

КОНТРОЛЬ УПРУГИХ СВОЙСТВ ПРИКОНТУРНОГО МАССИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКВАЖИННЫХ ГИДРОДАТЧИКОВ

В. Н. ТОКСАРОВ

Горный институт УрО РАН

В работе приведены результаты определения модуля деформации горных пород в приконтурной части массива соляных пород и целиках рудника СКПРУ-3 Верхнекамского калийного месторождения с использованием скважинных гидравлических датчиков.

Для размещения трансформаторных подстанций питания, аппаратуры управления и приводов ленточных конвейеров главных направлений (западного и восточного) вблизи околоствольного двора рудника СКПРУ-3 пройдены камерные выработки большого сечения. Массив характеризуется значительной изрезанностью (рис. 1). В соответствии с проектом в камерах приводов оставлены технологические целики, предназначенные для обеспечения устойчивости кровли камер на весь срок службы рудника. Средняя длина целиков – 10 м, ширина – 5 м.

Спустя 10 лет после начала эксплуатации рудника в поддерживающих целиках появились трещины, началось заколообразование в стенках и пучение в почве камер. Так как магистральные конвейера предназначены для обслуживания рудника на весь срок его службы, то встал вопрос о разработке комплекса мер для обеспечения устойчивого состояния камер приводов магистральных конвейеров.

Исследования, выполненные сотрудниками ГИ УрО РАН в 1993 году, показали, что целики, расположенные в западной камере приводов, находятся в удовлетворительном состоянии и опасений не вызывают. Целики, расположенные в камере приводов конвейеров восточного направления, особенно целик № 1, разрушаются. Со всех трех сторон данного целика наблюдаются открытые трещины с шириной раскрытия 1–2 см, имеющие различную ориентацию, имеются также многочисленные отслоения породы. В камерах управления приводами наблюдается пучение почвы, достигающее 0,6–0,8 м. Для обеспечения устойчивости камер был разработан комплекс мероприятий, включающий создание разгрузочных щелей в почве, установку рамной крепи над конвейерными стовами для обеспечения устойчивости кровли выработок, укрепление целика № 1 железобетонными штангами (из канатов диаметром 25 мм) по сетке 1,0×1,0 м для стабилизации их несущей способ-

ности. Повторные исследования, выполненные в 2003 году, показали, что поддерживающие целики в восточной камере приводов продолжают разрушаться. Для оценки степени устойчивости кровли камер приводов проведен комплекс экспериментальных геомеханических исследований состояния поддерживающих целиков, включающий оценку степени нарушенности приконтурного массива, определение деформационных свойств пород в массиве и величины напряжений, действующих в целиках.

Измерения проводились на трех замерных участках: в средней части целиков № 1 и 2, а также (для сравнения) в краевой части ненарушенного массива. При выполнении экспериментов в каждой замерной точке бурились по 2–3 шпура диаметром 42 мм и глубиной 1,5–2,5 м. Оценка деформационных свойств пород приконтурного массива производилась путем нагружения контрольного участка шпура гидравлическим деформометром.

Комплект аппаратуры (рис. 2) включал: зонд (гидравлический датчик) (1); трубопровод (2), соединяющий датчик с регистрирующей аппаратурой; образцовый манометр (3); вентильные устройства (4); пресс-расходомер (5), обеспечивающий создание рабочего давления в автономной гидросистеме и регистрацию изменения количества жидкости в камере расходомера; ручной насос (6) для быстрого заполнения жидкостью гидросистемы и создания в ней начального давления.

Деформирование пород в окрестности шпура осуществлялось изменением давления в гидравлическом датчике, помещенном в шпур. Измерения производились в нескольких точках по глубине шпура. В процессе эксперимента фиксировались давление в гидросистеме и расход жидкости. По результатам экспериментов на каждой точке измерения с учетом тарировочного графика строились диаграммы «давление – объем рабочей жидкости».

Приращения деформаций в единичном интервале нагружения рассчитывались по формуле [1, 2]:

$$\Delta \varepsilon_{\Theta_i} = (k_1 \cdot \Delta V_i) / (2\pi \cdot l_g \cdot R^2),$$

где k_1 – коэффициент влияния базы измерений; ΔV – приращение объема рабочей жидкости; R – радиус шпура; l_g – база измерений (длина датчика).

При использовании гидравлических датчиков типа ГД-6М – $k_1=1,7$, $l_g=0,2$ м.

Радиальные напряжения на поверхности скважины рассчитывались по измеряемому давлению:

$$\Delta \sigma_{r_i} = 0,95 \Delta P_i.$$

Типичная диаграмма «напряжение-деформация» представлена на рис. 3. Расчет модуля деформации пород, вмещающих скважину, выполнялся согласно соотношения [1]:

$$D = 2(1 + \nu) \cdot \sigma_r / 2\varepsilon_{\Theta} .$$

Обобщенные результаты исследований приведены на рис. 4. Исследования показали, что на всех участках в приконтурном слое пород отмечается снижение деформационных свойств пород. Вместе с тем, если для массива с удалением от контура выработки сохраняется достаточно стабильный характер изменения модуля деформации при относительно высокой его величине (порядка 1 ГПа), то для пород приконтурного слоя поддерживающих целиков имеет место значительная вариация деформационных свойств во всем интервале измерений. Среднее значение модуля деформации пород целика № 1 составило 0,35 ГПа, что в 3 раза ниже, чем в краевой части массива. В целике № 2 этот показатель несколько выше – 0,7 ГПа.

Полученные результаты свидетельствуют о существенном снижении механических свойств материала поддерживающих целиков. Породы приконтурного слоя целика № 1 находятся на стадии запредельного деформирования и характеризуются низкими деформационными свойствами. Несущая способность целика № 1 практически полностью исчерпана. Устойчивость кровли камеры приводов обеспечивается только за счет своевременной установки рамной крепи. Обследование закрепного пространства подтвердило, что крепь вступила в работу. Забутовка из круглого леса смята на 15–20 %.

Литература

1. Руководство по оценке состояния и свойств угольного массива скважинными гидравлическими датчиками.– Новосибирск.: ИГД СО РАН, 1978.
2. Аксенов В. К., Штейн М. Ш., Федоренко В. К. К определению физико-механических характеристик и напряжений в массиве горных пород. // ФТПРПИ.– 1976.– № 1.

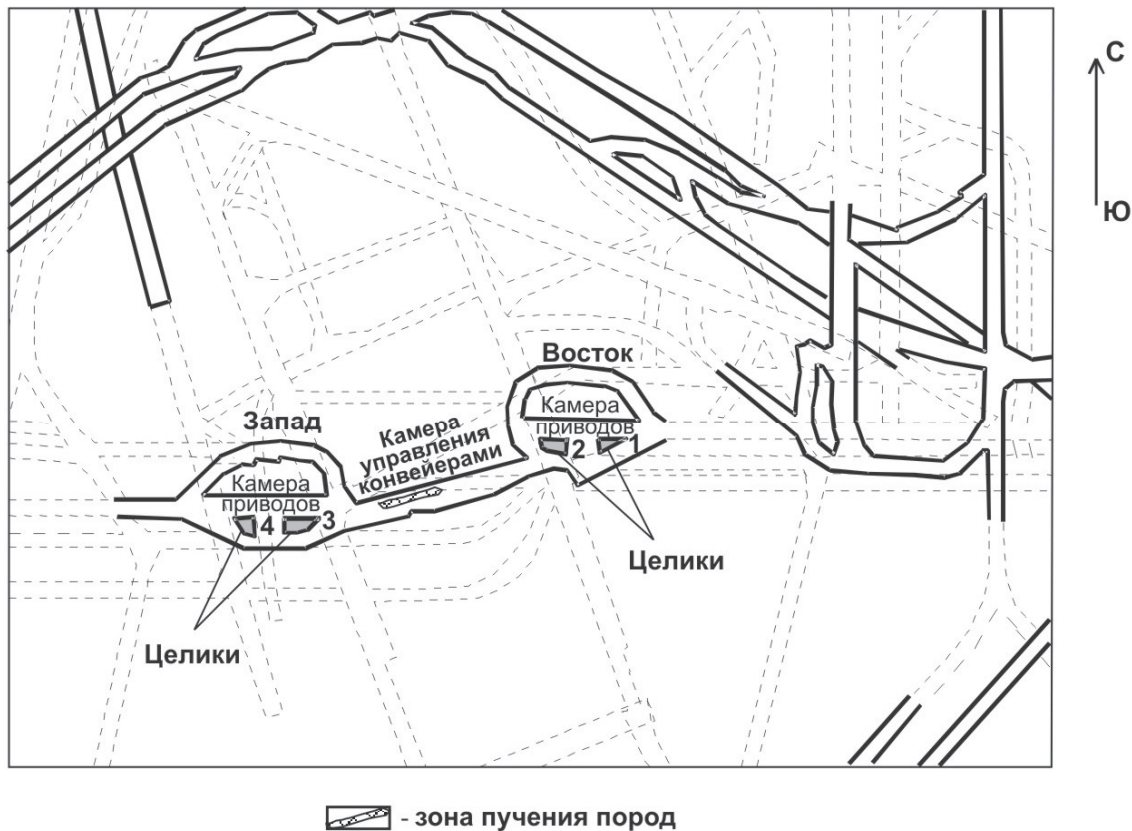


Рис. 1. Схема расположения камер приводов магистральных конвейеров

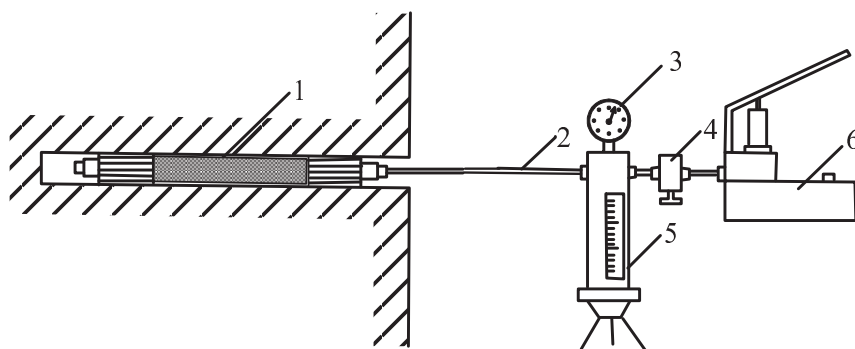


Рис. 2. Комплект оборудования для определения деформационных свойств массива:

*1 – гидродатчик; 2 – трубопровод; 3 – образцовый манометр;
4 – вентиль; 5 – пресс-расходомер; 6 – ручной насос*

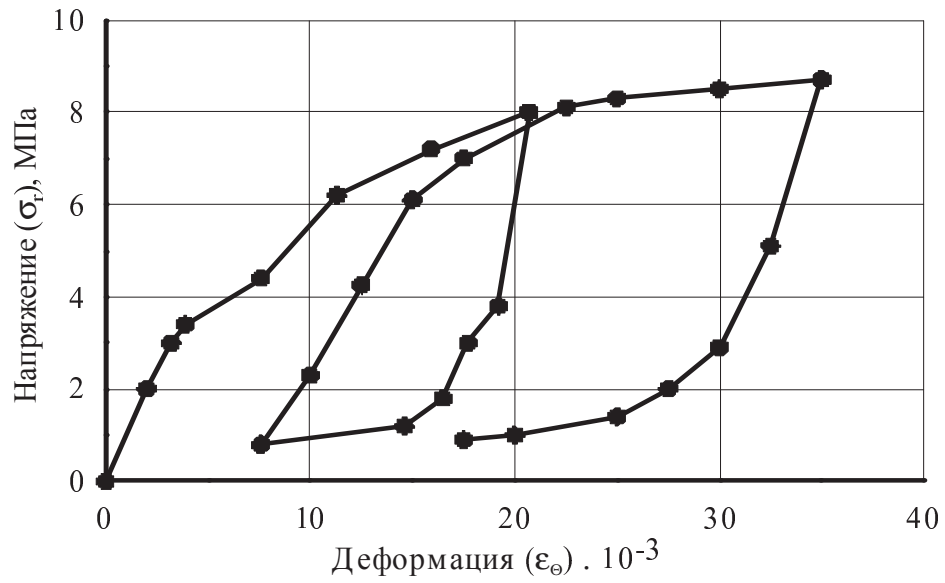


Рис. 3. Типичная диаграмма «напряжение-деформация», полученная при испытании пород околоспурового пространства

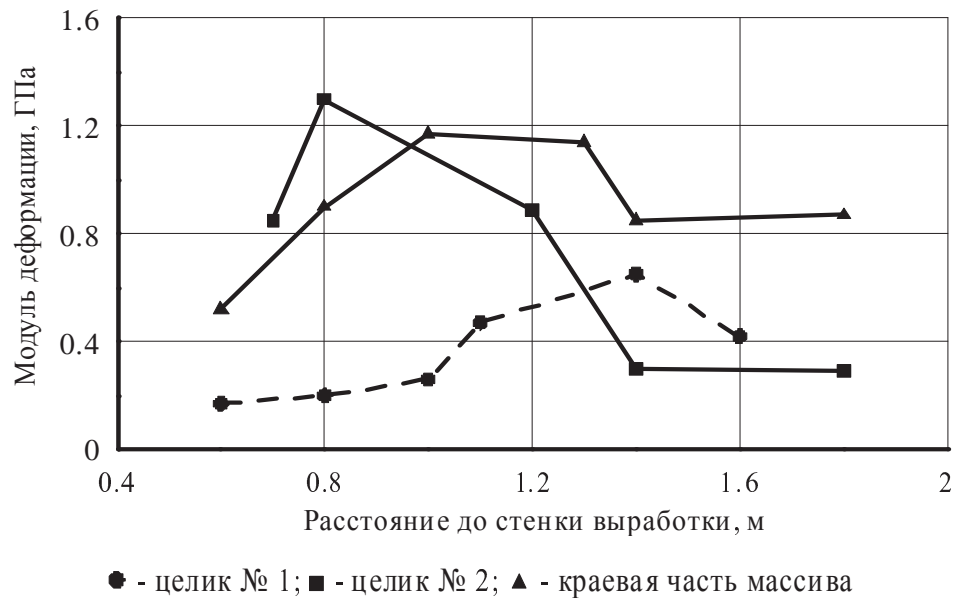


Рис. 4. Графики изменения модуля деформации пород приконтурного массива в зависимости от расстояния до стенки выработки