

УДК 622.02 (06)

Н.В. Титов, С.В. Синяускас

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И РАЗРУШЕНИЙ "ЖЕСТКИХ" ЦЕЛИКОВ

Приведены результаты лабораторных испытаний на моделях из эквивалентных материалов несущей способности, закономерностей и форм деформирования и разрушения "жестких" и податливых целиков, которые могут быть использованы для расчета параметров охранных целиков.

Ключевые слова: модель, вертикальные нагрузки, боковой подпор, марки репера, конвергенция.

Исследования проводились в лаборатории моделирования бывшего ВНИМИ.

В ходе моделирования решались следующие задачи:

1. Влияние одностороннего подпора на несущую способность ленточного целика.

2. Уточнение форм и параметров разрушения и отслоения краевой части горизонтально расположенного целика от вертикально действующих нагрузок.

Модели изготавливались из песчаноэпоксидной смеси, прочность которой подбиралась экспериментально по результатам предварительных испытаний образцов на одноосное сжатие.

Моделируемый массив изготавливался в трехметровом стенде с последующим разделением его на блоки шириной, равной размеру рабочей камеры в силовом стенде.

Этот прием позволяет изучать изменение отдельного параметра при неизменных условиях массива моделей, что обеспечивает чистоту экспериментов.

Производилось обжатие моделей нагрузкой до 0,5 т, после чего осуще-

ствлялось оформление целика и размещение измерительных средств. Нагружение производилось ступенями с выдержкой во времени. При состоянии материала модели близкого к предельному, ступени нагружения составляли 200 кг. На пределе упругости и далее за пределом прочности массива модели на каждом этапе нагружения наблюдения продолжались до полного затухания смещений, либо заканчивались с полным разрушением модели. Среднее время отработки модели составляло примерно месяц.

Наблюдение за деформированием модели производилось с помощью марок, укрепленных в нескольких горизонтах на всей ее лицевой стороне.

Посредством замоноличенных реперов фиксировалось оседание всего целика относительно неподвижного основания и конвергенция на участках между реперами в горизонтальном и вертикальном направлениях.

С помощью жестких реперов, заложенных в моделируемых выработках, также велись наблюдения за конвергенцией их почвы-кровли.

Таким образом, выполнялись три вида наблюдений за смещением целика: с помощью марок получали ин-

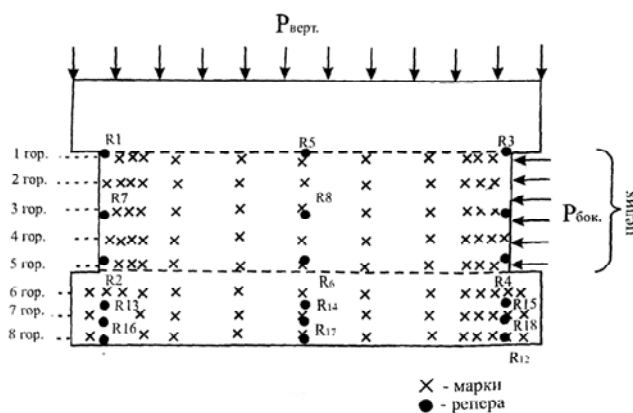


Рис. 1. Схема модели

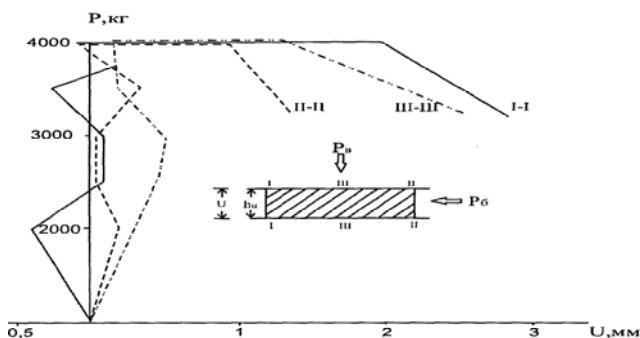


Рис. 2. Графики зависимости конвергенции пород в целике от величины внешней нагрузки

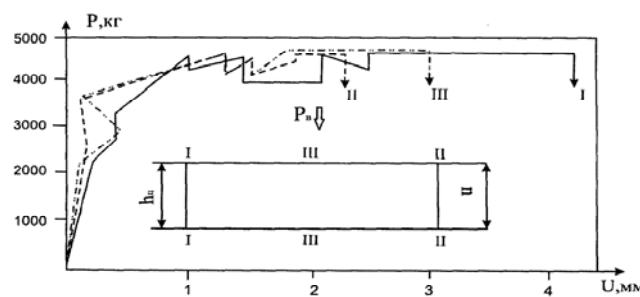


Рис. 3. Графики зависимостей конвергенции от величины внешней нагрузки без бокового подпора

формацию о направлении и примерной величине перемещений точек всей поверхности целика, с помощью реперов - об оседании целика, по конвергенции между ними - о внутреннем деформировании материала.

Испытывались две модели - с боковым подпором на целик, на второй модели боковое давление отсутствовало. При этом боковое давление на целик составляло 0,2 от вертикального ($P_b = 0,2P_v$).

В пределах лицевой стороны целика марки располагались в пяти горизонтах (рис. 1). Основные три - на уровне почвы, кровли и в средней части целика (гор. 1, 3, 5), и два ряда дополнительных марок - в промежутках между основными, каждый на равном удалении от соседних горизонтов (гор. 2 и 4). В ряду размещалось 13-15 марок.

В подошве целика монтировались три дополнительных горизонта марок, рассредоточенных аналогично верхним (гор. 6, 7, 8).

Жесткие репера устанавливались в характерных точках: в почве, в кровле и в середине целика в трех вертикальных: I створ - $R_1 - R_7 - R_2$; II - $R_3 - R_9 - R_4$; III - $R_5 - R_8 - R_6$. Три репера замонтированы у основания модели и ориентированы в створах с верхними реперами. Относительно них оценивалось оседание всей модели (R_{10}, R_{11}, R_{12}).

Кроме того, в монолитном основании модели - в почве целика - жестко укреплялись шесть реперов в двух горизонтах и в створах с верхними реперами ($R_{13} \div R_{18}$).

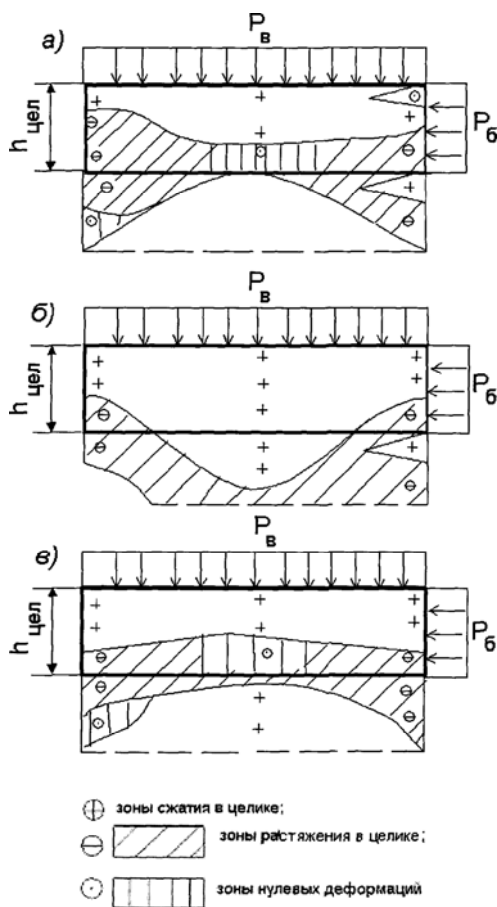


Рис. 4. Эпюры напряжений оседания целика под действием вертикальной и боковой нагрузок: а) - допредельное состояние целика; б) - предельное состояние целика; в) - запредельное состояние целика

Результаты испытаний "жестких" целиков

На графике (рис. 2) приведены зависимости изменения величин конвергенции кровли-почвы целика в средней и краевых его частях от внешних вертикальных и боковых нагрузок вплоть до разрушения модели.

На рис. 3 – то же, но испытания проходили без боковой нагрузки.

На графиках отражены все стадии деформирования целиков: допредельное состояние, когда целик упруго

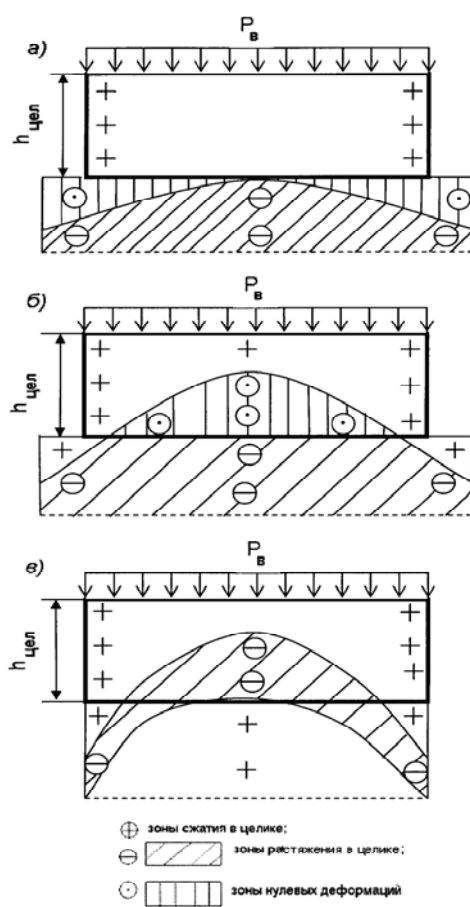


Рис. 5. Эпюры напряжений оседания целика под действием вертикальной нагрузки при $P_{бок}=0$: а) допредельное состояние целика; б) предельное состояние целика; в) запредельное состояние целика

изменял свои формы; предельное - наличие начальных разрушений и течение материала модели под действием предельной нагрузки с эффектом релаксации напряжений и, как следствие, снижение нагрузки на модель; и запредельное состояние с длительным процессом протекания деформаций при поддержании внешней нагрузки, неизменной на определенном уровне. При этом внутри целика происходят необратимые процессы деформирования с разрушением и дроблением массива модели.

Результаты испытания модели

№ модели	Напряженное состояние модели											
	до предельное			предельное			запредельное			Запредельное длительное		
	$P_{\text{верт}}$	$P_{\text{бок}}$	λ	$P_{\text{верт}}$	$P_{\text{бок}}$	λ	$P_{\text{верт}}$	$P_{\text{бок}}$	λ	$P_{\text{верт}}$	$P_{\text{бок}}$	λ
1	2500	160	0,25	4000	160	0,16	3000-3200	160	0,21	3000	160	0,21
2	4200	-	-	4500	-	-	4200	-	-	4700	разрушение	

Формирование зон сжатия и растяжения в целике при его деформировании приведено на рис. 4а результаты испытаний трех моделей представлены в таблице.

Как видно, разрушение всех моделей происходило на пределе упругости при конвергенции кровли-почвы целика не более одного миллиметра. И последующее запредельное деформирование вплоть до разрушения реализовалось в диапазоне 3 - 4 мм.

Анализируя результаты наблюдений по испытанию целика без бокового подпора отметим плавный характер протекания процесса: происходило монотонное нарастание конвергенции кровли-почвы целика вплоть до предельной нагрузки, равной 4500 кг (рис. 5). На пределе прочности наблюдалось разрушение материала модели со снижением и стабилизацией нагрузки на уровне 4200 кг. Далее в течение двух недель производились многократные циклы нагружения модели до значений 4500 кг и после-

дующее снижение нагрузки в результате релаксации напряжений до уровня 4200 кг.

Увеличение разгрузки до 4700 кг привело к быстрому и окончательному разрушению модели.

Начальное нарушение целика визуально наблюдалось (при достижении внешней нагрузкой значения 4500 кг) в виде смятия и выдавливания нижнего слоя на протяжении равном 2/3 ширины модели от правого края целика. Одновременно наблюдалось образование трещин, вывалов и выколов на стене правой грани целика и в углах на сопряжении его с подошвой модели.

В запредельном режиме деформирования разрушение происходило еще и в средней части целика по всей его ширине на уровне, примерно равноудаленном от почвы и кровли. На стенках целика в краевых частях наряду с трещинами образовались сколы и вывалы на всю его высоту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Титов Н.В., Розембаум М.А. "Определение запредельных характеристик антрацита при трехосном нагружении. / Ростов н/Д: Изд-во журн. Изв. вузов Сев. Кав. регион". Приложение 9. 2006. – С 43-45.
2. Титов Н.В., Розембаум М.А., Привалов А.А. "Геомеханическое взаимодействие угольных целиков с системой "выработка-вмещающая порода": монография – Ростов н/Д: Изд-во Сев. Кав. регион", 2006-92 с. **ГЛАЗ**

Коротко об авторах

Титов Николай Викторович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой "Разработка пластовых месторождений" (РГИМ),
Синяускас Степан Валерьевич – ассистент кафедры РГИМ
Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института), siurgtu@siurgtu.ru