

ОТЗЫВ

На автореферат диссертации Шэнь Цяофэн, выполненной на тему: «**Прогноз геомеханических процессов при строительстве односводчатых станций метрополитена по технологии поэтапного раскрытия выработки в малопрочных скальных грунтах**» и представленной к публичной защите на соискание ученой степени канд. техн. наук по специальности 2.1.8 «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей»

Работа соискателя посвящена разработке практических рекомендаций по прогнозированию напряженно-деформированного состояния (НДС) грунтового массива и временной крепи при поэтапном раскрытии опережающими забоями большепролетных выработок в скальных массивах низкой прочности. В своем исследовании Шэнь Цяофэн учитывает влияние на НДС системы «крепь–грунтовой» массив ряда факторов: геометрических характеристик сечения, последовательности разработки и опережение забоев каждой из выработок. Такие практические рекомендации дают возможность выбора наиболее безопасной технологии проходки забоя, а также, при возникновении необходимости в процессе производства работ принимать экстренные меры по обеспечению безопасных напряжений и деформаций в пластических зонах. Таким образом, актуальность работы бесспорна.

Соискателем изучено состояние вопроса путем анализа литературных данных, из которых 83 источника процитировано в рукописи. На основе этого анализа сформулирована цель и задачи работы. При прочтении автореферата сложилось положительное впечатление, позволяющие нам констатировать соответствие заявленных формулировок научной новизны и достоверности своим фактическим результатам, полученным по завершению исследования.

Тем не менее, в автореферате автору не удалось избежать некоторых неточностей, вследствие чего возникают редакционные замечания и вопросы дискуссионного плана:

1. Описывая изученные материалы состояния вопроса автор на стр. 8 пишет: «Иновационная технология сооружения тоннелей...является модификацией метода НАТМ. Публикации на эту тему появились в начале 90-х годов...». По нашему мнению, это неудачная редакция. Инновация – это нововведение (в данном случае в области тоннелестроения), а из текста автореферата следует, что это нововведение состоялось 30 лет тому назад.

2. На стр. 9 автор пишет: «С расчетной точки зрения в настоящее время в практике проектирования подземных сооружений общей тенденцией является верификация не только отдельных ПК (...), но и самого метода МКЭ применительно к различным классам задач подземного строительства». Таким образом, соискатель затрагивает вопрос сходимости приближенного решения по МКЭ к точному решению в точке рассчитываемой среды. Это абсолютно верно и важно для расчета по любому численному методу, в том числе МКЭ. Но далее по тексту автореферата никаких разъяснений о сходимости нет. По нашему мнению, в этом аспекте есть два упущения:

– известно, что при увеличении числа конечных элементов в расчетной модели, а равно уменьшению их размера, сходимость приближенного и точного решения возрастает. Если размер сетки h стремится к нулю, то есть к точке, то результаты вычисления по МКЭ и точному решению совпадают. Далее по тексту соискатель приводит подробные сведения о геометрии сооружения, параметрах прочности грунта (предел прочности на сжатие, сцепление и угол внутреннего трения и другое), но размеры ячеек сетки в моделях МКЭ не обсуждает.

– известно, что по способу вывода основных разрешающих уравнений МКЭ подразделяют на виды, основанные на применении разных методов, каждый из которых содержит ряд своих частных методов. Например, вариационный метод может использовать один из четырёх функционалов (Лагранжа, Кастилиано, Ху-Ващицу,

Хеллингера-Рейсснера). Эти функционалы определяют энергию: потенциальную (по Лагранжу) или дополнительную к ней (по Кастилиано), либо функционал формируют на основе обеих энергий (по Ху-Ващицу или Хеллингеру-Рейсснеру). Аналогичное замечание по МКЭ основанному на методе невязок, что в основе? Метод Галеркина или метод другой? Без этой информации неясно, какой метод механики деформируемого твердого тела лежит в основе применяемого МКЭ, и к какому методу должен сходиться численный расчет.

3. Отметим неудачное графическое представление результатов численного расчета. По этому поводу укажем:

– невозможность определения размеров зон пластических деформаций, показанных на рис. 6. На рис. 4 этот параметр подписан, а на рис. 6 нет. По рис 4 определить размеры зон можно, а по рис. 6 нельзя. Отсюда не ясны количественные преимущества, которые дает применение той или иной технологии.

– на рис. 13 приведены иллюстрации максимальных и минимальных главных напряжений σ_1 и σ_3 . Это полезная информация, но лишь в том случае, если приводятся пояснения по критерию прочности или условию пластичности, положенному в основу расчета. Если критерий прочности или пластичности записать в главных осях, то по величине главных напряжений можно рассчитать эквивалентное напряжение. Для этого нужно знать какой критерий в основе расчета, а этой информации мы не увидели. Так же нет пояснения почему на рис. 13 нет иллюстрации промежуточного главного напряжения σ_2 . Это может быть обусловлено, как применяемым критерием прочности, так и типом решаемой задачи. То есть, почему нет σ_2 ?

4. Судя по отсутствию на рис. 13 иллюстрации промежуточного главного напряжения σ_2 , а так же параметрам прочности, указанными автором на стр. 13, в виде предела прочности на сжатие $R_c=15$ МПа, сцепления $c=0,2$ МПа и угла внутреннего трения $\varphi=27^\circ$ можно догадаться, что в качестве критерия прочности и условия пластичности приняты гипотезы Мора (параметры пределы прочности на сжатие и растяжение) и Мора–Кулона (параметры сцепление и угол внутреннего трения). Тогда между этими параметрами должна существовать однозначная связь, определяемая классическими тождествами:

$$R_c = \frac{2 \cdot c \cdot \cos \varphi}{1 - \sin \varphi} = 2 \cdot c \cdot \sqrt{\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}} = 2 \cdot c \cdot \operatorname{tg} \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

Выполнив подстановку в эти тождества сцепления и угла внутреннего трения, получим:

$$R_c = \frac{2 \cdot 0,2 \cdot \cos 27}{1 - \sin 27} \approx 0,65 \text{ МПа}$$

$$R_c = 2 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{\frac{1 + \sin 27}{1 - \sin 27}} = 0,65 \text{ МПа}$$

$$R_c = 2 \cdot 0,2 \cdot \operatorname{tg} \left(45 + \frac{27}{2} \right) \approx 0,65 \text{ МПа}$$

Таким образом, мы получили, что принятая автором прочность на сжатие $R_c=15$ МПа много больше, полученной нами по классическим формулам 0,65 МПа. Это значит, что критерии Мора и Мора–Кулона не применимы. Тогда вопрос, а какой другой критерий, не содержащий промежуточное главное напряжение, положен в основу расчета? Информация по этому поводу в автореферате отсутствует.

Указанные замечания являются следствием редакционной недоработки, они не влияют на наше положительное впечатление, сложившееся при прочтении автореферата, и не уменьшают заслуг соискателя. Материалы диссертации соответствуют паспорту


специальности, они обладают научной новизной и достоверностью, в требуемом объеме опубликованы и апробированы докладами на конференциях.

Таким образом, диссертация Шэнь Цяофэн является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена важная задача, имеющая значение для развития знаний в области тоннелестроения и имеющая существенное значение для развития страны, что соответствует требованиям п. 9 (Положения о порядке присуждения ученых степеней), утвержденного постановлением правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени канд. наук, а ее автор Шэнь Цяофэн заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.8 – Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей.

Долгих Геннадий Владимирович

канд. техн. наук, доцент,


заведующий кафедрой «СЭД» ФГБОУ ВО СибАДИ _____

 16.10.2021

Александров Анатолий Сергеевич,

канд. техн. наук,

доцент кафедры «СЭД» ФГБОУ ВО СибАДИ _____

 16.10.2021

Справочная информация:

Долгих Геннадий Владимирович и Александров Анатолий Сергеевич кандидаты технических наук по специальности 05.23.11, доценты, место работы ФГБОУ ВО «СибАДИ», кафедра Строительство и эксплуатация дорог. Адрес: Россия, Омск, 644080, пр. Мира, 5, корпус 3, ауд. 3.133. E-mail: kaf_sed@sibadi.org. Телефон (факс) 8 (3812) 65-15-63

