**Оценка характеристик экстремальных ситуаций при освоении подземного пространства**

В условиях недостатка территориальных резервов для создания и развития благоприятной среды жизнедеятельности в крупных городах стало необходимым освоение подземного пространства города.

Наиболее вероятные опасные ситуации в тоннелях и других подземных сооружениях возникают при потере несущей способности (прочности, устойчивости) или чрезмерных деформациях крепи и окружающего грунтового массива, внезапном прорыве водогрунтовых масс, появлении в воздухе рабочей зоны опасных концентраций пылегазовых смесей, оказывающих отравляющее действие или провоцирующих возгорания, пожары, взрывы. Опыт подземного строительства в нашей стране и за рубежом свидетельствует, что свыше 40% случаев аварий составляют пожары, около 30% – прорывы водогрунтовых масс, 17% – обрушения грунта, около 12% являются следствием загазованности выработок. Возможные проявления развития аварий в подземных выработках показаны в табл. 1.

Любые аварии приводят к увеличению сроков строительства, необходимости ремонта или реконструкции сооружения, что требует дополнительных затрат.

Обрушение грунта и крепи в тоннельных выработках и подземных сооружениях (далее – обрушения выработок) являются основной формой проявления давления грунтов, присущего горно-складчатым зонам, и могут проявляться в форме пучения (выдавливания), вывалов и обширных обрушений. Особой формой мгновенных обрушений являются выбросы грунта.

Пучение проявляется в глинистых грунтах на небольшой глубине от поверхности (в пределах 100 м), на большей глубине (до 400 м) – в более прочных аргиллитах, алевролитах и песчаниках. В этом случае пучение носит характер локального разрушения грунта и может приводить к деформации, иногда – к разрушению крепи.

Вывалы из свода и стен выработок резко замедляют темп проходки, часто приводят к травматизму. Вывалы могут проявиться при производстве взрывов как мгновенно, так и спустя какое-то время (иногда измеряемые месяцами) – в зависимости от вида и трещиноватости грунтов, мощности взрыва и др.

Прорывы воды при строительстве тоннелей, иногда с песком, обломочным материалом либо плывунов (далее – прорывы водогрунтовых масс) вызывают подтопление или затопление выработки, образование участков заиливания, выход из строя оборудования, травмы и гибель людей. При этом изменяется режим движения подземных вод, что может привести к обрушению грунта; вместе с водой в выработку могут проникать вредные отравляющие, пожароопасные и взрывоопасные газы.

Ситуации прорыва водогрунтовых масс можно иллюстрировать обобщенными характеристиками, приведенными в табл. 2

Пожары в тоннелях характеризуются быстрым нарастанием параметров (среднеобъемной температуры до 1 500°С и теплового потока до 300 кВт/м2), высокой задымленностью, образованием токсических, горючих газов и паров взрывоопасной концентрации и могут принимать длительный характер (до нескольких суток). В результате сгорания кислорода в зоне пожара приток свежего воздуха вызывает опасность взрыва природных и техногенных газов.

В связи с трудностью проникновения к очагу и подачи достаточного количества огнетушащих веществ в условиях высокой температуры и давления, ограничения обзора и видимости в замкнутом пространстве, резкого снижения огнестойкости строительных конструкций пожары в тоннелях относят к наиболее опасным происшествиям. Почти каждый случай пожара приводит к отравлению выделяющимися ядовитыми газами и гибели людей, повреждению и разрушению обделки и временной крепи, к поломке оборудования.

Конструкции подземных сооружений подвергаются более длительному воздействию высоких температур, чем конструкции наземных сооружений. Их повреждения, особенно в случае обрушения, приводят к значительному материальному ущербу, вызывают особые сложности и удлиняют срок восстановления сооружения. В свою очередь разрушение крепи может вызвать обрушение грунта и прорыв в тоннель подземных вод. Это определяет повышенные требования к огнестойкости строительных конструкций тоннелей.

Проникновение вредных газов в тоннель может вызвать отравление людей, ухудшение видимости, химическое разложение материалов конструкций и оборудования. Повышение концентрации углекислого газа в тоннельной атмосфере опасно, так как он вытесняет кислород и делает состав воздуха непригодным для дыхания. Аварийные ситуации могут вызвать также газы, выделяемые двигателями внутреннего сгорания транспортных средств.

Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» работы в подземных условиях отнесены к промышленно опасным производствам (независимо от наличия на объекте опасных веществ и материалов). В соответствии с требованиями норм при строительстве подземных сооружений в сложных инженерногеологических условиях с применением специальных методов работ в составе ТЭО (проекта) должен быть разработан раздел «Промышленная безопасность»; при применении традиционных технологий допускается рассмотрение требований промышленной безопасности в разделе ПОС.

В составе раздела «Промышленная безопасность» отражают факторы, которые могут привести к осложнениям и авариям, решения по обеспечению безопасности людей и окружающей среды. При этом требуется: дать оценку инженерно-геологических условиям с указанием возможных геологических аномалий и мер по безаварийному ведению работ; установить соответствие границ ведения работ утвержденному проекту горного отвода; привести перечень опасных производственных объектов, расположенных вблизи объекта (предприятия, использующие опасные вещества, железнодорожные пути с перевозкой опасных грузов, бензозаправочные станции, склады огнеопасных, взрывчатых и отравляющих веществ и т. п.), оценить степень их влияния на строительный процесс и разработать меры по предупреждению возможных аварий; привести перечень сооружений и коммуникаций в зоне возможных деформаций земной поверхности и грунтового массива, технические решения по предупреждению их деформаций; оценить степень воздействия технологических процессов и проявлений при этом шума, вибрации, выбросов вредных веществ, изменений уровня грунтовых вод, влияния на экологию; привести решения по снижению этих воздействий до безопасного уровня; выполнить расчеты временной крепи обделок на прочность и устойчивость; оценить оборудование и технические устройства на соответствие требованиям норм безопасности. Рекомендуется отразить основные меры безопасности при возникновении возможных нештатных и аварийных ситуаций; меры пожарной безопасности в процессе производства строительно-монтажных работ, меры по предупреждению электротравматизма; технические решения по бесперебойному обеспечению электроэнергией, сжатым воздухом, связью на участках, где перерыв подачи может привести к аварийной ситуации; разработать схемы и режимы проветривания выработок; оценить возможные ситуации с внезапным выбросом газа и грунтов, горными ударами, вывалами, прорывами водогрунтовых масс и определить меры борьбы с подобными проявлениями; предусмотреть резервирование водоотливных средств, достаточную емкость зумпфов; оценить эффективность методов измерений деформаций зданий и сооружений в зоне влияния горнопроходческих работ.