

## **ОСОБЕННОСТИ ОБРУШЕНИЯ КРОВЛИ В ОЧИСТНОМ ЗАБОЕ ПРИ НАДРАБОТКЕ РАНЕЕ ОТРАБОТАННОГО ПЛАСТА**

Вперше виконано моделювання динаміки обвалення покрівлі позаду очисного вибою, що рухається над раніш виробленим простором. Встановлено, що крок обвалення вимушено змінюється при переході проєкцій границь виробленого простору на суміжних вугільних шарах.

### **ROOF CAVING IN A LONGWALL FACE DUE TO OVERMINING A GOB AT A CONTIGUOUS SEAM**

Simulation of roof caving dynamic has been accomplished due to advancing of a longwall face over a gob at a contiguous coal seam. It was discovered that spatial interval of the caving has been forced to change when the face moves over projection of the gob boundaries.

На современном этапе развитие горных работ на многих угольных шахтах Украины достигло таких масштабов, что предприятия вынуждены вести одновременную отработку нескольких сближенных шахтопластов. В таких условиях неизбежна надработка или подработка лавами горных работ по смежным пластам. Как следствие, отмечается увеличение негативных проявлений горного давления и повышение опасности подземных работ в местах взаимовлияния горных работ. Ситуация надработки выработанных пространств и целиков нижележащего пласта встречается при восходящем порядке отработки сближенных пластов. С такой горнотехнической ситуацией сталкиваются многие шахты, разрабатывающие свиту сближенных угольных пластов. При подвигании очистного забоя происходит периодическое зависание и обрушение слоев кровли, а также изменение динамического опорного давления. Этот процесс усложняется переменным полем напряжений, возникающим из-за наложения проєкций выработанных пространств на смежных и обрабатываемом пласте.

Таким образом, наложение стационарного поля напряжений и динамического обуславливает исключительно сложную картину перераспределения горного давления в окрестности очистного забоя, надрабатывающего выработанные пространства, образованные ранее на нижележащих пластах. Надо полагать, что такая ситуация с напряженным состоянием приведет к изменению параметров обрушения кровли в действующем очистном забое.

Анализ априорной информации по проблемам отработки сближенных пластов показал, что, в основном, работы посвящены изучению влияния опорного давления движущейся лавы на устойчивость надрабатываемых или подрабатываемых подземных сооружений (магистральных выработок, камер и т.п.) [1, 2]. То есть, основное внимание уделялось не причине, а последствию над- и подработки. При этом исследование влияния надработки ранее выработанных пространств на периодическое проявления горного давления в окрестности самой движущейся лавы не проводилось. В связи с этим, автор полагает, что изучение такого порядка развития очистных работ представляет большую практическую ценность, так как данная ситуация все чаще встречается на практике и сопряжена с проблемами управления кровли в лавах. Для этой цели было принято

решение использовать компьютерное моделирование, поскольку постановка натурального эксперимента с производством шахтных инструментальных наблюдений является весьма трудоемким и дорогостоящим методом исследований.

Автором разработана компьютерная геомеханическая модель, позволяющая производить расчет обрушений кровли и перераспределения опорного давления по мере подвигания очистного забоя. Подробно описание модели приведено в [3]. Сущность ее работы основана на вычислении эквивалентных напряжений в кровле очистного забоя и сравнении их с допустимыми нагрузками. При нарушении условия равновесия имитируется обрушение кровли путем уменьшения мощности зависших (не обрушенных) слоев с одновременным увеличением жесткости выработанного пространства, что отражает эффект самоподбуртовки обрушенных пород. В результате наложения указанных процессов возникает обратная связь, выражающаяся в характере автоколебаний процесса обрушения кровли. При определенных условиях наблюдается ярко выраженная периодика обрушений кровли, хотя периодический характер обрушений часто сглаживается и меняется на более сложный процесс сдвижений, сочетающий обрушение и плавное опускание. Данная модель представляет значительные возможности для моделирования динамики обрушения кровли при сложной конфигурации выработанных пространств.

Моделирование производилось для следующих условий. Мощность междупластья принята равной 50 м, длина лавы 200 м, скорость ее подвигания 160 м/мес., вынимаемая мощность пласта 1,5 м, глубина разработки 600 м. Вмещающие породы средней прочности и склонности к обрушаемости. Особенность указанной планировки очистных работ состоит в том, что прочность надрабатываемых пород несколько уменьшена из-за дополнительного разрушения ранее подработанной толщи.

В настоящем исследовании была поставлена задача изучить характер обрушений кровли и особенности динамики перераспределения опорного давления для двух вариантов развития очистных работ. А именно, при осуществлении фронтальной надработки одиночного выработанного пространства и сплошного выработанного пространства. Выбор указанных планировочных решений обоснован их наибольшей типичностью в практике отработки свиты сближенных пологих угольных пластов.

Рассмотрим результаты моделирования фронтальной надработки одиночного выработанного пространства.

Схема надработки приведена на рис. 1. В процессе моделирования для последующего анализа выводились следующие величины: высота обрушения пород кровли или мощность не обрушенной ее части и перераспределение динамического опорного давления впереди движущейся лавы. Для лучшей наглядности, на распределении высот обрушения отдельно выделяли участок лавы без ее концевых частей. Это позволяет увидеть картину обрушения в целом по лаве и без учета зависаний в ее краевых частях.

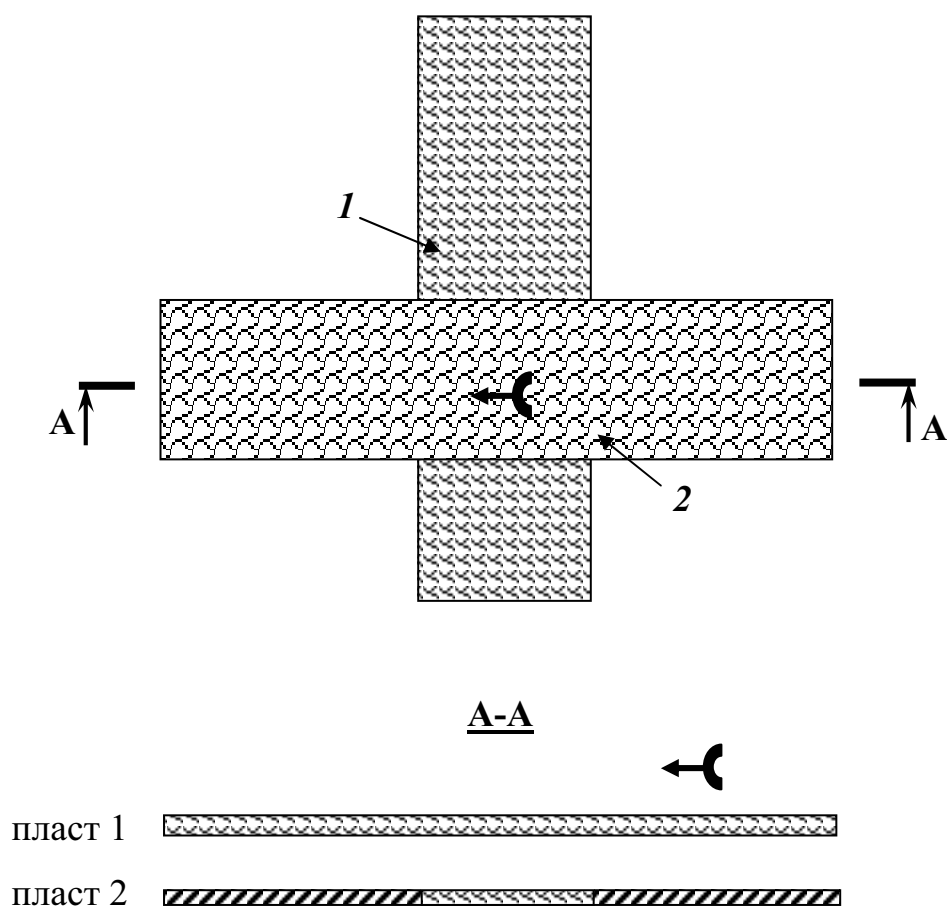


Рис. 1 – Расчетная схема варианта фронтальной надработки одиночного выработанного пространства

Анализ показал, что в ходе надработки конкурируют два геомеханических процесса: один задает шаг обрушения кровли относительно положения разрезной печи лавы, а второй создает условия для обрушения при переходе над краевыми частями выработанного пространства. На рис. 2 видно, что второй процесс преобладает, поскольку при подходе надрабатывающей лавы к проекции левой границы выработанного пространства наметившееся зависание кровли подавляется и происходит ее обрушение. Уже ярко выраженное обрушение повторяется при выходе надрабатывающей лавы из зоны влияния выработанного пространства. Для наглядности зона обрушений показана как полностью, так и в срединной части лавы, где ее краевые части отброшены на 25 м, чтобы открыть картину распределения обрушений.

Концентрация напряжений в динамической зоне опорного давления существенно отличается при входе в проекцию выработанного пространства ( $1,83$  от геостатического уровня напряжений  $\gamma H$ ) и при выходе из нее ( $1,31\gamma H$ ) (рис. 3). Это закономерно, поскольку при подходе лавы к границе проекции выработанного пространства формируется целик, оконтуренный с двух сторон, а при выходе – горное давление концентрируется открытой краевой частью выработанного пространства. Отметим, что эти закономерности установлены впервые для случая, когда очистной забой движется и происходит реальное периодическое

зависание и обрушение кровли.

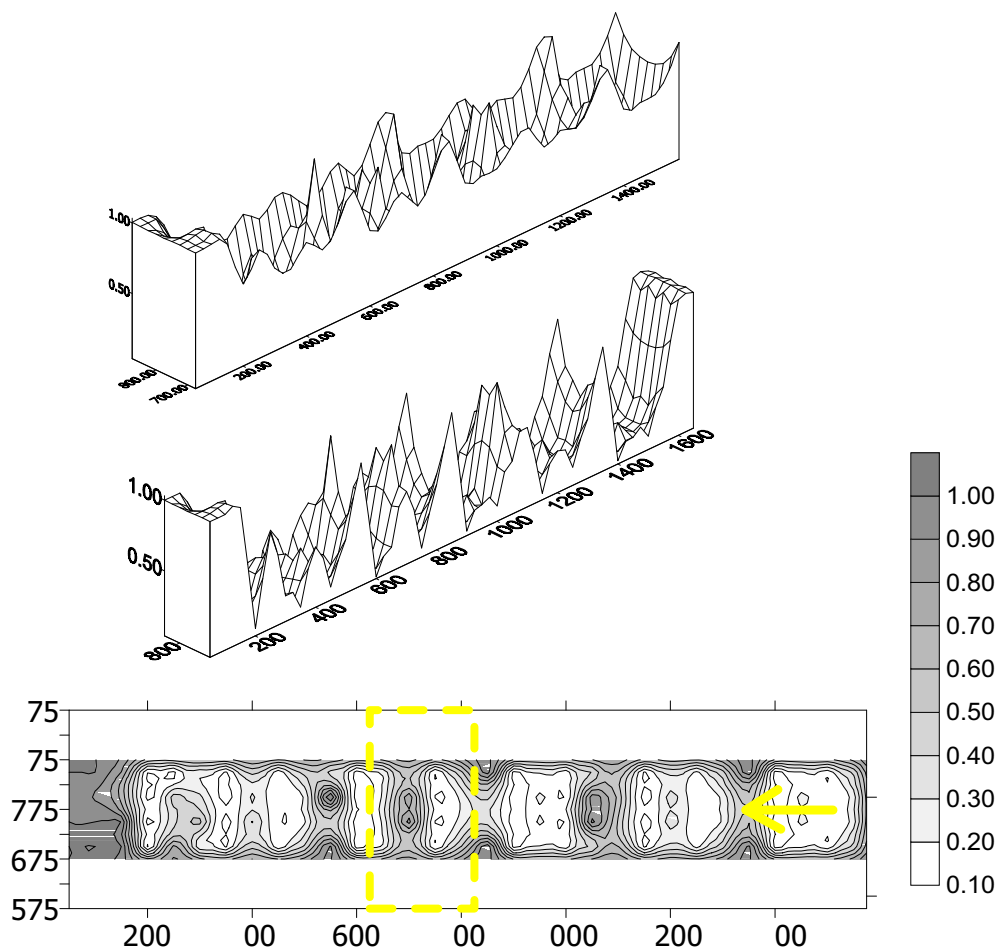


Рис. 2 – Характер обрушений кровли в процессе надработки при приведенной прочности пород 0,05 МПа

Рассмотрим результаты моделирования второго варианта планировки с фронтальной надработкой сплошного выработанного пространства.

При входе лавы в зону проекции сплошного выработанного пространства происходит срыв процесса зависания кровли, который намечался исходя из характера периодики обрушений (рис. 4). Над сплошным выработанным пространством отмечаются существенные зависания кровли, при этом высота, на которую сохраняет целостность основная кровля, практически, равна максимальной высоте полных обрушений.

Этот эффект также согласуется с геомеханикой деформирования массива и объясняется понижением уровня горного давления над сплошным выработанным пространством. При пониженном горном давлении в плите-кровле уменьшаются моменты и поперечные силы, что снижает эквивалентные напряжения. Как следствие, условие прочности пород нарушается реже, и кровля имеет возможность опускаться на отдельных участках, практически, нетронутыми блоками. Именно этим обстоятельством объясняется успешная отработка ранее подработанных пластов в практике отработки весьма сближенных угольных пластов.

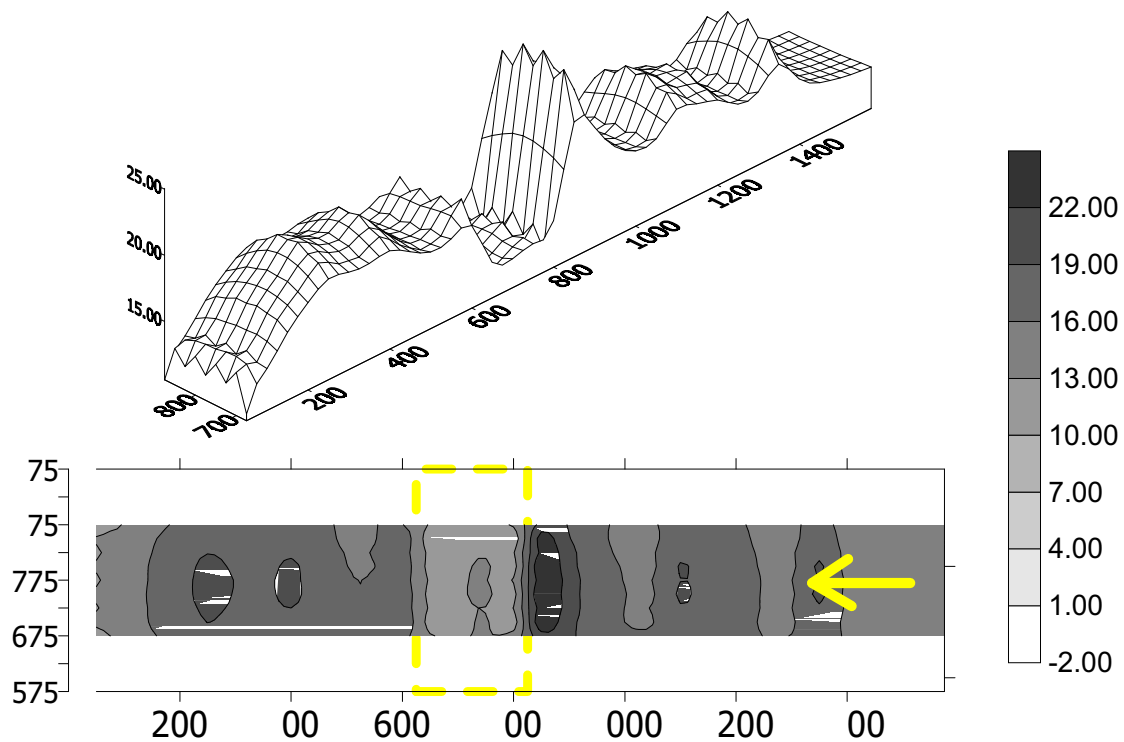


Рис. 3 – Динамика перераспределения опорного давления в процессе надработки одиночного выработанного пространства при приведенной прочности пород 0,05 МПа

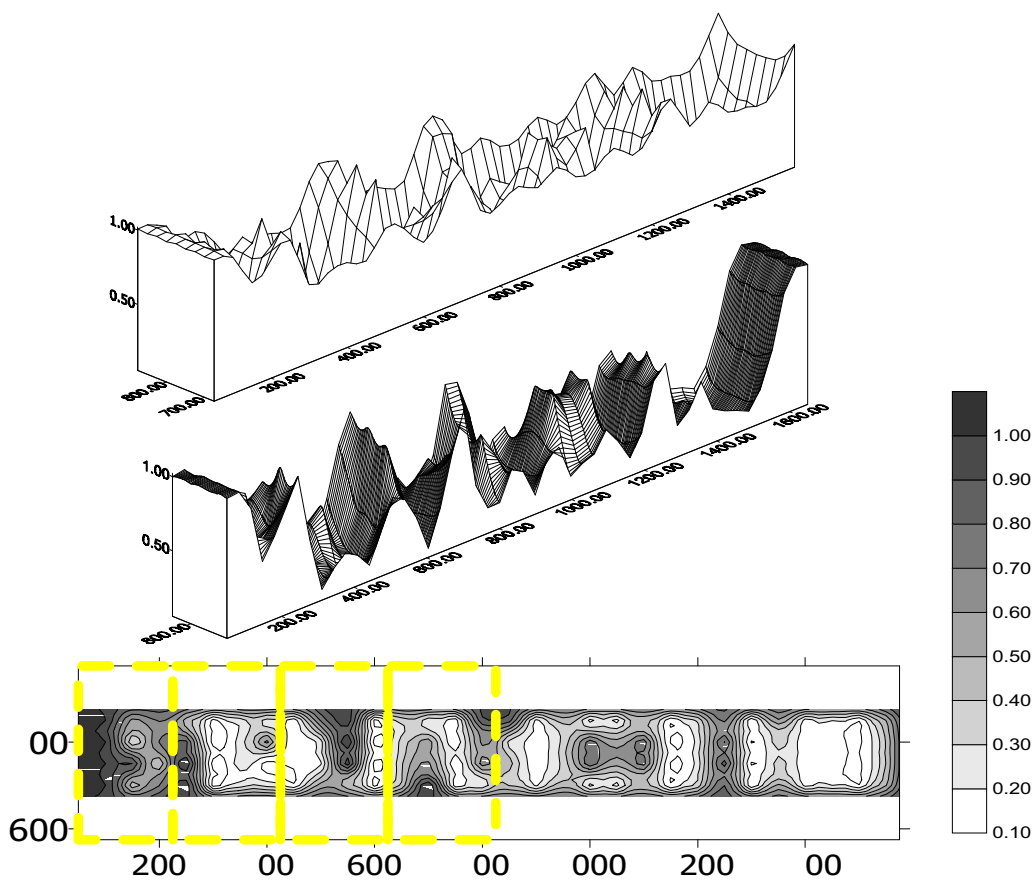


Рис. 4 – Характер обрушений кровли в процессе надработки сплошного выработанного пространства при приведенной прочности пород 0,05 МПа

Как и в предыдущем случае, возникает максимальная концентрация опорного давления при входе надрабатывающей лавы в проекцию выработанного пространства, расположенного на нижележащем пласте. Эта закономерность в качественном плане совпадает с установленной ранее без учета динамики зависания-обрушения кровли. Характерно, что концентрация опорного давления возникает независимо от того, совпадает переход границы выработанного пространства с обрушением кровли или, наоборот, в момент перехода наблюдается максимальное зависание основной кровли (рис. 5). Однако тенденция к зависанию в момент перехода границы, как правило, нарушается и происходит, как бы, принудительное обрушение кровли. В этом случае концентрация опорного давления вызывается, в первую очередь, весом всей толщи, которая зависит в любом случае над движущимся очистным забоем.

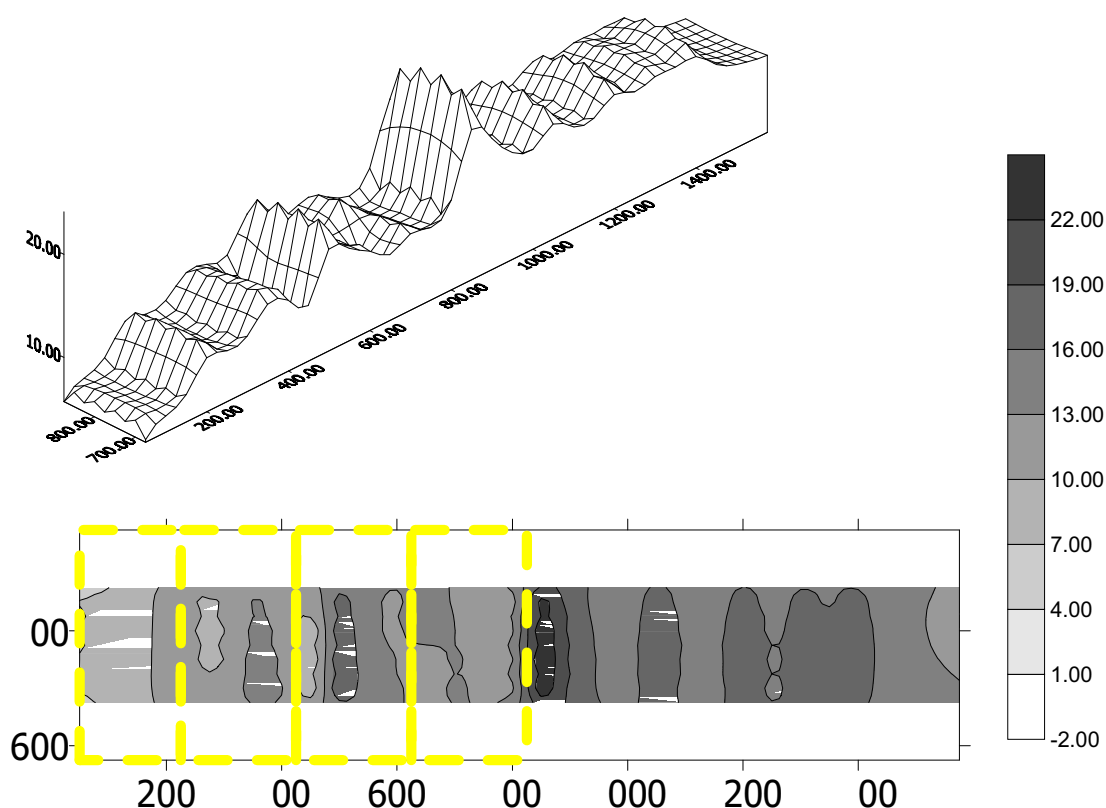


Рис. 5 – Динамика перераспределения напряжений в зоне опорного давления при надработке сплошного выработанного пространства

Таким образом, выполненные исследования подтверждают эффективность новой геомеханической модели и возможность ее использования для прогнозирования динамических проявлений горного давления при отработке сближенных угольных пластов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Басинский Ю.М. Давление на крепь горизонтальных капитальных выработок у границ надрабатывающих очистных работ // Труды ВНИМИ. - Ленинград: ВНИМИ. - 1970. - №79. - С. 175–183.
2. Чумак А.С. Обоснование параметров и способов повышения устойчивости надрабатываемых полевых подготавливающих выработок на больших глубинах: Дисс... канд. техн. наук: 05.15.02: - 1987. - 137 с.

**УДК 624.191.8.042**

В.И. Петренко

### **МЕТОДИКА РАСЧЕТА СБОРНОЙ ОБДЕЛКИ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ВЫРАБОТКЕ**

Розроблено методику розрахунку збірної обробки з урахуванням сил, які діють при продавлюванні опускного колодезя шахтного стовбура під час будівництва метрополітену. Показано, що розрахунок обробки на міцність виконується на максимальні критичні навантаження, що виникають під час експлуатаційної стадії. Причому максимальні стискаючі зусилля, що діють вздовж вісі стовбура, виникають у верхніх кільцях обробки при повному занурюванні конструкції.

### **THE METHODS CALCULATION OF COMBINED PROCESSING IN A VERTICAL MAKE**

The technique of account modular lining is developed in view of forces working at forcing trough of lowering shaft well of a mine trunk at construction of underground. Is shown, that the account lining on durability is carried out on the maximal critical loadings arising in an operational stage. And, the maximal compressing efforts working along an axis of a shaft arise in the top rings lining at complete immersing of a construction.

Обычно продавливаемые вертикально конструкции или опускные колодцы рассчитывают по первой и второй группам предельных состояний как на стадии строительства так и на стадии эксплуатации. Расчеты на стадии строительства включают определение требуемых усилий для погружения конструкции в грунтовой массив и, соответственно, прочностных характеристик особенно при входе ее в плотные связные грунтовые прослойки. Данное положение в настоящее время рассмотрено недостаточно.

Основными факторами, учитываемыми при расчетах эксплуатационных нагрузок, являются проверка на прочность конструкции наружной оболочки и устойчивости опускного сооружения против всплытия. Наиболее существенным при этом является расчет стен опускного колодца или ствола на действие бокового давления грунта с учетом гидростатического давления (при наличии водоносных пластов) и давления бентонитового раствора, если опускание или продавливание выполняется в тиксотропной рубашке.

При строительстве стволов Сырецко - Печерской линии Киевского метрополитена применяется специальная технология проходки, включающая обычный горный способ со сборной крепью из железобетонных тубингов со связями растяжения и способ продавливания обделки в тиксотропной рубашке с гидравлическим пригрузом выше уровня водоносного горизонта.

В соответствии с принятой технологией грунт разрабатывается при помощи грейфера подводным способом. По мере его разработки при помощи гидроцилиндров, расположенных на границе кольцевой ниши, производится задавливание сборной крепи.