



**ДУВАНСКИЙ АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ**

Научный сотрудник научно-исследовательского отдела зданий и подземных сооружений в сложных геотехнических условиях ДП «Донецкий Промстройиниипроект», аспирант Государственного научно-исследовательского института строительных конструкций.

Основные направления научной деятельности: механика подземных сооружений, строительные конструкции зданий и сооружений в сложных геотехнических условиях.

Автор 10 научных трудов.

E-mail: gir.dptm@mail.ru

УДК 624.19.03

**ВЫБОР МЕТОДИК РАСЧЕТА, ПРИМЕНИМЫХ К ОБДЕЛКАМ ТОННЕЛЕЙ, РАСПОЛОЖЕННЫМ В МАССИВЕ С ТЕКТОНИЧЕСКИМИ НАРУШЕНИЯМИ**

*Ключевые слова: массив, тектонические нарушения, обделка, подземные сооружения.*

*Излагается недостаточно изученный вопрос проектирования и строительства протяженных подземных сооружений преимущественно закрытого способа работ, на территориях с тектоническими нарушениями, а также предложены методы расчета.*

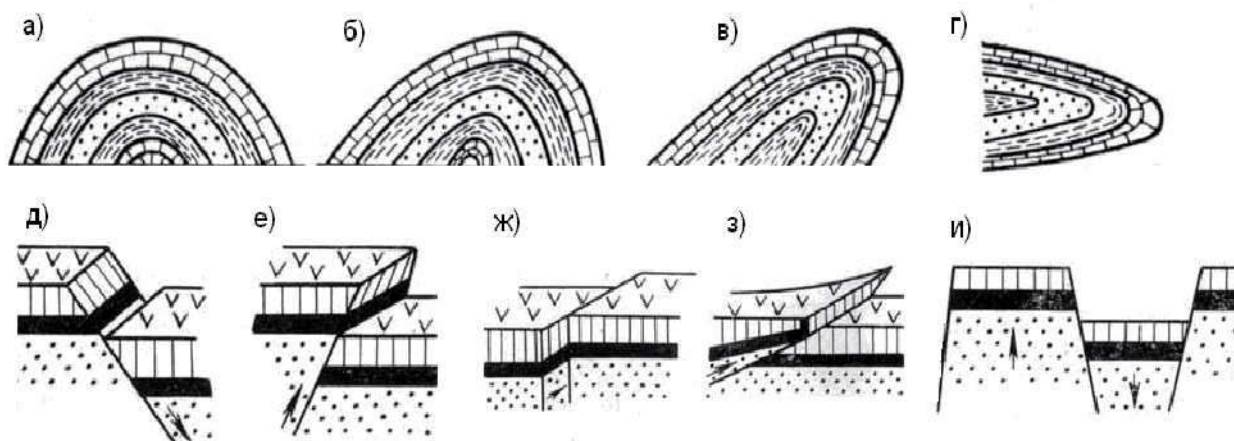
*Викладається недостатньо вивчене питання проектування і будівництва протяжних підземних споруд переважно закритого способу робіт, на територіях з тектонічними порушеннями, а також запропоновані методи розрахунку.*

*The understudied question of planning and building of extended underground structure of the mainly trenchless method is expounded, on territories with tectonic dislocations, and also the methods of calculation.*

**Предпосылки для исследования.** Строительство подземных сооружений ведут преимущественно на территориях, не осложненных особыми условиями. Однако, вследствие развития промышленных предприятий и городов, появляется необходимость строительства коммуникационных тоннелей, коллекторов, тоннелей метрополитенов на всех территориях независимо от их строения. Проектировщикам и строителям приходится часто сталкиваться с геотехническими проблемами. Наряду с уже имеющимися исследованиями работы обделок тоннелей в таких условиях (сейсмика, подрабатываемые территории, просадочные грунты, карсты и др.) наименее изученным случаем остается строительство в зонах тектонических нарушений. Таким примером является территория Донбасса, на которой строительство осложнено помимо подработок грунтового массива зонами тектонических нарушений, образованными в результате проявления тектонических процессов. Зоны тектонических нарушений представляют собой сложные геологические структуры, разбиты многочисленными системами трещин и имеют складчатое или блочное строение.

Учитывая недостаточную изученность вопроса строительства тоннелей в зонах тектонических нарушений, появляется необходимость в систематизации конкретных теорий расчета с целью их развития и использования для обеспечения безопасного строительства и длительного срока эксплуатации подземных сооружений.

**Анализ существующих методик расчета.** Для зон тектонических нарушений, образующихся вследствие колеба-



**Рис. 1.** Виды тектонических нарушений: а) прямая складка, б) косяя складка, в) опрокинутая складка, г) лежащая складка, д) сброс, е) взброс, ж) сдвиг, з) надвиг, и) грабен и горст.

тельных, складчатых, разрывных тектонических движений, вызывающих деформации грунтового массива [1], характерны растягивающие и сжимающие усилия, а также резкое изменение крепости горных пород. В результате упруго-пластичных и разрывных деформаций массива образуются зоны тектонических нарушений, классификация которых указана на рисунке 1.

При строительстве тоннелей в обычных и особых условиях в основном используют методы расчета, основанные на теории упругости. Поэтому, учитывая приведенные выше особые условия строительства тоннелей в зонах тектонических нарушений, необходима методика по применению существующих методов расчета, которые учитывали бы такие условия при проектировании. Перспективой разработки метода расчета подземных сооружений в зонах тектонических нарушений, является доработка и адаптация уже существующих методик, анализ которых приведен ниже.

**Методики расчета тоннелей в обычных условиях.** Среди применяемых к настоящему времени методов расчета обделок подземных сооружений можно выделить два основных направления. Одно из них базируется на теории, трактующей давление горных пород на обделку как внешнюю по отношению к ней нагрузку, величина которой не зависит от деформаций самой конструкции. Второе направление характеризуется тем, что горное давление на обделку формируется в результате контактного взаимодействия обделки и массива пород, представляющих единую деформируемую систему.

К первому направлению относятся методы расчета обделок в упругой среде, разработанные рядом известных ученых [2,3,4,5], в которых для раскрытия статической неопределимости системы, помимо метода сил, использовались метод перемещений и метод начальных параметров. Для методов этого направления характерным признаком является разделение нагрузок на активные, независимые от обделки, и пассивные, вызываемые только смещением обделки в сторону пород.

В недавнем прошлом, благодаря значительным достижениям в области механики горных пород и механики деформируемого твердого тела, интенсивно развивается второе направление расчета подземных сооружений, в рамках которого грунтовый массив и обделка рассматриваются как единая деформируемая система. Особенностью таких расчетных схем этого направления является то, что массив

здесь рассматривается в качестве не только поддерживающей, но и нагружающей среды по отношению к обделке. Как следствие этого, нагрузка на обделку (контактные напряжения) определяется в процессе единого расчета системы «обделка-массив».

Различают три схемы контактного взаимодействия [6]: континуальную, в которой массив моделируется сплошной средой с отверстием, а обделка – сплошным кольцом, подкрепляющим отверстие; дискретно-континуальную – массив моделируется сплошной средой, а обделка моделируется стержневой системой, и дискретную – и обделка, и массив моделируются стержневой системой.

Континуальная схема контактного взаимодействия обделки с породным массивом по-ложена в основу методов расчета, разработанных в результате решения контактных задач теории упругости [6...8], и применяется в основном для монолитных обделок.

Применительно к расчету сборных обделок известны решения на основе дискретно-континуальной схемы контактного взаимодействия конструкции с породным массивом [6, 8]. Такая схема предполагает использование методов механики деформируемого твердого тела (теории упругости, вязкости и пластичности) для описания напряженно-деформируемого состояния (н.д.с.) массива и методов строительной механики стержневых систем для описания н.д.с. обделки.

Последняя оказалась удобной при расчетах сборных обделок, так как рассматривается совместная деформация массива с круговой выработкой, подкрепленной монолитной или сборной кольцевой крепью, включающейся в работу через некоторое время с момента ее проведения. Образование выработки эквивалентно снятию с ее контура природных напряжений, вследствие чего «мгновенно» реализуются упругие перемещения, а затем во времени развиваются перемещения в результате деформации ползучести массива.

Наиболее простым из решений на основе дискретно-континуальной схемы взаимодействия представляется метод расчета крепи, разработанный на основе равновесия стержневой обделки, подкрепляющей отверстие в линейно-деформируемой однородной изотропной среде (рисунок 2а), которая имеет начальное напряженное состояние, обусловленное гравитационными силами:

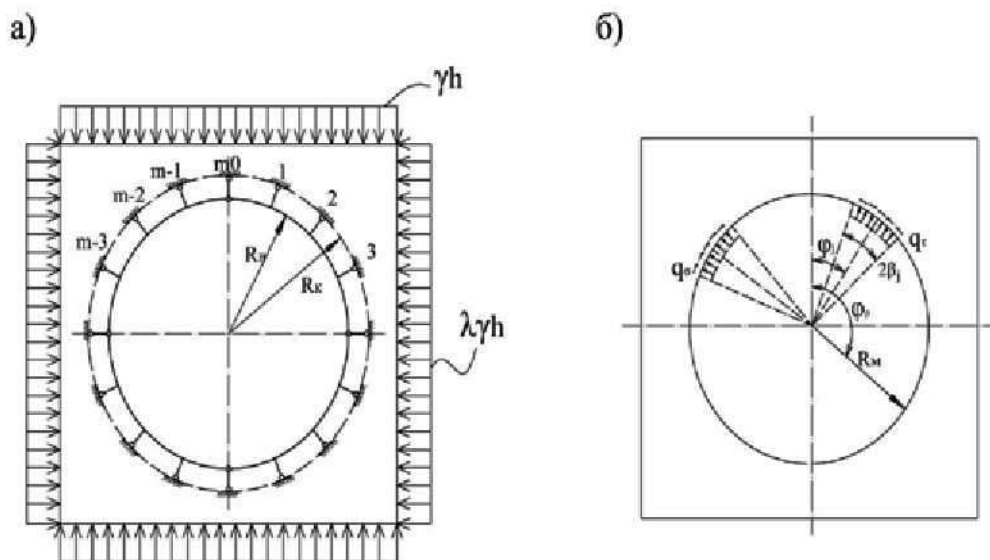


Рис. 2. Расчетные схемы: а) дискретно-континуальная для моделирования взаимодействия обделки с грунтовым массивом к методу ТулПІ; б) для определения перемещений контура выработки по С.А. Орлову

$$\sigma_y = \gamma h; \quad \sigma_x = \lambda \gamma h, \quad (1)$$

где  $\sigma_y$ ,  $\sigma_x$  – вертикальные и горизонтальные напряжения в массиве;

- $\gamma$  – средний удельный вес грунтов массива;
- $h$  – глубина заложения;
- $\lambda$  – коэффициент бокового давления.

В общем случае рассматривается сборная крепь с жесткими, шарнирными и податливыми узлами соединения. На контакте крепи с массивом пород ставятся условия непрерывности напряжений:

$$\sigma_r^K = \sigma_r^M; \quad \tau_{r\Theta}^K = \tau_{r\Theta}^M, \quad (2)$$

где  $\sigma_r^K$  и  $\tau_{r\Theta}^K$  – нормальные и касательные напряжения, действующие на наружном контуре крепи;

$\sigma_r^M$  и  $\tau_{r\Theta}^M$  – нормальные и касательные напряжения, действующие на породный массив по контуру.

После определения напряжений определяются перемещения контура с использованием решения С.А. Орлова [5] для кругового выреза в упругой плоскости при действии на осесимметричных участках его контура нормальных и касательных напряжений (рисунок 2б), в качестве которых принимаются дополнительные напряжения, равные по абсолютной величине начальным и противоположные им по направлениям. Поскольку в расчетной модели крепи распределенные нагрузки заменяются системой сосредоточенных сил, выполнение условия (2) требуется не на всем контуре, а только в точках контакта крепи с породой – 0, 1, 2...m (см. рисунок 2а). В этом случае

сосредоточенные силы, действующие на крепь в этих точках рассматриваются как равнодействующие нагрузок  $q_\sigma$  и  $q_\tau$ , распределенных на участках контура и ограниченных дугами длиной  $2\beta_1 R_m$  (см. рисунок 2б). Такая дискретизация, обеспечивающая необходимую точность расчетов, значительно расширяет возможности методики.

По дискретно-континуальной схеме известна еще одна распространенная методика расчета обделок произвольного очертания на произвольно заданную нагрузку (модель ЦНИИС), где расчетная

схема представляет собой статически неопределимую стержневую полигональную систему из одномерных элементов, опирающийся на двухмерный контур выреза в упругой среде посредством опорных элементов, состоящих из парных взаимно перпендикулярных стержней (рисунок 3а). Такая модель позволяет рассчитывать обделки под действием перемещений контура выработки и активных парных усилий  $P_i$  и  $P'_i$ , направленных в противоположные стороны. Основную систему получают путем постановки шарниров в каждой вершине многоугольника, а также в серединах стержней с заменой внутренних усилий, сосредоточенными взаимно уравновешенными моментами (рисунок 3б). При деформациях контура выработки в стержнях основной системы не возникают усилия, следовательно, сложную задачу теории упругости о напряженно-деформированном состоянии подкрепленной выработки можно разбить на две более простые: определение усилий и перемещений в стержневой системе (крепи) и определение перемещений

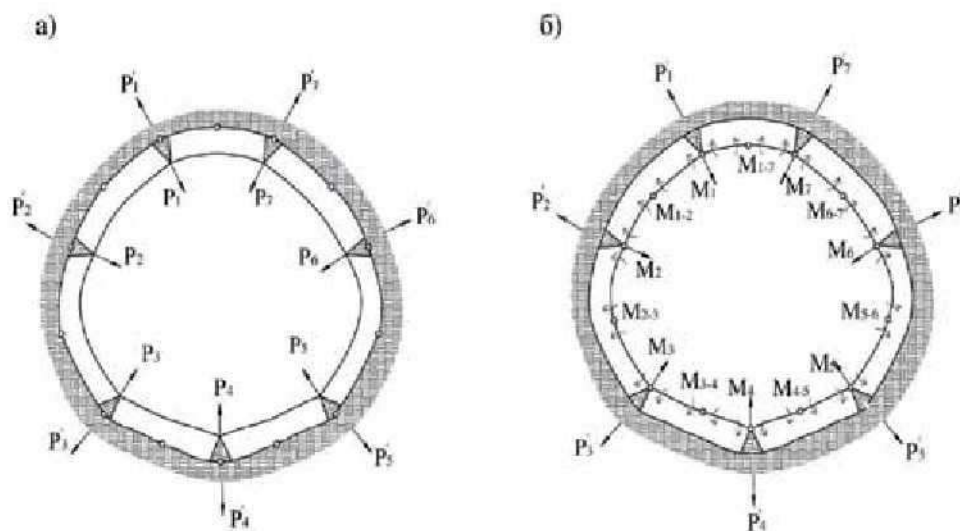
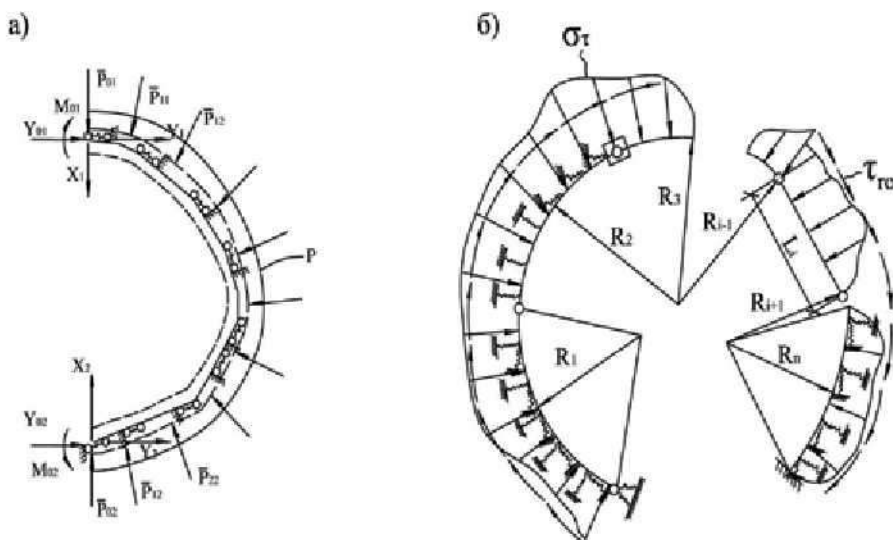


Рис. 3. Схемы обделки к методу ЦНИИС: а) дискретно-континуальная расчетная схема; б) основная схема усилий



**Рис. 4.** Дискретные расчетные схемы: а) взаимодействия обделки с грунтовым массивом к методу ВНИМИ; б) взаимодействия обделки с грунтовым массивом к методу В.Л. Попова – В.Н. Каретникова – В.М. Еганова (ТПИИ)

неподкрепленного контура выработки. Для решения первой задачи используется метод сил, второй – методы механики сплошной среды. Данный метод позволяет рассчитывать как монолитные, так и сборные обделки, принимая различные модели породного массива.

По дискретно-континуальной схеме на сегодняшний день рассчитывают подземные сооружения с помощью метода конечных элементов (МКЭ) как в зарубежных программных комплексах (Plaxis, Z-soil, Geo-5, Sivil Fem), так и отечественных (Ли́ра, Scad) в которых с помощью специальных конечных элементов можно смоделировать грунтовой массив как сплошную упругую среду. При этом решение задач возможно как в пространственной, так и плоской постановке.

Существенно расширить область применения схем контактного взаимодействия для разных типов обделок позволяют методы, основанные на дискретных расчетных схемах. При этом применяются два основных вида дискретных расчетных схем [7]:

- полностью заданы нормальные и касательные к поверхности обделки нагрузки, являющиеся суммой активных и реактивных воздействий;
- по наружному контуру крепи известны лишь нормальные нагрузки, но предполагается наличие касательных нагрузок, определяемых в процессе расчета.

Расчет обделок по первой расчетной схеме выполняется обычными методами строительной механики как свободно деформируемого кольца.

Вторая расчетная схема, предложенная ВНИМИ [6], позволяет оценивать прочность обделки по измеренной нормальной нагрузке с учетом действия касательной нагрузки, которая, как правило,

не измеряется, а касательные нагрузки определяются из граничных условий, накладываемых на перемещения точек контура крепи.

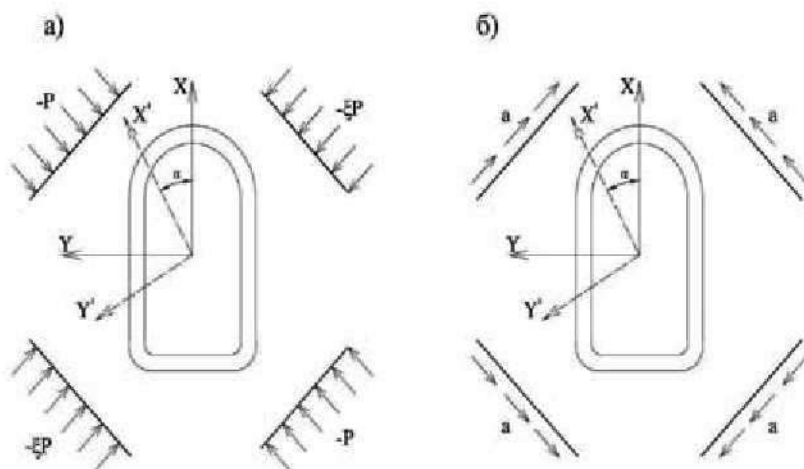
Эта методика основана на плоской расчетной схеме (рисунок 4а), где криволинейное очертание крепи заменяется вписанной ломаной линией. Напряженно-деформированное состояние крепи описывается уравнениями метода начальных параметров в матричной форме. Неизвестные касательные нагрузки определяются по реакциям тангенциально расположенных к контуру крепи упругих опор.

Методика ТПИ [8] разработана на основе метода конечных элементов и метода начальных параметров, в которой расчетная схема обделки

(рисунок 4б) представляет собой произвольную плоско-пространственную систему, состоящую из произвольного числа конечных элементов различной кривизны и жесткости, произвольно соединенных между собой и произвольно нагруженных. Методика ТПИ позволяет рассчитывать обделки из элементов постоянной жесткости по предельным состояниям как в линейной, так и в нелинейной постановках с учетом геометрической, физической и конструктивной нелинейности.

По дискретной схеме, также как и по дискретно-континуальной, возможно выполнять расчеты по МКЭ и приведенных выше программных комплексов, а также применяя винклеровский коэффициент постели, реализованный в этих комплексах.

**Методики расчета тоннелей в особых условиях.** В работах, посвященных проектированию подземных сооружений в особых условиях, наиболее известны методики для сейсмически активных районов [9] и районов с подрабатываемыми



**Рис. 5.** Расчетные схемы ЦНИИС к определению усилий в обделках тоннелей глубокого заложения в сейсмически активных районах: а) к определению напряженного состояния обделки от продольных волн; б) к определению напряженного состояния обделки от поперечных волн

мыми территориями.

В 1976-1980гг. для решения научно-технической проблемы, связанной с разработкой новых прогрессивных конструкций, обеспечивающих высокое качество строительства в сложных инженерно-геологических условиях, ЦНИИС совместно с рядом организаций была разработана Инструкция по учету сейсмических воздействий при проектировании горных транспортных тоннелей [10], регламентирующая и вопросы расчета тоннелей на сейсмические воздействия. В частности, была разработана расчетная модель, в которой массив грунта моделируется линейно-деформируемой, однородной, изотропной средой, механические свойства которой характеризуются средними величинами модуля деформации  $E_0$  и коэффициентом Пуассона  $\nu_0$ , а обделка рассматривается как замкнутая конструкция заданной толщины и конфигурации, работающая в упругой стадии в условиях полного контакта с массивом по всему периметру. Обделку рассчитывают в условиях плоской деформации, т.е. рассматривается действие сейсмических волн, распространяющихся в плоскости поперечного сечения сооружения.

В результате расчетов по схемам, приведенным на рисунке 5, определялись расчетные эпюры усилий  $M$  и  $N$ , значения которых суммировались по всем видам действующих нагрузок. Результаты использовались для проверки прочности сечений на сжатие и на растяжение.

Что касается расчета обделки на дополнительные деформационные воздействия, возникающие в подрабатываемом массиве, то этот вопрос впервые более детально рассматривался в работах Н.С. Бульчева, Н.Н. Фотиевой, Е.А. Стрельцова [11, 12, 13], где на крепи горизонтальной выработки оказывает влияние от подработки – сжимающие деформации  $\epsilon_x$  в плоскости поперечного сечения выработки. При объемном напряженном состоянии и условии

$\epsilon_y = \epsilon_z = 0$  деформации  $\epsilon_x$  вызываются напряжениями:

$$\sigma_x = 2G_0 \left( \epsilon_x + \frac{\mu_0}{1-2\mu_0} \epsilon_V \right), \quad (3)$$

где  $G_0$  – модуль сдвига пород в массиве;  
 $\mu_0$  – коэффициент Пуассона породы;  
 $\epsilon_V$  – объемная деформация:  $\epsilon_V = \epsilon_x + \epsilon_y + \epsilon_z$ .  
 При  $\epsilon_y = \epsilon_z = 0$  выражение (3) приобретает вид

$$\sigma_x = 2G_0 \epsilon_x \frac{1-\mu}{1-2\mu_0}, \quad (4)$$

а напряжения  $\sigma_y$  определяются соотношением

$$\sigma_y = \sigma_x \frac{\mu_0}{1-\mu_0}. \quad (5)$$

Напряжения (4) и (5) представляются в виде прикладываемых на бесконечности радиальных напряжений, эквивалентных действию в массиве деформаций  $\epsilon_x$  (рисунок 6).

$$P_{экр} = P_{0экр} + P_{2экр} \cos 2\theta, \quad (6)$$

где  $P_{0экр} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}$ ;  $P_{2экр} = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}$

или  $P_{0экр} = G_0 \frac{\epsilon_x}{1-2\mu_0}$ ;  $P_{2экр} = G_0 \epsilon_x$ .

В случае действия в массиве сжимающих деформаций вдоль оси выработки

$$\sigma_x = \sigma_y = 2G_0 \epsilon_z \frac{\mu_0}{1-2\mu}, \quad (7)$$

а эквивалентные напряжения

$$P_{экр} = P_{0экр} = 2G_0 \epsilon_z \frac{\mu_0}{1-2\mu_0}. \quad (8)$$

Расчет взаимодействия крепи в массиве, нагруженном на бесконечности нагрузкой (6), выполняется по программе РК2 (см. рисунок 6), в которой реализован решением соответствующей контактной задачи теории упругости методом коэффициентов передачи нагрузок [6, 14]. Результатами расчета являются нормальные  $\sigma$ , и касательные  $\tau_{\theta}$  контактные напряжения, а также тангенциальные напряжения на внешнем  $\sigma_{\theta}^{nc}$  и внутреннем  $\sigma_{\theta}^{in}$  контурах сечения крепи, по которым определяют усилия в крепи

$$M = \frac{d^2 b (\sigma_{\theta}^{in} - \sigma_{\theta}^{nap})}{12}; \quad (9)$$

$$N = \frac{db (\sigma_{\theta}^{in} + \sigma_{\theta}^{nap})}{2}, \quad (10)$$

где  $d$  – толщина крепи;  
 $b$  – размер участка крепи в продольном направлении.

Данный метод разработан на основе континуальной

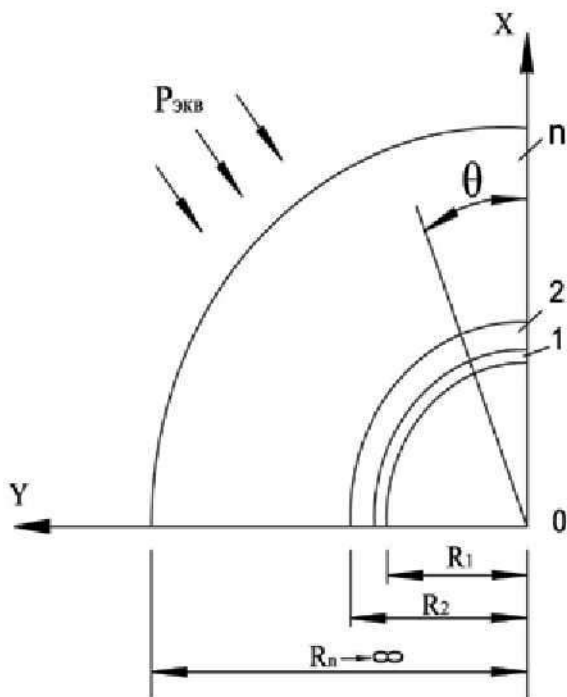


Рис. 6. Расчетная схема взаимодействия крепи капитальной выработки с подрабатываемым массивом пород к методу Н.С. Бульчева: 1, 2...n – слой моделирующие контуры многослойной обделки и грунтового массива;  $P_{экр}$  – силы эквивалентные воздействиям от подрабатываемого массива

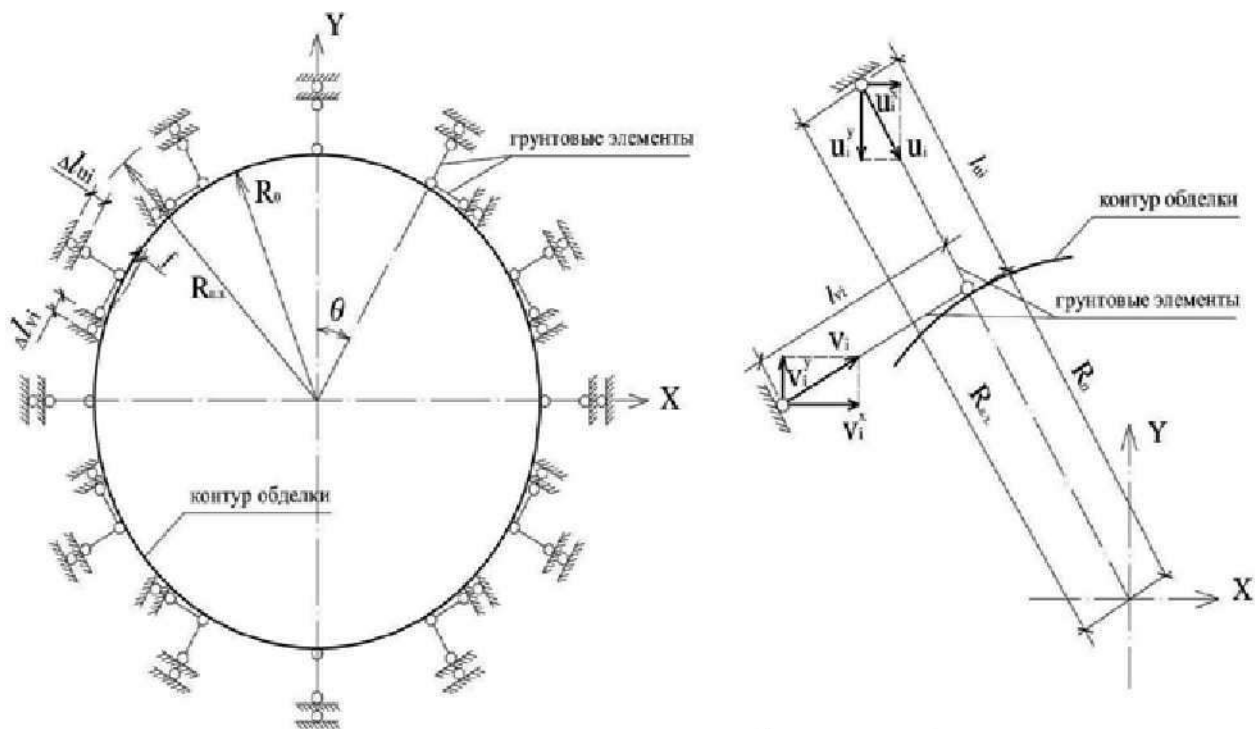


Рис. 7. Расчетная схема обделки к методу ДПСНИИП

схемы контактного взаимодействия и поэтому не может быть использован для расчета сборных крепей подземных сооружений в подрабатываемом массиве пород.

В Донецком Промстройниипроекте (ДПСНИИП) при проведении экспериментально-теоретических исследований взаимодействия подземных сооружений с грунтовым массивом, был разработан дискретный метод расчета [15], который базируется на рассмотрении единой деформируемой системы «подземное сооружение–грунтовая среда» (рисунок 7). Взаимодействие конструкции и грунта в такой расчетной схеме моделируется упруго-пластичными связями, длина которых  $l_{in}$ ,  $l_{gr}$  определяется в зависимости от размеров зоны активного давления. Действующие нагрузки передают на связи продольными силами  $u_i$ ,  $v_i$ . В результате упругой работы последних выполняется поджатие на соответствующие величины  $\Delta l_{in}$ ,  $\Delta l_{gr}$  опорных узлов. Последующее определение деформаций и усилий в конструкции производится с учетом конечной переменной жесткости элементов подземного сооружения и грунта.

В случае небольших нагрузок и большой жесткости сооружения связи остаются в поджатом состоянии, реализуя сжатие грунта; в случае больших нагрузок и гибкого сооружения связи на участках прогиба сжимаются и разжимаются за счет перемещений  $f$  контактных узлов, при этом результирующие перемещения будут различными ( $\Delta l_{in} \pm f$ ).

По предложенной схеме [15] можно дополнительно задавать воздействия на стены подземных сооружений от горизонтальных относительных деформаций сжатия –  $\epsilon_x$ , характерных для подрабатываемого массива. Деформации сжатия задаются дополнительными перемещениями на величину  $\Delta l_e$  опорных узлов упругих опор, моделирующих грунт. Поскольку в этом методе активное давление на конструкцию задается эквивалентными перемещениями, то полные перемещения узлов упругих опор являются суммарными от активного давления и деформаций сжатия.

Расчет по методике ДПСНИИП производится по программам (Combaire, Метродон), реализующим метод перемещений в форме МКЭ. Результатами расчета являются

перемещения узлов и усилия в элементах расчетной схемы от действия основных и особого сочетаний нагрузок. Если указывается последовательность нагружений, то результаты расчета выдаются как отдельные от каждого вида нагрузок, так и суммарные. Особенностью разработанных программ является возможность расчета конструкций в нелинейной постановке и возможность отключения упруго-пластичных связей в случае деформаций элементов обделки ведущих к растяжению связей.

Преимуществами данного метода состоят в использовании методов строительной механики, а также его простота, наглядность и возможность одновременного расчета конструкций подземных сооружений на особое сочетание нагрузок.

**ВЫВОДЫ:**

1. Рассмотренные выше методы расчетов показывают, что перспективными представляются методы, рассматривающие контактное взаимодействие обделки и породного массива, составляющих единую деформированную систему. Контактные напряжения в этом случае определяются в процессе расчета системы «обделка–массив» в зависимости от начального напряженного состояния массива, технологии проведения и закрепления выработки, жесткостных характеристик конструкции и массива.
2. Дискретно-континуальные и дискретные схемы обеспечивают достаточную точность расчетов, имеют определенные преимущества перед методами, основанными на континуальной схеме. Так, благодаря частичной дискретизации расчетной схемы, появляется возможность рассчитывать сборные конструкции, учитывать образование пластических шарниров и оценивать устойчивость обделок. Вместе с тем, ввиду

сложности математического аппарата механики деформируемого твердого тела, применяемого для описания напряженно-деформированного состояния породного массива, эти методы так же, как и континуальные методы, на сегодняшний день разработаны применительно к линейно-деформируемой однородной среде.

3. Учитывая развитие современных геотехнических программ, можно создавать модели массива на базе континуальных схем с реализацией тектонических нарушений, в целях определения величин напряжений

вызванных тектоническими процессами и оказывающих дополнительные нагрузки на обделку тоннелей.

4. Применительно к расчетам заглубленных конструкций в зонах тектонических нарушений целесообразно использовать метод разработанный ДПСНИИП на базе дискретных схем, позволяющий задавать все влияющие на обделку нагрузки, в том числе и тектонические, с наименьшей трудоемкостью расчетов.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Белоусов В.В. Земная кора и верхняя мантия материков. М.: Наука, 1966г – 330с.
2. Бодров Б.П., Матэри Б.Ф. Кольцо в упругой среде (методы расчета и примеры). – Изд.метропроекта, 1936 (бюллетень №24, ч.II).
3. Бурдзгла Н.Л. Метод расчета монолитных обделок тоннелей. – М.: Стройиздат, 1968. – 221с.
4. Давыдов С.С. Расчет и проектирование подземных конструкций. – М.: Стройиздат, 1950. – 376с.
5. Орлов С.А. Расчет конструкций, лежащих на контуре кругового выреза в плоскости. – В сб. Исследования по теории сооружений. Вып. VI. – Стройиздат, 1954. – С.529-547.
6. Бульчев Н.С. Механика подземных сооружений. – М.: Недра, 1982. – 270с.
7. Каретников В.Н., Клейменов В.Б., Бреднев В.А. Автоматизированный расчет и конструирование металлических крепей подготовительных выработок. – М.: Недра, 1984. – 312с
8. Фотиева Н.Н. Расчет обделок тоннелей некругового поперечного сечения. – М.: Стройиздат, 1974. – 240с.
9. Дорман И.Я. Сейсмостойкость транспортных тоннелей. – М.: ТИМР, 2000. – 307с.
10. ВСН 193-81 «Инструкция по учету сейсмических воздействий при проектировании горных транспортных тоннелей». М.: Минтрансстрой СССР, 1979. – 48с.
11. Попов В.Л., Каретников В.Н., Еганов В.М. Расчет крепи подготовительных выработок на ЭВМ. – М.: Недра, 1978. – 230с
12. Козел А.М., Дерюгин Э.Ф., Тютчев А.С. О работе крепи ствола с податливым заполнением закрепленного пространства. – Л.: Тр.ВНИМИ, 1970. – сб.79. – С.147-153.
13. Бульчев Н.С., Фотиева Н.Н., Стрельцов Е.В. Проектирование и расчет крепи капитальных выработок. – М.: Недра, 1986. – 288с.
14. Джапаридзе Л.А. Основные вопросы расчета по предельным состояниям крепи подземных сооружений. – Дис. доктора техн.наук. – Тбилиси, 1977. – 353с.
15. Клепиков С.Н., Розенвассер Г.Р., Ольмезов В.И. Новая методика расчета стен заглубленных сооружений. – Промышленное строительство и инженерные сооружения, 1987. – №4. – С.32-33.
16. Б.А. Лысиков, Г.Р. Розенвассер, В.Ф. Шаталов Строительство метрополитена и подземных сооружений на подрабатываемых территориях: Учебное пособие для вузов/ Под ред. Проф. Б.А. Лысикова – Донецк: Норд-Пресс, 2003. – 303с.
17. ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи». // Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2006. – 78с.

**ABSTRACT**

*Rozenvasser G., Duvanskiy A., Grunko V. Establishment of criteria for early detection of emergency situations on object «Donbass Arena Stadium», Ukraine //The world of geotechnik.- 2013.- №1.- P.4-9.*  
 The article describes the implemented ideology of the criteria's ascertainment for early detection of emergency situations in the major supporting structures of the Stadium.

*Malikov S. System improvement of geotechnical and geodetic monitorings of «Donbass Arena Stadium» //The world of geotechnik.- 2013.- №1.- P.10-15.*  
 The article describes the results of geotechnical and geodetic monitoring of "Donbas Arena" stadium in 2012 and reveals some of the ways to improve measurement systems.

*Ushakov S. Monitoring results of technical state of metal covering and concrete skeleton of «Donbass Arena Stadium» in 2012 //The world of geotechnik.- 2013.- №1.- P.16-21.*  
 The results of visual and instrumental observations of the work of expansion joints between the sections of reinforced concrete frame offsets

in reference nodes building blocks for supporting cantilever truss steel structures covering rolls values, directions and horizontal displacements of reinforced concrete and steel structures.

*Bagrayncev V. Methodological basis and principles of the complex system organization of regional ecological and geoeological monitoring //The world of geotechnik.- 2013.- №1.- P.22-26.*  
 Block diagram and topology of the seismic observation network in the area Rivno NPP using the elements of the current system of radiation control is hroposed.

*Duvanskiy A. Choice of analyses which are applicable to tunnel lining located in massif with tectonic disturbances //The world of geotechnik.- 2013.- №1.- P.27-33.*  
 The understudied question of planning and building of extended underground structure of the mainly trenchless method is expounded, on territories with tectonic dislocations, and also the methods of calculation.