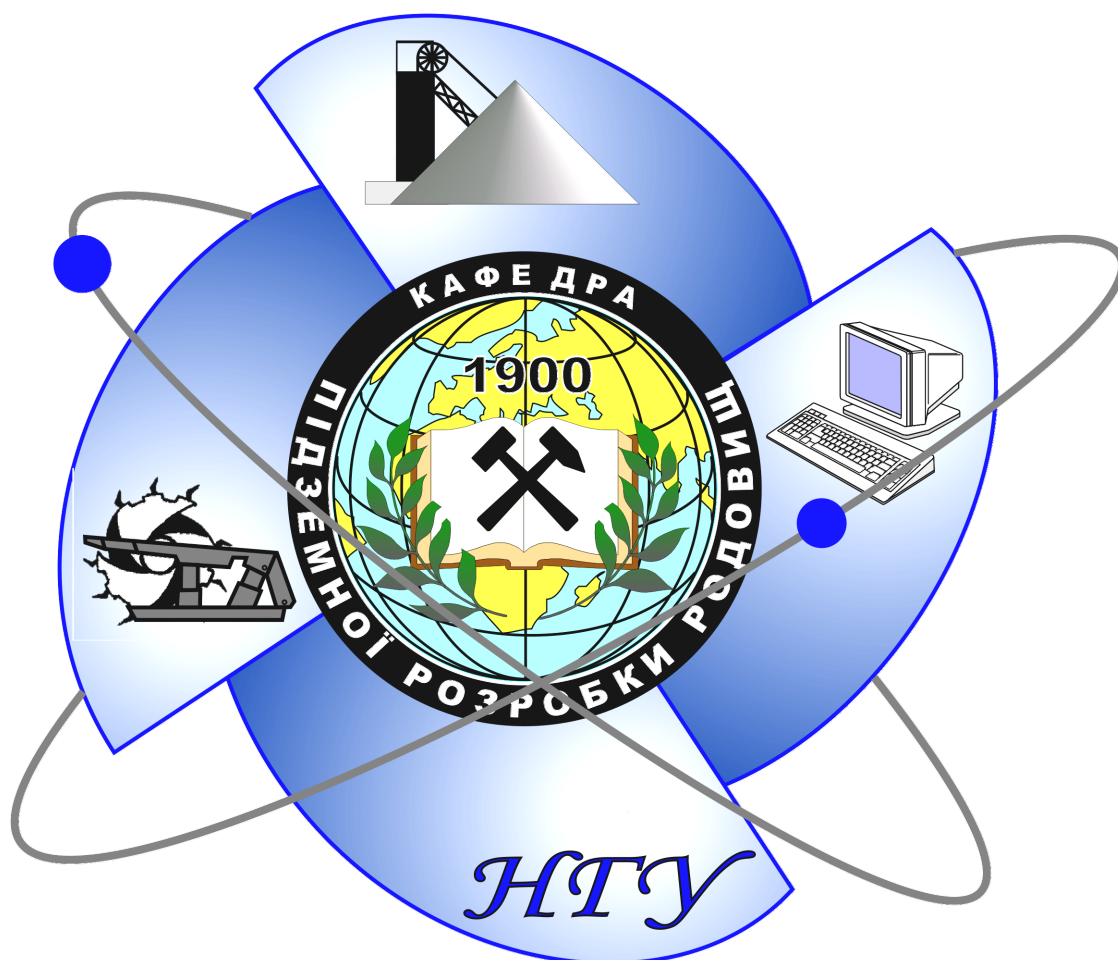


Министерство топлива и энергетики Украины
Министерство образования и науки Украины
Национальный горный университет

**МЕТОДИКА ПРОГНОЗА
ПЕРЕМЕЩЕНИЙ КОНТУРА КРЕПИ ВЫЕМОЧНОЙ
ВЫРАБОТКИ, РАСПОЛОЖЕННОЙ В СЛОИСТОМ
МАССИВЕ СЛАБЫХ ПОРОД**



Днепропетровск – 2008

Методика прогноза перемещений контура крепи выемочной выработки, расположенной в слоистом массиве слабых пород /Сост.: В.И. Бондаренко, И.А. Ковалевская, Г.А. Симанович, В.В. Фомичев, В.Н. Почепов, А.Р. Мамайкин. – Днепропетровск: НГУ, 2008. – 69 с. – На русском языке.

Методика разработана в Национальном горном университете на базе выполнения госбюджетной работы «Научные основы прогноза устойчивости выработок в мелкослоистом массиве с учетом прогрессивных систем разработки», в которой рассмотрена задача обеспечения надежной и безопасной эксплуатации подготовительных выработок за счет повышения достоверности прогноза проявления горного давления в неоднородном углевмещающем массиве слабых пород по всему контуру крепи выработки с учетом полных диаграмм деформирования каждого из элементов системы «слоистый массив-крепь выемочной выработки». При этом учтены основные позиции требований нормативных документов: устойчивость рамной крепи, условия безопасного прохода людей и движения транспортных средств. Для каждой из позиций получены уравнения регрессии входящих туда параметров, что позволяет в замкнутом виде на стадии проектирования прогнозировать состояние выемочной выработки вне зоны влияния очистных работ по основным условиям ее надежного функционирования в слоистом массиве слабых пород.

Методика является дополнением к действующим нормативным документам по выбору типовых поперечных сечений подземных горных выработок.

1 ОБЛАСТЬ И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1 Методика является дополнением к руководящему нормативному документу Минуглепрома Украины КД 12.01.01.201-98 «Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах. Методические указания» (Киев: УкрНИМИ, 1998. – 149 с.) и к методическим положениям «Инструкция по поддержанию горных выработок на шахтах Западного Донбасса» (СПб. – Павлоград: ВНИМИ – ЗДНПЦ «Геомеханика», 1994. – 95 с.) в части расчета эпюры перемещений контура крепи выработки при комплексной оценке ее эксплуатационного состояния.

1.2 Методика распространяется на горизонтальные и наклонные выемочные выработки, находящиеся в определенный период времени вне зоны влияния очистных работ, проводимые по угольному пласту с подрывкой пород кровли и почвы для условий шахт Западного Донбасса на глубинах до 600 м.

1.3 Методика предназначена для оценки проектных решений по выбору типовых сечений выработок, широко применяемых в условиях шахт Западного Донбасса:

– сечения с крепью КМП-А3-7,9...КМП-А3-18,3 (Сечения горных выработок, закрепленных металлической арочной крепью из взаимозаменяемого шахтного профиля (крепь АП). – Киев: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 256 с.; ТУ У 12.00185790.078-96. Крепи арочные податливые; ТУ У 12.00185790.083-98. Крепи металлические податливые арочные КМП-А);

– сечения с крепью КШПУ-9,5...КШПУ-17,7 (Сечения горных выработок, закрепленных металлической арочной шатровой крепью для условий шахт Западного Донбасса. – Днепропетровск: Фонды института «Днепрогипрошахт» (архивный № 188406), 1988. – 274 с.).

1.4 В горно-геологических и горнотехнических условиях, отличающихся от указанных, прогноз перемещений контура выработки и оценка ее эксплуатационного состояния должны производиться в соответствии с КД 12.01.01.201-98 «Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах. Методические указания» и «Инструкция по поддержанию горных выработок на шахтах Западного Донбасса».

1.5. Рекомендации настоящей методики предназначены для использования проектными организациями и техническими службами шахт Западного Донбасса при проектировании, строительстве и эксплуатации выемочных выработок вне зоны влияния очистных работ.

2 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1 Оценка эксплуатационного состояния выработки производится комплексно на основе сравнения прогнозируемой эпюры перемещений контура выработки с допускаемыми нормами конструктивной податливости крепи, минимально допустимыми зазорами и расстояниями при движении транспортных средств и прохода людей.

2.2 Для однозначного толкования координат точек отсчета прогнозируемых перемещений при проверке условий безопасной эксплуатации выработки расчет эпюры перемещений ее периметра производится относительно внутренней поверхности контура рамной крепи.

2.3 При изменении механических характеристик близлежащих породных слоев по длине выработки более, чем на 30% в соответствии с требованиями КД 12.01.01.201-98 расчет эпюры перемещений контура выработки и оценка ее эксплуатационного состояния должны производиться отдельно по соответствующим участкам длины выработки.

2.4 Прогноз эпюры перемещений контура выемочной выработки осуществляется за период ее функционирования до начала влияния

очистных работ.

2.5 Методика расчета эпюры перемещений контура выработки построена на результатах многофакторного компьютерного моделирования геомеханических процессов в окрестности пластовой выработки, сооружаемой в неоднородном слоистом массиве слабых горных пород со структурой и механическими характеристиками, соответствующими углевмещающей толще Западного района Донбасса.

2.5.1 Комплекс многофакторных вычислительных экспериментов выполнен на базе метода конечных элементов с помощью современных прикладных программ и их приложений: построение моделей – *Solid Works 2005*, расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) системы «слоистый массив – крепь подготовительной выработки» – *Cosmos Works, Desain-Star, Cosmos-M*.

2.5.2 Размеры пространственной геомеханической модели обоснованы из условия отсутствия на ее поверхностях влияния выработки на исходное негидростатическое состояние углевмещающей толщи и составляют: по вертикальной оси 80 м, по горизонтальной оси 60 м, вдоль выработки смоделировано 5 рам.

2.5.3 Структура близлежащего к выработке массива, где развиваются основные геомеханические процессы, представлена угольным пластом с диапазоном колебания его общей мощности 0,7...1,2 м, тремя породными слоями в кровле и двумя породными слоями в почве (рис. 2.1).

2.5.4 Поведение углевмещающего массива смоделировано по полной диаграмме деформирования породы и угля, включая стадии разупрочнения и разрыхления, которая характеризуется четырьмя параметрами: $\sigma_{сж_i}^{K,II}$ – предел прочности на одноосное сжатие; $(\sigma_{сж_i}^{K,II})^0 / \sigma_{сж_i}^{K,II}$ – относительная остаточная прочность породы (угля) на стадии разрыхления; $(E_i^{K,II})_{y.m}$ – условно-мгновенный модуль дефор-

мации; $M_i^{K,П} / E_i^{K,П}$ – относительный модуль спада на стадии разупрочнения (индексы «K» и «П» при параметрах обозначают кровлю или почву, индекс «i» = 1, 2, 3 – номер слоя, начиная от угольного пласта).

2.5.5 Моделирование геомеханических процессов в окрестности пластовой выработки выполнено с учетом потери сцепления по плоскостям напластований близлежащих породных слоев, как это наблюдается в шахтных условиях и подтверждено соответствующими расчетами.

2.5.6 Размещение выработки относительно угольного пласта выполнено с комбинированной подрывкой пород кровли и почвы. Смоделированы типовые сечения выработок с реальными геометрическими параметрами крепей КМП-А3 и КШПУ из спецпрофиля СВП, межрамного ограждения с железобетонной или деревянной затяжкой и забутованного закрепного пространства. Механические характеристики каждого из элементов паспорта крепления отражают полную диаграмму деформирования их материала.

2.5.7 Закономерности развития эпюры перемещений контура пластовой выработки получены на основе многофакторного корреляционно-дисперсионного анализа базы результатов расчета НДС системы «слоистый массив-крепь выемочной выработки».

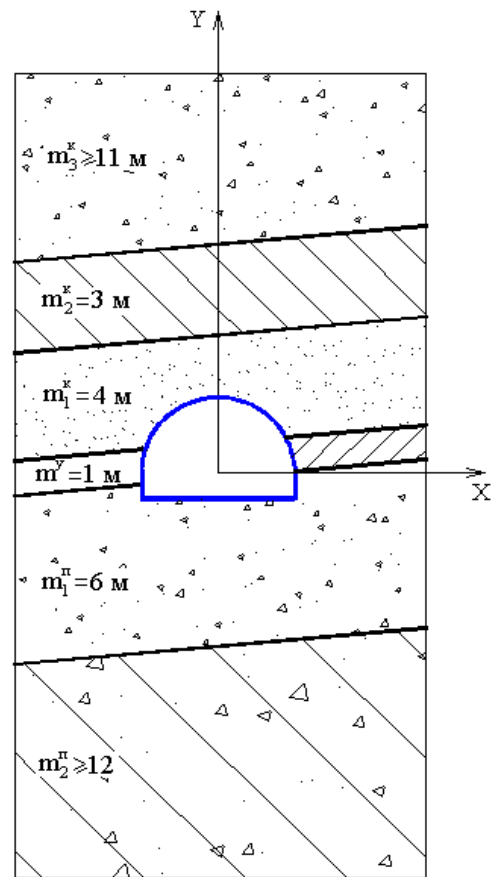


Рис. 2.1. Модель структуры углевмещающей толщи пород Западного Донбасса

3 ОСНОВНЫЕ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 При расчете эпюры перемещений контура выемочной выработки и оценке ее эксплуатационного состояния основными исходными данными являются:

- глубина размещения выработки;
- механические характеристики близлежащих породных слоев кровли и почвы угольного пласта, описывающие полную диаграмму их деформирования (сопротивление породы одноосному сжатию, остаточная прочность породы на стадии разрыхления, модуль деформации, модуль спада на стадии разупрочнения), реологический показатель;
- степень влияния ослабляющих факторов структурной нарушенности и обводненности породного массива;
- геометрические параметры сечения выработки, ее крепи и схема размещения оборудования с соответствующими зазорами и расстояниями до внутренней поверхности рамной крепи.

3.2 Расчетная глубина размещения выработки H согласно КД 12.01.01.201-98 определяется по формуле

$$H = H_{np} \cdot K, \quad (3.1)$$

где H_{np} – проектная фактическая глубина размещения выработки или ее участка от поверхности, м;

K – коэффициент концентрации напряжений, учитывающий отличие напряженного состояния массива горных пород от негидростатического состояния, обусловленного только собственным весом толщи пород до поверхности; для обычных условий вне зоны влияния очистных работ и тектонических нарушений $K = 1$; для участков выработок в дизъюнктивных нарушениях с амплитудой свыше 50 м или в замках

складок радиусом менее 100 м $K = 1,5$ или принимается на основе экспериментальных данных; для участков выработок, расположенных в зонах повышенного горного давления, величина K определяется по заключению УкрНИМИ.

3.3 Проектная фактическая глубина размещения выработки изменяется в диапазоне $H_{np} = 200...600$ м, учитывая заканчивающуюся отработку верхних горизонтов шахт ОАО «Павлоградуголь».

3.4 Проявления горного давления в процессе формирования вокруг выработки областей разупрочненных пород практически полностью определяются свойствами близлежащих к пласту угля трех породных слоев кровли (без учета возможной «ложной» кровли) на высоту до 15 м и двух породных слоев почвы (без учета «ложной» почвы) на глубину до 10 м. Из них наиболее существенное влияние (10% и более) на величину прогнозируемого перемещения по разным участкам контура выработки оказывают:

- в районе замка свода – угольный пласт, первый и второй породные слои кровли;
- в своде и боках выработки по высоте зоны прохода людей и движения транспортных средств – угольный пласт, первый и второй породные слои кровли, первый слой почвы;
- по ширине почвы выработки – угольный пласт, первые породные слои кровли и почвы.

В целом, по всему контуру выработки существенное влияние на эпюру перемещений оказывают первый и второй породные слои кровли на высоту до 8 м, угольный пласт, первый слой почвы на глубину до 6 м. Механические характеристики указанных близлежащих породных слоев обязательны к дифференцированному учету без усреднения. Механические характеристики угольного пласта усреднены по причине весьма ограниченного диапазона их изменения для условий

Западного Донбасса. Механические характеристики третьего породного слоя кровли и второго слоя почвы усреднены по причине их пониженного влияния (менее 10%) на эпюру перемещений контура пластовой выработки.

3.5 Выбор механических характеристик близлежащих породных слоев производится по данным инженерно-геологических изысканий на конкретном участке шахтного поля. При отсутствии некоторых данных о свойствах горных пород (особенно в запредельном состоянии) ориентировочные значения механических характеристик пород Западного Донбасса выбираются по данным таблиц А1 и А2 Приложения А, сформированного на базе исследований ИГТМ НАН Украины и НГУ.

3.6 Расчетное сопротивление близлежащих породных слоев сжатию $R_{1,2}^{K,П}$ определяется по формуле

$$R_{1,2}^{K,П} = \sigma_{сж1,2}^{K,П} \cdot K_c \cdot K_w \cdot K_t, \quad (3.2)$$

где $\sigma_{сж1,2}^{K,П}$ – среднее значение сопротивления породы в образце одноосному сжатию, МПа;

K_c – коэффициент, учитывающий дополнительную нарушенность массива пород поверхностями ослабления без сцепления или малой связностью; определяется по таблице 3.1;

K_w – коэффициент, учитывающий разупрочнение обводняемых пород в результате фильтрации по массиву воды водоносных горизонтов; определяется по таблице 3.2;

K_t – коэффициент, учитывающий снижение сопротивления породы одноосному сжатию при длительном нагружении; рассчитывается по формуле

$$K_t = \sqrt{1 - \frac{x}{\beta}}, \quad (3.3)$$

здесь $\frac{x}{\beta}$ – реологический показатель; определяется в соответствии с исследованиями ИГТМ НАН Украины по уравнению

$$\frac{x}{\beta} = 0,8 - 0,326 \lg \sigma_{сж1,2}^{K,П}. \quad (3.4)$$

Коэффициент структурного ослабления пород

Таблица 3.1

Среднее расстояние между поверхностями ослабления пород, м	K_c
Более 1,5 м	0,9
1,5...1,0	0,8
1,0...0,5	0,6
0,5...0,1	0,4
Менее 0,1	0,2

Коэффициент разупрочнения обводненных пород

Таблица 3.2

Тип пород	K_w
Песчаники и сланцы кремнистые	0,8
Песчаники известковые и известняки	0,7
Песчаники глинистые и алевролиты	0,6
Аргиллиты и мергели	0,5
Глины	0,4...0,5

3.7 Инженерно-геологическими изысканиями и испытаниями механических свойств углевмещающих пород Западного Донбасса установлено, что по всем шахтам ОАО «Павлоградуголь» среднее значение сопротивления одноосному сжатию изменяется от 10,5 МПа (ш. «Павлоградская») до 28 МПа (ш. «Степная») при вариации $\sigma_{сж1,2}^{K,П}$

от 6 МПа (ш. им. Героев Космоса) до 55 МПа (ш. «Степная»). Тогда расчетный предел длительной прочности на сжатие $R_{1,2}^{K,П}$ в соответствии с формулами (3.2)-(3.4) изменяется в пределах $R_{1,2}^{K,П} = 1,2...23,1$ МПа. Исключая экстремальные (редко встречающиеся) крайние значения, расчет перемещений контура выработки проводится для интервала $R_{1,2}^{K,П} = 2,5...20$ МПа.

3.8 Расчетный модуль деформации близлежащих породных слоев определяется по формуле

$$E_{1,2}^{K,П} = (E_{1,2}^{K,П})_{y,m} \left(1 - \frac{x}{\beta}\right), \quad (3.5)$$

где $(E_{1,2}^{K,П})_{y,m}$ – условно-мгновенный модуль деформации породы; определяется по данным инженерно-геологических изысканий или таблице А1 Приложения А. Расчет перемещений контура выработки проводится для интервала $E_{1,2}^{K,П} = (0,2...2) \cdot 10^4$ МПа, характерного для углевмещающих пород Западного Донбасса.

3.9 Механические характеристики запредельного деформирования близлежащих породных слоев $(\sigma_{сж1,2}^{K,П})^0 / \sigma_{сж1,2}^{K,П}$ и $M_{1,2}^{K,П} / E_{1,2}^{K,П}$ выбираются в зависимости от типа горной породы по данным таблицы А2 Приложения А. Методика расчета перемещений контура выработки охватывает интервалы изменения параметров $(\sigma_{сж1,2}^{K,П})^0 / \sigma_{сж1,2}^{K,П} = 0,05...0,25$; $M_{1,2}^{K,П} / E_{1,2}^{K,П} = 0,5...5$.

3.10. Геометрические параметры типовых сечений горных выработок с крепями серий КМП-А3 и КШПУ определяются по данным «Типовых сечений горных выработок...».

4 РАСЧЕТ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ КОНТУРА ВЫЕМОЧНОЙ ВЫРАБОТКИ

Все размеры типового сечения берутся в свету до осадки, а расчет перемещений контура выработки устанавливает ее окончательные размеры, уменьшающиеся под воздействием проявлений горного давления.

4.1 Опускание замка свода рамной крепи

4.1.1 Величина вертикальных перемещений $U_{св}^y$ в замке свода рассчитывается по формуле

$$U_{св}^y = (U_{св}^y)_m \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (4.1)$$

где $(U_{св}^y)_m$ – вертикальное перемещение замка свода рамной крепи в типовых условиях;

K_1 – коэффициент влияния расчетного сопротивления сжатию R_2^K второго породного слоя кровли;

K_2 – коэффициент влияния относительной остаточной прочности $(\sigma_{сж1,2}^K)^0 / \sigma_{сж1,2}^K$ породных слоев кровли;

K_3 – коэффициент влияния расчетных модулей деформации $E_{1,2}^K$ породных слоев кровли;

K_4 – коэффициент влияния относительного модуля спада M_1^K / E_1^K первого породного слоя кровли;

K_5 – коэффициент влияния типоразмера сечения выработки и вида применяемой крепи.

4.1.2 Величина $(U_{св}^y)_m$ определяется по графикам на рис. 4.1 в зависимости от расчетной глубины H расположения выработки и расчетного сопротивления сжатию R_1^K первого породного слоя кровли

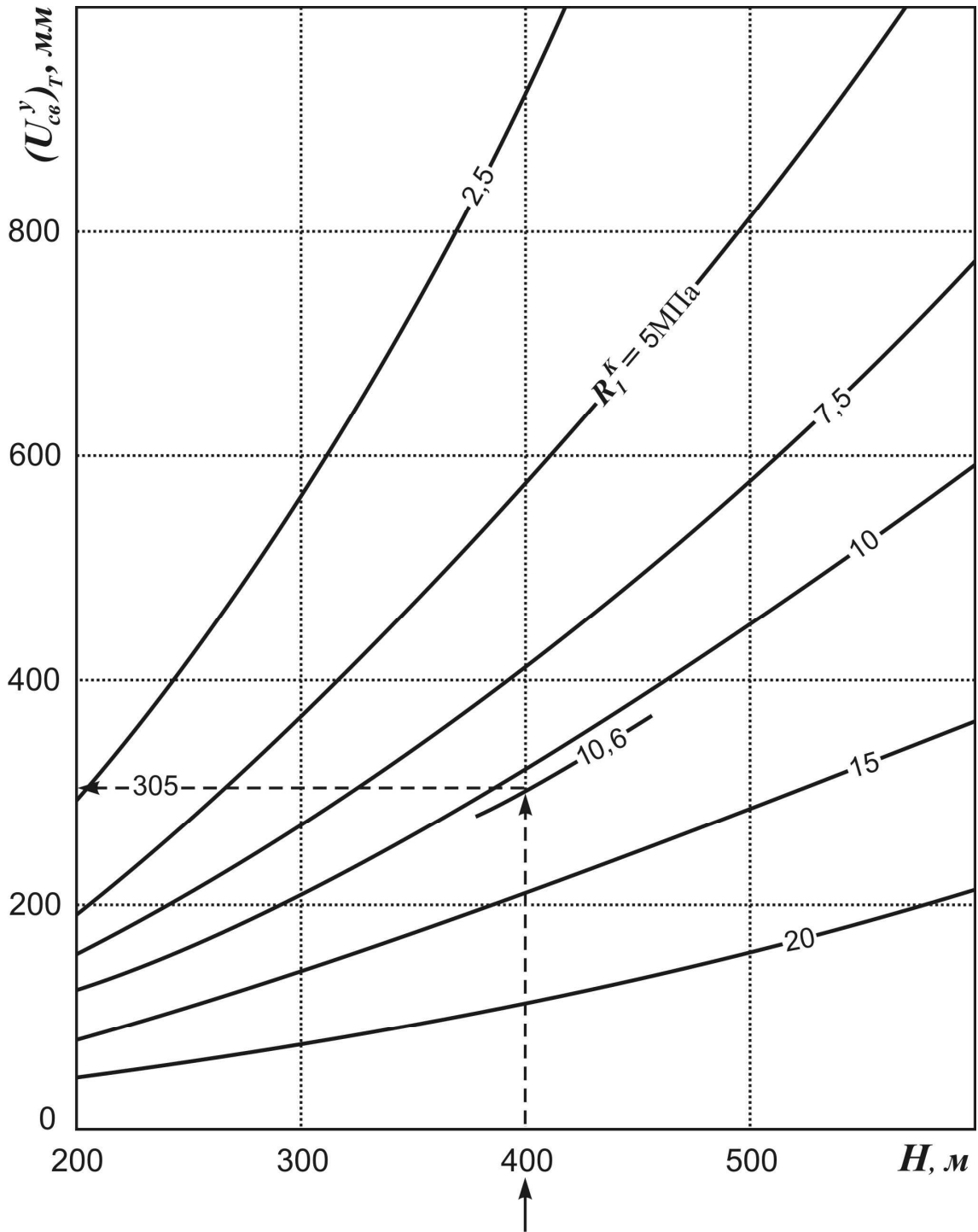


Рис. 4.1. Графики для определения типового вертикального перемещения замка свода $(U_{св}^y)_m$ рамной крепи

для типовых условий поддержания выработки: типоразмер сечения выработки КМП-А3-13,8; расчетное сопротивление сжатию второго породного слоя кровли $R_2^K = 10$ МПа; относительная величина остаточной прочности породных слоев кровли $(\sigma_{сж1,2}^K)^0 / \sigma_{сж1,2}^K = 0,15$; расчетный модуль деформации породных слоев кровли $E_{1,2}^K = 0,6 \cdot 10^4$ МПа; относительный модуль спада первого породного слоя кровли $M_1^K / E_1^K = 1,3$.

4.1.3 Коэффициент K_1 определяется по таблице 4.1 в зависимости от сочетаний расчетных сопротивлений сжатию первого и второго породных слоев кровли

Таблица 4.1

R_1^K , МПа \ R_2^K , МПа	2,5	5	7,5	10	≥ 15
2,5	$\frac{1,67}{1,88}$	$\frac{1,38}{1,50}$	$\frac{1,29}{1,37}$	$\frac{1,26}{1,32}$	$\frac{1,23}{1,27}$
	$\frac{1,38}{1,49}$	$\frac{1,24}{1,30}$	$\frac{1,18}{1,24}$	$\frac{1,17}{1,20}$	$\frac{1,15}{1,17}$
5	$\frac{1,16}{1,21}$	$\frac{1,10}{1,14}$	$\frac{1,09}{1,11}$	$\frac{1,08}{1,09}$	$\frac{1,07}{1,08}$
	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	$\frac{0,77}{0,72}$	$\frac{0,83}{0,79}$	$\frac{0,86}{0,82}$	$\frac{0,87}{0,84}$	$\frac{0,88}{0,86}$
	$\frac{0,62}{0,54}$	$\frac{0,70}{0,64}$	$\frac{0,73}{0,68}$	$\frac{0,75}{0,72}$	$\frac{0,77}{0,74}$

Примечание: в числителе приведены значения K_1 при $H = 200$ м, в знаменателе – при $H = 600$ м.

4.1.4 Коэффициент K_2 определяется по графикам на рис. 4.2 в зависимости от величины относительной остаточной прочности $(\sigma_{сж1,2}^K)^0 / \sigma_{сж1,2}^K$ породных слоев кровли.

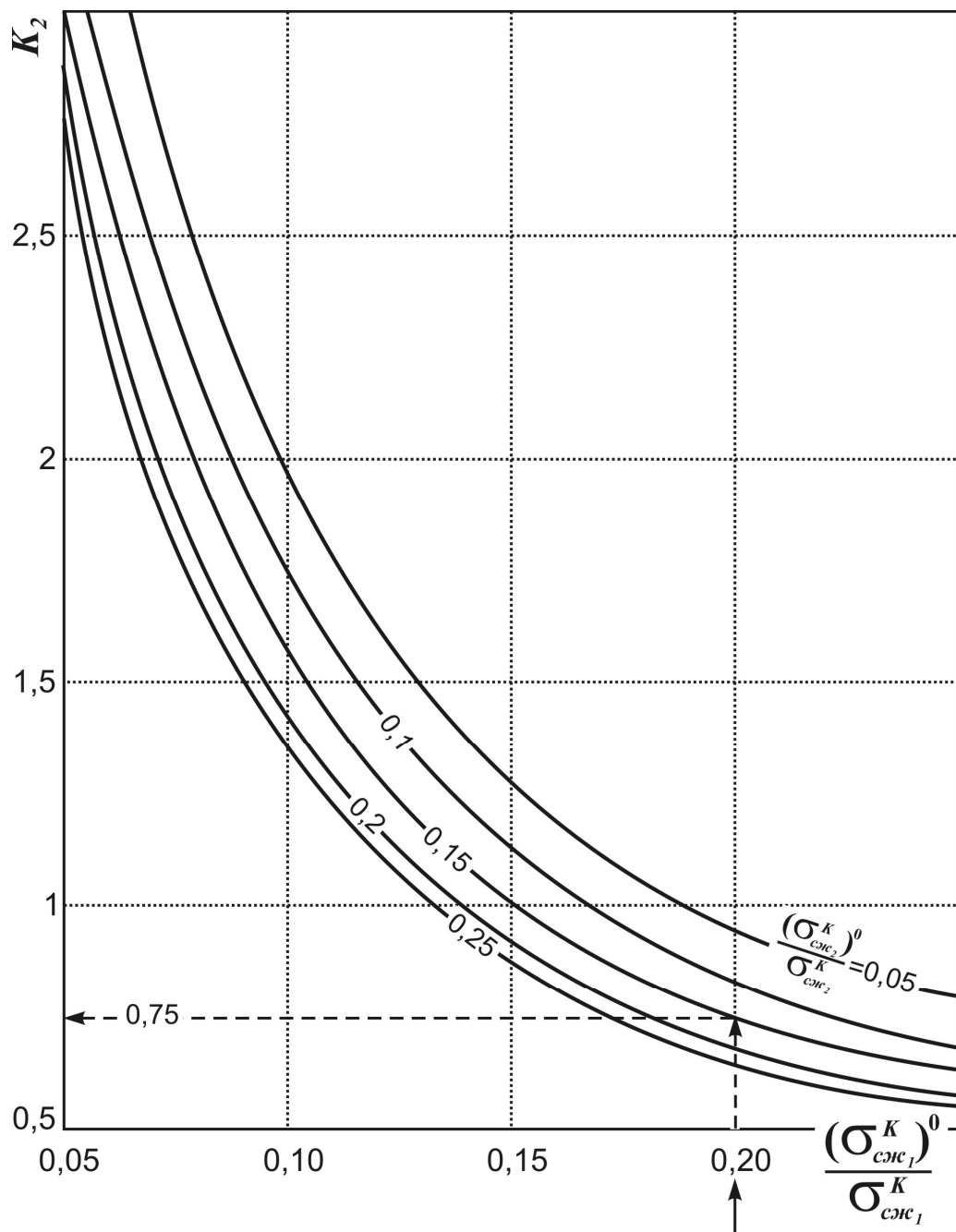


Рис. 4.2. Графики для определения коэффициента K_2
 влияния относительной остаточной прочности
 породных слоев кровли

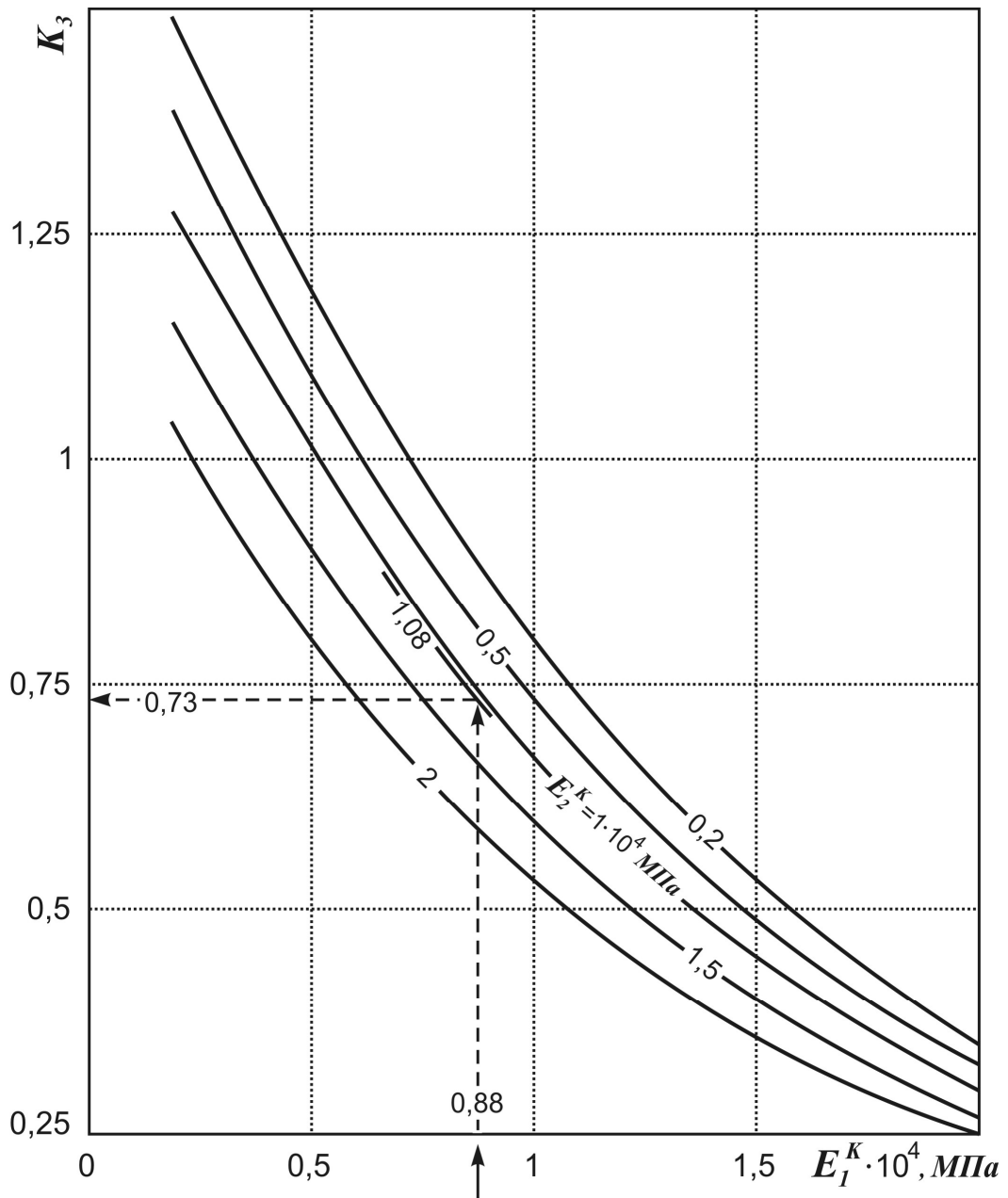


Рис.4.3. Графики для определения коэффициента K_3
 влияния модулей деформации породных слоев кровли

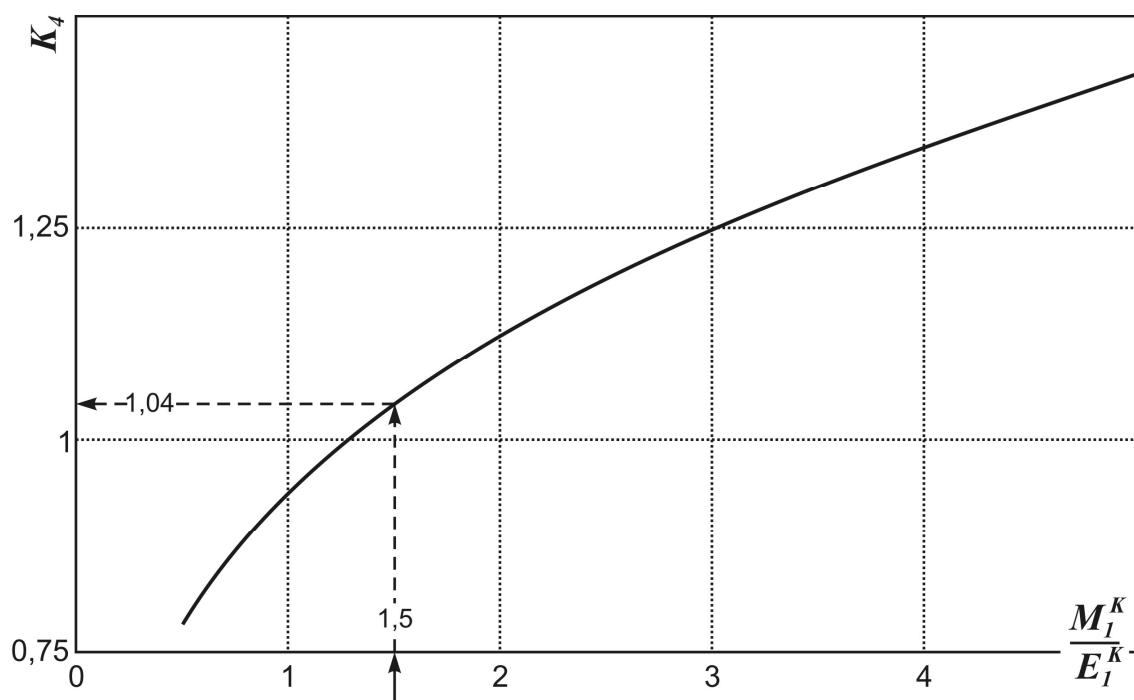


Рис.4.4. График для определения коэффициента K_4 влияния относительного модуля спада первого породного слоя кровли

4.1.5 Коэффициент K_3 рассчитывается по графикам на рис. 4.3 в зависимости от расчетных модулей деформации $E_{1,2}^K$ породных слоев кровли.

4.1.6 Коэффициент K_4 определяется по графику на рис. 4.4 в зависимости от величины относительного модуля спада M_1^K / E_1^K первого породного слоя кровли

4.1.7 Коэффициент K_5 определяется по таблице 4.2 в зависимости от типоразмера выработки и вида применяемой крепи: КМП или КШПУ.

Таблица 4.2

Вид крепи	Площадь поперечного сечения в свету до осадки, S_{ce} , м ²					
	КМП	8,0	9,3	11,2	14,2	15,8
	0,71	0,78	0,88	1,00	1,07	1,19
КШПУ	9,5	10,5	11,7	12,1	14,4	17,7
K_5	0,73	0,77	0,81	0,82	0,89	0,98

4.2 Вертикальные перемещения свода рамной крепи в зоне прохода людей

4.2.1 Величина вертикальных перемещений U_{np}^y свода рамы в зоне прохода людей рассчитывается по формуле

$$U_{np}^y = (U_{np}^y)_m \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7, \quad (4.2)$$

где $(U_{np}^y)_m$ – вертикальное перемещение свода рамы в зоне прохода людей в типовых условиях;

K_6 – коэффициент влияния прочностных характеристик R_2^K и $(\sigma_{сж1}^K)^0 / \sigma_{сж1}^K$ породных слоев кровли;

K_7 – коэффициент влияния деформационных характеристик E_1^K и M_1^K / E_1^K первого породного слоя кровли.

4.2.2 Величина $(U_{np}^y)_m$ определяется по графикам на рис. 4.5 в зависимости от расчетной глубины H расположения выработки и расчетного сопротивления сжатию R_1^K первого породного слоя кровли для типовых условий поддержания выработки, изложенных в п. 4.1.2.

4.2.3 Коэффициент K_6 определяется по графикам на рис. 4.6 в зависимости от расчетного сопротивления сжатию R_2^K второго породного слоя кровли и относительной остаточной прочности $(\sigma_{сж1}^K)^0 / \sigma_{сж1}^K$ первого слоя кровли.

4.2.4 Коэффициент K_7 определяется по графикам на рис. 4.7 в зависимости от расчетного модуля деформации E_1^K и относительного модуля спада M_1^K / E_1^K первого породного слоя кровли.

4.3 Горизонтальное перемещение рамной крепи в зоне прохода людей

4.3.1 Величина горизонтального перемещения рамы U_{np}^x в зоне прохода людей рассчитывается по формуле

$$U_{np}^x = (U_{np}^x)_m \cdot K_8 \cdot K_9 \cdot K_{10} \cdot K_{11} \cdot K_{12} \cdot K_{13} \quad (4.3)$$

где $(U_{np}^x)_m$ – величина горизонтального перемещения рамы в зоне прохода людей в типовых условиях;

K_8 – коэффициент влияния расчетного сопротивления сжатию R_1^{II} первого породного слоя почвы;

K_9 – коэффициент влияния соотношений R_2^K / R_1^K и R_1^{II} / R_1^K расчетного сопротивления сжатию близлежащих породных слоев кровли и почвы;

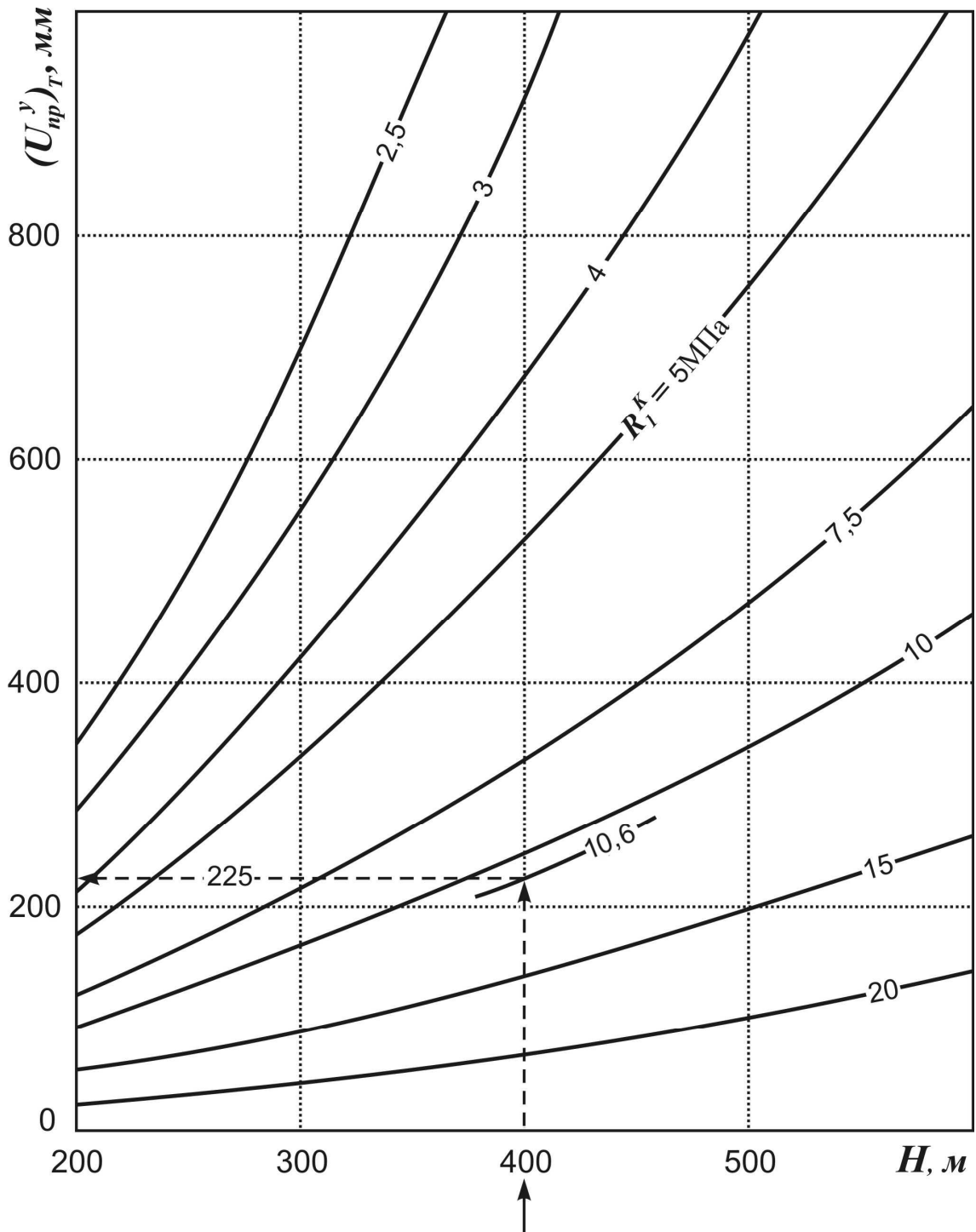


Рис.4.5. Графики для определения типового вертикального перемещения свода рамной крепи $(U_{np}^y)_m$ в зоне прохода людей

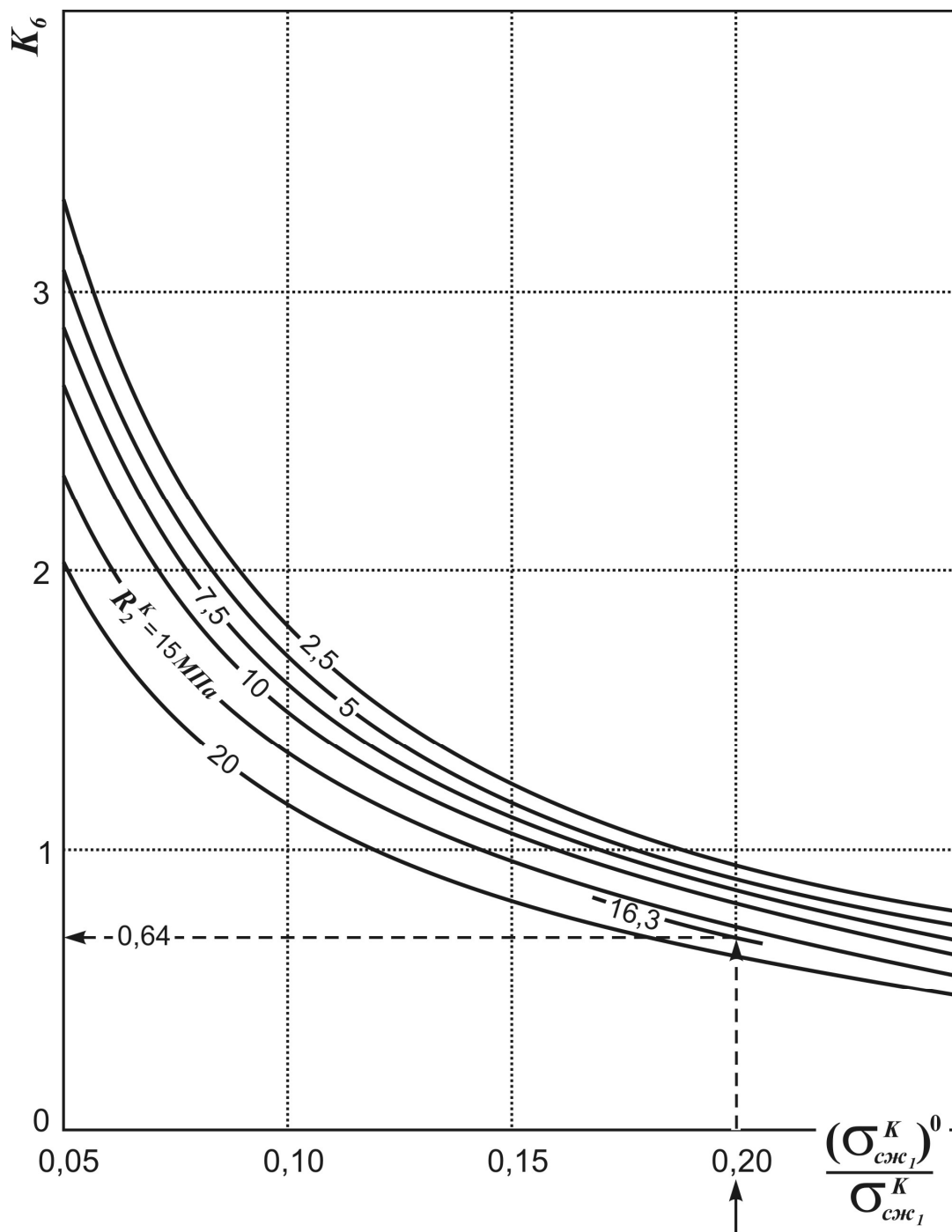


Рис. 4.6. Графики для определения коэффициента K_6 влияния прочностных характеристик породных слоев кровли

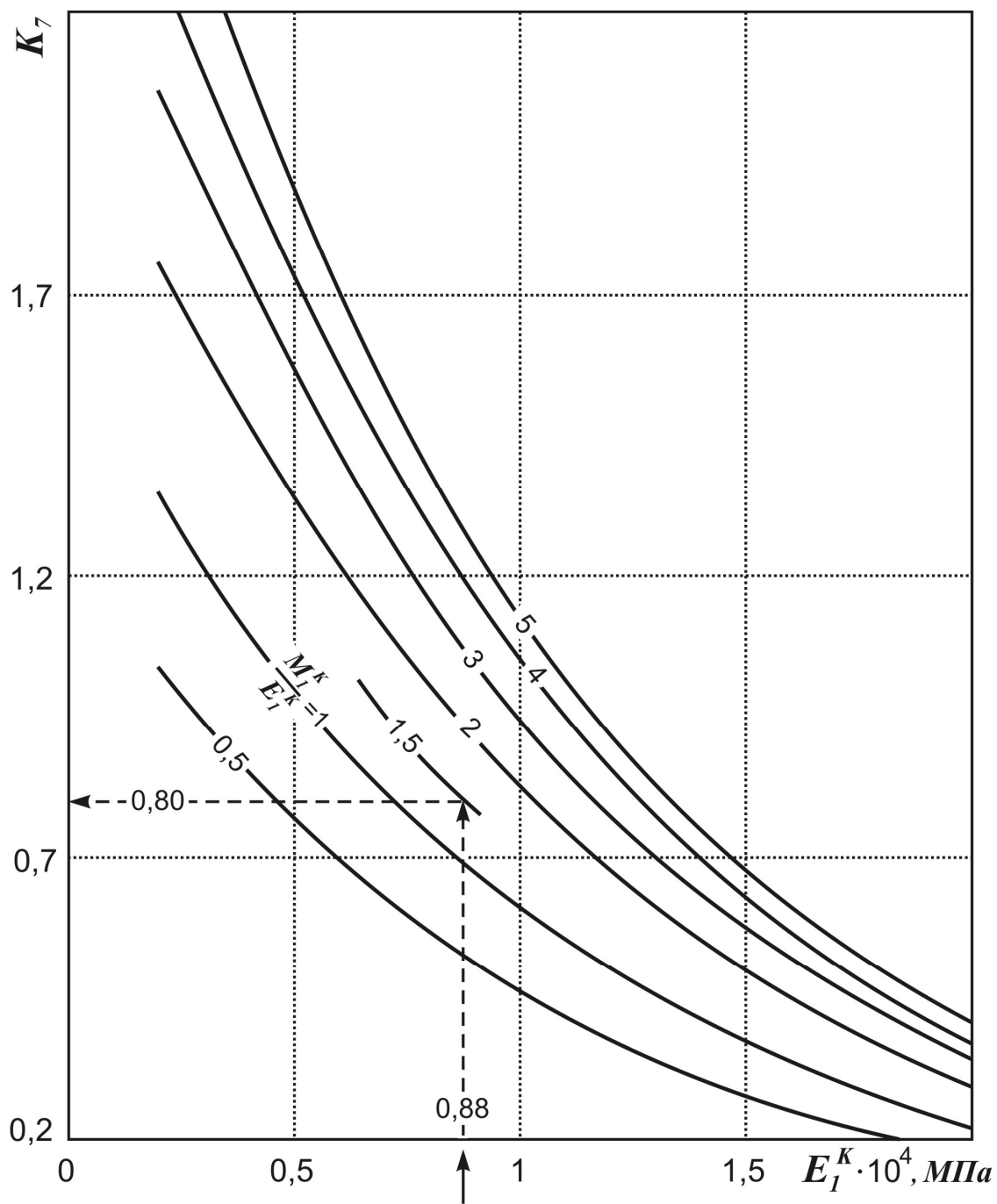


Рис. 4.7. Графики для определения коэффициента K_7 влияния деформационных характеристик первого породного слоя кровли

K_{10} – коэффициент влияния механических характеристик $(\sigma_{сж1}^K)^0 / \sigma_{сж1}^K$ и M_1^K / E_1^K запредельного состояния породного слоя кровли;

K_{11} – коэффициент влияния расчетных модулей деформации $E_{1,2}^K$ первого и второго породных слоев кровли;

K_{12} – коэффициент влияния расчетного модуля деформации $E_1^П$ первого породного слоя почвы;

K_{13} – коэффициент влияния типоразмера сечения выработки и вида применяемой крепи.

4.3.2 Величина $(U_{np}^x)_m$ определяется по графикам на рис. 4.8 в зависимости от расчетной глубины H расположения выработки и расчетного сопротивления сжатию R_1^K первого породного слоя кровли для типовых условий поддержания выработки по п. 4.1.2 и дополнительно: $R_1^П \cdot 10$ МПа, $(\sigma_{сж1}^П)^0 / \sigma_{сж1}^П = 0,15$, $E_1^П = 0,6 \cdot 10^4$ МПа.

4.3.3 Коэффициент K_8 определяется по таблице 4.3 в зависимости от сочетаний расчетных сопротивлений сжатию первых породных слоев кровли R_1^K и почвы $R_1^П$.

4.3.4 Коэффициент K_9 определяется по графикам на рис. 4.9 в зависимости от соотношений R_2^K / R_1^K и $R_1^П / R_1^K$ расчетного сопротивления сжатию близлежащих породных слоев кровли и почвы.

4.3.5 Коэффициент K_{10} определяется по графикам на рис. 4.10 в зависимости от механических характеристик $(\sigma_{сж1}^K)^0 / \sigma_{сж1}^K$ и M_1^K / E_1^K запредельного состояния первого породного слоя кровли.

4.3.6 Коэффициент K_{11} определяется по графикам на рис. 4.11 в зависимости от расчетных модулей деформации первого и второго $E_{1,2}^K$ породных слоев кровли.

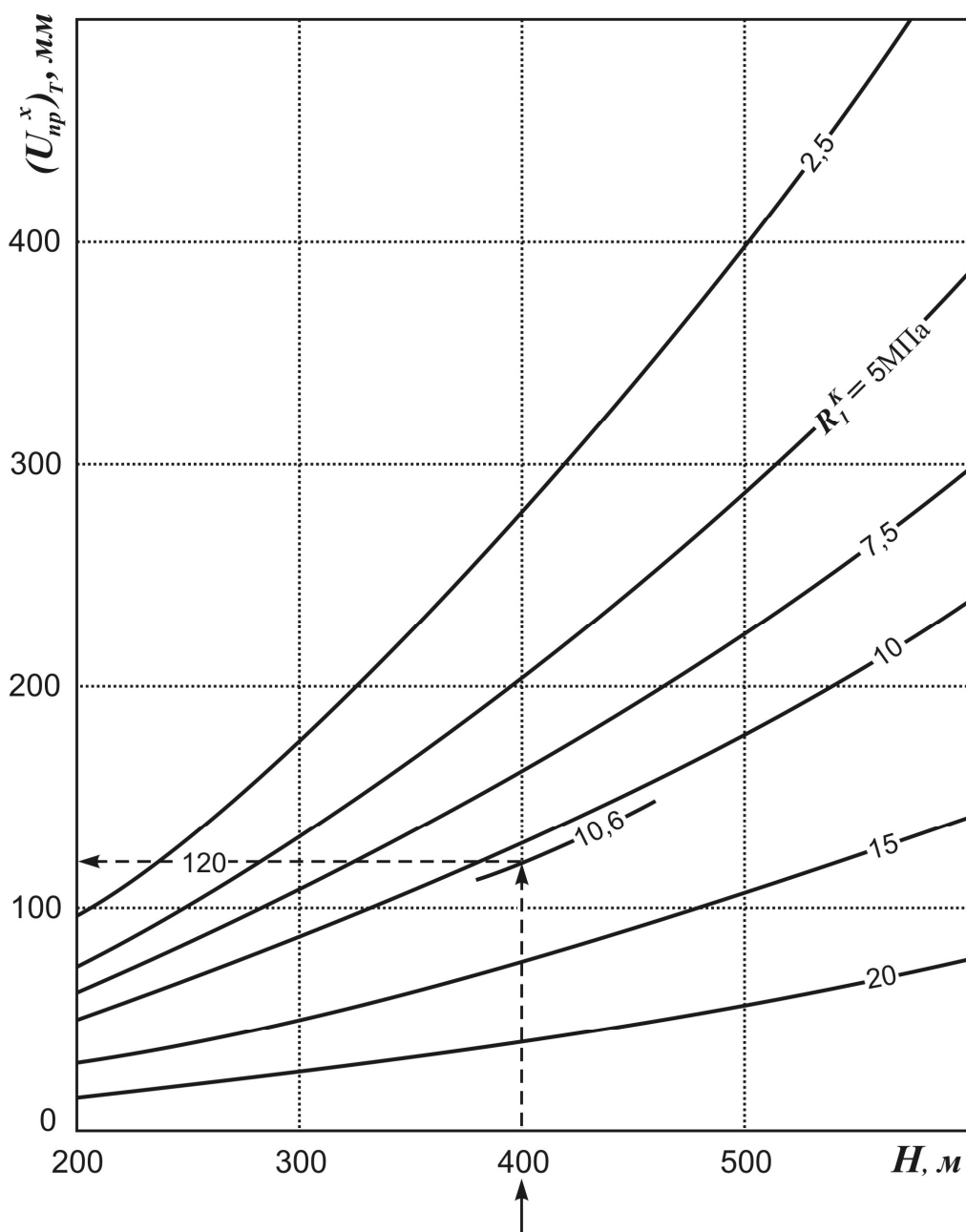


Рис. 4.8. Графики для определения горизонтального перемещения рамы в зоне прохода людей $(U_{np}^x)_m$ в типовых условиях

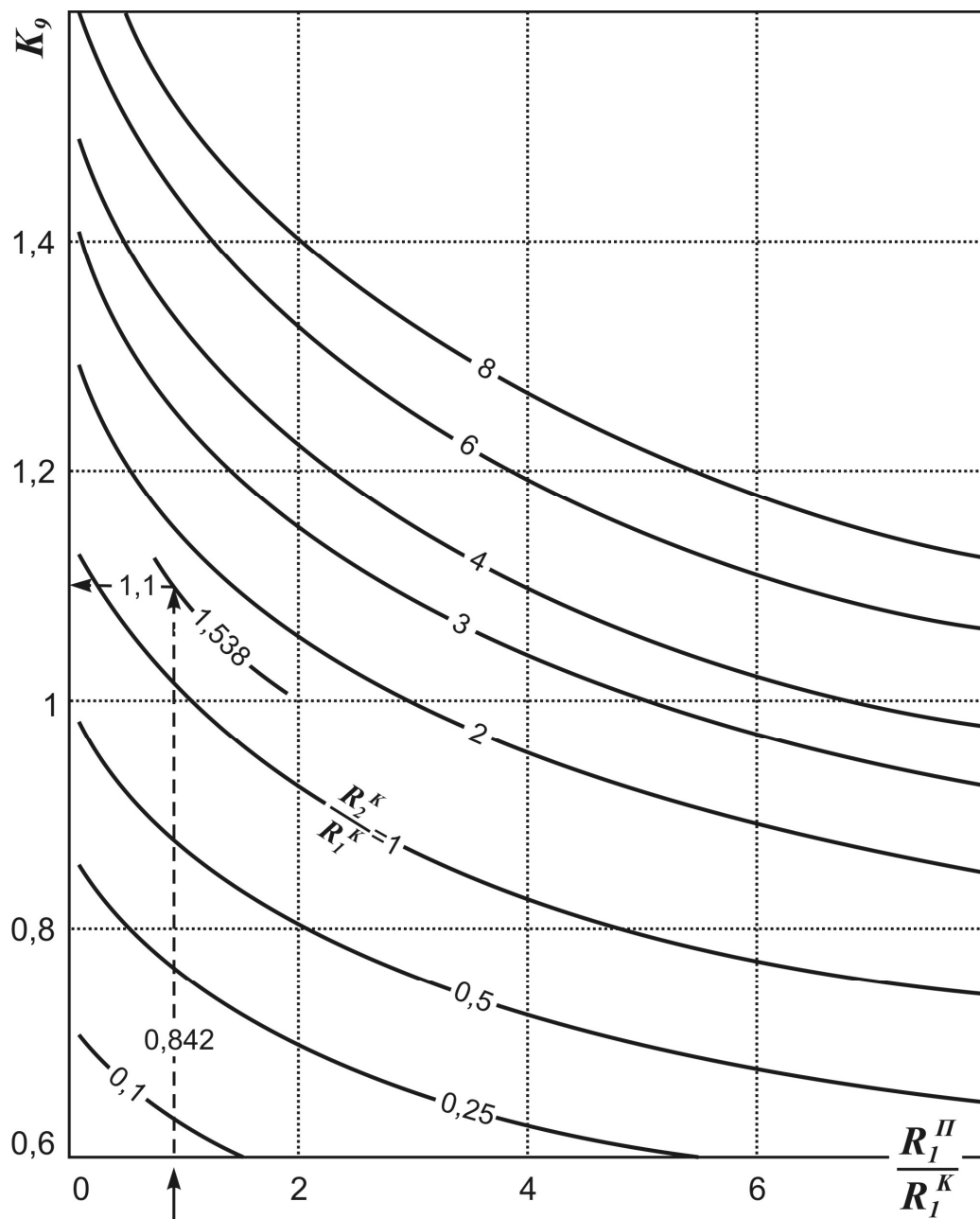


Рис. 4.9. Графики для определения коэффициента K_9 , влияния соотношений расчетного сопротивления сжатию близлежащих породных слоев кровли и почвы

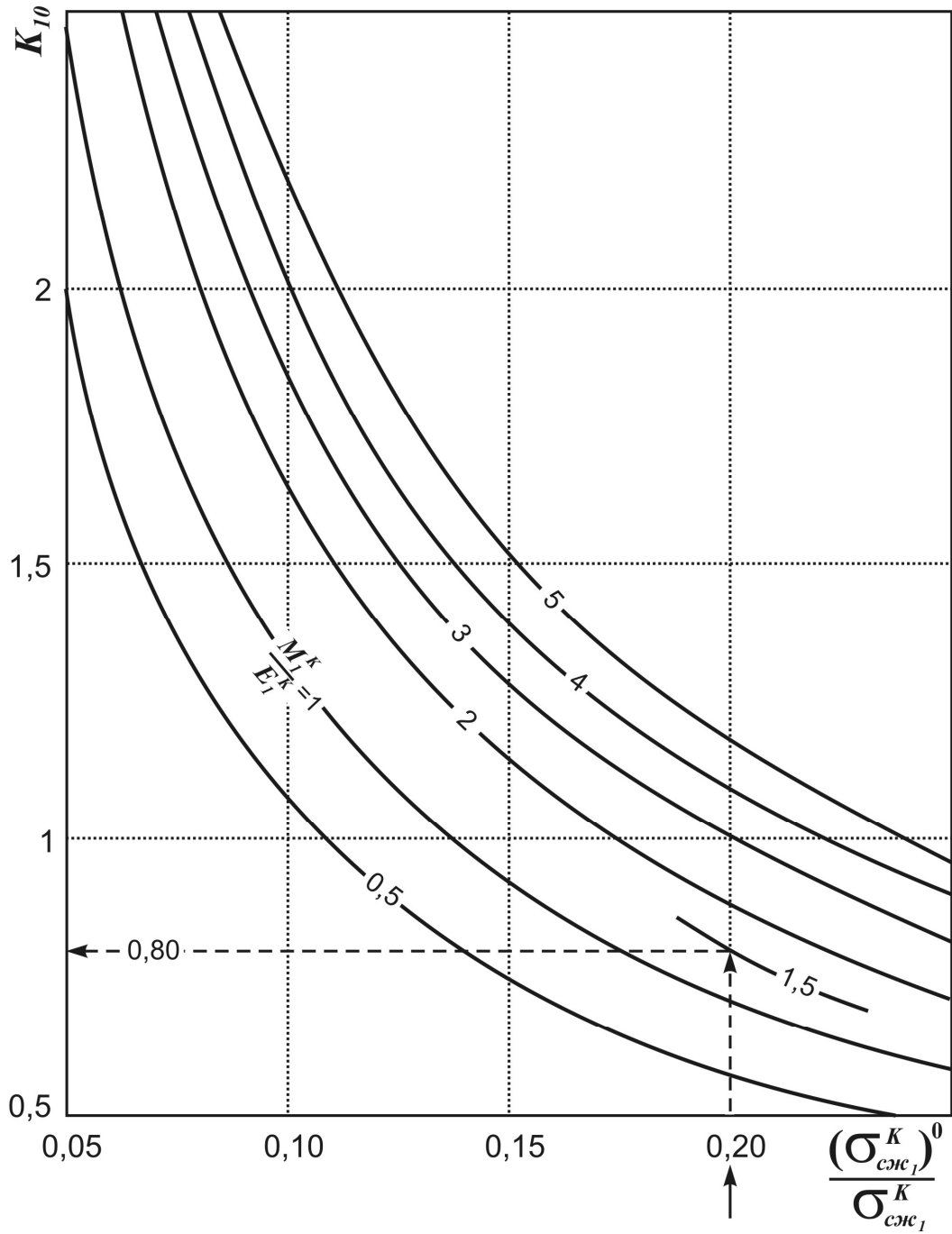


Рис. 4.10. Графики для определения коэффициента K_{10} влияния механических характеристик запредельного состояния первого породного слоя кровли

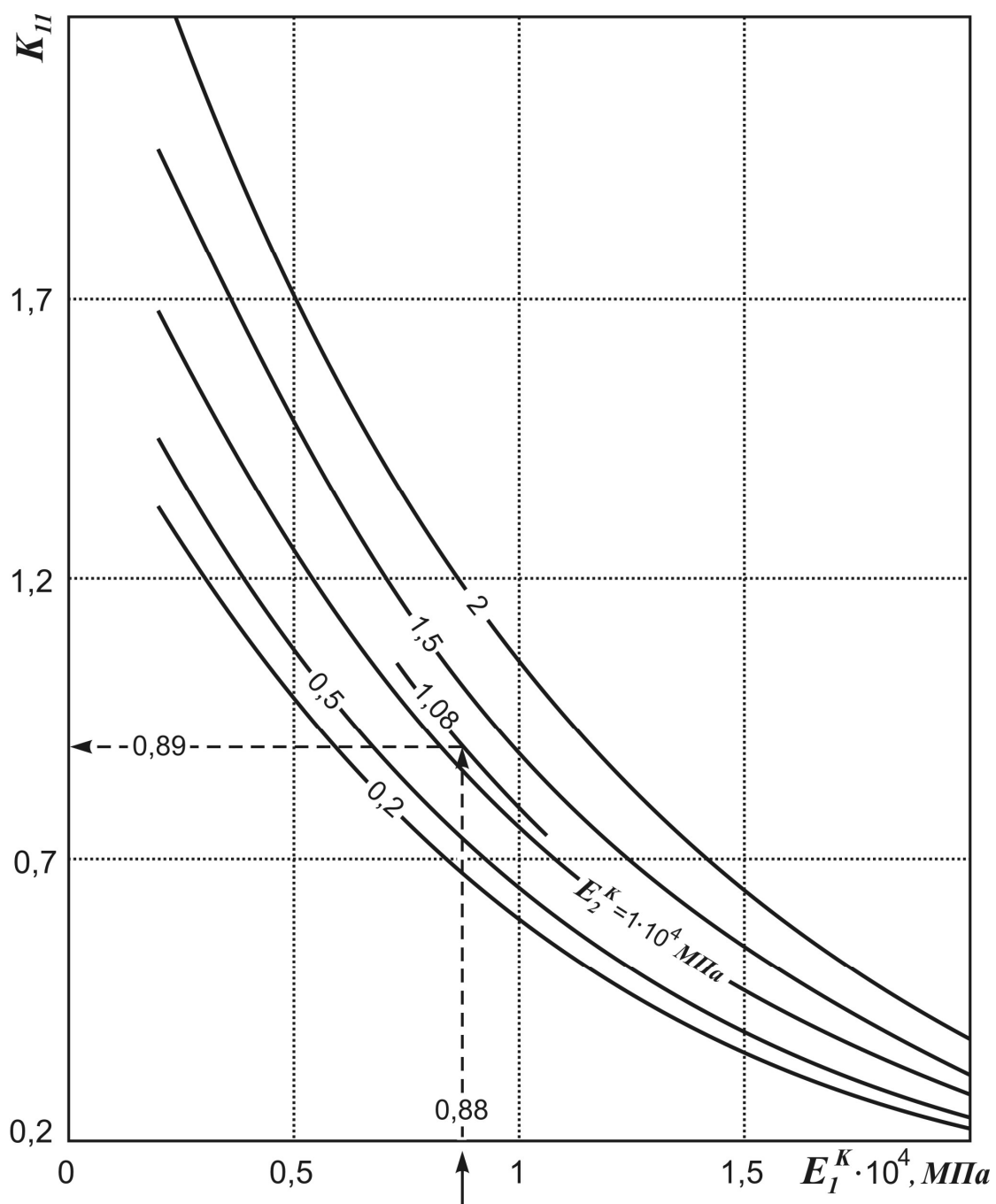


Рис. 4.11. Графики для определения коэффициента K_{II} влияния расчетных модулей деформации первого и второго породных слоев кровли

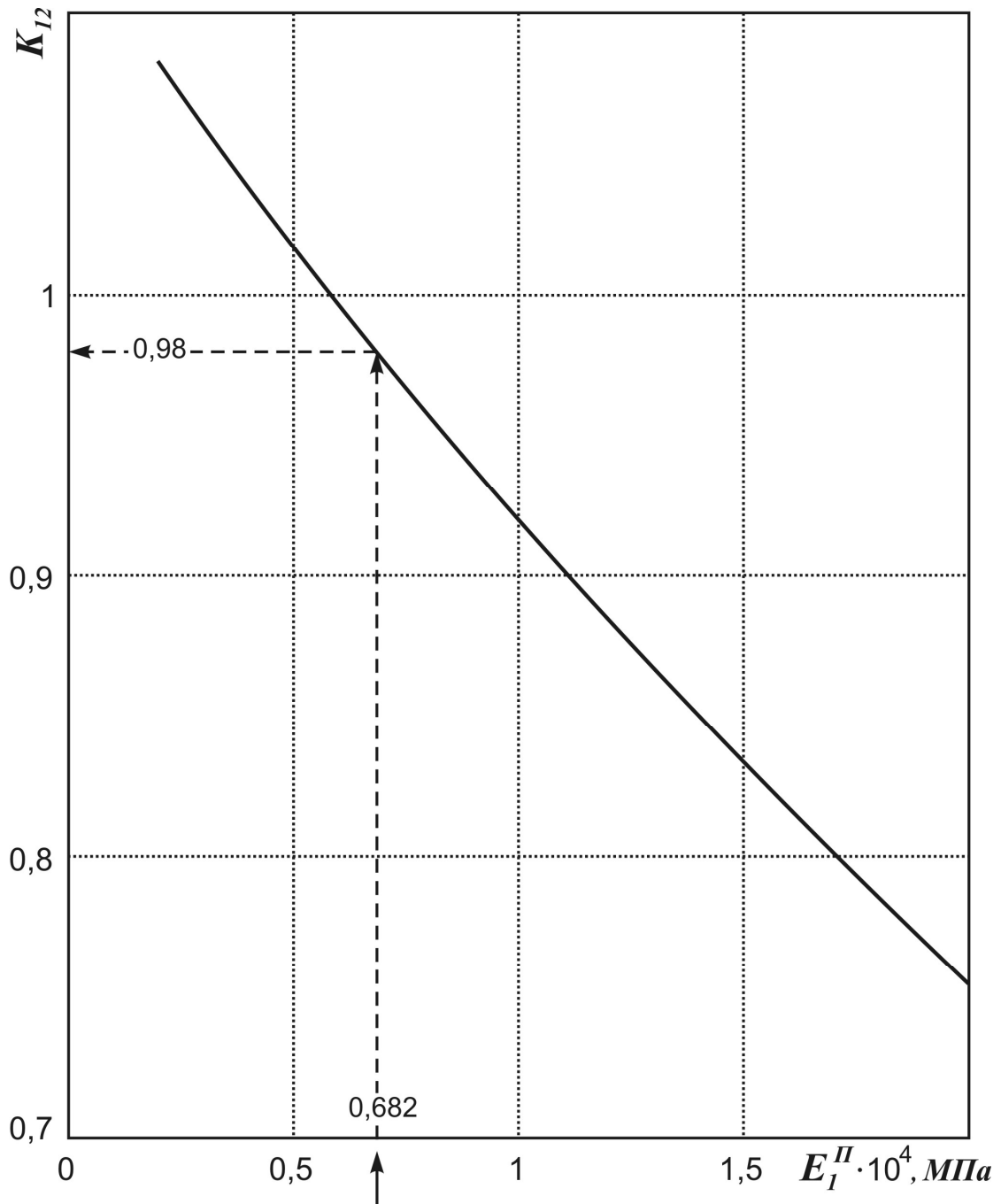


Рис. 4.12. Графики для определения коэффициента K_{12} влияния расчетного модуля деформации первого породного слоя почвы

Таблица 4.3

R_1^K , МПа \ R_1^H , МПа	2,5	5	7,5	10	≥ 15
2,5	$\frac{1,65}{2,04}$	$\frac{1,30}{1,52}$	$\frac{1,18}{1,33}$	$\frac{1,13}{1,24}$	$\frac{1,09}{1,16}$
5	$\frac{1,31}{1,50}$	$\frac{1,17}{1,28}$	$\frac{1,11}{1,19}$	$\frac{1,08}{1,14}$	$\frac{1,05}{1,10}$
7,5	$\frac{1,12}{1,19}$	$\frac{1,07}{1,12}$	$\frac{1,05}{1,08}$	$\frac{1,04}{1,06}$	$\frac{1,02}{1,04}$
10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
15	$\frac{0,86}{0,77}$	$\frac{0,91}{0,84}$	$\frac{0,94}{0,88}$	$\frac{0,95}{0,90}$	$\frac{0,96}{0,92}$
20	$\frac{0,78}{0,65}$	$\frac{0,86}{0,74}$	$\frac{0,89}{0,79}$	$\frac{0,91}{0,83}$	$\frac{0,92}{0,86}$

Примечание: в числителе приведены значения K_8 при $H = 200$ м, в знаменателе – при $H = 600$ м.

4.3.7 Коэффициент K_{12} определяется по графикам на рис. 4.12 в зависимости от расчетного модуля деформации E_1^H первого породного слоя почвы.

4.3.8 Коэффициент K_{13} определяется по таблице 4.4 в зависимости от типоразмера выработки и вида применяемой крепи.

Таблица 4.4

Вид крепи	Площадь поперечного сечения в свету до осадки, $S_{св}$, м ²					
КМП-А3	7,9	9,2	11,2	13,8	15,5	18,3
K_{20}	0,73	0,79	0,89	1,0	1,07	1,17
КШПУ	9,5	10,5	11,7	12,1	14,4	17,7
K_{20}	0,92	0,98	1,05	1,07	1,19	1,34

4.4 Горизонтальное перемещение опор стоек рамной крепи

4.4.1 Величина горизонтального перемещения опор стоек рамы

U_{cm}^x определяется по формуле

$$U_{cm}^x = (U_{cm}^x)_m \cdot K_{14} \cdot K_{15} \cdot K_{16} \cdot K_{17} \cdot K_{18}, \quad (4.4)$$

где $(U_{cm}^x)_m$ – горизонтальное перемещение опор стоек рамы в типовых условиях;

K_{14} – коэффициент влияния относительного модуля спада M_1^K / E_1^K первого породного слоя кровли;

K_{15} – коэффициент влияния механических характеристик запредельного состояния $(\sigma_{сж1}^{\Pi})^0 / \sigma_{сж1}^{\Pi}$ и M_1^{Π} / E_1^{Π} первого породного слоя почвы;

K_{16} – коэффициент влияния расчетного модуля деформации первых породных слоев кровли E_1^K и почвы E_1^{Π} ;

K_{17} – коэффициент влияния отношения R_1^K / R_1^{Π} расчетного сопротивления сжатию первых породных слоев кровли и почвы;

K_{18} – коэффициент влияния типоразмера сечения выработки и вида применяемой крепи.

4.4.2 Величина $(U_{cm}^x)_m$ определяется по графикам на рис. 4.13 в зависимости от расчетной глубины H расположения выработки и расчетного сопротивления сжатию R_1^{Π} первого породного слоя почвы для типовых условий поддержания выработки по п. 4.1.2 и дополнительно: $R_1^K = 10$ МПа, $(\sigma_{сж1}^{\Pi})^0 / \sigma_{сж1}^{\Pi} = 0,15$, $E_1^{\Pi} = 0,6 \cdot 10^4$ МПа.

4.4.3 Коэффициент K_{14} определяется по таблице 4.5 в зависимости от сочетаний расчетного сопротивления сжатию R_1^{Π} первого породного слоя почвы и относительного модуля спада M_1^K / E_1^K первого породного слоя кровли.

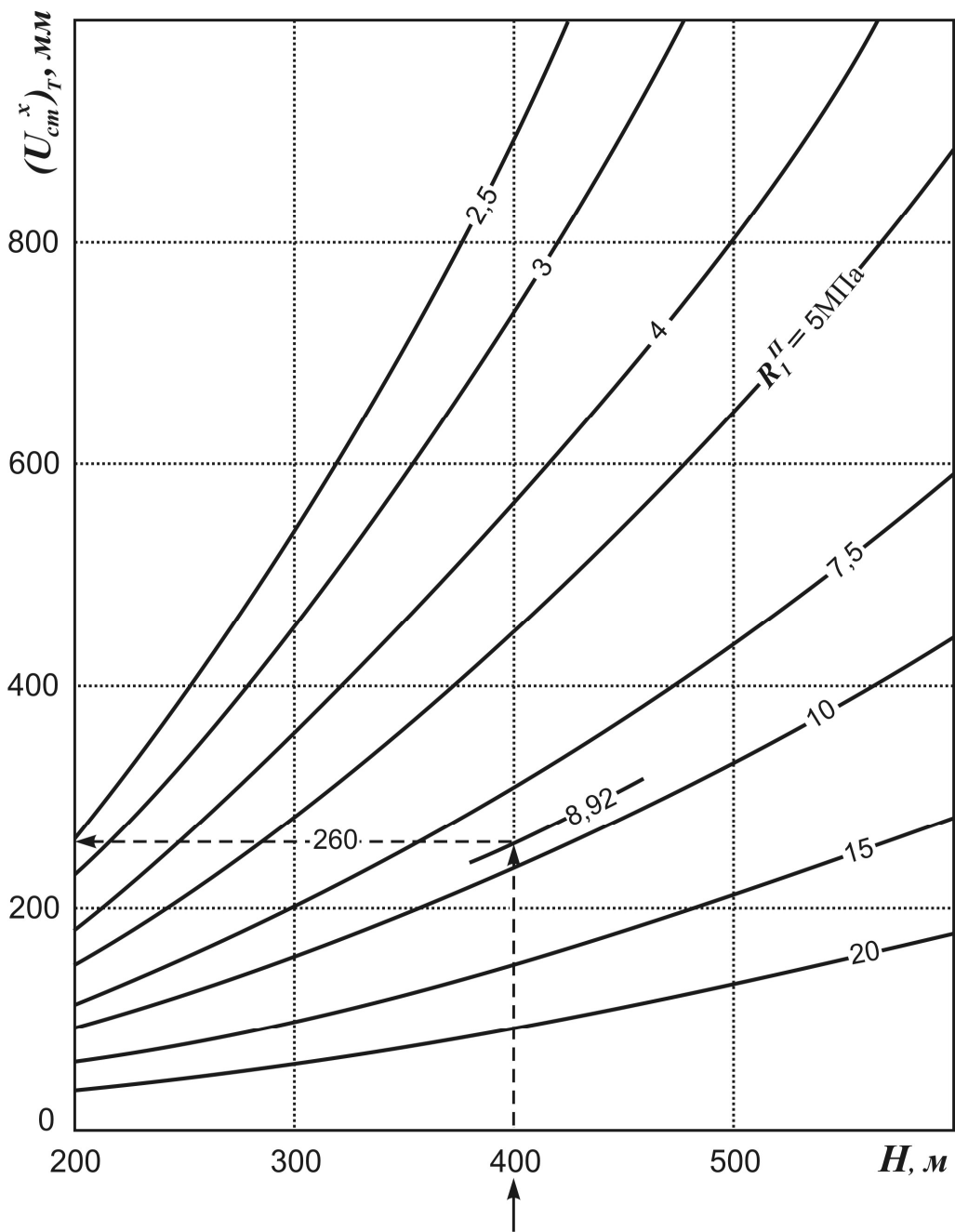


Рис. 4.13. Графики для определения горизонтального перемещения опор стоек рамы $(U_{cm}^x)_m$ в типовых условиях

4.4.4 Коэффициент K_{15} определяется по графикам на рис. 4.14 в зависимости от механических характеристик $(\sigma_{сж1}^{\Pi})^0 / \sigma_{сж1}^{\Pi}$ и M_1^{Π} / E_1^{Π} запредельного состояния первого породного слоя почвы.

4.4.5 Коэффициент K_{16} определяется по графикам на рис. 4.15 в зависимости от расчетного модуля деформации первых породных слоев кровли E_1^K и почвы E_1^{Π} .

Таблица 4.5

R_1^{Π} , МПа	2,5	5	7,5	≥ 10
M_1^K / E_1^K				
0,5	1,11/1,14	1,08/1,12	1,06/1,11	1,05/1,10
1	1,03/1,04	1,02/1,03	1,02/1,03	1,01/1,02
2	0,96/0,94	0,97/0,95	0,97/0,96	0,98/0,96
3	0,92/0,89	0,94/0,91	0,95/0,92	0,96/0,93
5	0,87/0,83	0,91/0,86	0,93/0,87	0,94/0,88

Примечание: в числителе приведены значения K_{14} при $H = 200$ м, в знаменателе – при $H = 600$ м.

4.4.6 Коэффициент K_{17} определяется по графику на рис. 4.16 в зависимости от отношения R_1^K / R_1^{Π} расчетных сопротивлений сжатию первых породных слоев кровли и почвы.

4.4.7 Коэффициент K_{18} определяется по таблице 4.6 для крепи КМП-А3 и по таблице 4.6 для крепи КШПУ в зависимости от площади поперечного сечения выработки в свету до осадки.

Таблица 4.6

Креп КШПУ	Площадь поперечного сечения в свету до осадки, S_{ce} , м ²					
	9,5	10,5	11,7	12,1	14,4	17,7
K_{18}	1,09	1,16	1,25	1,28	1,45	1,67

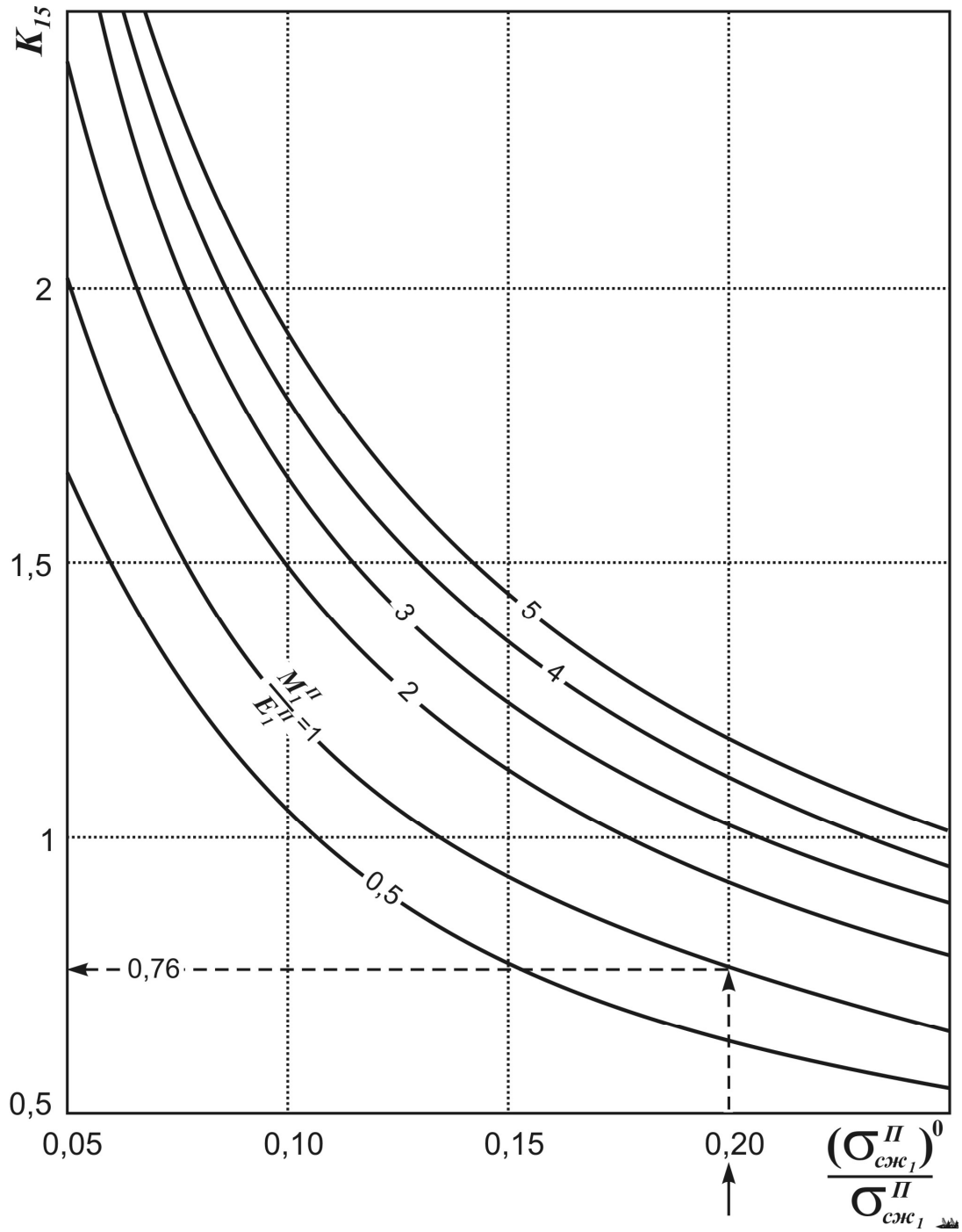


Рис. 4.14. Графики для определения коэффициента K_{15} влияния механических характеристик запредельного состояния первого породного слоя почвы

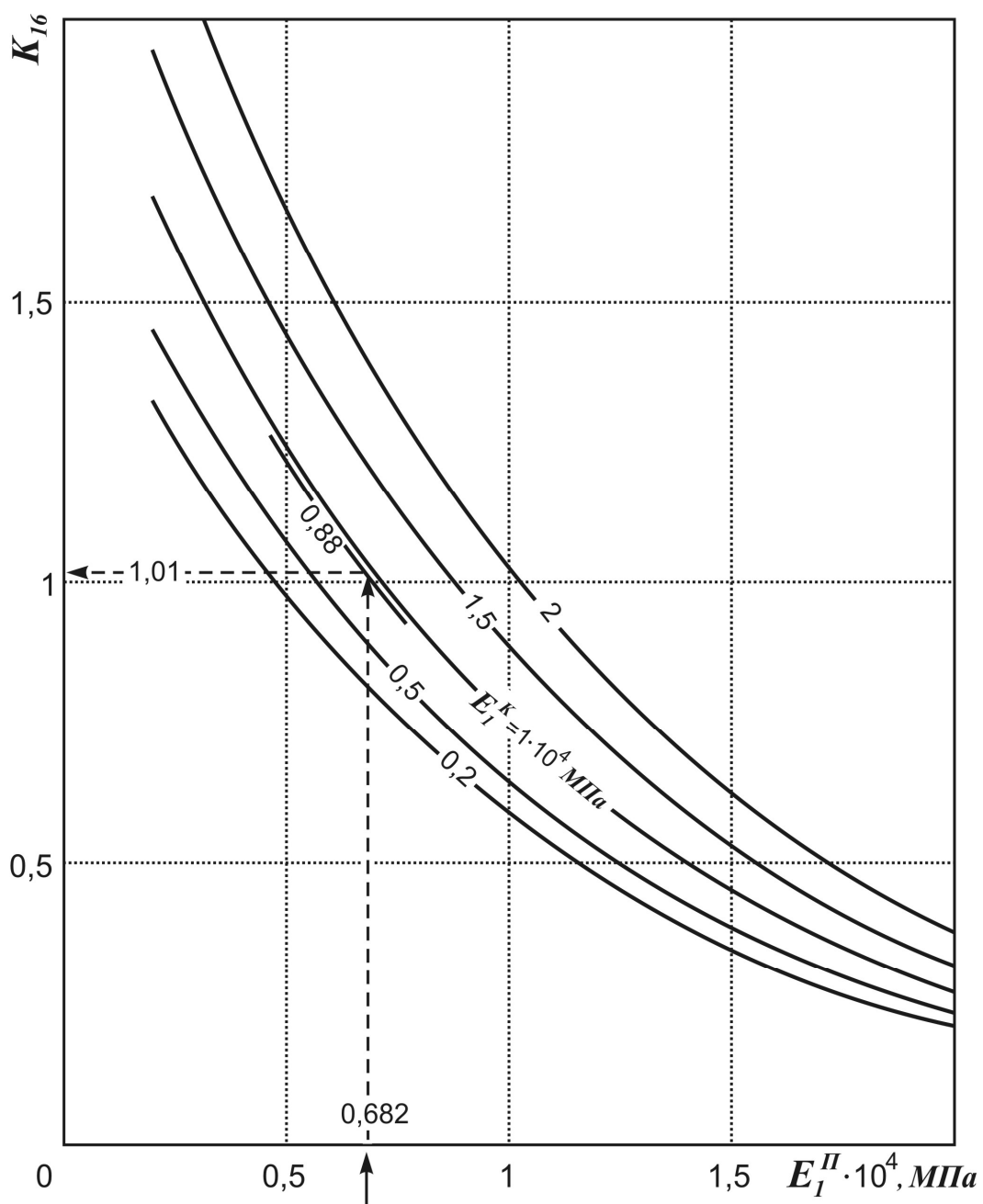


Рис. 4.15. Графики для определения коэффициента K_{16} влияния расчетного модуля деформации первых породных слоев кровли и почвы

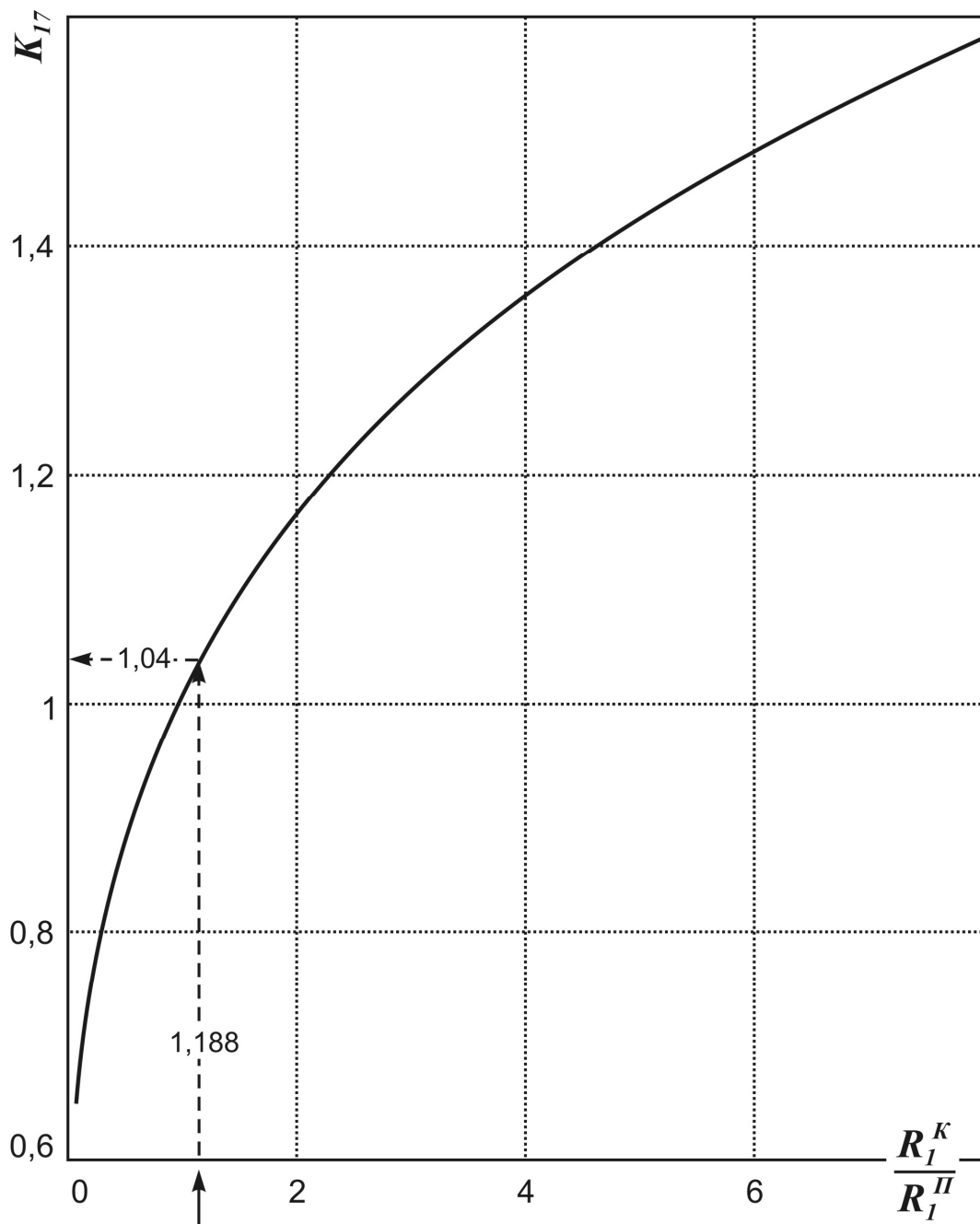


Рис. 4.16. Графики для определения коэффициента K_{17} влияния отношения расчетных сопротивлений сжатию первых породных слоев кровли и почвы

5 ОЦЕНКА ВЫБОРА ПРОЕКТНОГО СЕЧЕНИЯ ВЫРАБОТКИ

5.1 Условия надежной и безопасной эксплуатации выработки оцениваются по следующим основным факторам: устойчивость рамной крепи; безопасное движение транспортных средств; безопасный проход людей.

5.2 Выбор номера спецпрофиля и шага установки рамной крепи осуществляется по методике КД 12.01.01.201-98 в соответствии с прогнозируемыми по данной методике перемещениями кровли и боков выработки.

5.3 Надежное состояние рамной крепи предполагает ее работу в податливом режиме и проверяется по критериям:

$$U_{np}^y \leq 0,3 \text{ м}; \quad (5.1)$$

$$U_{np}^x \leq 0,1 \text{ м}. \quad (5.2)$$

5.4 Обеспечение условий безопасного движения транспортных средств предполагает сохранение допустимых зазоров при работе различных видов транспорта.

5.4.1 При монорельсовом транспорте безопасный горизонтальный зазор проверяется по условиям:

– верхняя часть габарита

$$\delta_1^x - U_{np}^x \geq 0,2 \text{ м (0,3 м)}; \quad (5.3)$$

– нижняя часть габарита

$$\delta_1^x - 0,5(U_{np}^x + U_{cm}^x) \geq 0,2 \text{ м (0,3 м)}, \quad (5.4)$$

где δ_1^x – горизонтальный зазор до осадки крепи «между крепью и наиболее выступающей кромкой габарита подвижного состава или перевозимого груза».

При скорости движения до 1 м/с допустимый зазор – 0,2 м, при

скоростях движения более 1 м/с зазор увеличивается до 0,3 м.

5.4.2 При рельсовом транспорте безопасный горизонтальный зазор проверяется по условию

$$\delta_2^x - U_{np}^x \geq 0,25 \text{ м}, \quad (5.5)$$

где δ_2^x – горизонтальный зазор до осадки крепи «между крепью или размещенным в выработках оборудованием и трубопроводами и наиболее выступающей кромкой габарита подвижного состава».

5.4.3 При конвейерном транспорте (независимо от наличия других транспортных средств) безопасный горизонтальный зазор проверяется по условию

$$\delta_3^x - 0,5(U_{np}^x + U_{cm}^x) \geq 0,4 \text{ м}, \quad (5.6)$$

где δ_3^x – горизонтальный зазор до осадки крепи между конвейером и рамной крепью.

5.4.4 Минимально допустимая ширина прохода людей проверяется на высоте 1,8 м выработки до осадки по условию

$$\delta_4^x - U_{np}^x \geq 0,7 \text{ м (1,0 м)}, \quad (5.7)$$

где δ_4^x – горизонтальное расстояние для прохода людей на высоте U_{np} до осадки крепи.

Примечание: в местах посадки людей в пассажирские вагонетки расстояние «между крепью или размещенным в выработках оборудованием и трубопроводами и наиболее выступающей кромкой габарита подвижного состава» должно быть не менее 1,0 м.

5.5 Выработка находится в требуемом эксплуатационном состоянии, если удовлетворяются все критерии по условиям (5.1)...(5.7).

5.6 При невыполнении некоторых условий надежной и безопасной эксплуатации выработки следует предусматривать соответствующие мероприятия по сохранению необходимого сечения или принять следующий больший типоразмер сечения выработки.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Справочные сведения о механических свойствах углевмещающей
толщи пород Западного Донбасса

А.1 Ориентировочные значения механических характеристик полной
диаграммы деформирования пород

Таблица А.1

Тип горной породы	Параметры			
	$\sigma_{сж_i}^{К,П}$, МПа	$(\sigma_{сж_i}^{К,П})^0 / \sigma_{сж_i}^{К,П}$	$E_i^{К,П} \cdot 10^4$, МПа	$M_i^{К,П} / E_i^{К,П}$
Глинистый сланец	8...25	0,10...0,25	0,2...1,0	0,5...1,7
Песчано-глинистый сланец	15...45	0,08...0,20	0,4...1,5	1,0...3,0
Песчаный сланец, песчаник	25...55	0,05...0,15	0,8...2,0	2,0...5,0

А.2 Обобщенные значения сопротивления сжатию
 близлежащих породных слоев вокруг пластовых выработок
 шахт Западного Донбасса

Таблица А.2

Шахта	Пласт	Сопротивление сжатию в образце, МПа		
		Первый породный слой кровли, $\sigma_{сж1}^K$	Второй породный слой кровли, $\sigma_{сж2}^K$	Первый породный слой почвы, $\sigma_{сж1}^П$
1	2	3	4	5
Терновская	C_8^H	15...20	20...25	8...15
	C_8^H	20...22	20...30	25...30
	C_5	18...22	20...25	15...20
	C_4^H	25...40	15...25	15...20
Степная	C_6	18...23	40...55	20...30
	C_6^1	20...22	22...30	23...28
Юбилейная	C_6	28...32	30...35	25...30
	C_6^1	15...25	25...35	25...35
Павлоградская	C_6	15...25	15...25	15...25
	C_6^1	10...15	10...15	15...25
Самарская	C_5	15...20	15...30	15...20
	C_4	10...20	15...20	15...30
	C_1	10...15	25...30	10...15
Западно-Донбасская	C_{10}^6	15...20	20...30	25...30
	C_8^6	10...15	15...20	8...15
	C_8^H	15...20	20...25	8...15
Имени Н.И. Сташкова	C_{10}^6	15...20	20...30	25...30
	C_6	20...25	35...45	20...30
	C_5	15...20	20...30	15...20
Благодатная	C_5	15...20	15...25	15...20
	C_4	10...20	15...20	15...25

Продолжение таблицы А.2

1	2	3	4	5
Днепровская	C_{10}^6	15...20	20...25	15...20
	C_8^6	15...20	20...25	15...20
	C_8^H	15...20	15...20	15...20
Имени Героев Космоса	C_{11}	15...20	15...20	15...20
	C_{10}^6	8...12	10...15	8...12
	C_9	8...10	8...15	8...10

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Пример прогнозной оценки эксплуатационного состояния
пластовой выработки (КШПУ-11,7), оборудованной конвейером 1Л80
и рельсовым путем (колея 600 мм), пройденной по песчано-
глинистым сланцам

Б.1 Общие исходные данные

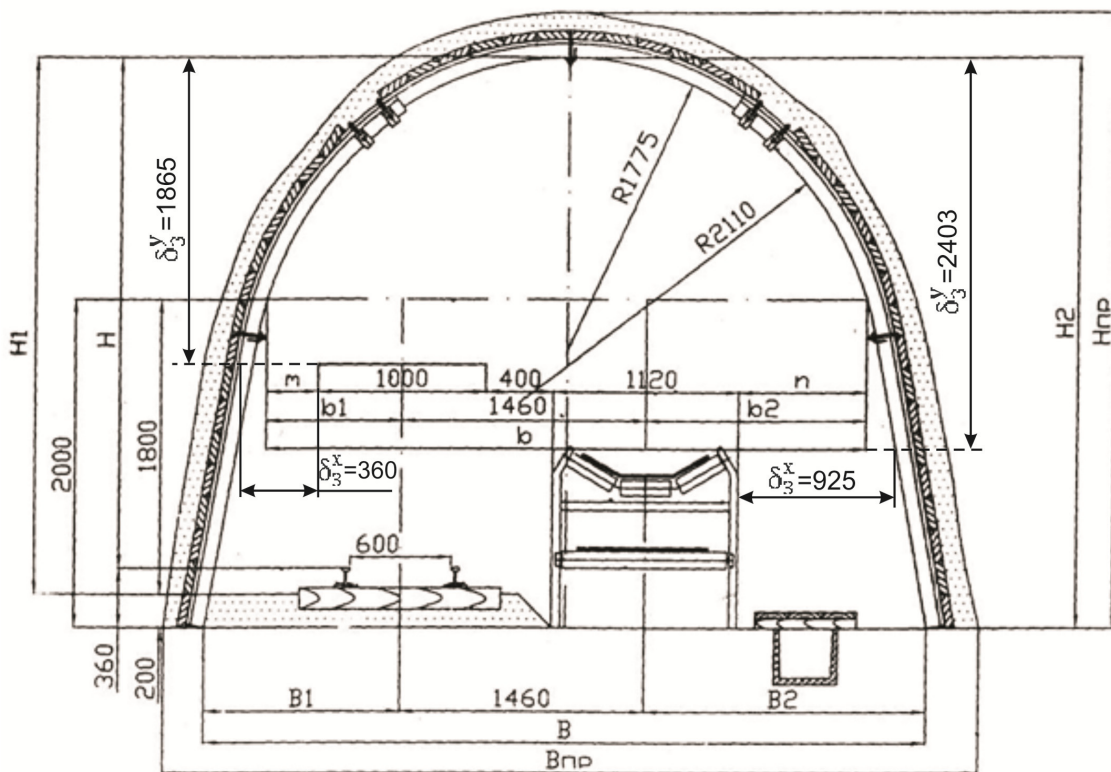
Б.1.1 Максимальная проектная фактическая глубина заложения
выработки $H_{np} = 400$ м; условия эксплуатации выработки обычные
вне зоны влияния очистных работ и тектонических нарушений
($K = 1$). По формуле (3.1) определяем расчетную глубину размещения
выработки

$$H = H_{np} \cdot K = 400 \cdot 1 = 400 \text{ м.} \quad (1)$$

Б.1.2 По техническим решениям проектной организации для вы-
емочной выработки используется типовое сечение с крепью КШПУ-
11,7 с площадью сечения в свету до осадки $S_{св} = 11,7 \text{ м}^2$ до подошвы
крепя (без учета рельсового пути с балластом). Типовое сечение вы-
полняется в масштабе М 1:50 и приведено на рис. Б.1, где указаны все
зазоры до осадки крепя:

- горизонтальный зазор δ_2^x между вагонеткой рельсовой дороги
и рамной крепью составляет 360 мм;
- горизонтальный зазор δ_3^x между корпусом ленточного конвей-
ера и рамной крепью составляет 925 мм;
- вертикальная податливость КШПУ-11,7 составляет 300 мм,
горизонтальная – 100 мм.

Б.1.3 Близлежащие породные слои обводнены и имеют струк-
турные нарушения со средним расстоянием между поверхностями ос-
лабления 0,5...1 м.



Показатели, мм		на прямом участке								H	H ₁	H ₂	
		t	n	b	b ₁	b ₂	B	B ₁	B ₂				
в свету	до осадки	290	768	3578	790	1328	4310	1156	1694	3100	3260	3460	
	после осадки	вне зоны ВОР	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		в зоне ВОР	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Рис. Б.1. Наклонные выработки, оборудованные конвейером 1Л80 и рельсовым путем с шириной колеи 600 мм КШПУ-11,7

Б.2 Расчет механических характеристик близлежащих породных слоев

Б.2.1 Первый породный слой почвы представлен песчано-глинистым сланцем с механическими характеристиками: $\sigma_{сж1}^II = 30$ МПа; $(\sigma_{сж1}^II)^0 / \sigma_{сж1}^II = 0,20$; $(E_1^II)_{у.м} = 1 \cdot 10^4$ МПа; $M_1^II / E_1^II = 1$.

Б.2.1.1 Определяем расчетное сопротивление сжатию R_1^II первого породного слоя почвы по формуле (3.2).

Для среднего расстояния между поверхностями ослабления 0,5...1 м определяем по таблице 3.1 коэффициент структурного ослабления породы $K_c = 0,6$.

Коэффициент разупрочнения обводненных пород K_w определяем по таблице 3.2 – $K_w = 0,6$.

Для определения коэффициента K_t по формуле (3.4) рассчитывается реологический показатель

$$\frac{x}{\beta} = 0,8 - 0,326 \lg 30 = 0,318.$$

Далее по формуле (3.3) определяется коэффициент K_t

$$K_t = \sqrt{1 - 0,318} = 0,826.$$

Расчетное сопротивление сжатию R_1^II первого породного слоя почвы составит

$$R_1^II = 30 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 0,826 = 8,92 \text{ МПа.}$$

Б.2.1.2 Определяем расчетный модуль деформации E_1^II первого породного слоя почвы по формуле (3.5)

$$E_1^II = 1 \cdot 10^4 (1 - 0,318) = 0,682 \cdot 10^4 \text{ МПа.}$$

Б.2.2 Первый породный слой кровли представлен песчано-глинистым сланцем с механическими характеристиками: $\sigma_{сж1}^K = 35$ МПа;

$$(\sigma_{сж1}^K)^0 / \sigma_{сж1}^K = 0,20; (E_1^K)_{у.м} = 1,25 \cdot 10^4 \text{ МПа}; M_1^K / E_1^K = 1,5.$$

2.2.1 Определяем расчетное сопротивление сжатию R_1^K первого породного слоя кровли по формуле (3.2). По методологии п. Б.2.1.1 рассчитываем ослабляющие коэффициенты $K_c = 0,6$; $K_w = 0,6$; $K_t = 0,84$; ($\frac{x}{\beta} = 0,297$). Тогда расчетное сопротивление сжатию R_1^K первого породного слоя кровли составит

$$R_1^K = 35 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 0,84 = 10,6 \text{ МПа.}$$

Б.2.2.2 Определяем расчетный модуль деформации E_1^K первого породного слоя кровли по формуле (3.5)

$$E_1^K = 1,25 \cdot 10^4 (1 - 0,297) = 0,88 \cdot 10^4 \text{ МПа.}$$

Б.2.3 Второй породный слой кровли представлен песчаным сланцем с механическими характеристиками: $\sigma_{сж2}^K = 40 \text{ МПа}$; $(\sigma_{сж2}^K)^0 / \sigma_{сж2}^K = 0,15$; $(E_2^K)_{у.м} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ МПа}$; $M_2^K / E_2^K = 2$.

Б.2.3.1 Определяем расчетное сопротивление сжатию R_2^K второго породного слоя кровли по формуле (3.2) при значениях ослабляющих коэффициентов: $K_c = 0,6$; $K_w = 0,8$; $K_t = 0,85$; ($\frac{x}{\beta} = 0,278$).

$$R_2^K = 40 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 0,85 = 16,3 \text{ МПа.}$$

Б.2.3.2 Определяем расчетный модуль деформации E_2^K второго породного слоя кровли по формуле (3.5)

$$E_2^K = 1,5 \cdot 10^4 (1 - 0,278) = 1,08 \cdot 10^4 \text{ МПа.}$$

Б.3 Расчет перемещений контура крепи выработки

Б.3.1 Вертикальное перемещение в замке свода $U_{св}^y$ рассчитыва-

ется по формуле (4.1).

Б.3.1.1 Величина перемещения $(U_{св}^y)_m$ в типовых условиях определяется по графикам на рис. 4.1 при $H = 400$ м, $R_1^K = 10,6$ МПа и составляет $(U_{св}^y)_m = 305$ мм.

Б.3.1.2 Коэффициент K_1 определяется по таблице 4.1 при $R_1^K = 10,6$ МПа, $R_2^K = 16,3$ МПа для среднего значения (между числителем и знаменателем, т.к. $H = 400$ м) и составляет $K_1 = 0,80$.

Б.3.1.3 Коэффициент K_2 определяется по графикам на рис. 4.2 при $(\sigma_{сж1}^K)^0 / \sigma_{сж1}^K = 0,20$, $(\sigma_{сж2}^K)^0 / \sigma_{сж2}^K = 0,15$ и составляет $K_2 = 0,75$.

Б.3.1.4 Коэффициент K_3 определяется по графикам на рис. 4.3 при $E_1^K = 0,88 \cdot 10^4$ МПа, $E_2^K = 1,08 \cdot 10^4$ МПа и составляет $K_3 = 0,73$.

Б.3.1.5 Коэффициент K_4 определяется по графику на рис. 4.4 при $M_1^K / E_1^K = 1,5$ и составляет $K_4 = 1,04$.

Б.3.1.6 Коэффициент K_5 определяется по таблице 4.2 для крепи КШПУ-11,7 и составляет $K_5 = 0,81$.

Б.3.1.7 Для данных горно-геологических и горнотехнических условий вертикальное перемещение замка свода крепи составляет

$$U_{св}^y = 305 \cdot 0,80 \cdot 0,75 \cdot 0,73 \cdot 1,04 \cdot 0,81 = 113 \text{ мм.}$$

Б.3.2 Вертикальное перемещение свода рамной крепи в зоне прохода людей U_{np}^y рассчитывается по формуле (4.2).

Б.3.2.1 Величина перемещения $(U_{np}^y)_m$ в типовых условиях определяется по графикам на рис. 4.5 при $H = 400$ м, $R_1^K = 10,6$ МПа и составляет $(U_{np}^y)_m = 225$ мм.

Б.3.2.2 Коэффициент K_6 определяется по графикам на рис. 4.6 при $(\sigma_{сж1}^K)^0 / \sigma_{сж1}^K = 0,20$, $R_2^K = 16,3$ МПа и составляет $K_6 = 0,64$.

Б.3.2.3 Коэффициент K_7 определяется по графикам на рис. 4.7 при $E_1^K = 0,88 \cdot 10^4$ МПа, $M_1^K / E_1^K = 1,5$ и составляет $K_7 = 0,80$.

Б.3.2.4 В итоге, вертикальное перемещение свода рамы в зоне прохода людей составляет

$$U_{np}^y = 225 \cdot 0,81 \cdot 0,64 \cdot 0,80 = 93 \text{ мм.}$$

Б.3.5 Горизонтальное перемещение рамной крепи в зоне прохода людей рассчитывается по формуле (4.3).

Б.3.5.1 Величина горизонтального перемещения рамы в зоне прохода людей $(U_{np}^x)_m$ в типовых условиях определяется по графикам на рис. 4.8 при $H = 400$ м, $R_1^K = 10,6$ МПа и составляет $(U_{np}^x)_m = 120$ мм.

Б.3.5.2 Коэффициент K_8 определяется по таблице 4.3 при $R_1^K = 10,6$ МПа, $R_1^H = 8,92$ МПа для среднего значения (между числителем и знаменателем, т. к. $H = 400$ м) и составляет $K_8 = 1,02$.

Б.3.5.3 Коэффициент K_9 определяется по графикам на рис. 4.9 при $R_1^H / R_1^K = 8,92 / 10,6 = 0,842$ МПа, $R_2^K / R_1^K = 16,3 / 10,6 = 1,538$ и составляет $K_9 = 1,10$.

Б.3.5.4 Коэффициент K_{10} определяется по графикам на рис. 4.10 при $(\sigma_{сж1}^K)^0 / \sigma_{сж1}^K = 0,20$, $M_1^K / E_1^K = 1,5$ и составляет $K_{10} = 0,80$.

Б.3.5.5 Коэффициент K_{11} определяется по графикам на рис. 4.11 при $E_1^K = 0,88 \cdot 10^4$ МПа, $E_2^K = 1,08 \cdot 10^4$ МПа и составляет $K_{11} = 0,89$.

Б.3.5.6 Коэффициент K_{12} определяется по графикам на рис. 4.12 при $E_1^H = 0,682 \cdot 10^4$ МПа и составляет $K_{12} = 0,98$.

Б.3.5.7 Коэффициент K_{13} определяется по таблице 4.4 для крепи КШПУ-11,7 и составляет $K_{13} = 1,05$.

Б.3.5.8 В итоге, горизонтальное перемещение в зоне прохода

людей составляет

$$U_{np}^x = 120 \cdot 1,02 \cdot 1,10 \cdot 0,80 \cdot 0,89 \cdot 0,98 \cdot 1,05 = 99 \text{ мм.}$$

Б.3.6 Горизонтальное перемещение опор стоек рамной крепи U_{cm}^x рассчитывается по формуле (4.4).

Б.3.6.1 Величина горизонтального перемещения опор стоек рамной крепи $(U_{cm}^x)_m$ в типовых условиях определяется по графикам на рис. 4.13 при $H = 400$ м, $R_1^{\text{II}} = 8,92$ МПа и составляет $(U_{cm}^x)_m = 260$ мм.

Б.3.6.2 Коэффициент K_{14} определяется по таблице 4.5 при $R_1^{\text{II}} = 8,92$ МПа, $M_1^K / E_1^K = 1,5$ для среднего значения (между числителем и знаменателем, т. к. $H = 400$ м) и составляет $K_{14} = 1,00$.

Б.3.6.3 Коэффициент K_{15} определяется по графикам на рис. 4.14 при $(\sigma_{сж1}^{\text{II}})^0 / \sigma_{сж1}^{\text{II}} = 0,20$, $M_1^{\text{II}} / E_1^{\text{II}} = 1$ и составляет $K_{15} = 0,76$.

Б.3.6.4 Коэффициент K_{16} определяется по графикам на рис. 4.15 при $E_1^{\text{II}} = 0,682 \cdot 10^4$ МПа, $E_1^K = 0,88 \cdot 10^4$ МПа и составляет $K_{16} = 1,01$.

3.6.5 Коэффициент K_{17} определяется по графику на рис. 4.16 при $R_1^K / R_1^{\text{II}} = 10,6 / 8,92 = 1,188$ МПа и составляет $K_{17} = 1,04$.

Б.3.6.6 Коэффициент K_{18} определяется по таблице 4.6 для крепи КШПУ-11,7 и составляет $K_{18} = 1,25$.

Б.3.6.7 В итоге, горизонтальное перемещение опор стоек рамной крепи составляет

$$U_{cm}^x = 260 \cdot 1,00 \cdot 0,76 \cdot 1,01 \cdot 1,04 \cdot 1,25 = 259 \text{ мм.}$$

Б.4 Оценка эксплуатационного состояния выемочной выработки

4.1 Проверка работы рамной крепи в податливом режиме осуществляется по неравенствам (5.1) и (5.2)

$$93 \text{ мм} < 300 \text{ мм};$$

$$99 \text{ мм} < 100 \text{ мм}.$$

Условия допустимой вертикальной и боковой податливости рамной крепи выполняется.

Б.4.2 Проверка безопасности перевозок рельсовым транспортом по допустимому горизонтальному зазору с крепью или размещенным оборудованием осуществляется по неравенству (5.5), где $\delta_2^x = 360 \text{ мм}$ (см. рис. Б.1)

$$360 - 99 = 261 \text{ мм} > 250 \text{ мм}.$$

Условие выполняется.

Б.4.3 Проверка безопасности работы конвейерного транспорта по допустимому горизонтальному зазору с крепью или размещенным оборудованием осуществляется по неравенству (5.6), где $\delta_3^x = 925 \text{ мм}$ (см. рис. Б.1)

$$925 - 0,5(99 + 259) = 746 \text{ мм} > 400 \text{ мм}.$$

Условие выполняется.

Б.4.4 Проверка безопасности прохода людей по допустимому расстоянию между рамной крепью и корпусом конвейера на высоте 1,8 м осуществляется по неравенству (5.7), где $\delta_4^x = n = 768 \text{ мм}$ (см. рис. Б.1).

$$768 - 99 = 669 \text{ мм} > 700 \text{ мм}.$$

Условие не выполняется.

Б.4.5 Вывод – в данных горно-геологических и горнотехнических условиях эксплуатации выемочной выработки выполняется комплекс требований надежного и безопасного ее функционирования за исключением безопасного расстояния для прохода людей. Для ограничения перемещений правой стойки рамы не менее, чем на 31 мм, ее рекомендуется усилить анкерной крепью.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Пример прогнозной оценки эксплуатационного состояния пластовой выработки (КШПУ-11,7), оборудованной конвейером 1Л80 и рельсовым путем (колея 600 мм), пройденной по глинистым сланцам

В.1 Общие исходные данные такие же, как в Приложении Б.

В.2 Механические характеристики близлежащих породных слоев.

В.2.1 Первый породный слой почвы представлен глинистым сланцем с механическими характеристиками: $\sigma_{сж1}^П = 18$ МПа, $(\sigma_{сж1}^П)^0 / \sigma_{сж1}^П = 0,18$, $(E_1^П)_{у.м} = 0,4 \cdot 10^4$ МПа, $M_1^П / E_1^П = 1$.

По методике, изложенной в Приложении Б, в соответствии с формулами (3.2)-(3.5) и таблицами 3.1 и 3.2 определяем ослабляющие коэффициенты ($K_c = 0,6$, $K_w = 0,5$, $K_t = 0,78$ при $\frac{x}{\beta} = 0,39$) и величины расчетного сопротивления сжатию $R_1^П = 4,21$ МПа и расчетного модуля деформации $E_1^П = 0,244 \cdot 10^4$ МПа первого породного слоя почвы.

В.2.2 Первый породный слой кровли представлен глинистым сланцем с механическими характеристиками: $\sigma_{сж1}^К = 25$ МПа, $(\sigma_{сж1}^К)^0 / \sigma_{сж1}^К = 0,12$, $(E_1^К)_{у.м} = 0,7 \cdot 10^4$ МПа, $M_1^К / E_1^К = 2$.

Рассчитываем величины ослабляющих коэффициентов ($K_c = 0,6$, $K_w = 0,6$, $K_t = 0,81$ при $\frac{x}{\beta} = 0,344$) и определяем расчетное сопротивление сжатию $R_1^К = 7,29$ МПа и расчетный модуль деформации $E_1^К = 0,46 \cdot 10^4$ МПа первого породного слоя кровли.

В.2.3 Второй породный слой кровли представлен песчано-глинистым сланцем с механическими характеристиками: $\sigma_{сж2}^К = 30$ МПа,

$$(\sigma_{сж2}^K)^0 / \sigma_{сж2}^K = 0,10, (E_2^K)_{у.м} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ МПа}, M_2^K / E_2^K = 3.$$

Рассчитываем величины ослабляющих коэффициентов ($K_c = 0,6, K_w = 0,6, K_t = 0,826$ при $\frac{x}{\beta} = 0,318$) и определяем расчетное сопротивление сжатию $R_2^K = 8,92$ МПа и расчетный модуль деформации $E_2^K = 1,02 \cdot 10^4$ МПа второго породного слоя кровли.

В.3 Расчет перемещений контура выработки осуществляется по методике, подробно изложенной в Приложении Б.

В.3.1 Вертикальное перемещение в замке свода $U_{св}^y$ рассчитывается по формуле (4.1)

$$U_{св}^y = (U_{св}^y)_m \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 = \\ = 420 \cdot 1,05 \cdot 1,36 \cdot 1,05 \cdot 1,12 \cdot 0,81 = 571 \text{ мм},$$

где $(U_{св}^y)_m = 420$ мм – вертикальное перемещение замка свода в типовых условиях (рис. 4.1);

$K_1 = 1,05$ – определяется по таблице 4.1;

$K_2 = 1,36$ – определяется по графикам на рис. 4.2;

$K_3 = 1,05$ – определяется по графикам на рис. 4.3;

$K_4 = 1,12$ – определяется по графику на рис. 4.4;

$K_5 = 0,81$ – определяется по таблице 4.2.

3.2 Вертикальное перемещение свода рамной крепи в зоне прохода людей U_{np}^y рассчитывается по формуле (4.2)

$$U_{np}^y = (U_{np}^y)_m \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 = 365 \cdot 0,81 \cdot 1,27 \cdot 1,35 = 507 \text{ мм},$$

где $(U_{np}^y)_m = 365$ мм – вертикальное перемещение свода рамы в зоне прохода людей в типовых условиях (рис. 4.5);

$K_6 = 1,27$ – определяется по графикам на рис. 4.6;

$K_7 = 1,35$ – определяется по графикам на рис. 4.7.

В.3.3 Горизонтальное перемещение рамной крепи в зоне прохода людей U_{np}^x рассчитывается по формуле (4.3)

$$\begin{aligned} U_{np}^x &= (U_{np}^x)_m \cdot K_8 \cdot K_9 \cdot K_{10} \cdot K_{11} \cdot K_{12} = \\ &= 165 \cdot 1,16 \cdot 1,08 \cdot 1,39 \cdot 1,30 \cdot 1,08 \cdot 1,05 = 424 \text{ мм}, \end{aligned}$$

где $(U_{np}^x)_m = 165$ мм – горизонтальное перемещение рамной крепи в зоне прохода людей в типовых условиях (рис. 4.8);

$K_8 = 1,16$ – определяется по таблице 4.3;

$K_9 = 1,08$ – определяется по графикам на рис. 4.9;

$K_{10} = 1,39$ – определяется по графикам на рис. 4.10;

$K_{11} = 1,30$ – определяется по графикам на рис. 4.11;

$K_{12} = 1,08$ – определяется по графикам на рис. 4.12;

$K_{13} = 1,05$ – определяется по таблице 4.4.

В.3.4 Горизонтальное перемещение опор стоек рамной крепи U_{cm}^x рассчитывается по формуле (4.4)

$$\begin{aligned} U_{cm}^x &= (U_{cm}^x)_m \cdot K_{14} \cdot K_{15} \cdot K_{16} \cdot K_{17} \cdot K_{18} = \\ &= 460 \cdot 0,96 \cdot 0,82 \cdot 1,36 \cdot 1,13 \cdot 1,25 = 696 \text{ мм}, \end{aligned}$$

где $(U_{cm}^x)_m = 460$ мм – горизонтальное перемещение опор стоек рамной крепи в типовых условиях (рис. 4.13);

$K_{14} = 0,96$ – определяется по таблице 4.5;

$K_{15} = 0,82$ – определяется по графикам на рис. 4.14;

$K_{16} = 1,36$ – определяется по графикам на рис. 4.15;

$K_{17} = 1,13$ – определяется по графику на рис. 4.16;

$K_{18} = 1,25$ – определяется по таблице 4.6.

В.4 Оценка эксплуатационного состояния наклонной выработки

В.4.1 Проверка работы рамной крепи в податливом режиме осуществляется по неравенствам (5.1) и (5.2)

$$507 \text{ мм} > 300 \text{ мм};$$

$$424 \text{ мм} > 100 \text{ мм}.$$

Оба условия не выполняются – рамная крепь исчерпала конструктивную величину вертикальной и боковой податливости и работает в жестком режиме. Величина прогнозируемых перемещений рамы указывает на пластическое деформирование ее материала и возможность разрушения крепи.

В.4.2 Проверка безопасности перевозок рельсовым транспортом по допустимому горизонтальному зазору с крепью или размещенным оборудованием осуществляется по неравенству (5.5), где $\delta_2^x = 360 \text{ мм}$ (см. рис. Б.1)

$$360 - 424 = -64 \text{ мм} < 250 \text{ мм}.$$

Условие не выполняется. Более того, рамная крепь из-за пластических деформаций на 64 мм перекрывает габарит вагонетки.

В.4.3 Проверка безопасности работы конвейерного транспорта по допустимому горизонтальному зазору с крепью или размещенным оборудованием осуществляется по неравенству (5.6), где $\delta_3^x = 925 \text{ мм}$ (см. рис. Б.1)

$$925 - 0,5(424 + 696) = 365 \text{ мм} < 400 \text{ мм}.$$

Условие не выполняется. Необходимо проектом предусмотреть ограничение перемещений правой стойки рамы, например, с помощью податливых анкеров.

В.4.4 Проверка безопасности прохода людей по допустимому расстоянию между рамной крепью и корпусом конвейера на высоте

1,8 м осуществляется по неравенству (5.7), где $\delta_4^x = n = 768$ мм (см. рис. Б.1)

$$768 - 424 = 344 \text{ мм} < 700 \text{ мм.}$$

Условие не выполняется. Необходимо проектом предусмотреть ограничение перемещений правой стойки рамы, например, с помощью податливых анкеров.

В.4.5 Вывод – в данных горно-геологических и горнотехнических условиях выемочная выработка находится в неудовлетворительном состоянии. Необходимо предусмотреть проектом комплекс мероприятий по ограничению перемещений контура выработки за счет: усиления рамной крепи, например, анкерами; упрочнения приконтурных пород тампонажными растворами; других современных способов управления параметрами взаимодействия крепи с породным массивом.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Пример прогнозной оценки эксплуатационного состояния
однопутевой (колея 900 мм) пластовой выработки (КШПУ-11,7)
с двумя проходами, пройденной по песчано-глинистым сланцам

Г.1 Общие исходные данные

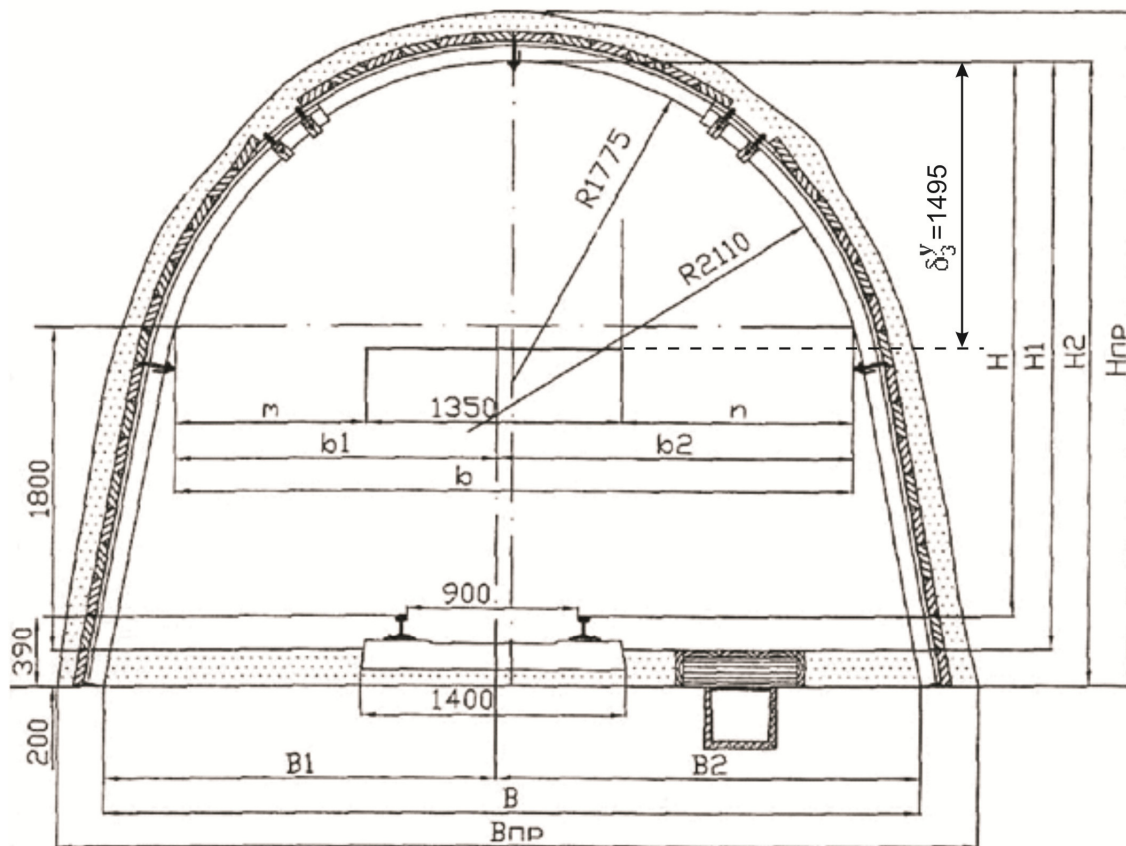
Г.1.1 Максимальная проектная фактическая глубина заложения выработки $H_{np} = 400$ м; условия эксплуатации выработки обычные вне зоны влияния очистных работ и тектонических нарушений ($K = 1$). По формуле (3.1) определяем расчетную глубину размещения выработки

$$H = H_{np} \cdot K = 400 \cdot 1 = 400 \text{ м.}$$

Г.1.2 По техническим решениям проектной организации для однопутевой пластовой выработки с двумя проходами принято типовое сечение с крепью КШПУ-11,7 площадью сечения в свету до осадки $S_{ce} = 11,7 \text{ м}^2$ до балласта. Типовое сечение приведено на рис. Г.1, где указаны все зазоры до осадки крепи вне зоны влияния очистных работ:

– горизонтальные расстояния δ_2^x на высоте 1,8 м прохода людей между вагонеткой и рамной крепью составляют с правой стороны 1214 мм, а с левой – 1014 мм;

– вертикальная податливость КШПУ-11,7 составляет 300 мм, горизонтальная – 100 мм.



Показатели, мм		на прямом участке								H	H ₁	H ₂	
		m	n	b	b ₁	b ₂	B	B ₁	B ₂				
в свету	до осадки	1014	1214	3578	1689	1889	4310	2055	2255	3070	3260	3460	
	после осадки	вне зоны ВОР	944	1144	3438	1619	1819	4190	1995	2195	2970	3160	3360
		в зоне ВОР	814	1014	3178	1489	1689	4060	1930	2130	2770	2960	3160

Рис. Г.1. Однопутевая выработка с двумя проходами на прямом участке и на закруглении КШПУ-11,7

Г.1.3 Близлежащие породные слои обводнены и имеют структурные нарушения со средним расстоянием между поверхностями ослабления 0,5...1 м.

Г.2 Механические характеристики близлежащих породных слоев

Г.2.1 Первый породный слой почвы представлен песчано-глинистым сланцем с механическими характеристиками:

$$\sigma_{сж1}^{\Pi} = 30 \text{ МПа}; (\sigma_{сж1}^{\Pi})^0 / \sigma_{сж1}^{\Pi} = 0,20; (E_1^{\Pi})_{у.м} = 1 \cdot 10^4 \text{ МПа}; M_1^{\Pi} / E_1^{\Pi} = 1.$$

По методике, изложенной в Приложении Б, в соответствии с формулами (3.2)-(3.5) и таблицам 3.1 и 3.2 определяем ослабляющие коэффициенты ($K_c = 0,6$; $K_w = 0,6$; $K_t = 0,826$ при $\frac{x}{\beta} = 0,318$) и величины расчетного сопротивления сжатию $R_1^{\Pi} = 8,92 \text{ МПа}$ и расчетного модуля деформации $E_1^{\Pi} = 0,682 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ первого породного слоя почвы.

Г.2.2 Первый породный слой кровли представлен песчано-глинистым сланцем с механическими характеристиками: $\sigma_{сж1}^K = 35 \text{ МПа}$;

$$(\sigma_{сж1}^K)^0 / \sigma_{сж1}^K = 0,20; (E_1^K)_{у.м} = 1,25 \cdot 10^4 \text{ МПа}; M_1^K / E_1^K = 1,5.$$

По методике, изложенной в Приложении Б, в соответствии с формулами (3.2)-(3.5) и таблицами 3.1 и 3.2 определяем ослабляющие коэффициенты ($K_c = 0,6$; $K_w = 0,6$; $K_t = 0,84$ при $\frac{x}{\beta} = 0,297$) и величины расчетного сопротивления сжатию $R_1^K = 10,6 \text{ МПа}$ и расчетного модуля деформации $E_1^K = 0,88 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ первого породного слоя кровли.

Г.2.3 Второй породный слой кровли представлен песчаным сланцем с механическими характеристиками: $\sigma_{сж2}^K = 40 \text{ МПа}$;

$$(\sigma_{сж2}^K)^0 / \sigma_{сж2}^K = 0,15; (E_2^K)_{y.m} = 1,5 \cdot 10^4 \text{ МПа}; M_2^K / E_2^K = 2.$$

По методике, изложенной в Приложении Б, в соответствии с формулами (3.2)-(3.5) и таблицами 3.1 и 3.2 определяем ослабляющие коэффициенты ($K_c = 0,6$; $K_w = 0,6$; $K_t = 0,85$ при $\frac{x}{\beta} = 0,278$) и величины расчетного сопротивления сжатию $R_2^K = 16,3 \text{ МПа}$ и расчетного модуля деформации $E_2^K = 1,08 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ второго породного слоя кровли.

Г.3 Расчет перемещений контура рамной крепи

Г.3.1 Вертикальное перемещение в замке свода $U_{св}^y$ рассчитывается по формуле (4.1).

Г.3.1.1 Величина перемещения $(U_{св}^y)_m$ в типовых условиях определяется по графикам на рис. 4.1 при $H = 400 \text{ м}$, $R_1^K = 10,6 \text{ МПа}$ и составляет $(U_{св}^y)_m = 305 \text{ мм}$.

Г.3.1.2 Коэффициент K_1 определяется по таблице 4.1 при $R_1^K = 10,6 \text{ МПа}$, $R_2^K = 16,3 \text{ МПа}$ для среднего значения (между числителем и знаменателем, т.к. $H = 400 \text{ м}$) и составляет $K_1 = 0,80$.

Г.3.1.3 Коэффициент K_2 определяется по графикам на рис. 4.2 при $(\sigma_{сж1}^K)^0 / \sigma_{сж1}^K = 0,20$, $(\sigma_{сж2}^K)^0 / \sigma_{сж2}^K = 0,15$ и составляет $K_2 = 0,75$.

Г.3.1.4 Коэффициент K_3 определяется по графикам на рис. 4.3 при $E_1^K = 0,88 \cdot 10^4 \text{ МПа}$, $E_2^K = 1,08 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ и составляет $K_3 = 0,73$.

Г.3.1.5 Коэффициент K_4 определяется по графику на рис. 4.4 при $M_1^K / E_1^K = 1,5$ и составляет $K_4 = 1,04$.

Г.3.1.6 Коэффициент K_5 определяется по таблице 4.2 для крепи КШПУ-11,7 и составляет $K_5 = 0,81$.

Г.3.1.7 Для данных горно-геологических и горнотехнических

условий вертикальное перемещение замка свода составляет

$$U_{св}^y = 305 \cdot 0,80 \cdot 0,75 \cdot 0,73 \cdot 1,04 \cdot 0,81 = 113 \text{ мм.}$$

Г.3.2 Вертикальное перемещение свода рамной крепи в зоне прохода людей U_{np}^y рассчитывается по формуле (4.2).

Г.3.2.1 Величина перемещения $(U_{np}^y)_m$ в типовых условиях определяется по графикам на рис. 4.5 при $H = 400$ м, $R_1^K = 10,6$ МПа и составляет $(U_{np}^y)_m = 225$ мм.

Г.3.2.2 Коэффициент K_6 определяется по графикам на рис. 4.6 при $(\sigma_{сж1}^K)^0 / \sigma_{сж1}^K = 0,20$, $R_2^K = 16,3$ МПа и составляет $K_6 = 0,64$.

Г.3.2.3 Коэффициент K_7 определяется по графикам на рис. 4.7 при $E_1^K = 0,88 \cdot 10^4$ МПа, $M_1^K / E_1^K = 1,5$ и составляет $K_7 = 0,80$.

Г.3.2.4 В итоге, вертикальное перемещение свода рамы в зоне прохода людей составляет

$$U_{np}^y = 225 \cdot 0,81 \cdot 0,64 \cdot 0,80 = 93 \text{ мм.}$$

Г.3.3 Горизонтальное перемещение рамной крепи в зоне прохода людей рассчитывается по формуле (4.3).

Г.3.5.1 Величина горизонтального перемещения рамы в зоне прохода людей $(U_{np}^x)_m$ в типовых условиях определяется по графикам на рис. 4.8 при $H = 400$ м, $R_1^K = 10,6$ МПа и составляет $(U_{np}^x)_m = 120$ мм.

Г.3.5.2 Коэффициент K_8 определяется по таблице 4.3 при $R_1^K = 10,6$ МПа, $R_1^H = 8,92$ МПа для среднего значения (между числителем и знаменателем, т. к. $H = 400$ м) и составляет $K_8 = 1,02$.

Г.3.5.3 Коэффициент K_9 определяется по графикам на рис. 4.9 при $R_1^H / R_1^K = 8,92 / 10,6 = 0,842$ МПа, $R_2^K / R_1^K = 16,3 / 10,6 = 1,538$ и со-

ставляет $K_9 = 1,10$.

Г.3.5.4 Коэффициент K_{10} определяется по графикам на рис. 4.10 при $(\sigma_{сж1}^K)^0 / \sigma_{сж1}^K = 0,20$, $M_1^K / E_1^K = 1,5$ и составляет $K_{17} = 0,80$.

Г.3.5.5 Коэффициент K_{11} определяется по графикам на рис. 4.11 при $E_1^K = 0,88 \cdot 10^4$ МПа, $E_2^K = 1,08 \cdot 10^4$ МПа и составляет $K_{18} = 0,89$.

Г.3.5.6 Коэффициент K_{12} определяется по графикам на рис. 4.12 при $E_1^II = 0,682 \cdot 10^4$ МПа и составляет $K_{19} = 0,98$.

Г.3.5.7 Коэффициент K_{13} определяется по таблице 4.4 для крепи КШПУ-11,7 и составляет $K_{13} = 1,05$.

Г.3.5.8 В итоге, горизонтальное перемещение в зоне прохода людей составляет

$$U_{np}^x = 120 \cdot 1,02 \cdot 1,10 \cdot 0,80 \cdot 0,89 \cdot 0,98 \cdot 1,05 = 99 \text{ мм.}$$

Г.3.6 Горизонтальное перемещение опор стоек рамной крепи U_{cm}^x рассчитывается по формуле (4.4).

Г.3.6.1 Величина горизонтального перемещения опор стоек рамной крепи $(U_{cm}^x)_m$ в типовых условиях определяется по графикам на рис. 4.13 при $H = 400$ м, $R_1^II = 8,92$ МПа и составляет $(U_{cm}^x)_m = 260$ мм.

Г.3.6.2 Коэффициент K_{14} определяется по таблице 4.5 при $R_1^II = 8,92$ МПа, $M_1^K / E_1^K = 1,5$ для среднего значения (между числителем и знаменателем, т. к. $H = 400$ м) и составляет $K_{14} = 1,00$.

Г.3.6.3 Коэффициент K_{15} определяется по графикам на рис. 4.14 при $(\sigma_{сж1}^II)^0 / \sigma_{сж1}^II = 0,20$, $M_1^II / E_1^II = 1$ и составляет $K_{15} = 0,76$.

Г.3.6.4 Коэффициент K_{16} определяется по графикам на рис. 4.15 при $E_1^II = 0,682 \cdot 10^4$ МПа, $E_1^K = 0,88 \cdot 10^4$ МПа и составляет $K_{16} = 1,01$.

Г.3.6.5 Коэффициент K_{17} определяется по графику на рис. 4.16 при $R_1^K / R_1^H = 10,6 / 8,92 = 1,188$ МПа и составляет $K_{17} = 1,04$.

Г.3.6.6 Коэффициент K_{18} определяется по таблице 4.6 для крепи КШПУ-11,7 и составляет $K_{25} = 1,25$.

Г.3.6.7 В итоге, горизонтальное перемещение опор стоек рамной крепи составляет

$$U_{cm}^x = 260 \cdot 1,00 \cdot 0,76 \cdot 1,01 \cdot 1,04 \cdot 1,25 = 259 \text{ мм.}$$

Г.4 Оценка эксплуатационного состояния наклонной выработки

Г.4.1 Проверка работы рамной крепи в податливом режиме осуществляется по неравенствам (5.1) и (5.2)

$$93 \text{ мм} < 300 \text{ мм};$$

$$99 \text{ мм} < 100 \text{ мм.}$$

Условия допустимой вертикальной и боковой податливости рамной крепи выполняется.

Г.4.2 Проверка безопасности перевозок рельсовым транспортом по допустимому горизонтальному зазору с крепью или размещенным оборудованием осуществляется по неравенству (5.5), где $\delta_2^x = 1014(1214)$ мм (см. рис. Г.1)

$$1014 - 99 = 915 \text{ мм} > 250 \text{ мм.}$$

Условие выполняется.

Г.4.3 Проверка безопасности прохода людей по допустимому расстоянию между рамной крепью и габаритом вагонетки на высоте 1,8 м осуществляется по неравенству (5.7), где $\delta_4^x = \delta_2^x = m = 1014$ мм (см. рис. Г.1)

$$1014 - 99 = 915 \text{ мм} > 700 \text{ мм.}$$

Условие выполняется.

Г.4.4 Вывод – в данных горно-геологических и горнотехнических условиях эксплуатации наклонной выработки выполняется весь комплекс требований надежного и безопасного ее функционирования выработки вне зоны влияния очистных работ.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Пример прогнозной оценки эксплуатационного состояния однопутевого (колея 900 мм) магистрального штрека (КШПУ-14,4) с одним проходом, пройденного по глинистым сланцам

1 Общие исходные данные

Д.1.1 Расчетная глубина заложения выработки такая же, как в примерах Приложения Б и составляет $H = 400$ м.

Д.1.2 Однопутевая выработка с крепью КШПУ-14,4 и площадью поперечного сечения в свету до осадки $S_{св} = 14,4 \text{ м}^2$ (без учета рельсового пути с балластом) приведена на рис. Д.1.

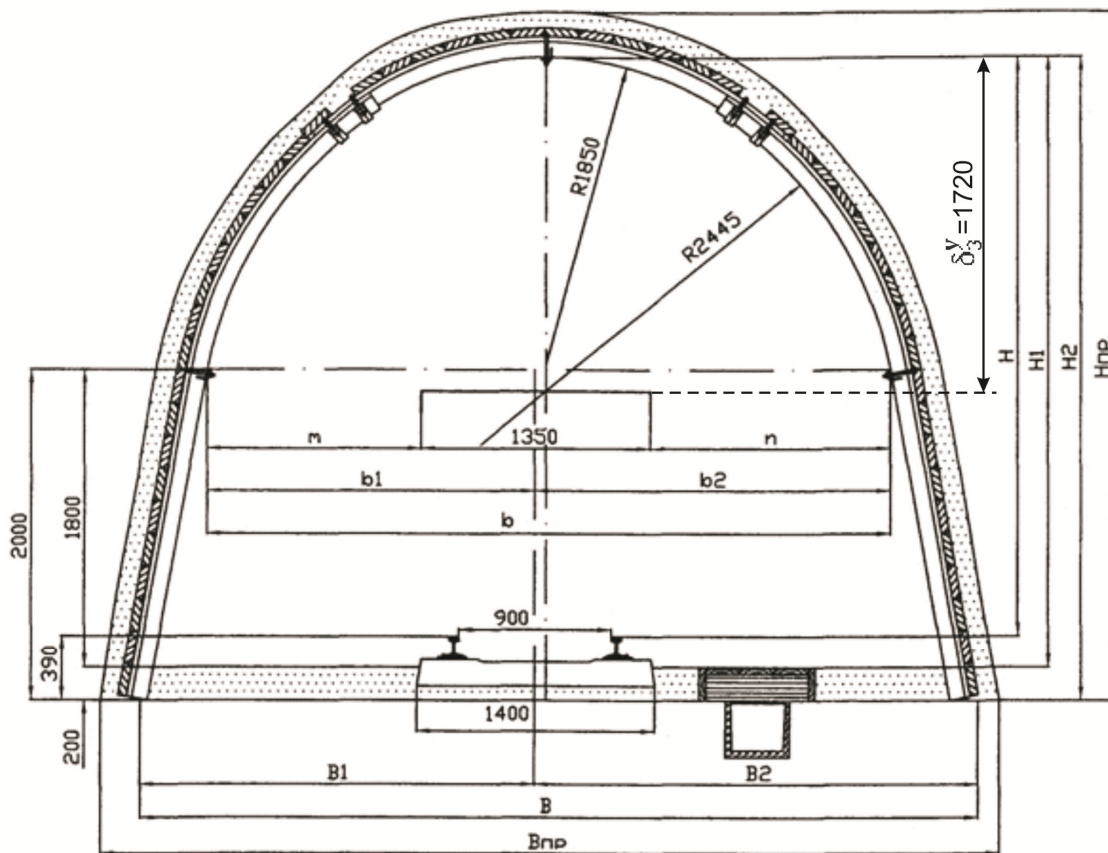
Горизонтальные расстояния до осадки крепи вне зоны влияния очистных работ на высоте 1,8 м прохода людей между корпусом вагонетки и рамной крепью составляют: с правой стороны $\delta_2^x = n = 1435$ мм; с левой стороны $\delta_2^x = m = 1235$ мм (см. рис. Д.1). Вертикальная податливость КШПУ-14,4 составляет 300 мм, горизонтальная – 100 мм.

Д.1.3 Близлежащие породные слои обводнены и имеют структурные нарушения со средним расстоянием 0,5...1 м между поверхностями ослабления.

Д.2 Механические характеристики близлежащих породных слоев

Д.2.1 Первый породный слой почвы представлен глинистым сланцем с механическими характеристиками: $\sigma_{сж1}^{\Pi} = 20$ МПа, $(\sigma_{сж1}^{\Pi})^0 / \sigma_{сж1}^{\Pi} = 0,20$, $(E_1^{\Pi})_{у.м} = 0,6 \cdot 10^4$ МПа, $M_1^{\Pi} / E_1^{\Pi} = 1$.

По методике, изложенной в Приложении Б, в соответствии с формулами (3.2)-(3.5) и таблицами 3.1 и 3.2 определяем коэффициенты



Показатели, мм		на прямом участке								H	H_1	H_2	
		m	n	b	b_1	b_2	B	B_1	B_2				
в свету	до осадки	1235	1435	4020	1910	2110	4730	2265	2465	3490	3680	3880	
	после осадки	вне зоны ВОР	1165	1365	3880	1840	2040	4610	2205	2405	3390	3580	3780
		в зоне ВОР	1035	1235	3620	1710	1910	4480	2140	2340	3190	3380	3580

Рис. Д.1. Однопутевая выработка с одним проходом на прямом участке и на закруглении КШПУ-14,4

ослабления породы ($K_c = 0,6$, $K_w = 0,5$, $K_t = 0,79$ при $\frac{x}{\beta} = 0,376$) и величины расчетного сопротивления сжатию $R_1^H = 4,74$ МПа и расчетного модуля деформации $E_1^H = 0,374 \cdot 10^4$ МПа первого породного слоя почвы.

Д.2.2 Первый породный слой кровли представлен глинистым сланцем с механическими характеристиками: $\sigma_{сж1}^K = 25$ МПа, $(\sigma_{сж1}^K)^0 / \sigma_{сж1}^K = 0,20$, $(E_1^K)_{y.m} = 1 \cdot 10^4$ МПа, $M_1^K / E_1^K = 1,5$.

Рассчитываем величины коэффициентов ослабления породы ($K_c = 0,6$, $K_w = 0,5$, $K_t = 0,81$ при $\frac{x}{\beta} = 0,344$) и определяем расчетное сопротивление сжатию $R_1^K = 6,08$ МПа и расчетный модуль деформации $E_1^K = 0,656 \cdot 10^4$ МПа первого породного слоя кровли.

Д.2.3 Второй породный слой кровли представлен песчано-глинистым сланцем с механическими характеристиками: $\sigma_{сж2}^K = 20$ МПа, $(\sigma_{сж2}^K)^0 / \sigma_{сж2}^K = 0,15$, $(E_2^K)_{y.m} = 1,5 \cdot 10^4$ МПа, $M_2^K / E_2^K = 2$.

Рассчитываем величины коэффициентов ослабления породы ($K_c = 0,6$, $K_w = 0,6$, $K_t = 0,826$ при $\frac{x}{\beta} = 0,318$) и определяем расчетное сопротивление сжатию $R_2^K = 8,92$ МПа и расчетный модуль деформации $E_2^K = 1,02 \cdot 10^4$ МПа второго породного слоя кровли.

Д.3 Расчет перемещений контура выработки осуществляется по методике, подробно изложенной в Приложении Б

Д.3.1 Вертикальное перемещение в замке свода $U_{св}^y$ рассчитывается по формуле (4.1)

$$U_{св}^y = (U_{св}^y)_m \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 =$$

$$= 490 \cdot 1,05 \cdot 0,75 \cdot 0,89 \cdot 1,04 \cdot 0,89 = 318 \text{ мм},$$

где $(U_{св}^y)_m = 490$ мм – вертикальное перемещение замка свода в типовых условиях (рис. 4.1);

$K_1 = 1,05$ – определяется по таблице 4.1;

$K_2 = 0,75$ – определяется по графикам на рис. 4.2;

$K_3 = 0,89$ – определяется по графикам на рис. 4.3;

$K_4 = 1,04$ – определяется по графику на рис. 4.4;

$K_5 = 0,89$ – определяется по таблице 4.2.

Д.3.2 Вертикальное перемещение свода рамной крепи в зоне прохода людей U_{np}^y рассчитывается по формуле (4.2)

$$U_{np}^y = (U_{np}^y)_m \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 = 425 \cdot 0,89 \cdot 0,80 \cdot 1,01 = 306 \text{ мм},$$

где $(U_{np}^y)_m = 425$ мм – вертикальное перемещение свода рамы в зоне прохода людей в типовых условиях (рис. 4.5);

$K_6 = 0,80$ – определяется по графикам на рис. 4.6;

$K_7 = 1,01$ – определяется по графикам на рис. 4.7.

Д.3.5 Горизонтальное перемещение рамной крепи в зоне прохода людей U_{np}^x рассчитывается по формуле (4.3)

$$U_{np}^x = (U_{np}^x)_m \cdot K_8 \cdot K_9 \cdot K_{10} \cdot K_{11} \cdot K_{12} \cdot K_{13} =$$

$$= 185 \cdot 1,21 \cdot 1,12 \cdot 0,80 \cdot 1,07 \cdot 1,05 \cdot 1,19 = 268 \text{ мм},$$

где $(U_{np}^x)_m = 185$ мм – горизонтальное перемещение рамной крепи в зоне прохода людей в типовых условиях (рис. 4.8);

$K_8 = 1,21$ – определяется по таблице 4.3;

$K_9 = 1,12$ – определяется по графикам на рис. 4.9;

$K_{10} = 0,80$ – определяется по графикам на рис. 4.10;

$K_{11} = 1,07$ – определяется по графикам на рис. 4.11;

$K_{12} = 1,05$ – определяется по графикам на рис. 4.12;

$K_{13} = 1,19$ – определяется по таблице 4.4.

3.6 Горизонтальное перемещение опор стоек рамной крепи U_{cm}^x рассчитывается по формуле (4.6)

$$\begin{aligned} U_{cm}^x &= (U_{cm}^x)_m \cdot K_{14} \cdot K_{15} \cdot K_{16} \cdot K_{17} \cdot K_{18} = \\ &= 465 \cdot 0,99 \cdot 0,76 \cdot 1,26 \cdot 1,06 \cdot 1,45 = 678 \text{ мм}, \end{aligned}$$

где $(U_{cm}^x)_m = 465$ мм – горизонтальное перемещение опор стоек рамной крепи в типовых условиях (рис. 4.13);

$K_{14} = 0,99$ – определяется по таблице 4.5;

$K_{15} = 0,76$ – определяется по графикам на рис. 4.14;

$K_{16} = 1,26$ – определяется по графикам на рис. 4.15;

$K_{17} = 1,06$ – определяется по графику на рис. 4.16;

$K_{18} = 1,45$ – определяется по таблице 4.6.

Д.4 Оценка эксплуатационного состояния однопутевой выработки с одним проходом

Д.4.1 Проверка работы рамной крепи в податливом режиме осуществляется по неравенствам (5.1) и (5.2)

$$306 \text{ мм} > 300 \text{ мм};$$

$$268 \text{ мм} > 100 \text{ мм}.$$

Оба условия не выполняются. Однако вертикальное перемещение рамы U_{np}^y превышает допустимую податливость всего на 6 мм и не вызовет каких-либо существенных нарушений. Необходимо ограничить боковые перемещения рамы, например, установкой в ее стойках анкеров.

Д.4.2 Проверка безопасности перевозок рельсовым транспортом по допустимому горизонтальному зазору с крепью или размещенным оборудованием осуществляется по неравенству (5.5), где $\delta_2^x = 1235$ мм (см. рис. Д.1).

$$1235 - 268 = 967 \text{ мм} > 250 \text{ мм.}$$

Условие выполняется.

Д.4.3 Проверка безопасности передвижения людей по допустимой ширине прохода осуществляется по неравенству (5.7), где $\delta_2^x = n = 1435$ мм (см. рис. Д.1).

Условие выполняется:

$$1435 - 268 = 1127 \text{ мм} > 700 \text{ мм (1000 мм)}.$$

Д.4.4 Вывод – необходимо проектом предусмотреть ограничение перемещений стоек рамной крепи с помощью анкеров.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЛАСТЬ И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ	3
2 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	4
3 ОСНОВНЫЕ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ	7
4 РАСЧЕТ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ КОНТУРА ВЫЕМОЧНОЙ ВЫРАБОТКИ	12
4.1 Опускание замка свода рамной крепи	18
4.2 Вертикальные перемещения свода рамной крепи в зоне прохода людей	18
4.3 Горизонтальные перемещения рамной крепи в зоне прохода людей	19
4.4 Горизонтальные перемещения опор стоек рамной крепи	30
5 ОЦЕНКА ВЫБОРА ПРОЕКТНОГО СЕЧЕНИЯ ВЫРАБОТКИ	36
ПРИЛОЖЕНИЕ А – справочные сведения о меха- нических свойствах углевмещающей толщии пород Западного Донбасса	38
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – пример прогнозной оценки эксплуатационного состояния пластовой выработки (КШПУ-11,7), оборудованной конвейером 1Л80 и рельсовым путем (колея 600 м), пройденной по песчано-глинистым сланцам	41
ПРИЛОЖЕНИЕ В – пример прогнозной оценки эксплуатационного состояния пластовой выработки (КШПУ-11,7), оборудованной конвейером 1 Л80 и рельсовым путем (колея 600 мм), пройденной по глинистым сланцам	49
ПРИЛОЖЕНИЕ Г – пример прогнозной оценки эксплуатационного состояния однопутевой (колея 900 мм) пластовой выработки (КШПУ-11,7), с двумя проходами, пройденной по песчано-глинистым сланцам	54

ПРИЛОЖЕНИЕ Д – пример прогнозной оценки эксплуатационного состояния однопутевого (колея 900 мм) магистрального штрека (КШПУ-14,4) с одним проходом, пройденного по глинистым сланцам.....	62
СОДЕРЖАНИЕ	68