

6
А67

и 14

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ КАЗАХСКОЙ С С Р

КАРАГАНДИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

Аспирант Г.А. НЕСТЕРОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ТОЛЩИ ПОРОД КАРАГАНДИНСКОГО БАСЕЙНА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ
РАСЧЕТА ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ

(диссертация написана на русском языке)

специальность 05.311 - "Подземная
разработка и эксплуатация угольных, руд-
ных и нерудных месторождений "

А в т о р е ф а т
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

г. Караганда

- 1971 -

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ КАЗАХСКОЙ ССР

КАРАГАНДИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ.

На правах рукописи.

Аспирант Г.А. НЕСТЕРОВ.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ТОЛЩИ ПОРОД КАРАГАНДИНСКОГО БАСЕЙНА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ
РАСЧЕТА ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ.

(диссертация написана на русском языке)

специальность 05.311 - "Подземная разработка
и эксплуатация угольных, рудных и нерудных
месторождений"

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук.

г. Караганда

-1971-

Центральная научная

Работа выполнена в институте математики и механики АН Кав.ССР и в Казахском филиале Всесоюзного научно-исследовательского института горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ).

Научные руководители: академик АН Кав.ССР, заслуженный деятель науки, профессор, доктор технических наук
И.С.Ержанов.

Доцент, кандидат технических наук
Ю.А.Векслер.

Официальные оппоненты: профессор, доктор технических наук
И.Л.Черняк.

Доцент, кандидат технических наук И.И. Попов

Ведущее предприятие - Комбинат Карагандауголь.

Автореферат направлен "16" октября 1971 г.

Защита диссертации состоится "25" ноября 1971 г на заседании Ученого Совета Карагандинского политехнического института.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Отзыв просим направлять в двух экземплярах по адресу: Караганда, 470041, Бульвар-Мира, 56.

Ученый секретарь Совета,
кандидат технических наук

Н.Ф.ГРАЩЕНКОВ.

В В Е Д Е Н И Е

Повышение интенсивности и экономической эффективности разработки угольных месторождений выдвигает в число актуальных вопросов научно-технического прогресса ряд задач горного дела, относящихся к расчету устойчивости горных выработок различного назначения, управлению горным давлением в связи с переходом добычных работ на большие глубины, определению параметров систем разработки в условиях механизации и автоматизации основных технологических процессов.

Решение подобных вопросов должно базироваться на знании и использовании закономерностей движения массива горных пород, во многом обусловленном проявлением ползучести, представляющим собой релаксационное явление.

Разработанная И.С. Ержановым теория ползучести горных пород открыла широкие перспективы теоретического обоснования инженерных методов оценки влияния времени на прочность и устойчивость горных выработок и других подземных сооружений, а также на процесс сдвижения подработанной толщи.

Как известно, параметры ползучести, фигурирующие в физических уравнениях связи этой теории, находятся из опыта. Отсюда очевидна необходимость экспериментального исследования закономерностей временного деформирования горных пород как в лабораторных условиях - на породных образцах, доставляемых из горных выработок, так и в натуральных условиях - путем непосредственного измерения смещений горных пород в выработках или на земной поверхности, подработанных очистными работами.

Надежность полученных результатов будет гарантирована, если эти параметры получать одновременно в лабораторных и натуральных (шахтных) условиях, тогда численные их значения могут быть уверенно использованы при решении конкретных задач проблемы горного давления.

За
диссертацию

Настоящая работа посвящена натурному исследованию реологических свойств толщи горных пород Карагандинского бассейна, проявляемых в смещении горных пород вокруг подземных выработок и земной поверхности над очистными работами. Полученные параметры использованы для решения задачи о расчете сдвижений пород в окрестности очистной выработки.

В реферируемой работе решены следующие задачи:

1. Исследованы релаксационные процессы в массиве вокруг горизонтальных выработок вне зоны влияния очистных работ с учетом разрушения горных пород;
2. Исследованы релаксационные процессы с учетом разрушения в толще горных пород над очистной выработкой по данным наблюдений за оседанием земной поверхности;
3. Применение полученных результатов для расчетов методом натуральных параметров:
 - а) смещений и напряжений в окрестности очистной выработки;
 - б) сдвижений горных пород и земной поверхности при выемке пластов угля с закладкой выработанного пространства.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и приложения. Последнее представлено таблицами, содержащими опытные данные натуральных и лабораторных исследований.

Глава I. ОБЪЕКТ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Объектом исследования был выбран Промышленный участок Карагандинского бассейна, угленосная толща которого представлена аргиллитами (22%), алевролитами (8%), песчаниками (65%) и камелинными углями (7%).

Разработка угольных пластов в Карагандинском бассейне связана с определенными трудностями перехода добычных работ на глубокие горизонты и выемкой угля под застроенными

территориями, когда горное давление и сдвигание горных пород приводит к деформированию подземных и поверхностных сооружений, к потере их устойчивости и разрушению. Очень важным становится вопрос изучения деформаций горных выработок и земной поверхности под влиянием подземных разработок, развития их во времени и влияния на статическую работу сооружений.

Сводные результаты изучения деформаций массивов пород и их взаимодействие с горными выработками свидетельствуют о несомненной реологической природе проявлений неустановившегося горного давления.

Ползучесть осадочных горных пород, согласно упомянутой теории, описывается ядром наследственности

$$L(t, \tau) = \delta(t - \tau)^{-\alpha} \quad (1)$$

интегрального уравнения

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma}{E} \left[1 + \int_0^t L(t, \tau) d\tau \right], \quad (2)$$

где α , δ - параметры ползучести, $0 < \alpha < 1$; параметр δ имеет размерность "время в степени $\alpha - 1$ "; E - модуль упругости

Эти параметры характеризуют релаксационные процессы и определяются путем изучения закономерностей поведения породных образцов под нагрузкой в разных режимах нагружения. Однако, численные их значения, устанавливаемые в лабораторных условиях, не отражают в достаточной мере условий естественного залегания горных пород. Поэтому необходимые для расчетов натурные их значения устанавливают по результатам непосредственного измерения смещений точек горного массива. При этом, решая соответствующую задачу теории ползучести горных пород и вводя в получаемый результат данные такого измерения, находят искомые значения параметров ползучести массива.

Этот метод определения натуральных параметров ползучести горных пород в комплексе с лабораторными испытаниями впервые изложен А.С. Ермановым. В дальнейшем он использован И.Л.Черняком, В.П. Матвеевой, Ю.З. Заславским и А.Н.Зориним, К.П. Шкуриной, Г.И. Гуменюком и другими авторами.

Толкование результатов натуральных наблюдений и расчеты неустановившегося горного давления, изложенные в диссертационной работе, основаны на теории ползучести горных пород с привлечением метода натуральных параметров ползучести.

Глава II. РЕЛАКСАЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ В МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД.

Для изучения процесса деформирования горных пород были заложены наблюдательные станции в горных выработках некоторых шахт Карагандинского бассейна. Они представлены сериями реперов конструкции ВНИМИ, располагающимися по контуру выработки в специально пробуренных шпурах на глубину до 6 м. Наблюдательные станции устанавливались на расстоянии 5-14 м от движущегося забоя штрека. После установки были организованы систематические наблюдения за перемещением реперов во времени.

Характерные графики сдвижения пород в окрестности горизонтальной горной выработки приведены на рис. I (а - в кровле и б - в боках штрека).

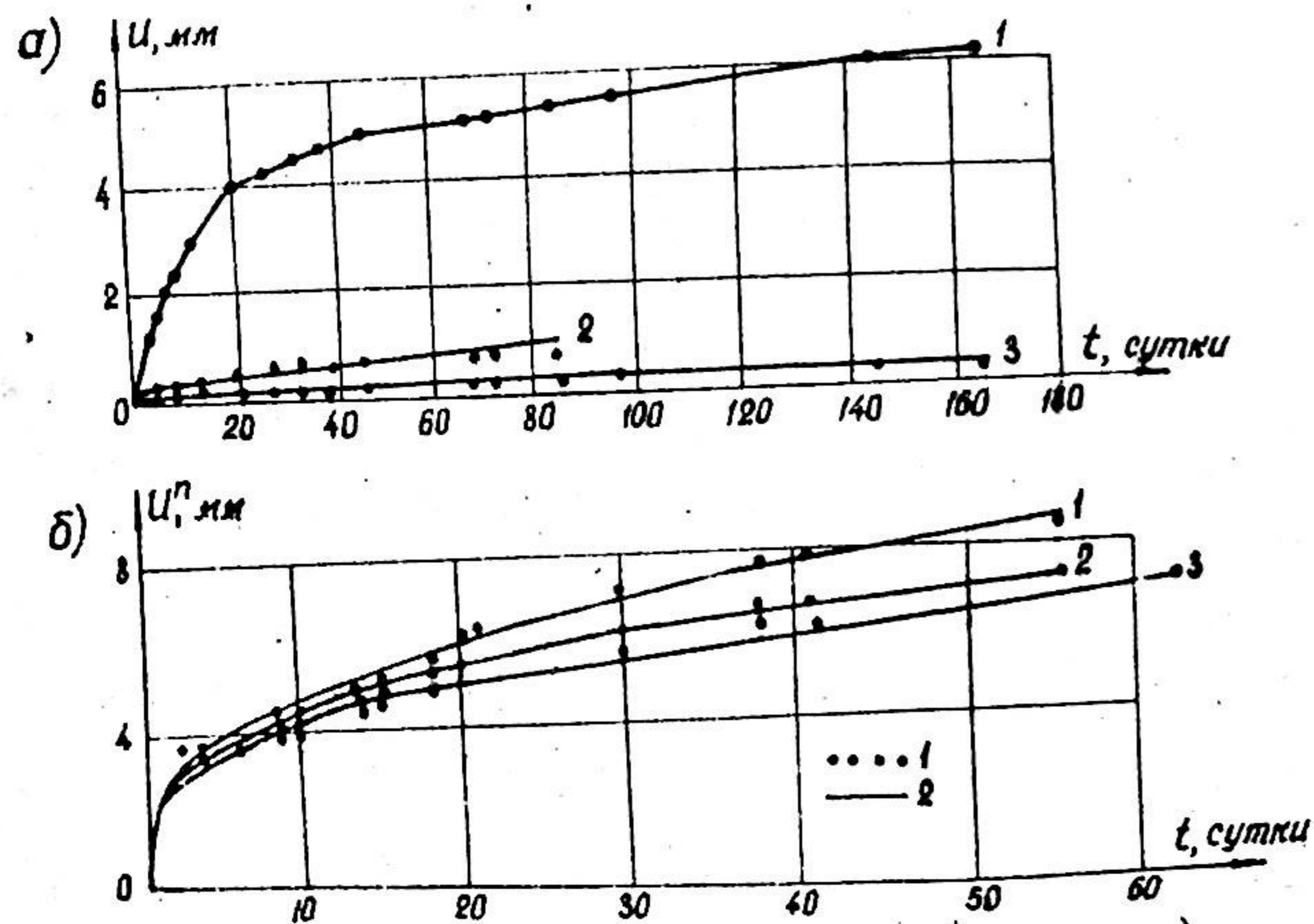


Рис. I (1 - опытные данные, 2 - аппроксимация).

Установлено, что максимальные смещения пород происходят, в основном, в первые 30-40 суток после обнажения, а затем наступает период их стабилизации. Наибольшие смещения наблюдаются у контура выработки (рис. I), по мере удаления в глубь массива они затухают. Вокруг выработки образуется зона с растягивающими деформациями, величина которой составляет 4-6 м.

Деформации, наиболее сильно проявляющиеся у контура выработки, могут привести со временем к разрушению массива. Размер зоны разрушения в кровле выработки составляет 2 - 2.5 м. Выше этой зоны вероятность разрушения уменьшается и смещения обусловлены лишь ползучестью. Радиальные смещения пород в таком случае могут быть определены известным выражением

$$U^n = \frac{\gamma H R^2}{2 E \epsilon} \left\{ \frac{3}{2} [2 + (1-\lambda) \left(1 - \frac{R^2}{r^2}\right)] \frac{\delta t^{1-\alpha}}{1-\alpha} + (1-2\gamma)^2 (1-\lambda) [1 - \exp\{- (1-\alpha)^{-1} \delta \Gamma (1-\alpha) t^{1-\alpha}\}] \right\}; \quad (3)$$

где: R - радиус выработки; r - расстояние от центра выработки до рассматриваемой точки массива; H - глубина заложения выработки; γ - объемный вес массива; λ - коэффициент бокового давления; Γ - коэффициент Пуассона; δ - коэффициент бокового давления; t - продолжительность смещений.

В предположении распределения напряжений, близким к гидростатическому, когда $\lambda = 1$, выражение (3) примет вид

$$U^n = \frac{3\gamma H R^2}{2 E \epsilon} \frac{\delta}{1-\alpha} t^{1-\alpha} \quad (4)$$

Из выражения (4) определены натуральные значения параметров ползучести ядра (I) (таблица I).

Таблица 1

№ шахты	Породы	модуль упругости, Е, кг/см ²	Козф. Пуассона, ν	Расст. от центра выроб.	Параметры ползучести	
					α	$\delta, \text{сек}^{\alpha-1}$
3I	Песчаник	1.77×10^5	0.16	3.95	0.735	0.0052
				5.95	0.694	0.0034
среднее					0.714	0.0043
4	Песчаник	1.5×10^5	0.2	2.0	0.660	0.0022
				3.2	0.800	0.0094
				4.7	0.720	0.0053
				6.2	0.705	0.0053
среднее					0.720	0.0055
10I	Песчаник	1.07×10^5	0.196	4	0.600	0.004
				Алевролит	1.27×10^5	0.21

Для сравнения натуральных параметров с лабораторными проведены испытания породных образцов на ползучесть при поперечном изгибе.

Всего было испытано 22 образца при нагрузках 20-70% от среднеразрушающих. Эти опыты показали, что процессы ползучести подчиняются линейному закону деформирования и достаточно полно описываются уравнением вида (2) со степенным ядром (1).

Найденные значения лабораторных параметров ползучести сведены в таблицу 2.

Таблица 2

шифр образца	по образцам		параметры ползучести среднее по породе	
	α	$\delta, \text{сек}^{\alpha-1}$	α	$\delta, \text{сек}^{\alpha-1}$
I	2	3	4	5
Алевролит				
10I-A-2	0.811	0.0055	0.788	0.0039
10I-A-4	0.726	0.0023	0.768	0.0039
Мелкозернистый песчаник				
10I-4-2Б	0.698	0.0058		
10I-5-2Б	0.866	0.0014		
10I-2-1Б	0.864	0.0069		
10I-2-2Б	0.759	0.0046		
10I-3-2Б	0.785	0.0051	0.789	0.0049
10I-4-3А	0.795	0.0056		
Мелкозернистый песчаник				
8-3-1Б	0.660	0.0072		
8-2-2а	0.670	0.0013		
8-1-1Б	0.730	0.0031	0.728	0.0042
8-3-3а	0.793	0.0053		
8-2-3а	0.786	0.0039		
Среднезернистый песчаник				
4-1-1	0.705	0.0103		
4-3-1	0.701	0.0085		
4-8-2	0.750	0.0051	0.739	0.0083
4-4-1	0.756	0.0117		
4-7-1	0.787	0.0091		
4-5-1	0.736	0.0052		
Среднезернистый песчаник				
3I-2-1	0.708	0.0041		
3I-3-2	0.722	0.0029	0.737	0.0037
3I-4-2	0.780	0.0045		

Результаты испытаний показали, что натурные и лабораторные значения параметров ползучести близки и могут быть использованы для оценки влияния времени на напряженно-деформированное состояние горных выработок.

Для определения смещений точек контура выработки, обусловленных не только ползучестью, но и разрушением (разрыхлением) массива, вводится коэффициент, определяемый из выражения

$$K_1 = \frac{u^c - u^n}{u^n}, \quad (5)$$

где u^c — фактическое смещение; u^n — смещения вследствие ползучести.

Анализ данных натуральных наблюдений позволил установить, что значения этого коэффициента не постоянны и изменяются во времени. Зависимость K_1 от времени наблюдений имеет вид:

$$K_1 = at^{-\beta} \quad (6)$$

Величины a и β оказались зависящими от параметров ползучести

$$a = m\delta^{-1}, \quad \beta = \alpha - 1, \quad (7)$$

где m — некоторый коэффициент, постоянный для данных условий.

Суммарное смещение точек контура выработки определяется выражением

$$u = u^n(1 + K_1) \quad (8)$$

где смещения из-за ползучести u^n определены выражениями (3) и (4).

Показана возможность расчета податливости крепи горизонтальной выработки для конкретных горнотехнических условий.

Глава III. РЕЛАКСАЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ТОЛЩЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Механические процессы, происходящие в толще горных пород при ее подработке, обусловлены проявлением ее ползучести и разрушения.

Результаты наблюдений за движением земной поверхности на шахтах Карагандинского бассейна позволили установить основные факторы, влияющие на процесс движения горных пород и земной поверхности.

К ним относятся: геометрические параметры заложения очистной выработки;
физико-механические свойства горных пород;
технология добычи и др.

Сдвигание подработанной толщи характеризуется формированием в массиве трех зон с различной степенью деформирования и нарушенности. Это — зона разрушения, зона трещин и зона плавного прогиба, где строение и сплошность пород сохраняются.

Для описания поведения пород в зоне плавного прогиба, где породы сохраняют свои свойства, применимы методы механики сплошной среды. Зависимость смещений точек земной поверхности от реологических свойств надугольной толщи впервые показана Ж.С. Ержановым и им определены натурные значения параметров ползучести толщи для условий Донецкого бассейна.

Анализ характера процесса сдвижения горных пород и земной поверхности по данным инструментальных наблюдений в Карагандинском бассейне показал, что сдвигание точек земной поверхности в краевых частях мульды сдвижения подчиняется аналогичной зависимости (при $\alpha = 0.7$):

$$10\delta t^{0.3} - (1-2\nu)^2 \exp(-2.1\delta t^{0.3}) + \frac{4E_p}{\sigma} [1 + (\frac{a}{R} \cdot \text{ctg} k)^2] - 4\gamma + 5 = 0, \quad (9)$$

где a — длина лавы, м; k — угол сдвижения; ρ — величина оседания земной поверхности в точке пересечения лучей углов сдвижения с линией поверхности, м; t — продолжительность процесса сдвижения, сек.

Результаты определений натуральных значений параметра δ по формуле (9) помещены в таблице 3. Для сравнения в этой же таблице приведены лабораторные его значения для пород Карагандинского бассейна по данным Г.Н. Гуменюка.

Эти данные указывают на достаточную близость натуральных и лабораторных значений параметра ползучести δ . Однако, выражение (9) удовлетворяет условиям на границе мульды сдвига - в зоне неопасных сдвигов. Для точек, расположенных ближе к центру мульды сдвига, смещения, рассчитанные по формуле (9), имеют меньшее значение, чем наблюдаемые. Это происходит из-за неучета вынимаемой мощности пласта и разрушения пород в его кровле.

Величина разрушения также может быть оценена некоторым коэффициентом, определяемым из эксперимента:

$$K_2 = \frac{\varphi_c - \varphi_n}{\varphi_n}, \quad (10)$$

где φ_c - фактическое смещение; φ_n - смещение вследствие ползучести, определяемое по формуле (9)

Анализ данных инструментальных наблюдений за сдвижением земной поверхности показывает, что значения коэффициента K_2 изменяются по профилю мульды сдвига и его величина для точек мульды сдвига может быть определена из выражения

$$K_2(x) = \left[\left(1 - \frac{x}{L} \right) \exp\left(\frac{x}{L}\right) \right]^4, \quad (11)$$

где x - расстояние от центра мульды сдвига до точки; L - длина полумульды

Таблица 3

Шахта, трест	№ стан- ции	Средняя дли- на на глубина разра- ботки, м	Средняя дли- на на глубина разра- ботки, м	Соотношение сланцев и песчани ков	Углы сдвига			Величина со- седания со- сторонней мульды		параметры, ползучести, δ сек.	
					$\beta_{\text{ср.м.}}$	$\gamma_{\text{ср.м.}}$	β	δ	натур- ный	лабора- торный	
											6
№ 1-Вертикальная, уголь	71	280	230	0.50	75	-	69	-	0.0034	0.0046	
№ 2, Октябрьуголь	78	230	200	2.20	75	-	33	-	0.0033	0.0050	
№ 12, Кировуголь	76	112	141	1.10	75	-	21	-	0.0055	0.0048	
№ 1-Вертикальная, уголь	92	320	300	2.00	75	-	90	-	0.0038	0.0049	
№ 1-Вертикальная, уголь	80	280	250	2.20	74	-	64	-	0.0054	0.0050	
№ 38, Ленинуголь	81	196	206	1.00	67	-	46	-	0.0043	0.0048	
№ 3-бис, Кировуголь	75	212	150	1.50	65	-	38	-	0.0047	0.0048	
№ 18, Октябрьуголь	43	204	126	1.00	63	-	17	-	0.0046	0.0048	
№ 18, Октябрьуголь	4	70	105	1.00	65	-	10	-	0.0158	0.0048	
№ 18, Октябрьуголь	6	80	114	1.00	63	-	30	-	0.0166	0.0048	
№ 3, Кировуголь	9	196	142	0.65	69	-	40	80	0.0130	0.0045	
№ 38, Ленинуголь	81	112	206	1.00	-	-	-	25	0.0054	0.0048	
№ 12, Кировуголь	76	112	141	1.00	82	-	-	-	0.0055	0.0048	
№ 38, Ленинуголь	77	145	234	0.69	84	-	-	40	0.0050	-	

Результаты натурных исследований процесса сдвига позволили определить зависимость коэффициента K_2 от размера очистной выработки (a), глубины работ (H) и снимаемой мощности пласта (h) в виде:

$$K_2 = \frac{677H}{a} \left(\frac{h}{a}\right)^{1,223} \quad (12)$$

Полное оседание земной поверхности, обусловленное ползучестью и разрушением толщи, может быть найдено из выражения:

$$\eta_c = \eta_n(1 + K_2), \quad (13)$$

где η_n — определено по формуле (9)

Глава IV. РАСЧЕТ СДВИЖЕНИЯ ПОРОД В ОКРЕСТНОСТИ ОЧИСТНОЙ ВЫРАБОТКИ

Формирование зоны разрушения в окрестности очистной выработки происходит с течением времени и предопределяет характер процесса сдвига земной поверхности.

С целью изучения характера деформирования пород в окрестности очистной выработки произведено аналитическое исследование сдвижений пород. Рассмотрена очистная выработка эллиптической формы, проведенная в однородном изотропном массиве (рис. 2). Функция, конформно отображающая внешность эллипса на внешность единичного круга, имеет следующий вид:

$$Z = \omega(\zeta) = R\left(\zeta + \frac{m}{\zeta}\right),$$

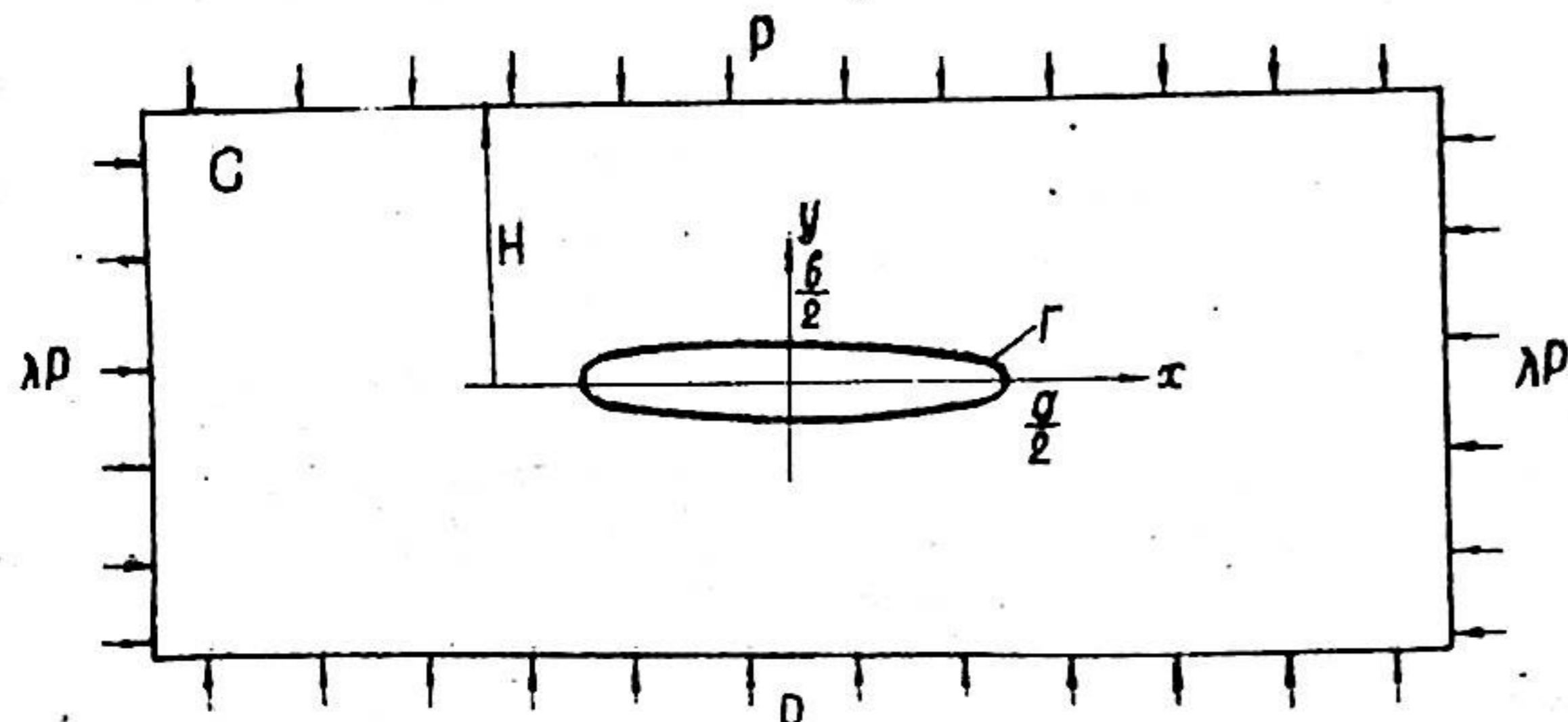


Рис. 2

где $Z = x + iy$ — координата в плоскости выработки; $\zeta = \rho e^{i\alpha}$ — координата в плоскости единичного круга;

$$m = \frac{a-b}{a+b}, \quad a \text{ и } b \text{ полуоси эллипса.}$$

Функции напряжений Г.В. Колосова — Н.И. Мусхелишвили имеют вид

$$\varphi(\zeta) = -\frac{x + iy}{2\pi(1+\kappa)} \ln \zeta + R\Gamma\zeta + \psi_0(\zeta) \quad (15)$$

$$\psi(\zeta) = \frac{\kappa(x - iy)}{2\pi(1+\kappa)} \ln \zeta + R\Gamma'\zeta + \psi_0(\zeta)$$

Вдось x, y — проекции на оси x и y главного вектора сил, приложенных к контуру выработки. В случае отсутствия крепи $\kappa = 0$ и $\kappa = 3-4$, где ν коэффициент Пуассона. Γ, Γ' — постоянные, зависящие от напряжений на бесконечности.

$$\Gamma = \frac{1}{4}(\sigma_x + \sigma_y), \quad \Gamma' = -\frac{1}{4}(\sigma_x - \sigma_y)e^{-2i\alpha}, \quad (16)$$

где α — угол между осью x и направлением σ_x .

Функции $\varphi(\zeta)$ и $\psi(\zeta)$ для наших условий имеют вид

$$\varphi(\zeta) = \frac{\gamma H R}{4} \left[(1+\lambda) \left(\frac{1}{\zeta} + m\zeta \right) - 2\zeta(1-\lambda) \right], \quad (17)$$

$$\psi(\zeta) = \frac{\gamma H R}{2} \left[(1-\lambda) \left(\frac{1}{\zeta} + \frac{\zeta^3 + m\zeta}{m\zeta - 1} \right) + \frac{m^2 + 1}{m\zeta - 1} \zeta(\lambda + 1) \right]$$

По найденным значениям $\varphi(\zeta)$ и $\psi(\zeta)$ определены по известным формулам теории упругости компоненты напряжений и перемещений элементарных объемов в окрестности выработки.

Расчеты выполнены на ЭВМ "Минск - 22"; получены выражения для упругих вертикальных и горизонтальных перемещений в виде:

$$\frac{v}{b} = \frac{[1+0,02(1-\lambda)] \frac{q}{8} \gamma H (1-\nu^2)}{E}, \quad (18)$$

$$\frac{u}{b} = \frac{13,5(\lambda-0,926) \gamma H (1-\nu^2)}{E}$$

В выражении (18) для учета фактора времени произведена замена упругих констант E и ν временными операторами, после чего выражение (18) имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{v}{b} &= \frac{[1+0,02(1-\lambda)] \frac{q}{8} \gamma H (1-\bar{\nu}^2)}{E} = \\ &= [1+0,02(1-\lambda)] \frac{q}{8} \gamma H \left\{ \frac{5-4\nu}{4E} - \frac{(1-2\nu)^2}{4E} \exp[-\omega \delta t (1-\alpha)] t^{1-\alpha} \right\} + \frac{3\delta t^{1-\alpha}}{4E(1-\alpha)}, \\ \frac{u}{b} &= \frac{13,5(\lambda-0,926) \gamma H (1-\bar{\nu}^2)}{E} = \\ &= 13,5(\lambda-0,926) \gamma H \left\{ \frac{5-4\nu}{4E} - \frac{(1-2\nu)^2}{4E} \exp[-\omega \delta t (1-\alpha)] t^{1-\alpha} \right\} + \frac{3\delta t^{1-\alpha}}{4E(1-\alpha)}. \end{aligned} \quad (19)$$

Анализ решения показал, что наибольшие смещения наблюдаются на контуре выработки, с удалением в глубь массива происходит их затухание. При дальнейшем удалении от контура вновь происходит рост смещений.

По характеру смещений определена граница в окрестности выработки с нулевыми деформациями, зона растяжения. Величина этой зоны (ρ) увеличивается со временем и зависит от размера выработки и коэффициента Пуассона.

$$\rho = 2,33a \left[0,466 - \frac{1-2\nu}{2} \exp(-2,1\delta t^{0,5}) \right] \quad (20)$$

Результаты проведенных исследований позволяют оценить влияние реологических свойств горных пород на смещения и деформации массива под влиянием очистных работ, установить величину зоны растяжения, а следовательно, и границы распространения разрушения пород.

Полученные выражения для смещения контура выработки во времени использованы при разработке допустимых условий выемки предохранительного целика под заводом им. Пархоменко. Произведен расчет параметров системы разработки с учетом коэффициента усадки закладочного материала. Реализация рекомендаций в этом случае позволит дополнительно извлечь 650 тыс. тонн угля и избежать потери государственных средств на сумму около 1.5 млн. рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование релаксационных процессов в окрестности горных выработок и в подработанной толще пород, выполненное на примере горнотехнических условий шахт Каргадинского каменноугольного бассейна, приводит к следующим выводам:

1. Шахтные инструментальные наблюдения вне зоны влияния очистных работ показывают, что деформации массива вокруг горизонтальной выработки обусловлены проявлением его свойств ползучести. Эти деформации могут быть рассчитаны на основе теории ползучести горных пород Ж. С. Ержанова. Замерные смещения точек контура выработки превышают смещения за счет ползучести - вследствие формирования зоны разрушения, величина распространения которой в глубь массива, как правило, имеет порядок радиуса выработки 2-3м. Для расчета полных смещений контура выработки вводится соответствующий коэффициент разрушения, величина которого устанавливается экспериментально.

2. Анализ результатов инструментальных наблюдений за сдвижением земной поверхности над очистной выработкой, также основанный по упомянутой теории ползучести

горных пород показал, что смещения точек на краю мульды движения происходят вследствие ползучести массива. Величины оседания этих точек позволяют определить натурные значения параметров ползучести. В зоне опасных движений мульды замерные смещения возрастают также за счет разрушения толщи пород. Для расчета оседания точек земной поверхности в этом случае вводится коэффициент разрушения, определяемый геометрическими параметрами элементов системы разработки.

3. Лабораторные испытания свойств ползучести при поперечном изгибе образцов наиболее представительных пород толщи показали, что безразмерный параметр ползучести (при ядре наследственности типа Абея) практически остается постоянным - не зависящим от вида горной породы. Величины другого параметра ползучести ближе его натурным значениям, рассчитанным по данным наблюдений за смещением точек в выработках и на земной поверхности.

4. Полученные натурные значения параметров ползучести использованы при определении смещений пород над очистной выработкой. С этой целью решена плоская задача теории ползучести для очистной выработки. Установлена зона растяжения пород, в пределах которой возможно их разрушение. Величина этой зоны в кровле пласта определяется размерами очистного забоя и параметрами упругости и ползучести.

5. Получено аналитическое выражение "эффективной" мощности пласта, позволяющее рассчитать оседание точек земной поверхности при ведении работ с закладкой выработанного пространства. Полученное выражение связывает геометрические парамет-

ры системы разработки (глубину, длину лавы, вынимаемую мощность) с физическими параметрами пород толщи и временем технологического процесса.

6. Приводится пример расчета деформаций и разрушения пород для условий Промышленного участка Карагандинского бассейна, показывающий различные стороны методики практического использования результатов проведенного исследования релаксационных процессов в толще горных пород, подверженной влиянию подземных выработок.

Материалы диссертационной работы докладывались на Всесоюзном координационном совещании по проблеме проектирования, строительства и защиты зданий и сооружений на подрабатываемых территориях (Донецк, 1971), на технических Советах комбината Карагандауголь и Ученом Совете ВНИМИ.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах автора:

1. Ползучесть осадочных горных пород (теория и эксперимент). Алма-Ата, "Наука", 1970 (совместно с Ж.С. Ержановым, А.С. Сагитовым, Ю.А. Векслером и Г.Н. Гуменюком).

2. Об оценке ползучести и разрушения подработанной толщи горных пород. В вестнике АН Каз.ССР, № 12, Алма-Ата, 1970, (совместно с Ж.С. Ержановым, Ю.А. Векслером)

3. Исследование зависимости параметров сдвижения от структурных особенностей и физико-механических свойств горных пород для составления "Единых правил охраны сооружений и уточнение методов расчета сдвижений и деформаций" Информационная карта 5/120 ЦНИЭИ угля, М. 1970.

