© С.В. Мазеин, А.М. Павленко, 2007

УДК 622.272

С.В. Мазеин, А.М. Павленко

ВЛИЯНИЕ ТЕКУЩИХ ПАРАМЕТРОВ ЩИТОВОЙ ПРОХОДКИ НА ОСАДКУ ПОВЕРХНОСТИ

Семинар № 15

Напряженное состояние горных пород и грунтов на участке проходки тоннеля до выемки отличается по своим характеристикам в период выемки их. Деформируемость массива в процессе проходки тоннеля характеризуется изменением механического состояния и прочностью.

На эти параметры влияют определенным образом показатели щитовой проходки. При проходке тоннеля, величина осадки грунтов зависит от уклона щита, что определяется давлением проходческих домкратов.

Уклон щита при проходке тоннеля важно регулировать, т.к. это влияет на величину зазора между рубашкой и поверхностью обнажения грунта при проходке, что влияет на параметры осадки отдельных участков поверхности.

Работающий под бентонитовым пригрузом забоя, тоннелепроходческий механизированный комплекс (ТПМК) обладает следующими техническими характеристиками, указанными в табл. 1. Текущие параметры работы щита отображаются в режиме реального времени, усредняются за каждый цикл проходки и сохраняются программным логическим контроллером (PLC) ТПМК.

Замечено, что щит почти всегда работает под отрицательным уклоном к оси тоннеля из-за того, что центр тяжести машины располагается в ее передней части. Уклон периодически изменяется перераспределением давления проходческих домкратов лишь при коррекции курса на трассе. Полученная с большой величиной достоверности и аппроксимации зависимость осадки от уклона щита к оси тоннеля (рис. 1) показывает минимальные осадки при отрицательных уклонах и максимальные – при совпадении осей щита и тоннеля. Это объясняется при отрицательных уклонах приближением верхних нагнетательных каналов раствора в хвостовике к верхнему обнажению грунта за щитом, что приводит к более высокой степени заполнения пространства за обделкой и компенсации деформаций. К тому же при конструктивно заложенной конусности внешней рубашки щита его отрицательный уклон способствует минимальности и равномерности верхнего зазора над рубашкой и под грунтовым обнажением, при смыкании которого вызываются дополнительные деформации поверхности над тоннелем (максимальный зазор впереди и сзади щита 60 мм).

Так к основным особенностям современного механизированного способа проходки с применением щитов следует отнести: практически полную механизацию всего цикла работ по проходке, существенно (до 350-500 м/мес) повышающую скорости проходки, что способствует сдвижению массива. Для проходки тоннеля в таких условиях характерны большие переборы породы за проектный контур выработки (~250 мм).

Таблица 1

Данные конструкции и технологии основного ТПМК Ø14,2м

Размеры	Данные
Внутренний диаметр тоннеля	12.350 мм
Внешний диаметр тоннеля	13.750 мм
Ширина кольца обделки тоннеля	2.000 мм
Диаметр ротора с ободом	14.220 мм
Внешний диаметр щита спереди	14.160 мм
Внешний диаметр хвоста щита	14.100 мм
Общая длина щита без ротора	11.900 мм
Вес	
Общий вес щита	2000 т
Показатели	
Максимальная достигнутая скорость проходки	16 м/сутки
Максимальное рабочее давление бентонита	5,5 бар
Максимальный уклон тоннеля	+/- 5%
Средние допустимые осадки над тоннелем	10 мм

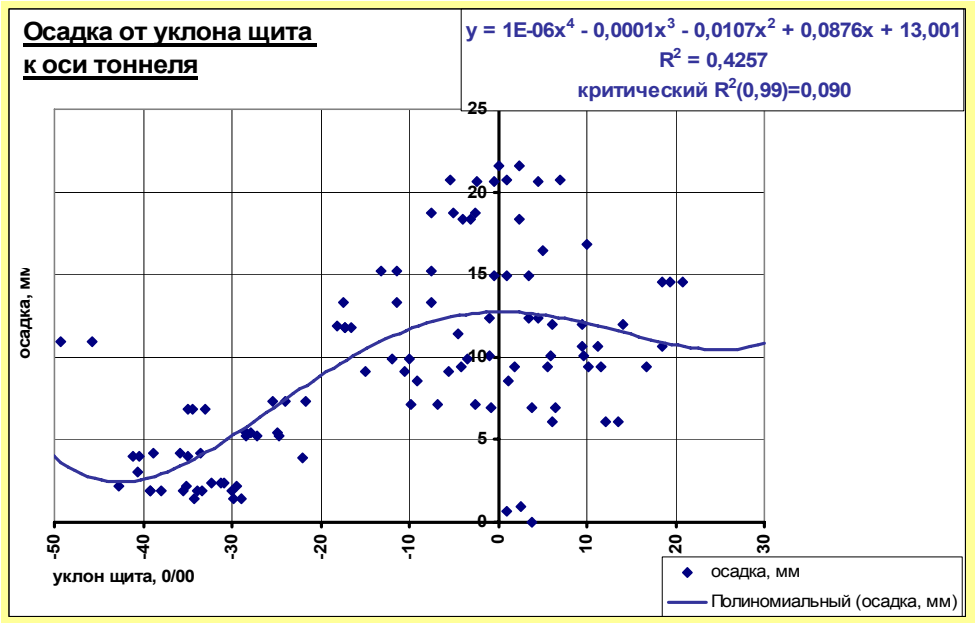

Рис. 1. Зависимость осадки поверхности от уклона щита

Рекомендуемый уклон щита к оси трассы тоннеля имеет значения от -3 до -5 % , что по ряду наблюдениям обеспечивает минимизации осадок поверхности.

Так процесс сдвижения может в силу особенностей грунтов на участке разработки начинается впереди движущегося забоя на расстоянии 15-20 м, таким образом. Оседание земной поверхностью над плоскостью забоя уже может дости-

гать 3-5 мм. После прохождения забоем точки наблюдения, земная поверхность претерпевает дальнейшее оседание, при этом активный период длится около 10 дней, а максимальное оседание достигает величины 15-20 мм.

Процесс сдвижения земной поверхности на этом этапе связан с деформацией постоянной крепи выработки и уменьшением строительного зазора между обделкой и массивом до производства тампонажных работ. Затем наступает период затухания развития дальнейших деформаций и над тоннелями, закрепленными обделкой, обжатой на породу, прирост максимального оседания снижается, не превышая величины 5 мм.

Давление пригруза в своде забоя влияет на величину зазора до обнаженной поверхностью.

Поскольку давление пригруза бентонитовой суспензии в своде впрямую рассчитывается через вес столба налегающих пород, то экспоненциальная зависимость осадки от этого давления (рис. 2) аналогична зависимости от расстояния до свода тоннеля. Критическая осадка при отсутствии давления пригруза при экстраполяции кривой будет 50,3 мм.

Величина среза наклона ротора существенно влияет на просадку поверхности и это требует постоянной корректировки курса движения щита.

На больших щитовых комплексах предусмотрено разное выдвижение домкратов ротора, чтобы придать ему наклон относительно оси щита для регулируемого перебора сечения в любой части периметра забоя (среза). Это делается для облегчения корректирования курса щита при встрече с разнородными слоями массива в основном вверху (+) или внизу (-) сечения забоя. Верхний срез неблагоприятен для безосадочной технологии, поскольку создает дополнительную ширину зазора над щитом. Полученная с достоверностью 0,99 и большим коэффициентом детерминации 41,4 % экспоненциальная зависимость осадки от среза (рис. 3) хорошо это иллюстрирует тем, что при нижнем срезе можно добиться снижение осадки в 2 раза, а при верхнем можно получить ее увеличение в 2 раза (в пределах рабочего диапазона регулирования среза).

Таким образом, в группе показателей щитовой проходки имеется с достоверностью 0,99 три основных, приблизительно равнозначных фактора влияния на осадку, только частично опосредованных друг через друга (сумма процентов связи немногим более 100 %). Причем зависимостями осадки от этих факторов можно пользоваться в режиме реального времени, ясно представляя их влияние на деформации поверхности в процессе проходки.

Многолетняя практика строительства тоннелей под густо застроенными территориями показала, что проектирование подземного объекта обязательно должно включать в себя оценку вредного влияния проходки тоннелей большого диаметра на земную поверхность, основанную на расчете ожидаемых сдвижений и деформаций. Учитывая разнообразие геологических условий, способов проходки и эксплуатации тоннелей до сих пор не созданы универсальные методы расчета, пригодных для оценки процессов сдвижений. Большинство существующих к настоящему времени методик расчета оперируют понятием однородной среды, в которой проходится выработка круглого сечения, причем параметры мульды сдвижения на земной поверхности могут определяются характером деформаций контура тоннеля. .

Значимость влияния факторов на осадку поверхности на участке проход-

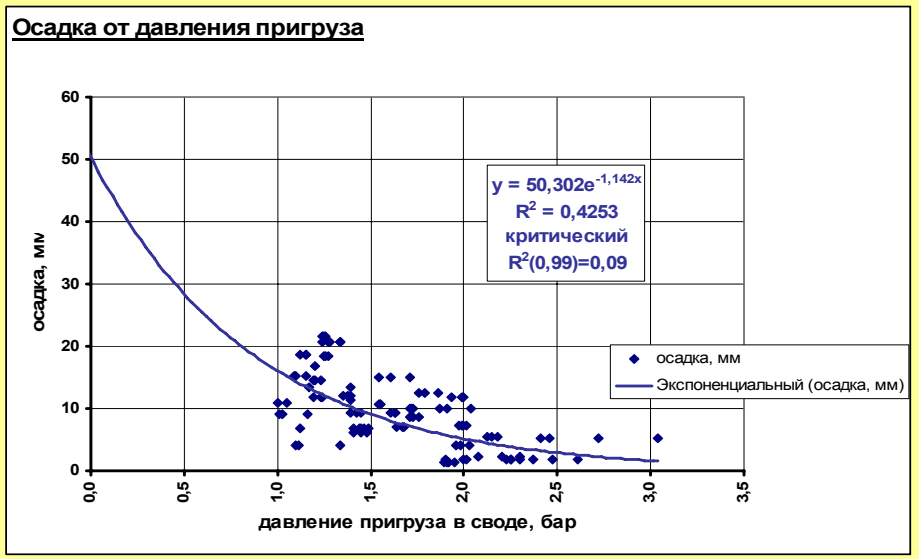

Рис. 2. Зависимость осадки поверхности от давления пригруза в своде забоя

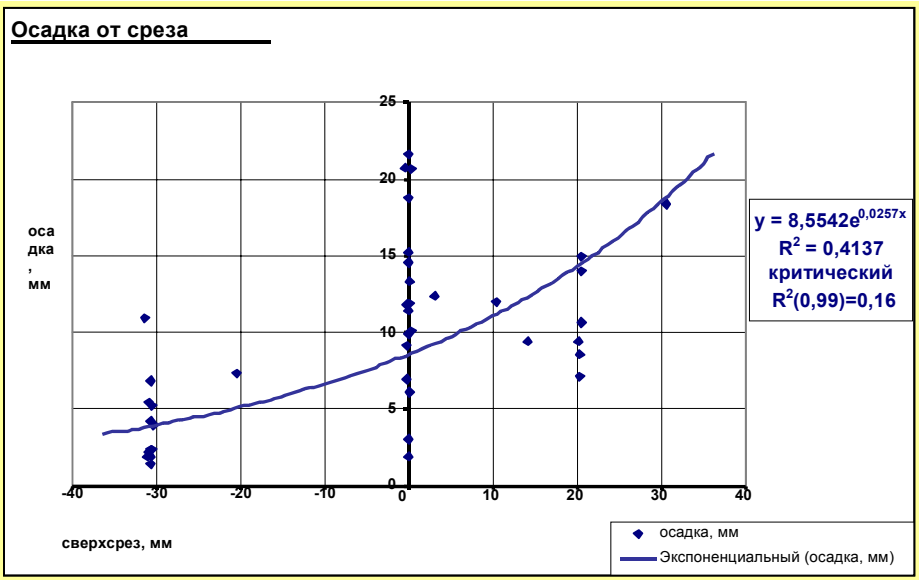

Рис. 3. Зависимость осадки поверхности от среза наклона ротора

ки тоннеля учитывается с учетом их ранжирования.

Итог анализа основных факторов после их ранжирования по значимости влияния на осадку поверхности приведен в табл. 2, в которой указаны группы, наименование факторов, объем выборки N корреляционного анализа, источник контроля значений фактора, вероятность и детерминация связи. Для сравнения приведе-

ны также полученные данные по менее значимым факторам.

Существующие методы прогнозного расчета сдвижений и деформаций земной поверхности возникающих при ведения работ для условий глубокого заложения тоннелей большого диаметра не учитывают многих горно-геологических факторов, влияющих на уровень деформационных параметров, а их результаты подчас плохо согласуются с натурными данными.

Поэтому необходимо имея результаты практических наблюдений на участке проходке тоннеля применять их в прогнозной методике, базирующийся на теоретических решениях механики сплошной среды, призванная дать оценку основным горно-геологическим факторам влияющим на деформационные процессы в массиве горных пород при проходке в нем тоннелей. Такой подход позволяет качественно и количественно оценить влияние сложных свойств горных пород и неоднородности массива, а также учет нагрузок земной поверхности на величину сдвижений массива и поверхности при проходке тоннелей глубокого заложения в условиях плотной городской застройки.

Выводы

1. Существует 4 группы факторов влияния на осадку дневной поверхности над тоннелями, строящимися щитовыми ТПМК: I) параметры массива, II) показатели щитовой проходки, III) параметры конструкции щита, IV) геометрия сечения выработки.

2. Основными для последующего анализа и прогноза параметрами массива, приблизительно равнозначно влияющими на осадку, являются: глубина заложения свода тоннеля, уклон тоннеля, разрыхление породного массива. Последним параметром рекомендуется пользоваться для текущего прогноза осадок при оперативном отслеживании параметра системой сбора данных ТПМК.

3. В группе показателей щитовой проходки, отслеживающихся системой сбора данных ТПМК, имеется три основных, приблизительно равнозначных фактора влияния на осадку: давление пригруза, уклон щита, срез при наклоне ротора. Зависимостями осадки от этих факторов рекомендуется пользоваться для ее прогноза в режиме реального времени, ясно представляя влияние данных показателей процесса проходки на деформации поверхности.

4. Зависимости осадки от других факторов (скорость проходки, давление и объем тампонажа, диаметр ротора) были получены с меньшей вероятностью и детерминацией, поэтому в число основных показателей не включаются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баклашов И.В.* Деформирование и разрушение породных массивов. - М.: Недра, 1988.
2. *Баклашов И.В., Картозия Б.А.* Механика горных пород. - М.: Недра,1975.
3. *Батугин С.А.* Анизотропия массива горных пород. – Новосибирск. Наука, 1988.
4. *Булычёв КС.* Механика подземных сооружений. – М.: Недра, 1982.
5. *Иофис М.А., Шмелев А.И.* Инженерная геомеханика при подземных разработках. – М.: Недра, 1985. ГИАБ

Коротко об авторах

Мазеин С.В. – кандидат технических наук, сервис-инженер, ЗАО «Херренкнехт тоннельсервис»,

Павленко А.М. – аспирант кафедры «Физика горных пород и процессов», Московский государственный горный университет.