

УДК 624.1

Саммаль А.С., д.т.н., проф., Левицева О.М., асп., каф. ММ, ТулГУ, г. Тула, Россия

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОБДЕЛОК КОЛЛЕКТОРНЫХ ТОННЕЛЕЙ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ БЕСТРАНШЕЙНЫМ СПОСОБОМ

В настоящее время значительная часть канализационных коллекторов, эксплуатируемых на территории Российской Федерации, нуждается в капитальном ремонте по причине разрушения бетона обделок вследствие газовой коррозии [1]. В случае, когда коллектор находится в черте города, наиболее приемлемым вариантом восстановления несущей способности бетонной обделки является бестраншейный способ, не требующий прекращения движения транспорта и сноса сооружений на поверхности. Основная идея реконструкции обделок коллекторных тоннелей бестраншейным способом состоит в создании внутри старого тоннеля внутренней оболочки из монолитного бетона, железобетона или синтетических материалов. После проведения ремонтно-восстановительных работ обделка тоннеля представляет собой двух или трехслойную конструкцию, слои которой в силу особенностей применяемой технологии, как правило, имеют переменную толщину. В настоящее время не существует метода определения несущей способности обделок тоннелей после реконструкции, и, следовательно, не разработаны критерии оценки эффективности ремонтно-восстановительных работ и определения сроков безаварийной службы отремонтированных коллекторных тоннелей. В связи с этим разработка аналитического метода расчета реконструированных коллекторных тоннелей является актуальной задачей, имеющей важное значение для подземного строительства. Ее решение обеспечит возможность выбора технологических решений восстановления коллекторов и определения рациональных параметров сооружаемого внутреннего слоя обделки.

В основу разработанного метода положены аналитические решения ряда плоских задач теории упругости для трехслойного кольца со слоями переменной толщины, моделирующими обделку тоннеля, подкрепляющего отверстие в линейно-деформируемой бесконечной или полубесконечной среде, моделирующей массив грунта (пород).

Общая расчетная схема приведена на рис. 1.

Здесь среда S_0 , деформационные свойства которой характеризуются модулем деформации E_0 и коэффициентом Пуассона ν_0 , моделирует массив пород. Кольца переменной толщины S_1 и S_2 , материалы которых имеют деформационные характеристики E_j , ν_j ($j=1, 2$), моделирующие старую обделку тоннеля, подвергшуюся коррозии, и заполняющий слой бетона соответственно. Внутренний слой S_3 с деформационными характеристиками E_3 , ν_3 моделирует трубу ПВХ. Слои кольца S_j ($j=1, 2, 3$) и среда деформируются совместно, т.е. на линиях контакта L_j ($j=0, 1, 2$) выполняются условия непрерывности векторов смещения и полных напряжений.

Внутренний контур L_3 свободен от внешних сил, либо нагружен нормальным давлением, моделирующим действие заполняющей с напором тоннель жидкости (в период водосброса).

Действие собственного веса пород моделируется наличием в области S_0 начальных напряжений, определяемых формулами:

$$\sigma_x^{(0)(0)} = -\lambda\gamma H\alpha^*, \quad \sigma_y^{(0)(0)} = -\gamma H\alpha^*, \quad \tau_{xy}^{(0)(0)} = 0, \quad (1)$$

где γ – удельный вес пород, H – глубина заложения выработки, λ – коэффициент бокового давления пород в ненарушенном массиве, α^* – корректирующий множитель,

введенный для учета технологических особенностей сооружения обделки [2].

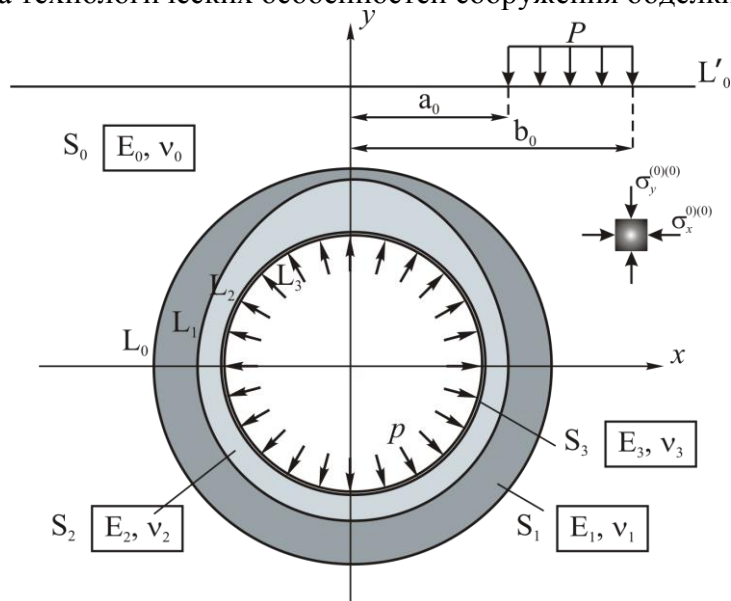


Рис.1. Расчетная схема обделки восстановленного тоннеля

Действие давления жидкости, заполняющей тоннель (рассматривается наиболее опасный напорный режим работы тоннеля в период водосброса), моделируется наличием на внутреннем контуре нормальной нагрузки $-p$, распределенной по закону

$$p = p_0 + \gamma'_w (R_0 - \Delta - y), \quad (2)$$

здесь p_0 – величина внутреннего напора, второе слагаемое отражает вес жидкости, заполняющей тоннель без напора (γ'_w – удельный вес жидкости). Действие веса зданий и сооружений на поверхности моделируется наличием на участке $a_0 \leq x \leq b_0$ прямолинейной границы L'_0 равномерно распределенной нагрузки интенсивностью $-P$. При этом рассматриваются два случая, когда здание возводится вблизи существующего тоннеля и когда тоннель проводится под имеющимся на поверхности зданием. В последнем случае смещения, вызываемые нагрузкой до образования отверстия, исключаются из граничного условия, отражающего непрерывность векторов смещений на контуре L_0 .

Решение поставленной задачи будет осуществляться с использованием теории аналитических функций комплексного переменного, аппарата конформных отображений аналитического продолжения функций, свойств рядов с комплексными коэффициентами и интеграла типа Коши.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Булычев Н.С., Фотиева Н.Н., Бессолов П.П. [и др.]. Расчет и диагностика обделок канализационных тоннелей и трубопроводов // Механика грунтов и фундаментостроение. Тр. Российской конф. по механике грунтов и фундаментостроению. Санкт-Петербург, 13-15 сентября 1995. – Ч.1. – С. 179–185.
2. Булычев Н.С. О расчете обделок тоннелей в очень слабых грунтах// Проблемы подземного строительства в XXI веке. Труды международной конференции. Тула, Россия 25 – 26 апреля 2002 г. – Тула: Изд. ТулГУ, 2002. – С. 35 – 37.
3. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений: учебник для вузов. – М.: Недра. – 1994.