТУАЦИИ С ПОДЗЕМНЫМ СТРОИТЕЛЬСТВОМ ВО ВЬЕТНАМЕ

- Гидроэлектростанция Хоа Бинь:
- ГЭС Хоа Бинь на реке Чёрная (вьетнамское название: sông Đà) - крупнейшая гидроэлектростанция во Вьетнаме, а также крупнейшая в Юго-Восточной Азии. Электроэнергия вырабатывается с помощью восьми турбин мощностью 240 МВт, общая установленная мощность которых составляет 1920 МВт. Водохранилище Сонг Да (водохранилище Чёрной реки) образовалось в результате строительства плотины на реке.
- ГЭС расположена на реке Чёрная в городе Хоа Бинь провинции Хоа Бинь, Вьетнам. Её высота составляет 128 м, а длина - 970 м. Объект принадлежит компании Vietnam Electricity и производит до 8160 ГВт·ч электроэнергии в год. Строительство каменно-насыпной плотины началось в ноябре 1979 года и завершилось в 1994 году.



Hình 1-1. Sơ đồ hình khối tổ hợp ngăn Thủy điện Hòa Bình



Атомная электростанция «Ниньтхуан-2» - это планируемая атомная электростанция в городе Виньхай, район Ниньхай, провинция Ниньтхуан, Вьетнам. Она будет состоять из четырех реакторов мощностью 1000 МВт каждый.



- + ) Мощность 2000 МВт
- + ) Стоимость: 10 миллионов долларов

- Тоннель Хайвань, самый длинный тоннель в Юго-Восточной Азии, длиной 6,28 км (3,90 мили), расположен на шоссе № 1 между городами Дананг и Хюэ в центральном Вьетнаме.
- Расположение: между Хюэ и Данангом
- Маршрут: шоссе № 1
- Начало работ: 2000 год, открытие: 2005 год
- Длина туннеля: 6,28 км
- Метод проходки: бурение и взрывные





Общая протяженность проекта составляет 13,4 километра, при этом тоннели Ca Pass Tunnel и Co Ma Tunnel имеют длину 3,9 километра и 500 метров соответственно.

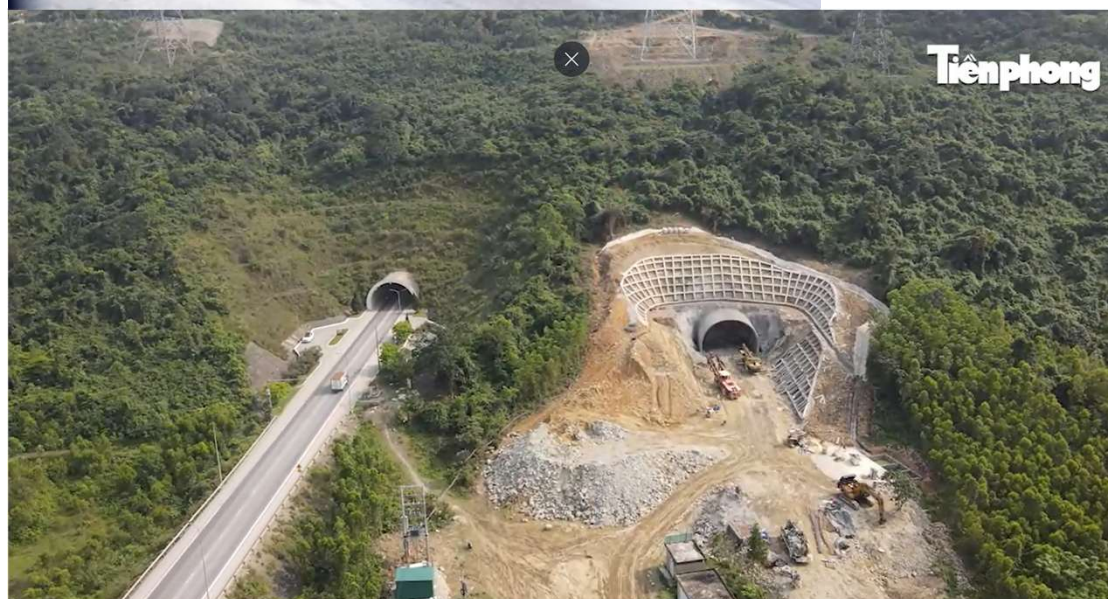
Метод проходки:  
бурение и взрывные



Тоннель Део Нганг - это тоннель на национальной автомагистрали № 1, проходящий через горный хребет Хоаньшон на границе провинций Хатинь и Куангбинь. Он был завершён в 2006 году. Его общая длина составляет 800 м, ширина - 13 м, высота - 9 м, он рассчитан на 4 полосы движения. Метод прокладки тоннеля - бурение и взрывные работы.



В настоящее время ведётся расширение тоннеля за счёт пристройки к нему вспомогательного тоннеля, завершение работ по которому запланировано на этот год.



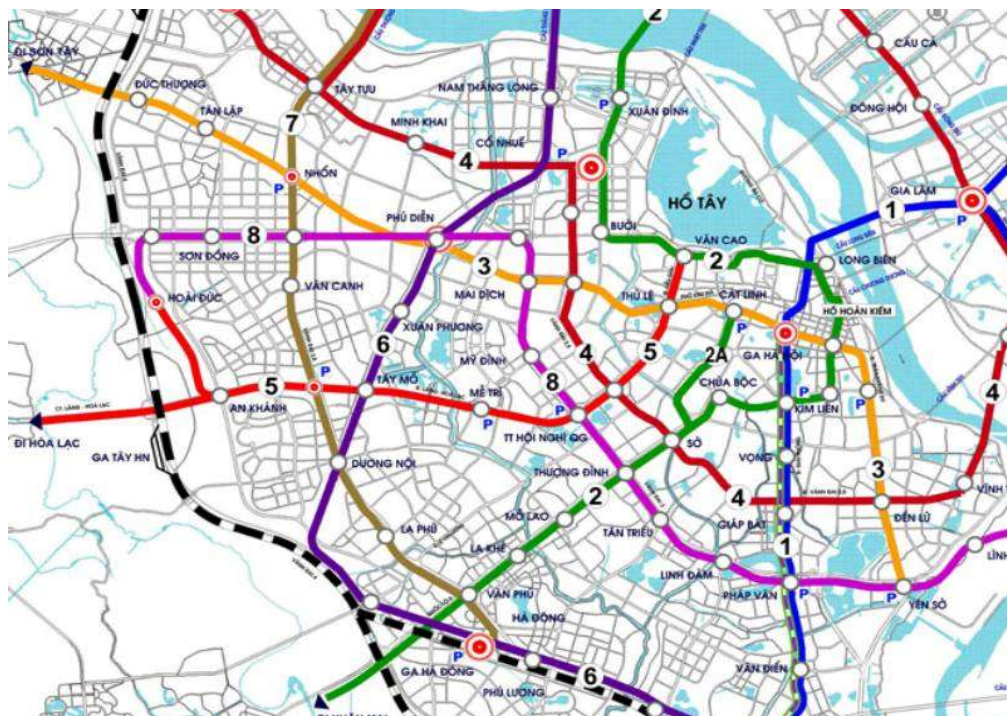
Тоннель Тху Тхием под рекой Сайгон, завершен в 2012 году, общая длина 2,5 км; два тоннеля, каждый по 4 полосы. Кессонный метод.



# Тоннель Дананг – Куанг Нгай



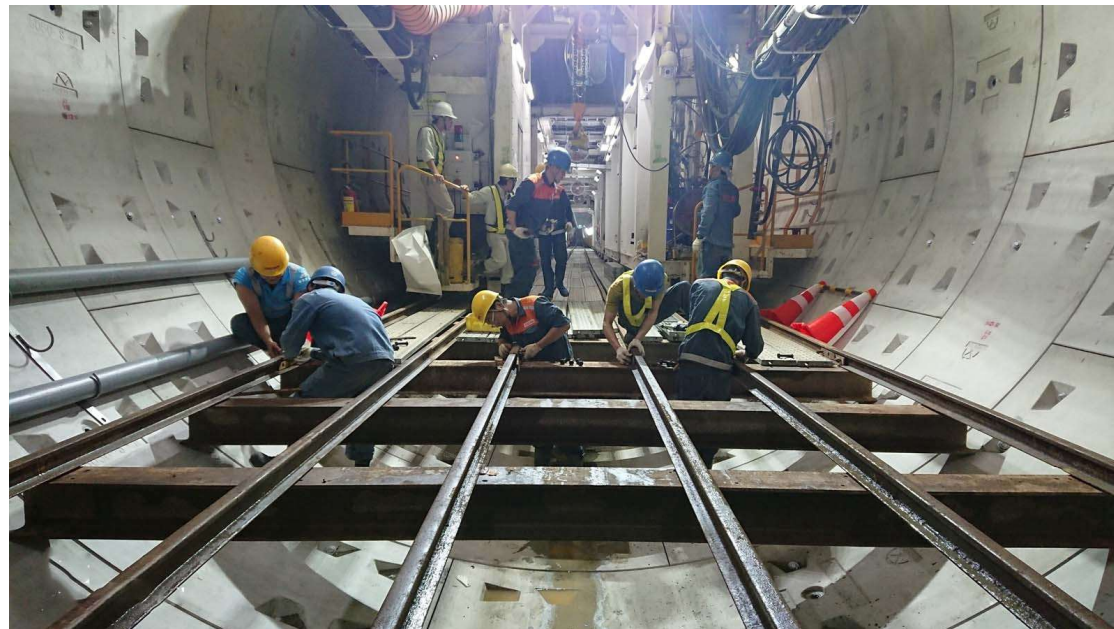
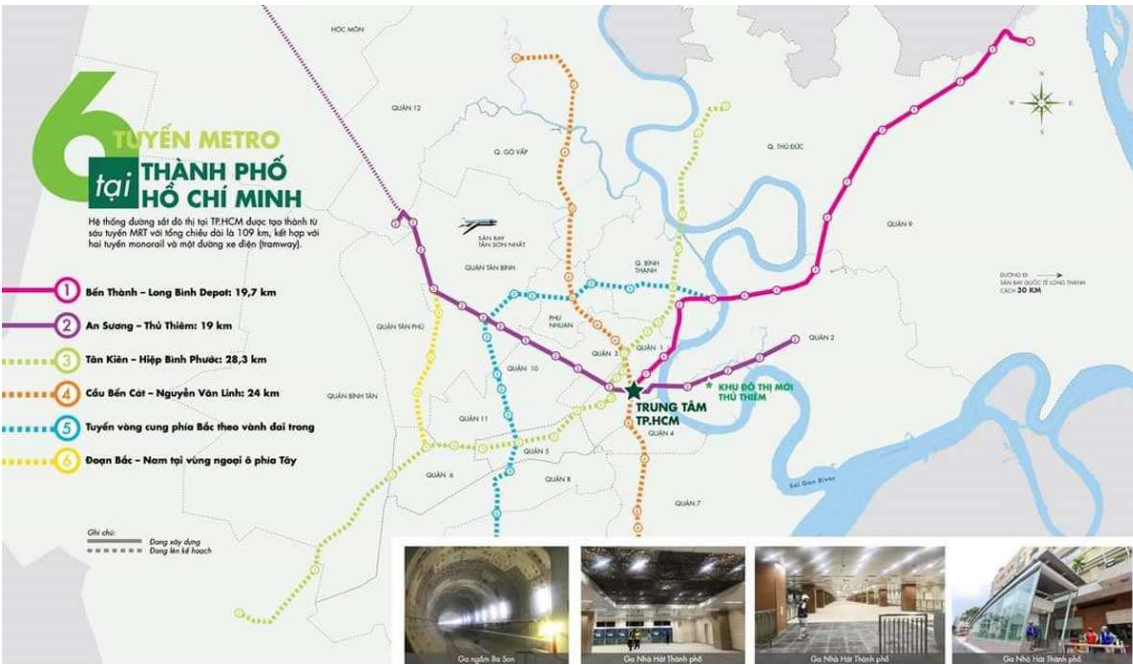
# Система метрополитена Ханоя (линия №-3)



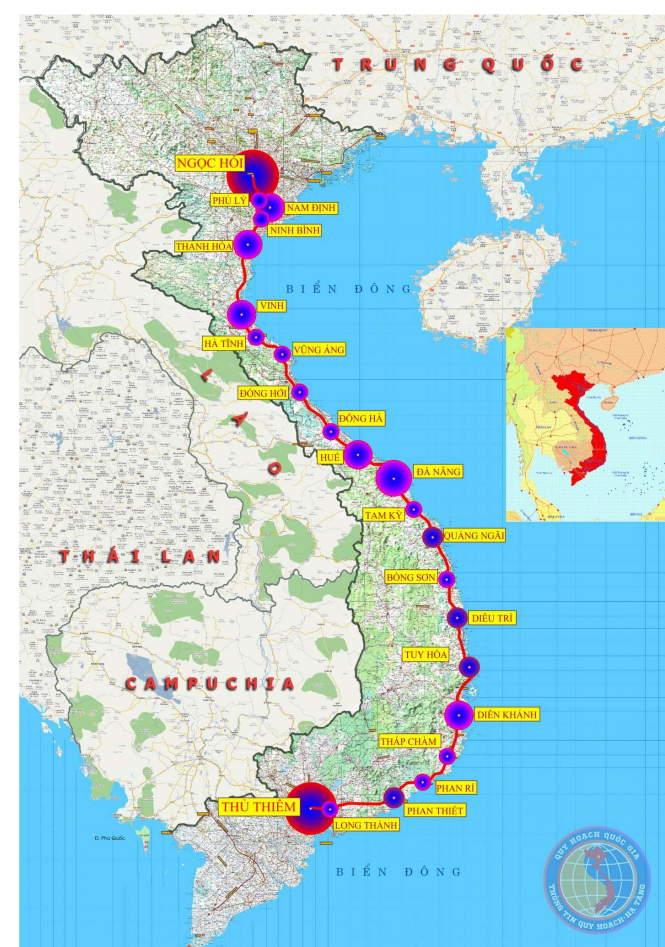
# Станция Катлинь на линии метро №-3 (Ханой)



# Система метрополитена Хо Ши Миня (линия № 1)

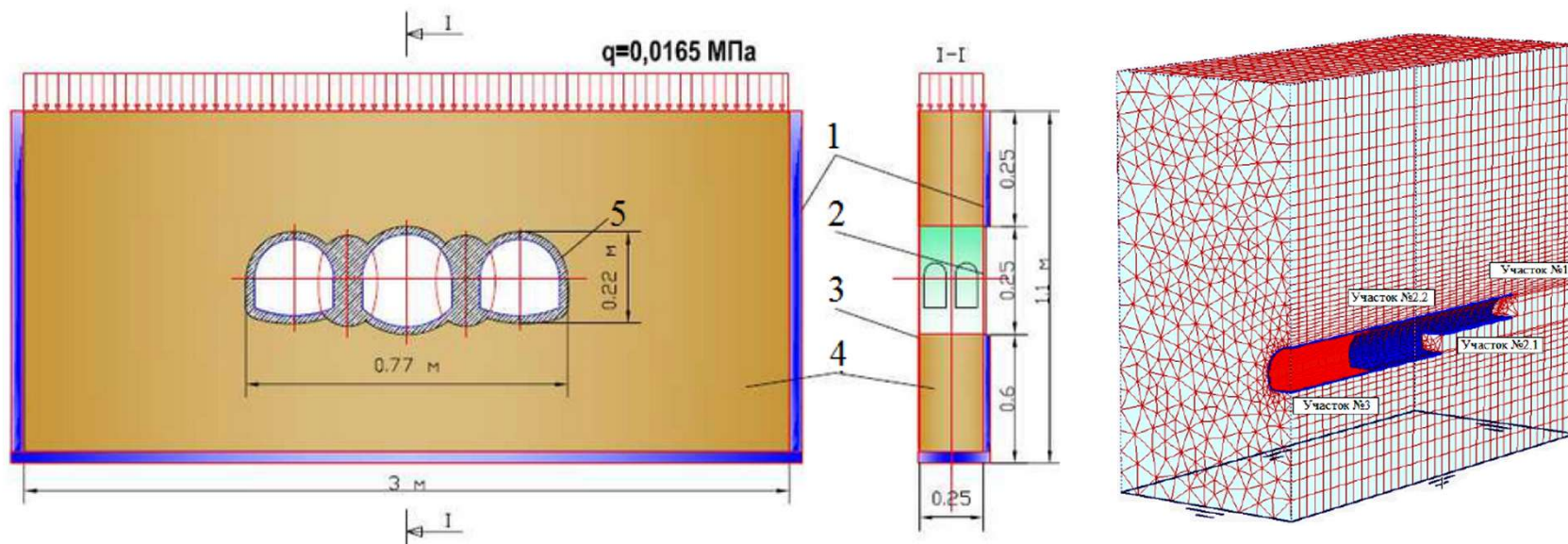


# Высокоскоростной электропоезд во Вьетнаме будет построен в 2027 с 1508,6 км, в том числе около 200 км тоннелей



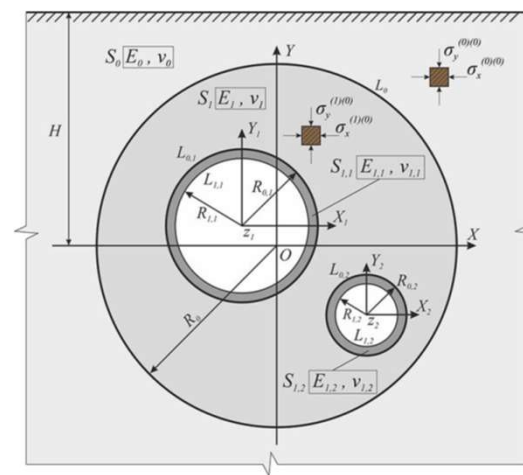
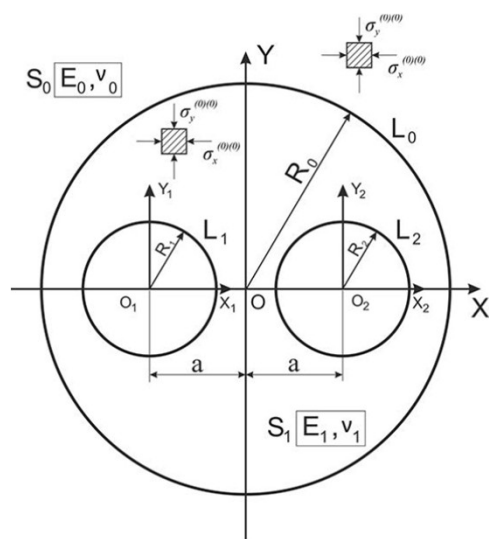
# Обзор документов, использованных в исследовании

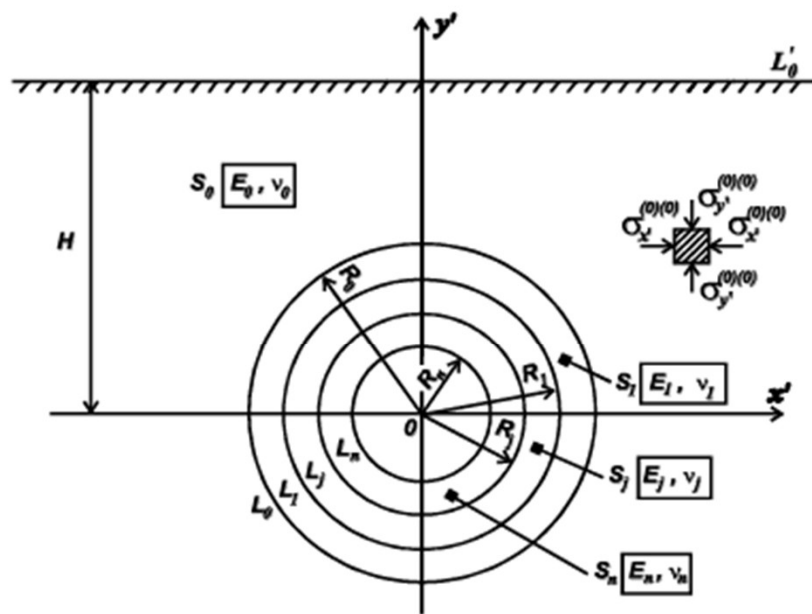
- [1]. **Картозия Б.А.**, Федунец Б.И., Шуплик М. Н., Малышев Ю.Н., Смирнов В.И., Лернер В.Г., Рахманинов Ю.П., Корчак А.В., Филимонов Б.А., Резуненко В.И., Левицкий А.М., *Шахтное и подземное строительство*, Том 1, издательство академии горных наук, Москва 2001.
- [2]. **Картозия Б.А.**, Федунец Б.И., Шуплик М.Н., Малышев Ю.Н., Смирнов В.И., Лернер В.Г., Рахманинов Ю.П., Руконосов В.И., Панкратенко А.Н., Куликова Е.Ю., *Шахтное и подземное строительство*, Том 2, издательство академии горных наук, Москва 2001.
- [3]. **Картозия Б.А.**, *основы освоения подземного пространства иллюстрационное приложение к конспекту лекций*, МГГУ 2006 - 2008.
- [4]. **Баклашов И.В, Б.А. Картозия**, *механика подземных сооружений и конструкций крепей*, Москва 2002.
- [5]. **Саммал А.С., Фотиева Н.Н., Хренов С.И., Саммал Т.Г.** Прогноз снижения несущей способности некруговых обделок канализационных тоннелей мелкого заложения вследствие газовой коррозии бетона/ Известия ТулГУ. Серия «Геотехнология». Вып. 1. - Тула: Изд-во ТулГУ, 2006. - С.102 - 106.
- [6]. **Н.С. Булычев**, *механика подземных сооружений*, недр - Москва, 1994.
- [7] **Абрамчук В.П., Власов С.Н., Мостков В.М.**, *подземные сооружения, недра*, Москва - 2005. 464с.
- [8]. **Панкратенко А.Н.**, *обоснование и разработка параметров ресурсосберегающих технологий строительства подземных выработок большого поперечного сечения*, диссертация д.т.н, Москва 2002.
- [9]. **Fotieva N.N., Bulychев N.S., Sammal A.S.** *Design of shallow tunnel linings*. Proceeding of the ISRM international Symposium Eurock' 96. Rotterdam: Balkema, 1996, P677-680.
- [3]. **Nguyen Quang Phich et al (2020)**, Effect of underground water on the state of mechanics of rock mass around tunnels and supports, *National conference of Earth Sciences and Natural Resoures for Sustainable Development*, p84-90, Ha Noi.
- [4]. **Do Ngoc Thai, Nguyen Dung Truong**, *Prediction of ground surface settlement induced by twin shield tunnellings in urban conditions*, Journal of mining and earth sciences, Vol 62, Issue 2, p47-56, 2021.
- [5]. **Do Ngoc Thai**, *Method of prediction of ground surface settlement during twin tunnelling*, Journal of mining industry, 5, p34-38, 2020.
- [6]. **Ngoc Anh Do, Daniel Dias, Trong Thang Dang**, *A Numerical Investigation of the Impact of Shield Machine's Operation Parameters on the Settlements above Twin Stacked Tunnels - A case study of Ho Chi Minh Urban Railway Line 1*, Vietnam Journal of Earth Sciences, 43, 4, 443-457, 2021.



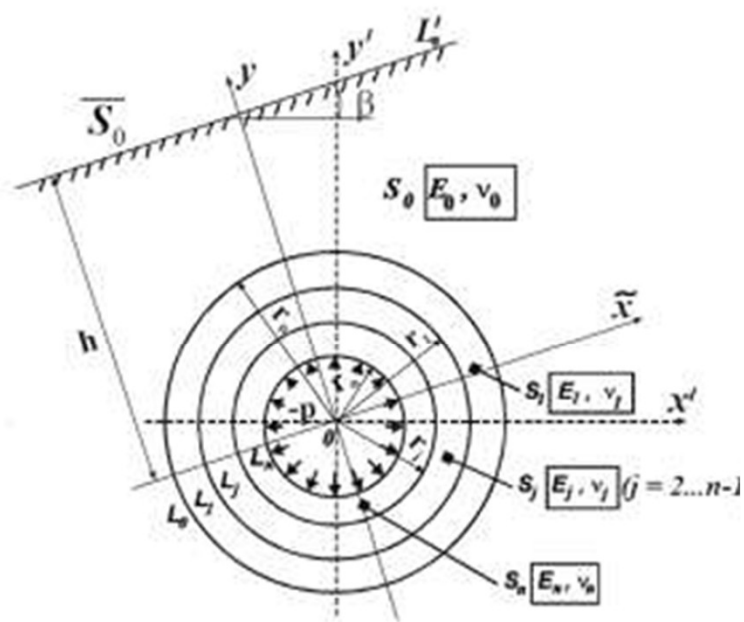
Цибарнус Юрий Александрович 2015

ГРИБАНОВ Вадим Богданович, 2016

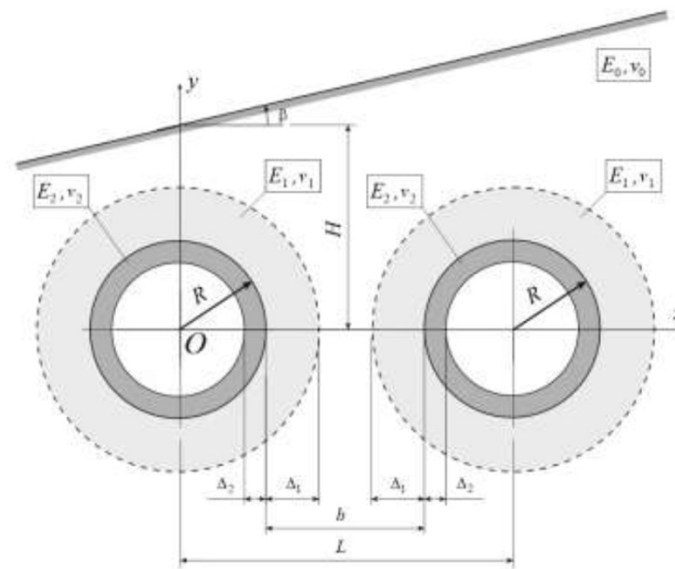
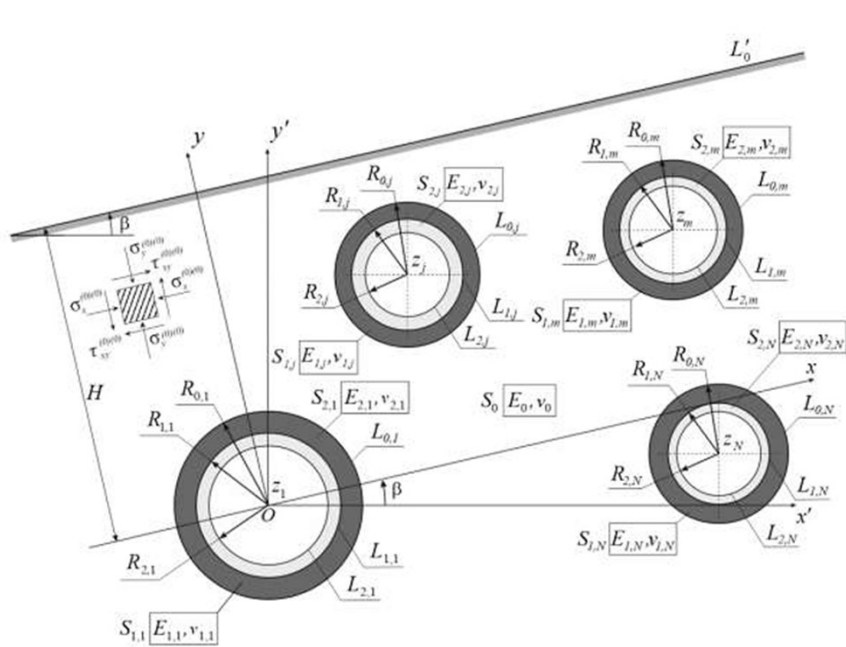




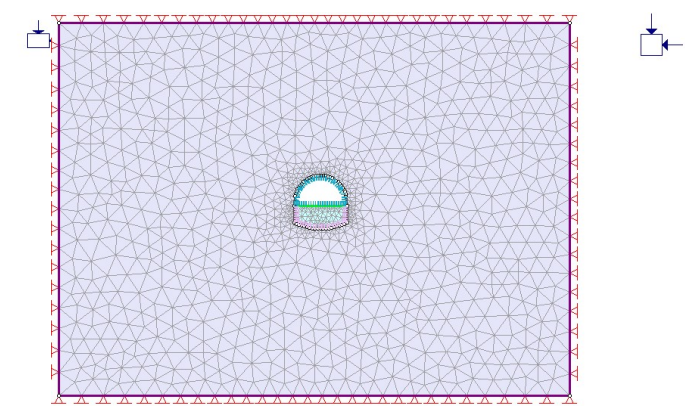
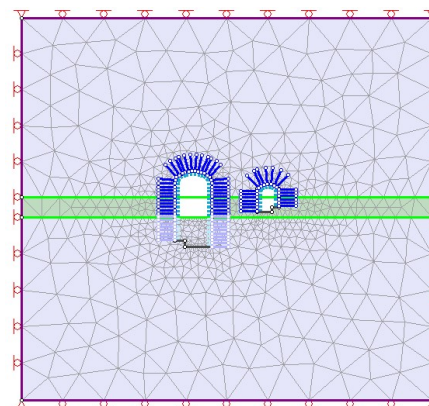
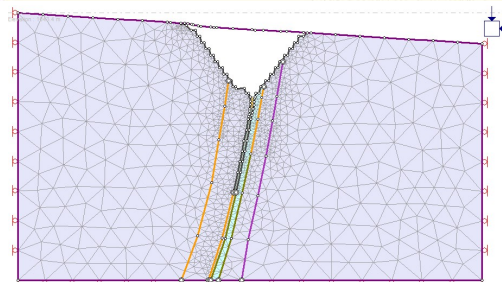
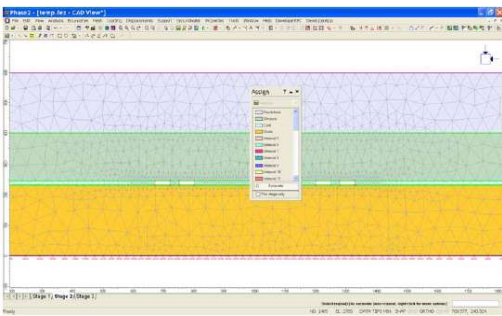
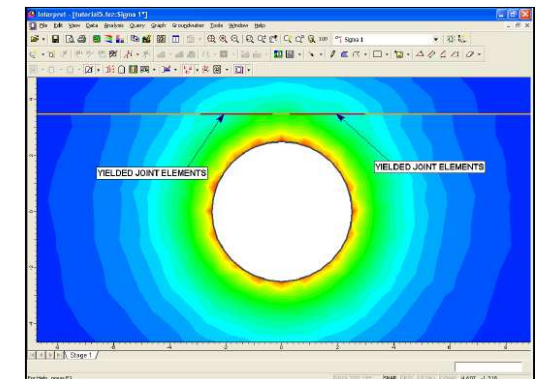
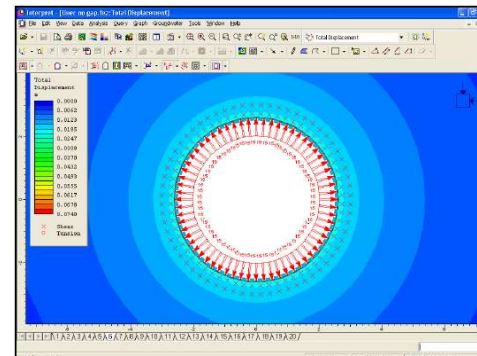
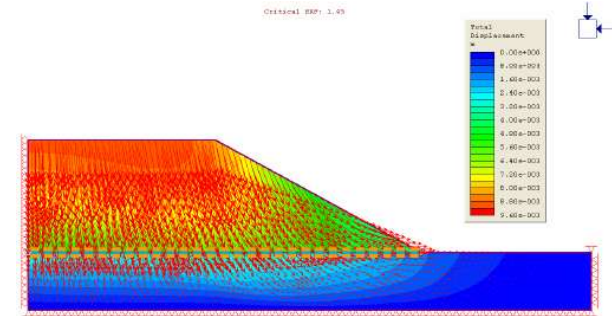
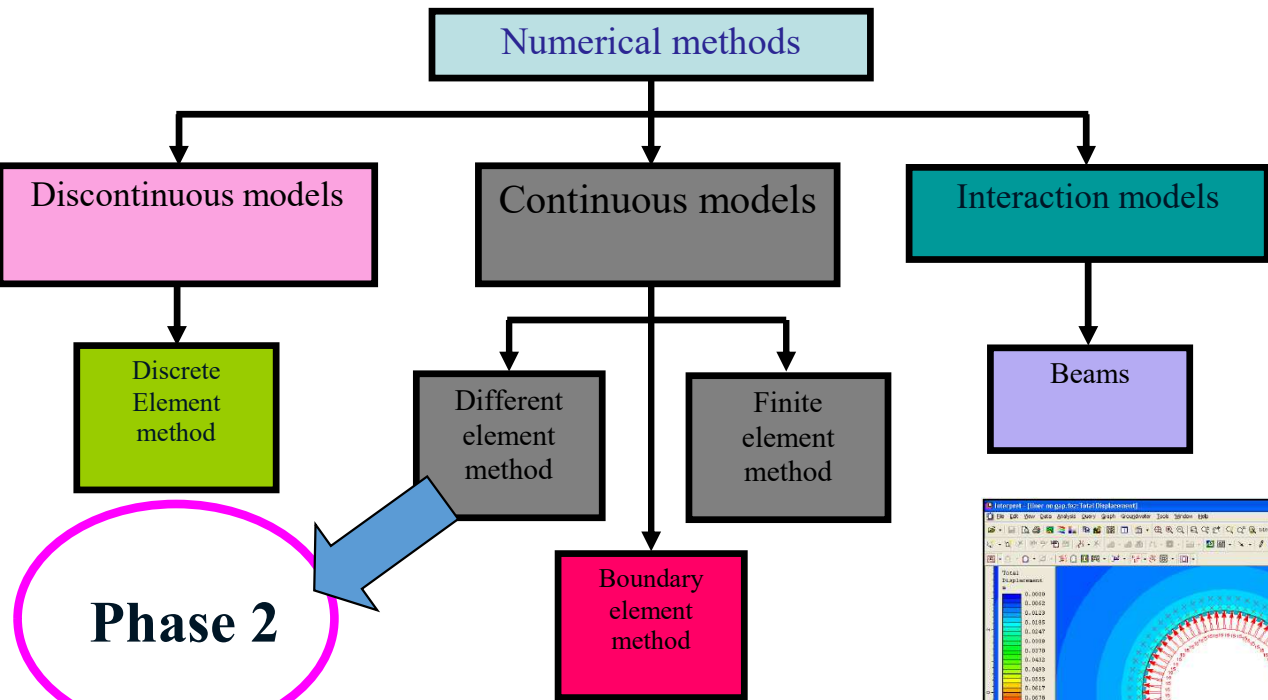
a



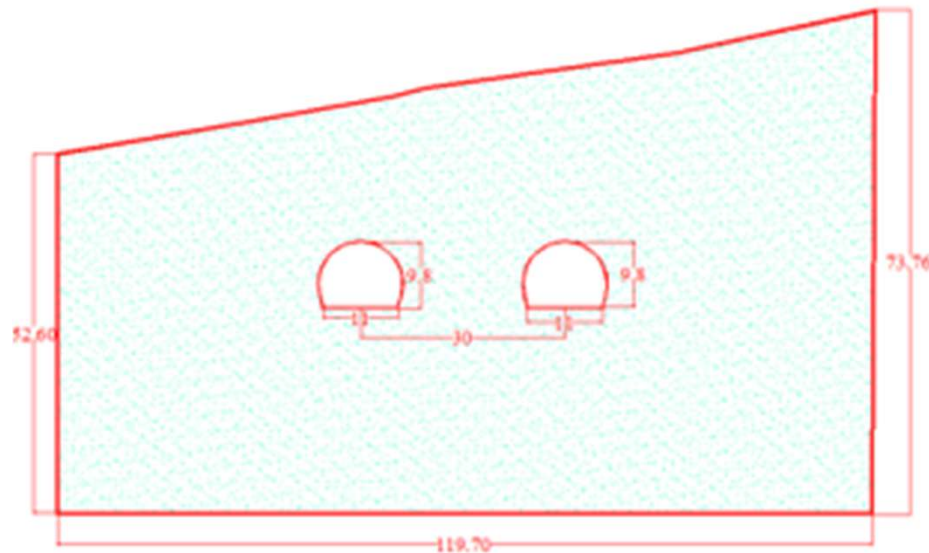
б



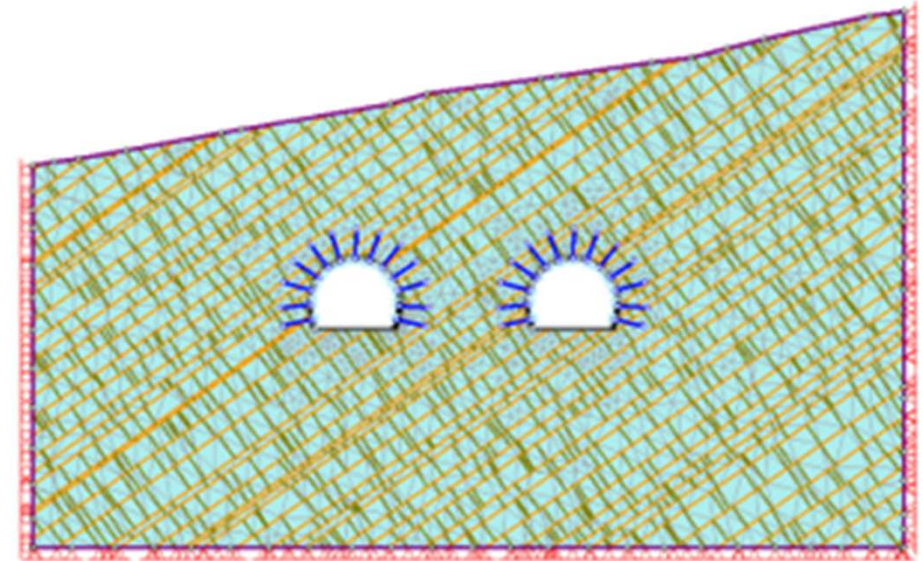
# Численные методы - Програм Phase 2



# Теоретическая модель



а) Теоретическая модель



б) Численная модель плотности системой трещин

**Table 1.** Characteristic of rock mass

|                                                  |      |
|--------------------------------------------------|------|
| Unit weight of rock $\gamma$ , MN/m <sup>3</sup> | 0.02 |
| Tensile strength of rock mass $\sigma_t$ , MPa   | 0.1  |
| Cohesion of rock mass $c$ , MPa                  | 0.15 |
| Friction angle $\varphi$ , Degree                | 25°  |
| Young's modulus $E$ , MPa                        | 1000 |
| Poisson ratio $\mu$                              | 0.3  |

**Table 2.** Parameters of rock bolts

|                                                       |         |
|-------------------------------------------------------|---------|
| Diameter of rebar of rock bolts $d$ , mm              | 20      |
| Modulus of steel bar of rock bolts $E_t$ , MPa        | 200000  |
| Tensile capacity of rock bolts $P_c$ , MN             | 0.1     |
| Residual tensile capacity of rock bolts $P_{re}$ , MN | 0.01    |
| Rock bolt pattern $a \times b$ , m                    | 2.0x1.5 |
| The length of rock bolts $L$ , m                      | 4.0     |

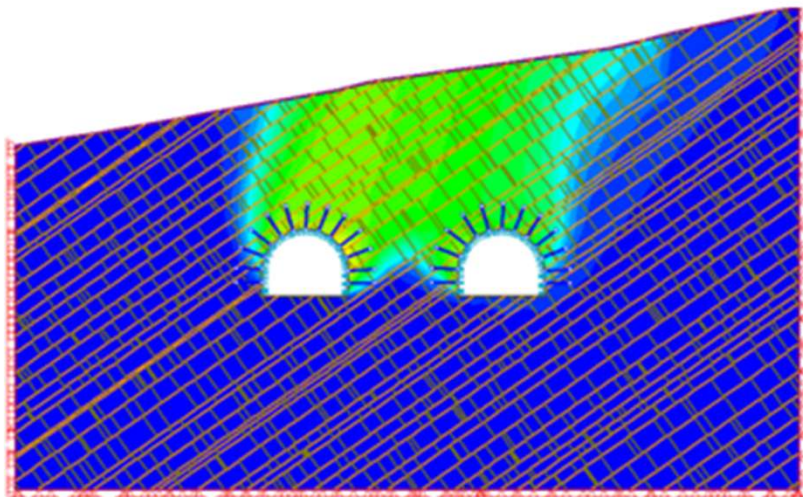
**Table 3.** Characteristic of joint networks

|                                       |                  |          |
|---------------------------------------|------------------|----------|
| Joint model                           | Cross jointed    |          |
| Bedding joint property                | Joint 1          |          |
| Cross joint property                  | Joint 2          |          |
| Orientation                           |                  |          |
| Bedding inclination                   | 35 <sup>0</sup>  |          |
| Cross joint inclination               | -55 <sup>0</sup> |          |
| Bedding spacing                       | 2.0 m            |          |
| Distribution                          | Standard         |          |
| Standard of diversion                 | 0.8m             |          |
| Cross joint spacing                   | 1.0 m            |          |
| Distribution                          | Standard         |          |
| Standard of diversion                 | 1.0 m            |          |
| Strenght properties of joint networks |                  |          |
| Failure criterion                     | Mohr - Coulomb   |          |
|                                       | Joints 1         | Joints 2 |
| Tensile strength                      | 0.0              | 0.1      |
| Cohesion                              | 0.01             | 0.05     |
| Friction angle                        | 35               | 45       |
| Normal stiffness of joints            | 100000           | 50000    |
| Shear stiffness of joints             | 10000            | 5000     |

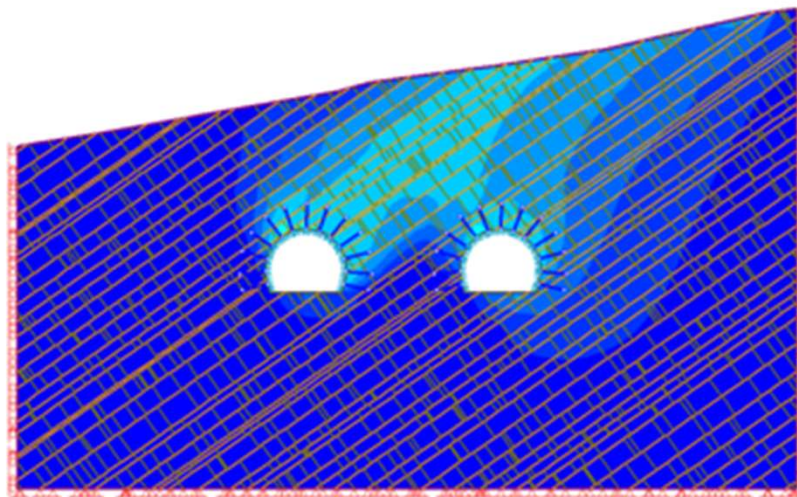
**Table 4.** Parameters of steel mesh and shotcrete

|                                       |       |
|---------------------------------------|-------|
| Wire mesh with diameter B40x40, mm    | 4.0   |
| The thickness of shotcrete, mm        | 30    |
| Young's Modulus                       | 36000 |
| Poisson ratio                         | 0.15  |
| Compressive strength $\sigma_c$ , MPa | 41    |
| Tensile strength $\sigma_{ts}$ , MPa  | 5.0   |

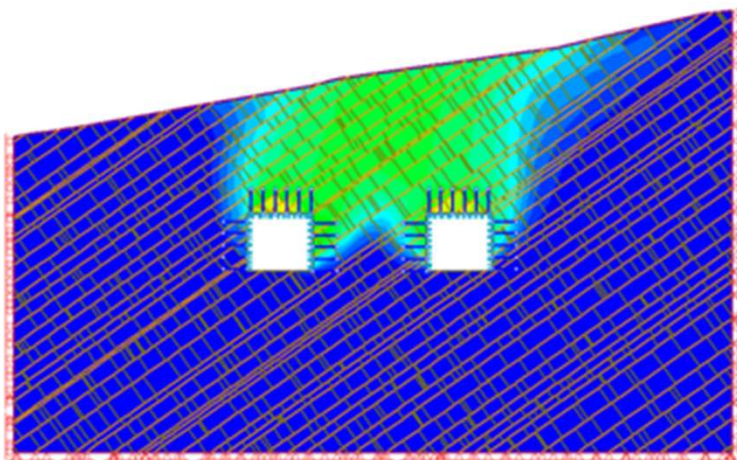
# Распределение суммарного перемещения вокруг двух тоннелей



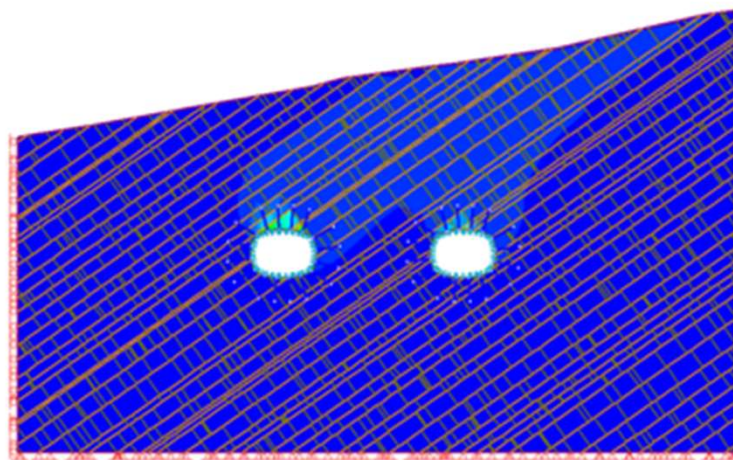
Арочные тоннели



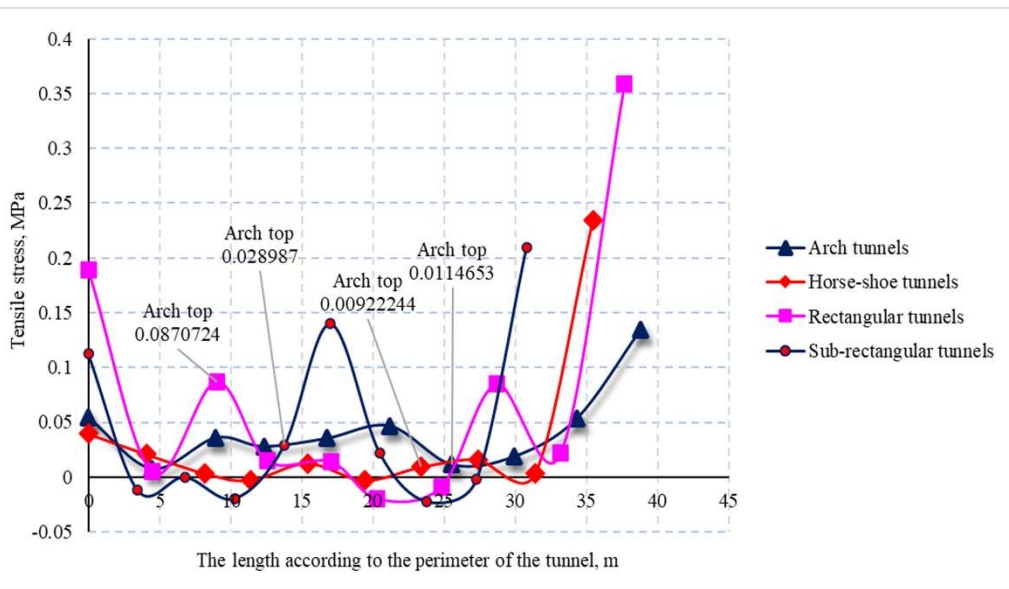
Подковообразные тоннели



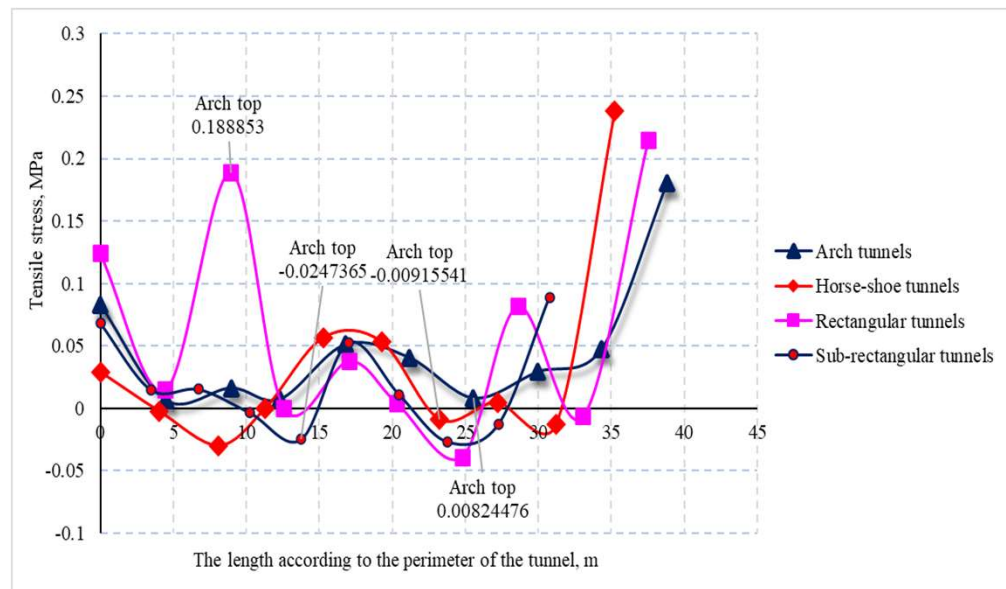
Прямоугольные тоннели



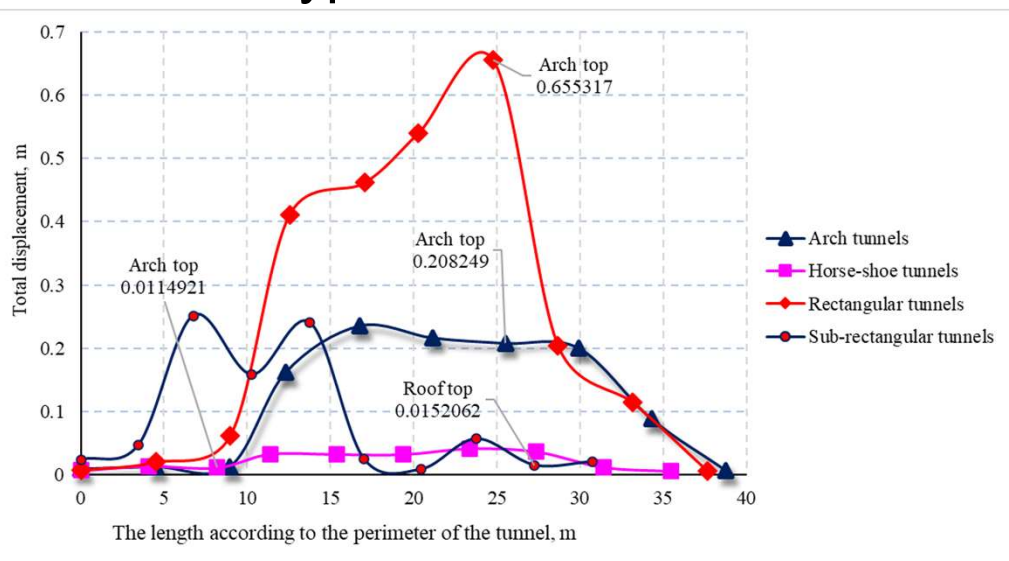
Суб-прямоугольные тоннели



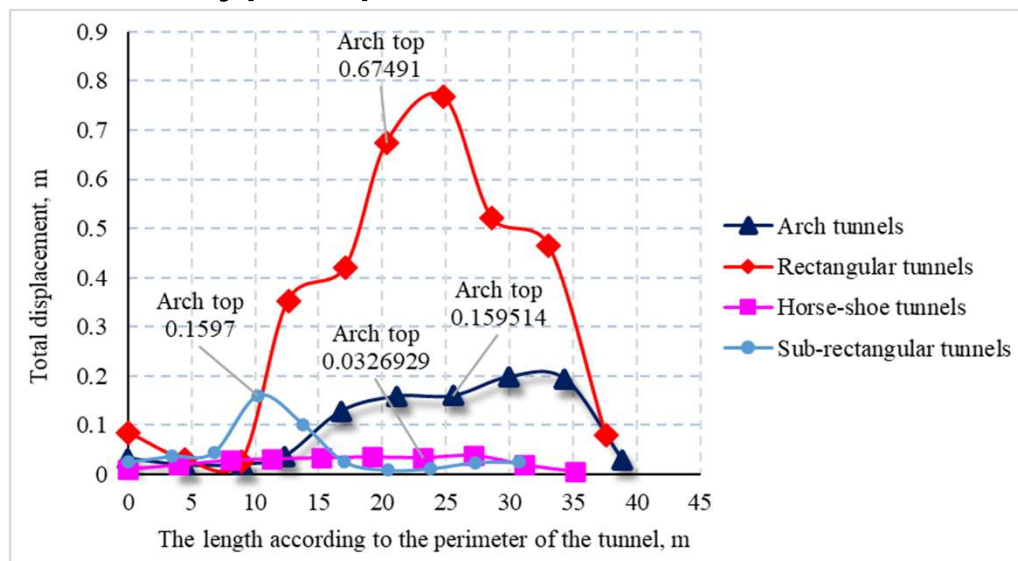
а) Растягивающее напряжение на контуре левого тоннеля



б) Растягивающее напряжение на контуре правого тоннеля



в) Распределение суммарного перемещения на контуре левого тоннеля



д) Распределение суммарного перемещения на контуре правого тоннеля

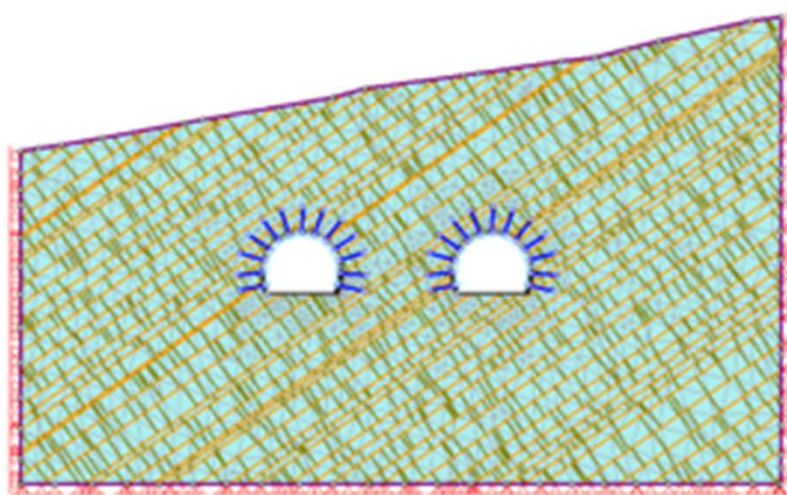
## Значения перемещений в кровле тоннелей, м

|                             | Арочные<br>тоннели | Подковообра<br>зные<br>тоннели | Прямоуголь<br>ные<br>тоннели | Субпрямоуго<br>льные<br>тоннели |
|-----------------------------|--------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| В кровле левого<br>тоннеля  | 0.208249           | <b>0.0114921</b>               | 0.655317                     | 0.0152026                       |
| В кровле правого<br>тоннеля | 0.159514           | <b>0.0326929</b>               | 0.674910                     | 0.15970                         |

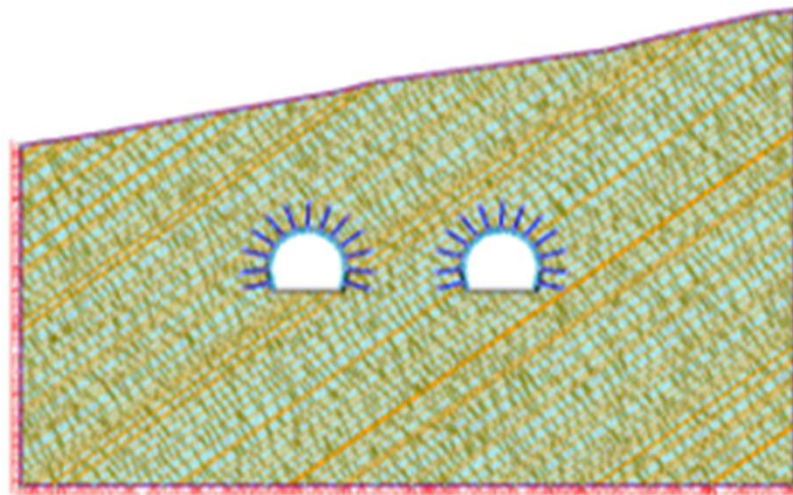
## Оценка устойчивости тоннелей в условиях изменения плотности трещин

| Поперечное сечение тоннеля                | Подковообразные тоннели |            | Субпрямоугольные тоннели |     |     |     |     |
|-------------------------------------------|-------------------------|------------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Модель трещины                            | Крестообразный          |            | Крестообразный           |     |     |     |     |
| Bedding joint property                    | Система трещин 1        |            | Система трещин 1         |     |     |     |     |
| Cross joint property                      | Система трещин 2        |            | Система трещин 2         |     |     |     |     |
| Bedding inclination                       | 35°                     |            | 35°                      |     |     |     |     |
| Cross joint inclination                   | -55°                    |            | -55°                     |     |     |     |     |
| Расстояние между трещинами, м             | Вар-1: 2,0              | Вар-2: 1,0 | 2,0                      | 2,0 | 2,0 | 1,0 | 0,5 |
| Распределение (C)                         | Стандарт                | Стандарт   | C                        | C   | C   | C   | C   |
| Стандарт диверсии, м                      | 1,0                     | 1,0        | 3,0                      | 2,0 | 1,0 | 1,0 | 0,5 |
| Расстояние между поперечными трещинами, м | Вар-1: 2,0              | Вар-2: 1,0 | 2,0                      | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 1,0 |
| Распределение, (C)                        | Стандарт                | Стандарт   | C                        | C   | C   | C   | C   |
| Расстояние между трещинами, м             | 2,0                     | 1,0        | 6,0                      | 4,0 | 3,0 | 2,0 | 1,0 |
| Пример исследования                       | -                       | -          | (1)                      | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Сопротивленные свойства сети трещины      |                         |            |                          |     |     |     |     |
| Failure criterion: Mohr - Coulomb         | Система трещин 1        |            | Система трещин 2         |     |     |     |     |
| Прочность на растяжение                   | 0.0                     |            | 0,1                      |     |     |     |     |
| Коэффициент сцепления                     | 0,01                    |            | 0,05                     |     |     |     |     |
| Угол внутреннего трения                   | 35°                     |            | 45°                      |     |     |     |     |
| Нормальная жесткость трещины              | 100000                  |            | 50000                    |     |     |     |     |
| Shear stiffness of joints                 | 10000                   |            | 5000                     |     |     |     |     |

## Устойчивость тоннелей в условиях изменения плотности системой трещин

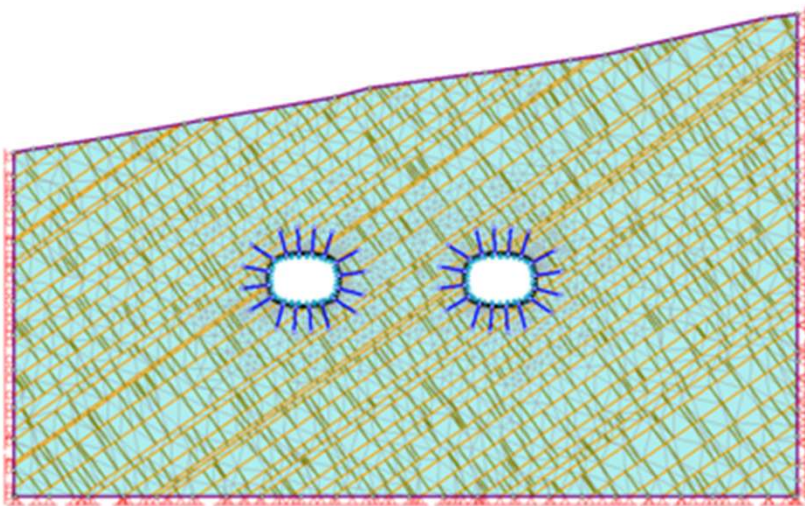


а) Подковообразные тоннели

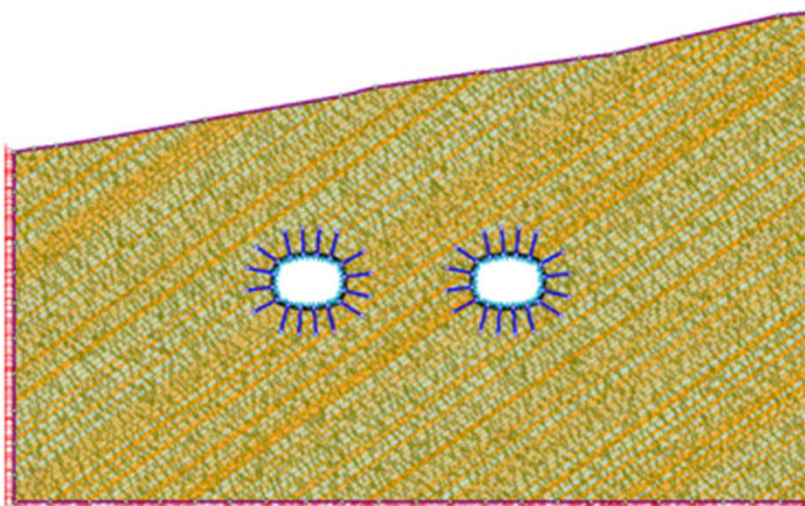


б) Изменение плотности трещин

Численная модель для суб-прямоугольных тоннелей и других параметров сети трещин

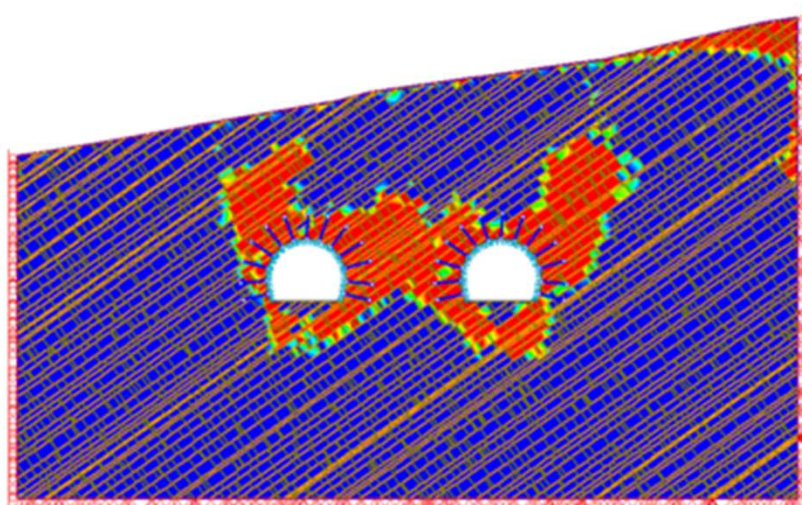


а) Суб-прямоугольные тоннели

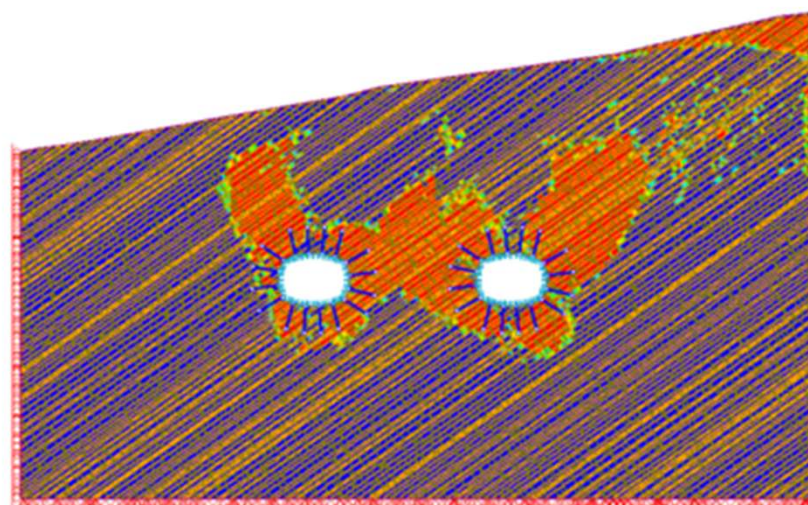


б) Изменение плотности трещин

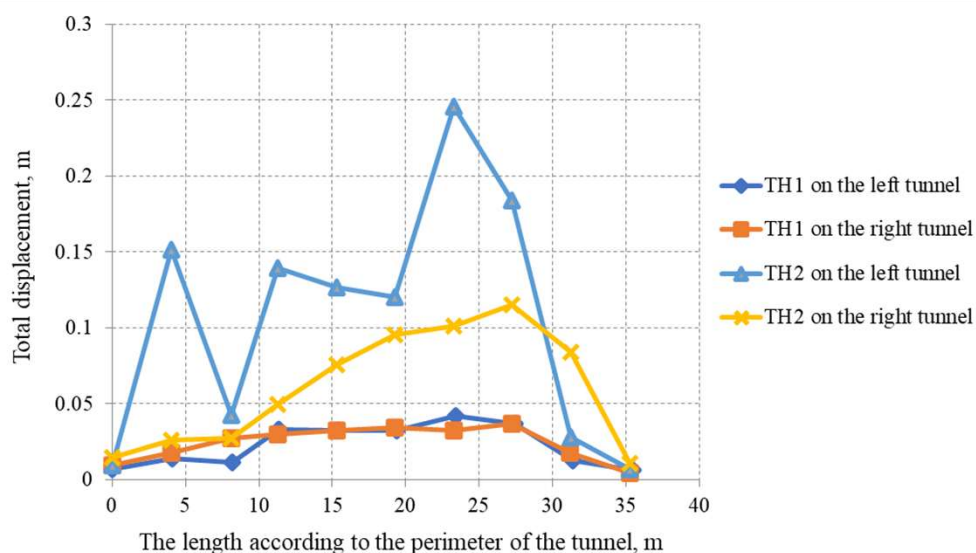
# Распределение зон разрушения (зона не-упругих деформации) горных пород вокруг тоннелей



а) Подковообразные тоннели

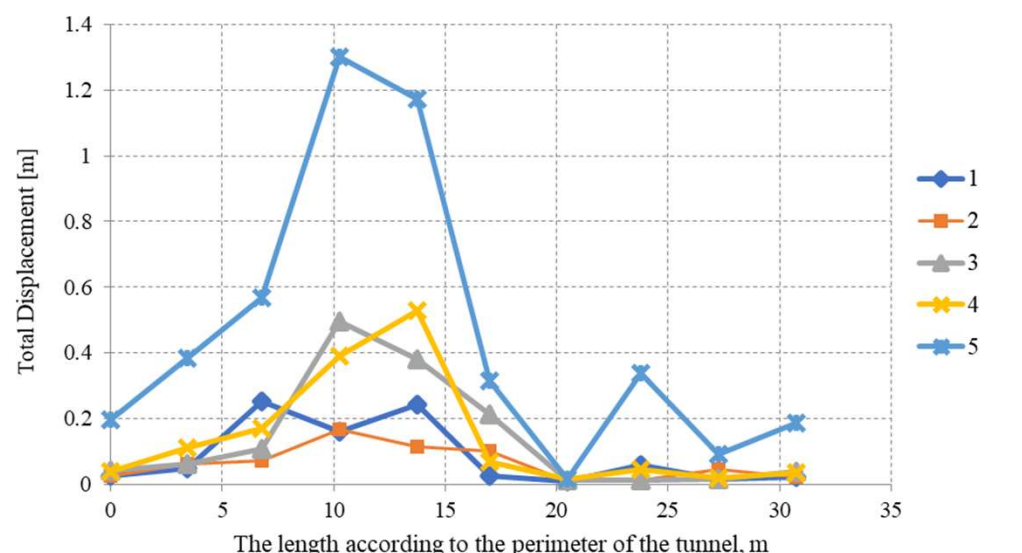


б) Суб-прямоугольные тоннели



Суммарные перемещения на контуре подковообразных тоннелей

При расстоянии между трещинами  $\leq 0,5$  м зона разрушения горной породы вокруг тоннеля будет такой же, как в непрерывной среде (непрерывная модель).



Суммарные перемещения на контуре Суб-прямоугольных тоннелей

# Выводы

➤ На основе анализа теории и результатов численного моделирования установлено, что граничные условия поверхности в модели оказывают существенное влияние на распределение напряжений и перемещений в горном массиве на контуре тоннелей в различных случаях.

➤ В случае ровной поверхности значения напряжений и перемещений симметричны относительно тоннелей. Однако, когда поверхность изменяется, как описано в исследовательской задаче, значения напряжений и перемещений имеют тенденцию смещаться влево из-за уклона поверхности справа налево. В тоннелях с левой стороны наблюдаются более высокие значения напряжений и перемещений. Это явление можно объяснить различиями в топографии; в задаче гомогенизации, по мере того как напряжения и перемещения проникают глубже в гору, их значения увеличиваются.

- В данном исследовании подходящее поперечное сечение для **этих двух тоннелей должны образовывать подковообразную форму**. В этом случае значения напряжений и перемещений в кровле тоннелей будут меньше, чем в других случаях, что указывает на то, что данная форма тоннеля является наиболее стабильной с точки зрения давления, действующего на облицовку тоннеля. Результаты этого исследования также показывают, что **Повышенная плотность системой трещин приводит к большему перемещению горных пород и горного давления массива вокруг тоннелей**. При расстоянии между трещинами  $\leq 0,5$  м зона разрушения горной породы вокруг тоннелей будет такой же, как в непрерывной среде (непрерывная модель).
- Численный анализ и численные методы следует применять в процессе анализа и проектирования для прогнозирования давления в горных породах на ранних стадиях и предварительного выбора начальных креплений тоннелей. Однако крайне важно сохранять гибкость и вносить корректировки по мере изменения геологических условий в каждом участке и в других зонах тоннеля в ходе практического применения.

## **Ограничения исследования в докладе**

- Без учета параметров технологии строительства;
- Не изменения расстояния между двумя тоннелями;
- Рассмотрим только четыре конкретные формы.

## **Дальнейшие исследования в будущем**

- Влияние параметров свойства горных пород;
- Взаимосвязь между двумя тоннелями;
- Влияние методов строительства;
- Порядок прокладки тоннелей (сначала тоннель, затем тоннель, который проходится);
- .....

**БОЛЬШОЕ СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**