МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра маркшейдерского дела, кадастра и геодезии

Составитель

Т. Б. РОГОВА

СДВИЖЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ ПОРОД И ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ

Методические указания к самостоятельной работе

Рекомендовано учебно-методической комиссией специальности
21.05.04 (130400.65) «Горное дело»,
специализации «Маркшейдерское дело»
в качестве электронного издания
для использования в учебном процессе

Кемерово 2015

УДК 622.83

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Бахаева С. П. – д. т. н., профессор кафедры маркшейдерского дела, кадастра и геодезии

Игнатов Ю. М. – к. т. н., председатель учебно-методической комиссии специализации 21.05.04.04 (130404.65) «Маркшейдерское дело»

Рогова Тамара Борисовна. Сдвижения и деформации пород и земной поверхности при ведении горных работ: методические указания к самостоятельной работе. [Электронный ресурс] для студентов специальности 21.05.04 (130400.65) «Горное дело», образовательная программа «Маркшейдерское дело», всех форм обучения / сост. : Т. Б. Рогова. – Кемерово : КузГТУ, 2015. – Систем. требования : Pentium IV ; ОЗУ 8 Мб ; Windows XP ; мышь. – Загл. с экрана.

Приведены темы для самостоятельной работы, методические рекомендации для самостоятельного выполнения расчетов и графических построений при выборе мер охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок, а также примерные оценочные средства для текущего контроля и промежуточной аттестации.

© КузГТУ, 2015
© Рогова Т. Б.,
составление, 2015

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания составлены на основании требований федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) к обязательному минимуму содержания и уровню специальности 130400.65 (21.05.04) «Горное дело», образовательная программа «Маркшейдерское дело», всех форм обучения.

Дисциплина «Сдвижения и деформации пород и земной поверхности при ведении горных работ» относится к базовой части профессионального цикла С.3, изучается студентами образовательной программы «Маркшейдерское дело» в восьмом семестре, опирается на знания, полученные при изучении дисциплин: «Основы горного дела», «Маркшейдерские работы при подземной и открытой разработке полезных ископаемых», «Геомеханика», «Геометрия недр».

Дисциплина формирует представление о различных аспектах охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных работ, что позволяет осознанно подойти в дальнейшем к изучению других дисциплин профессионального цикла, а также при выполнении курсового и дипломного проектов, в рамках которых происходит более подробное рассмотрение использования вопросов защиты объектов и безопасности горных работ в практической работе горного инженера маркшейдера.

Освоение дисциплины направлено на формирование профессиональных (ПК-16, ПК-27) и профессионально-специализированных компетенций (ПСК-4-2).

ПК-16 – владение законодательными основами обеспечения безопасности работ при добыче, строительстве и эксплуатации подземных сооружений: **знать** основные понятия и параметры, характеризующие процесс сдвижения; формы напряженно-деформированного состояния горных пород до и после проведения горных выработок; правила охраны сооружений и природных объектов; **уметь** использовать нормативно-методическую документацию в части маркшейдерского обеспечения охраны сооружений и природных объектов; **владеть** навыками обеспечения служб горного предприятия необходимой горно-графической документацией.

ПК-27 – готовность демонстрировать навыки разработки систем по обеспечению безопасности производства работ по добыче твердых полезных ископаемых, строительству и эксплуатации подземных объектов: **знать** методы изучения процессов сдвижения; методику расчета сдвижений и деформаций земной поверхности; **уметь** составлять горно-графическую и пояснительную документацию при обосновании мер охраны объектов на различных стадиях проектирования горных работ; **владеть** навыками по обеспечению охраны подрабатываемых зданий, сооружений, горных выработок, природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок с учетом требований промышленной безопасности, охраны и рационального использования недр.

ПСК-4-2 – готовность осуществлять планирование развития горных работ и маркшейдерский контроль состояния горных выработок, зданий, сооружений и земной поверхности на всех этапах освоения и охраны недр с обеспечением промышленной и экологической безопасности: **знать** меры охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния горных работ; **уметь** производить расчеты и построение предохранительных целиков под отдельные здания, сооружения и природные объекты, выполнять расчет сдвижений и деформаций земной поверхности при подработке ее одной очистной выработкой или несколькими, пройденными по одному пласту или по свите пластов; **владеть** навыками обработки и интерпретации результатов наблюдений состояния земной поверхности при ведении горных работ; методикой принятия решений по результатам выполнения наблюдений состояния земной поверхности и массива горных пород.

Методические указания по самостоятельной работе для студентов позволят им находить правильные решения при определении предельных и допустимых показателей деформаций, расчетах сдвижений и деформаций поверхности при ведении горных работ, выборе мер защиты объектов на различных стадиях проектирования горных работ.

В основу данных указаний положены методические разработки доцента, к. т. н. Марченко Порфирия Аверьяновича.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

1. Введение. Содержание дисциплины и ее значение. Задачи маркшейдерской службы в изучении процесса сдвижения горных пород и земной поверхности при ведении горных работ. Нормативные документы по методам расчета сдвижений и деформаций земной поверхности, мерах охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния горных выработок.

2. Общие сведения о процессе сдвижения пород и его последствиях. Основные формы сдвижения подработанной толщи. Факторы, влияющие на характер процесса сдвижения земной поверхности и горных пород. Мульда сдвижения и ее параметры. Полная и неполная подработка. Сдвижения точек и деформации земной поверхности. Характер распределения сдвижений и деформаций в главных сечениях мульды сдвижения при горизонтальном, наклонном и крутом падении пластов.

3. Маркшейдерские наблюдения за сдвижением толщи горных пород, земной поверхности и за подрабатываемыми объектами. Способы изучения процесса сдвижения толщи горных пород. Наблюдательные станции на земной поверхности. Определение размеров и местоположения профильных линий реперов. Периоды процесса сдвижения. Маркшейдерские наблюдения за сдвижением земной поверхности.

4. Меры охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния горных выработок. Расчет допустимых и предельных деформаций для гражданских и промышленных сооружений. Категория охраны, безопасная глубина разработки. Общая характеристика мер охраны. Предохранительные целики, правила их построения и применения. Способ вертикальных разрезов. Способ перпендикуляров. Способ проекций с числовыми отметками.

5. Расчет сдвижений и деформаций земной поверхности при подземной разработке месторождений. Ожидаемые, вероятные и расчетные сдвижения и деформации земной поверхности. Понятие о методах расчета сдвижений и деформаций земной поверхности. Исходные параметры для расчета. Расчет максимальных оседаний земной поверхности под влиянием отдельной очистной выработки.

Типовые (единичные) кривые сдвижений. Расчет сдвижений и деформаций земной поверхности в точках мульды сдвижения по методу типовых кривых. Упрощенный способ расчета сдвижений и деформаций земной поверхности при отсутствии календарных планов отработки пластов. Точность расчетов сдвижений и деформаций земной поверхности.

6. Общая характеристика мер охраны подрабатываемых объектов. Горнотехнические мероприятия по охране эксплуатируемых зданий и сооружений. Горные мероприятия, связанные с рациональным планированием горных работ относительно подрабатываемых сооружений. Неполная (частичная) выемка угольных пластов по площади и по мощности. Общие сведения о конструктивных мерах охраны подрабатываемых сооружений.

7. Современные маркшейдерские технологии при обеспечении безопасности горных работ и охране природных объектов и сооружений, расположенных на земной поверхности в зоне подземных разработок.

ЦЕЛЬ, ФОРМЫ И КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Целью изучения дисциплины является получение знаний о необходимости и принципах обеспечения охраны горных выработок, сооружений и природных объектов на земной поверхности от вредного влияния горных разработок.

Цель самостоятельной работы – систематическое изучение дисциплины в течение семестра, закрепление и углубление полученных знаний и навыков, подготовка к предстоящим занятиям, а также формирование культуры умственного труда и самостоятельности в поиске и приобретении новых знаний и умений.

Систематическое самостоятельное изучение дисциплины позволит студенту достигнуть уровня требований ФГОС высшего профессионального образования к профессиональной подготовленности, а именно:

– иметь представление о сдвижении и деформации горного массива и земной поверхности под влиянием горных разработок;

– знать правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок;

– уметь рассчитывать целики для охраны зданий, сооружений и природных объектов, ожидаемые сдвижения и деформации земной поверхности при отработке залежей полезных ископаемых.

Самостоятельная работа студента очной формы обучения включает следующие формы:

– изучение и повторение тем лекций, т. е. работу с учебной, научно-методической литературой, нормативными документами;

– подготовку к лабораторным работам и их оформление;

– изучение отдельных тем дисциплины, не рассматриваемых на аудиторных занятиях;

– выполнение курсового проекта.

– теоретическую подготовку с использованием лекционных материалов и рекомендуемой литературы к экзамену;

Контроль самостоятельной работы осуществляется во время проведения текущего контроля успеваемости на 5, 9, 13 и 17 неделях в форме устного опроса и собеседования на лабораторных занятиях, консультациях, в процессе выполнения контрольных заданий по дисциплине. Результаты контроля учитываются преподавателем для оценки успеваемости студента при текущем контроле знаний и экзамене по дисциплине.

Самостоятельная работа студента заочной формы обучения включает следующие формы:

– изучение тем лекций, т. е. работу с учебной, научно-методической литературой, нормативными документами;

– выполнение контрольной работы, включающей три задания (приведены в [16]).

– подготовку к лабораторным работам и их оформление;

– изучение отдельных тем дисциплины, не рассматриваемых на аудиторных занятиях;

– выполнение курсового проекта [17].

– теоретическую подготовку с использованием лекционных материалов и рекомендуемой литературы к экзамену;

Контроль самостоятельной работы осуществляется во время сессии в форме устного опроса и собеседования на лабораторных занятиях, консультациях, в процессе проверки контрольных заданий по дисциплине. Результаты контроля учитываются преподавателем для оценки успеваемости студента на экзамене по дисциплине.

СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа студентов очной формы обучения (92 ч) включает:

– теоретическую подготовку с использованием лекционных материалов и рекомендуемой литературы к занятиям и экзамену (22 ч);

– оформление расчетов к лабораторным работам в электронных таблицах Excel (6 ч) и графических приложений работ с использованием графических редакторов на ПЭВМ (8 ч);

– выполнение курсового проекта (56 ч) [17].

Распределение трудоемкости на выполнение самостоятельной работы для студентов очной формы обучения приведено в табл. А.

Таблица А

Содержание и трудоемкость самостоятельной работы дисциплины для студентов очной формы обучения

Неделя	Раздел	Вид самостоятельной работы, литература	Трудоемкость	
			Часы	ЗЕ
1–4	1, 2	Изучение литературы [1–4, 7, 8, 11, 12]. Выполнение лабораторных работ № 1, 2 [13, 14, 16]. Подготовка к письменному опросу.	9	0,25
5–8	3, 4	Изучение литературы [1, 2, 4–9, 15]. Выполнение лабораторной работы № 3 [16]. Подготовка к письменному опросу.	9	0,25
9–12	4, 5	Изучение литературы [1, 4–9]. Выполнение лабораторной работы № 4 [16]. Подготовка к письменному опросу.	9	0,25
13–17	5, 6, 7	Изучение литературы [1, 4–6, 8, 10–12]. Выполнение лабораторной работы № 5 [16]. Подготовка к письменному опросу.	9	0,25
		Итого:	36	1,0
1–17		Выполнение курсового проекта [17].	56	1,56
		Всего:	**92**	**2,56**

Самостоятельная работа студентов заочной формы обучения (112 ч) включает:

– теоретическую подготовку и выполнение контрольной работы (60 ч) [16];

– выполнение курсового проекта (56 ч) [17].

Распределение трудоемкости на выполнение самостоятельной работы для студентов очной формы обучения приведено в табл. Б.

Таблица Б

Содержание и трудоемкость самостоятельной работы дисциплины для студентов заочной формы обучения

Неделя	Раздел	Вид самостоятельной работы, литература	Трудоемкость	
			Часы	ЗЕ
1–6	1–4	Изучение теоретического материала [1–6, 8, 9, 15]. Выполнение контрольной работы (задание № 1 [16]).	24	0,67
7–13	4–5	Изучение теоретического материала [1, 4–9, 13–15]. Выполнение контрольной работы (задание № 2 [16]).	24	0,67
13–17	5–7	Изучение теоретического материала [1, 4–6, 8, 10–12]. Выполнение контрольной работы (задание № 3 [16]).	24	0,67
		Итого:	72	2,0
1–17		Выполнение курсового проекта [17].	56	1,56
		Всего:	**92**	**3,56**

В табл. В определены темы для самостоятельного изучения дисциплины и подробно приведена литература, помогающая освоить материал.

Таблица В

Темы самостоятельного изучения дисциплины для студентов всех форм обучения

Наименования тем, их содержание, литература	Объем в часах
Построение предохранительного целика для охраны железной дороги [8, с. 138–141].	1
Построение предохранительных целиков для охраны промышленной площадки шахты [8, с. 133–137].	1

Продолжение табл. В

Наименования тем, их содержание, литература	Объем в часах
Построение предохранительных целиков в свите пластов на большой глубине для охраны производственного здания [8, с. 148–151].	1
Построение предохранительных целиков для охраны глубоких вертикальных стволов [8, с. 142–144].	1
Построение предохранительного целика для охраны наклонного шахтного ствола [8, с. 144–148].	1
Построение предохранительного целика для отдельно стоящего здания, расположенного над крылом синклинальной складки [8, с. 151–155].	1
Определение границ зон трещин и провалов [1, 8, с. 18–21].	1
Горные меры охраны подрабатываемых сооружений и природных объектов [1, 5, 6, 8, с. 247–255].	1
Классификация конструктивных мер защиты зданий и сооружений [1, 5, 6, 8, с. 262–264].	1
Наблюдательные станции для определения сдвижений и деформаций земной поверхности и подрабатываемых объектов [1, 2, 11, 12].	1
Утверждение мер охраны сооружений и ведение горных работ в предохранительных целиках [2, 5, 6, с. 640–641, 9].	1
Особенности сдвижения горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений [1, 5, 6, с. 642–653, 12].	1
Всего:	**12**

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Составление проекта наблюдательной станции для определения параметров сдвижения земной поверхности под влиянием подземных горных разработок

1. При проектировании наблюдательной станции для угольных месторождений:

1.1. По углу падения пласта α из «Правил охраны…» [8] определяют углы сдвижения β, β_1, γ, δ и граничный угол φ_o в наносах, а также угол максимального оседания θ и угол полного сдвижения ψ_3. Из «Инструкции…» [11] устанавливают поправки к углам $\Delta\beta$, $\Delta\beta_1$, $\Delta\gamma$, $\Delta\delta$.

1.2. На разрезе по главному сечению вкрест простирания по углам ($\beta - \Delta\beta$) – со стороны падения пласта, ($\gamma - \Delta\gamma$) – со стороны восстания и углу φ – в наносах определяют длину рабочей части профильной линии вкрест простирания (АБ), а по углу θ – положение профильной линии по простиранию – точка О (рис. 1, *а*).

1.3. На разрезе по простиранию длину рабочей части профильной линии ГД и место положения профильных линий вкрест простирания – O_1, O_2 определяют углом ($\delta - \Delta\delta$) и расстояниями, указанными на рис. 1, *б*.

2. При проектировании наблюдательной станции для рудных месторождений

2.1. В зависимости от угла падения залежи, строения и крепости вмещающих пород по «Инструкции…» [12] устанавливают группу пород, углы сдвижения β, β_1, γ, δ, φ и поправки к углам сдвижения.

2.2. Строят вертикальные разрезы вкрест простирания и по простиранию залежи, на которых определяют длину рабочей части профильных линий и их положение.

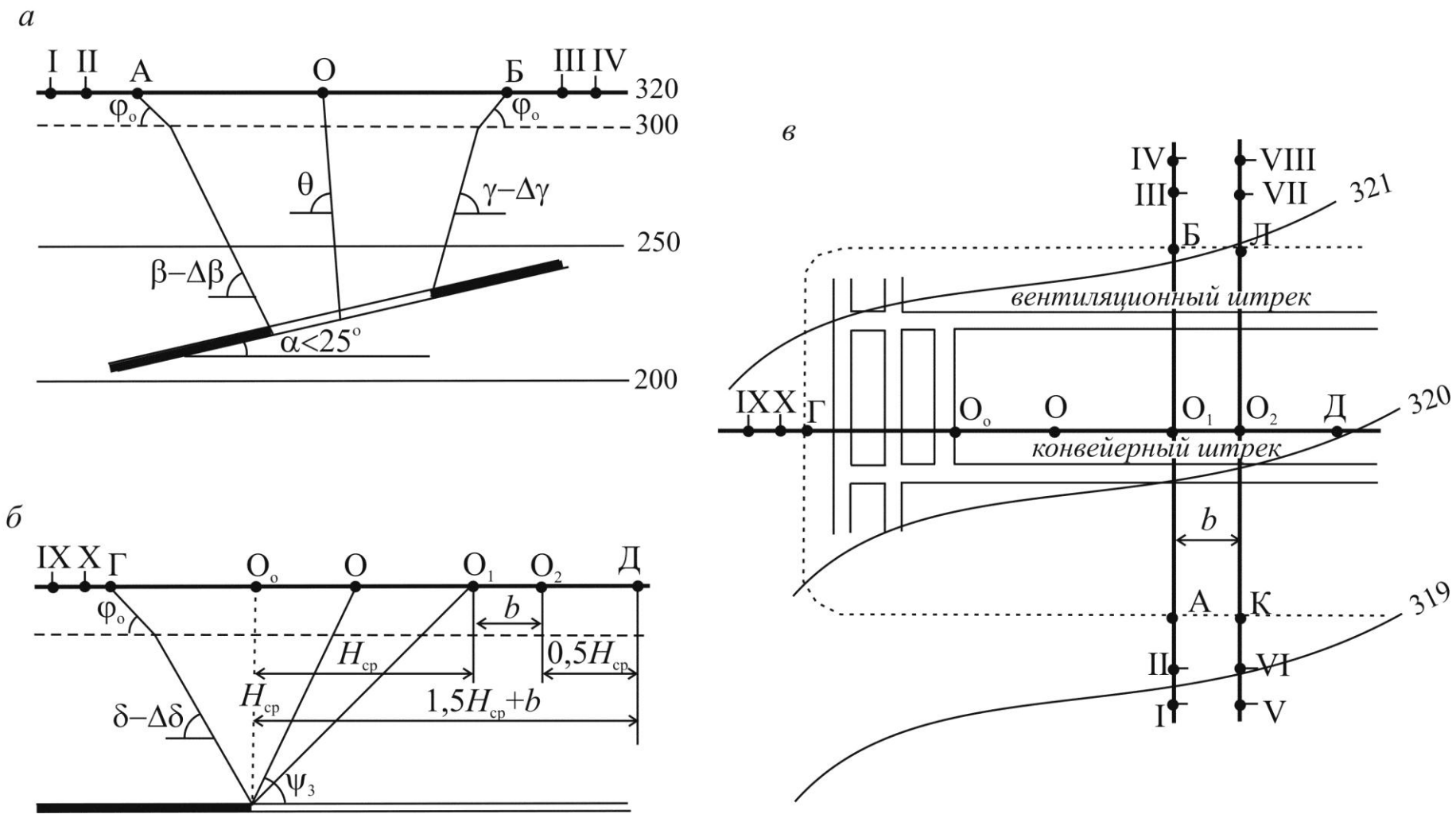


Рис. 1. Профильные линии на разрезах: *а* – вкрест простирания; *б* – по простиранию; *в* – на плане горных работ

3. На основании вертикальных разрезов профильные линии переносят на план (рис. 1, *в*). Намечают на плане положение опорных, исходных и рабочих реперов.

4. В пояснительной записке к проекту наблюдательной станции указывают [10, 11, 12]:

– расстояние между рабочими реперами;
– конструкцию опорных и рабочих реперов;
– способ выноса в натуру профильных линий;
– способ закладки реперов;
– способ привязки профильных линий в плане и по высоте;
– методику первичных и промежуточных наблюдений.

5. Составляют график работ по закладке наблюдательной станции и наблюдениям, который включает:

– рекогносцировку местности;
– вынос в натуру и разбивку профильной линии на местности;
– закладку реперов (с учетом времени схватывания бетона);
– привязку профильных линий в плане и по высоте;
– первичные наблюдения (две серии с перерывом не более 5 дней);
– промежуточные наблюдения.

Нормы времени и выработки на указанные виды работ определяют согласно [13, 14].

Пример построения (рис. 1) приведен для пологого залегания пласта. Для других углов падения построения производят с учетом требований [8, 11, 12].

Рекомендуемая литература: [1, 5, 6, 8, 10, 11–15].

Определение параметров сдвижения земной поверхности по результатам инструментальных наблюдений на наблюдательных станциях

Параметры процесса сдвижения земной поверхности в зависимости от вида профильной линии определяют на вертикальных разрезах вкрест простирания (граничные углы β_o, γ_o или β_{o1}, углы сдвижения β, γ или β_1, угол максимального оседания θ, углы полных сдвижений ψ_1 и ψ_2) и по простиранию пласта (граничный угол δ_o, угол сдвижения δ, угол полного сдвижения ψ_3).

Расчет параметров сдвижений и деформаций для удобства следует производить в таблице (табл. 1).

Расстояния между соседними реперами L_n^o, L_n^k (табл. 1, графы 6 и 7) определяют из выражений

$$L_n^o = D_i^o - D_{i-1}^o \text{ и } L_n^k = D_i^k - D_{i-1}^k, \tag{1}$$

где D_i^o и D_{i-1}^o – горизонтальные расстояния от опорного до i-го и (i–1)-го рабочих реперов из начального наблюдения, м (табл. 1, графа 4); D_i^k и D_{i-1}^k– то же из конечного наблюдения, м (табл. 1, графа 5).

Среднюю длину интервала определяют как полусумму полученных значений (табл. 1, графа 8):

$$L_n = \frac{L_n^o + L_n^k}{2} \tag{2}$$

Средняя длина двух смежных интервалов (табл. 1, графа 9):

$$\overline{L} = \frac{L_n + L_{n+1}}{2}. \tag{3}$$

Основными параметрами сдвижений и деформаций земной поверхности являются:

1. Оседания (сдвижения в вертикальной плоскости, мм):

$$\eta_i = Z_i^o - Z_i^k, \tag{4}$$

где Z_i^o и Z_i^k – абсолютная отметка рабочего репера соответственно из начального и конечного наблюдения.

Таблица 1

Расчет параметров сдвижений и деформаций земной поверхности

№ репера	Абсолютные отметки реперов, м		Горизонтальное расстояние от опорного до рабочих реперов, м		Расстояние между реперами, м			Средняя длина смежных интервалов, м	Оседание, мм	Горизонтальные сдвижения, мм	Наклоны, $\times 10^{-3}$	Кривизна, $\times 10^{-3}$, 1/м	Горизонтальные деформации, $\times 10^{-3}$	Скорость оседания, мм/сут	Скорость горизонтальных сдвижений, мм/сут
	из начального наблюдения	из конечного наблюдения	из начального наблюдения	из конечного наблюдения											
	Z_i^o	Z_i^k	D_i^o	D_i^k	L_n^o	L_n^k	L_n	$\bar{L}$	η	ξ	i	K	ε	V	U
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
1	307,926	307,926	87,532	87,532					0	0				0,00	0,00
					14,365	14,372	14,369				0,626		0,49		
2	307,349	307,340	101,897	101,904				14,496	9	-7		0,018		0,14	-0,11
					14,619	14,628	14,624				0,889		0,62		
3	307,413	307,391	116,516	116,532				14,539	22	-16		0,006		0,33	-0,24
					14,451	14,460	14,456				0,968		0,63		

2. Горизонтальные сдвижения земной поверхности (мм):

$$\xi_i = D_i^k - D_i^o, \tag{5}$$

где D_i^o и D_i^k – горизонтальные расстояния вдоль профильной линии от опорного репера до рабочего репера (i) соответственно из начального и конечного наблюдения.

3. Деформации наклонов (безразмерная величина, 1×10^{-3}):

$$i_n = \frac{\eta_i - \eta_{i-1}}{L_n}, \tag{6}$$

где η_i и η_{i-1} – оседания последующего и предыдущего репера, мм; L_n – расстояние между реперами, м.

4. Деформация кривизны (1×10^{-3}, 1/м):

$$K = \frac{i_n - i_{n-1}}{\overline{L}}, \tag{7}$$

где i_n и i_{n-1} – наклоны последующего и предыдущего интервалов; $\overline{L}$ – средняя длина смежных интервалов, м.

5. Радиус кривизны (величина, обратная кривизне мульды сдвижения (м):

$$R = \frac{1}{K}. \tag{7}$$

6. Горизонтальные деформации (безразмерная величина, 1×10^{-3}):

$$\varepsilon = \frac{L_n^k - L_n^o}{L_n^o}, \tag{8}$$

где L_n^o и L_n^k – длина интервала соответственно из начального и конечного наблюдений.

По рассчитанным значениям сдвижений и деформаций строят графики относительно рабочих реперов на вертикальных разрезах в масштабах, удобных для построения и использования (рис. 2, 3).

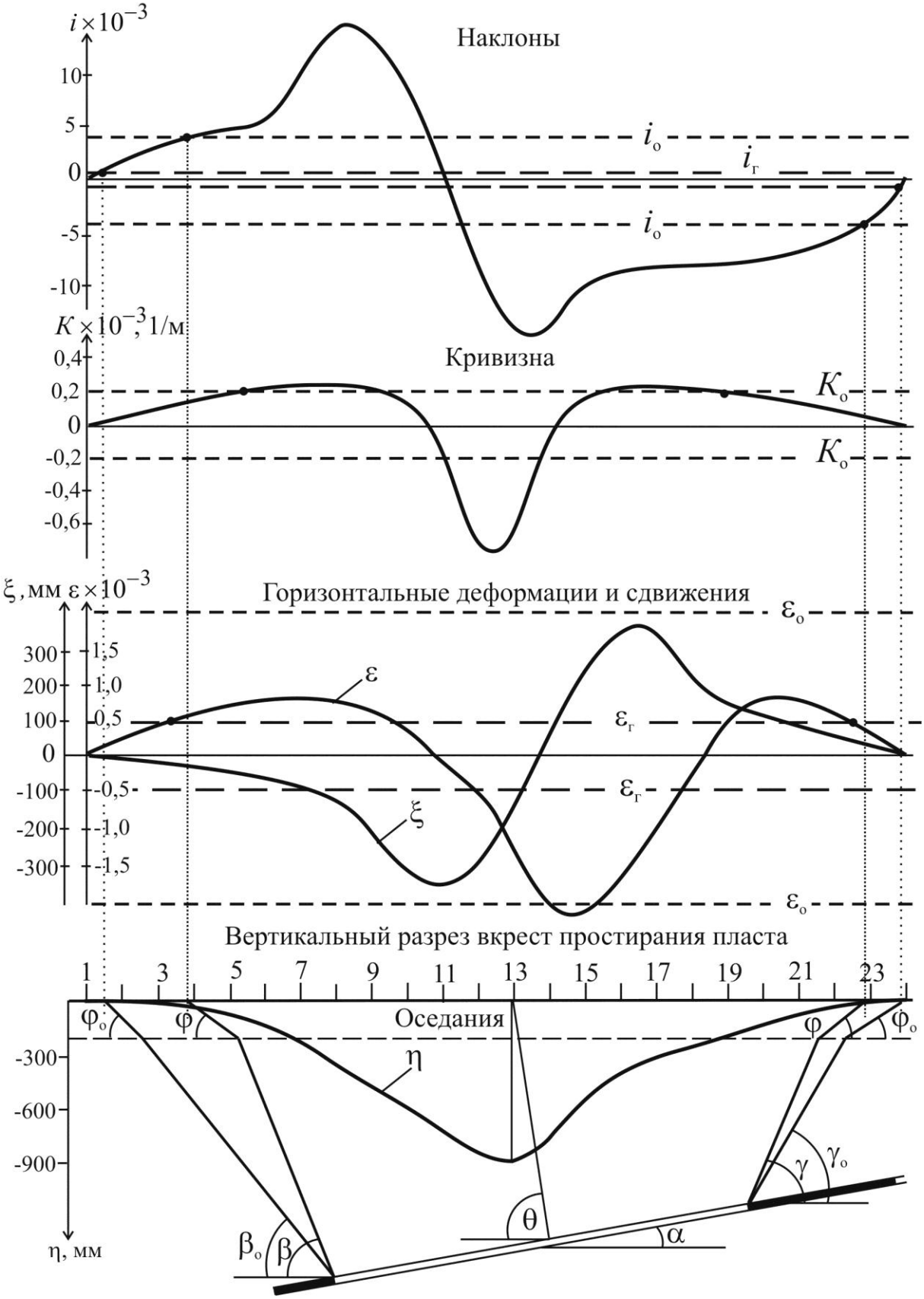


Рис. 2. Схема к определению параметров процесса сдвижения по результатам натурных наблюдений на разрезе вкрест простирания пласта

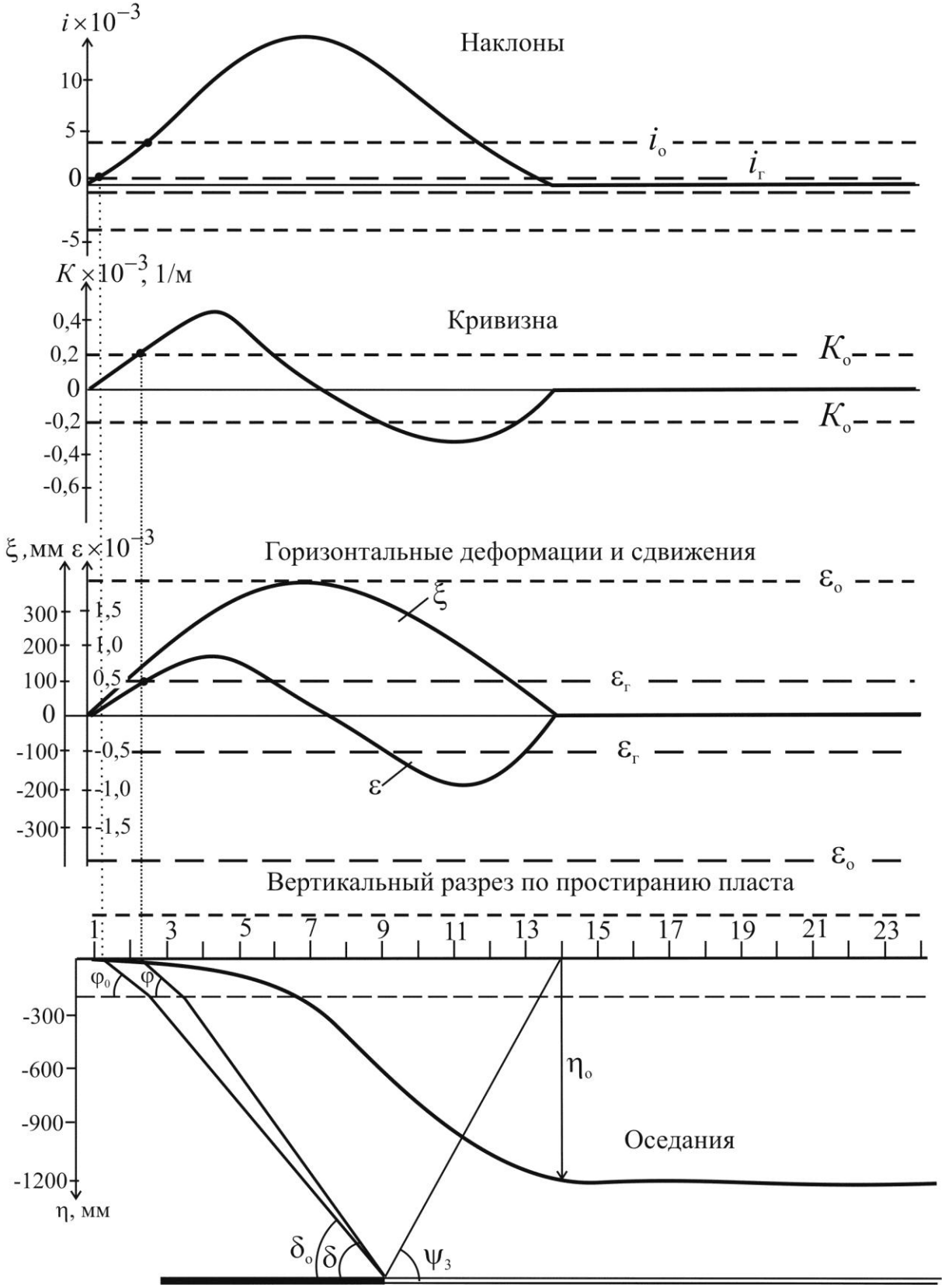


Рис. 3. Схема к определению параметров процесса сдвижения по результатам натурных наблюдений на разрезе по простиранию пласта

Для определения граничных углов $\beta_о$, $\gamma_о$, и $\delta_о$ на графиках на краях мульды сдвижения отмечают граничные значения деформаций:

$$i_г = \pm 0{,}5 \cdot 10^{-3}; \;\; \varepsilon_г = \pm 0{,}5 \cdot 10^{-3}.$$

Полученные точки проецируют на разрез и от крайней из них проводят линии под углом $\varphi_о$ в наносах и далее до границ очистных работ. Углы сдвижения в наносах $\varphi_о$ и φ принимаются по «Правилам охраны…» [8].

Аналогично определяют и углы сдвижения β, γ, δ по значениям опасных деформаций:

$$i_о = \pm 4 \cdot 10^{-3}; \;\; K_о = \pm 0{,}2 \cdot 10^{-3}, 1/м; \;\; \varepsilon_о = \pm 2 \cdot 10^{-3}.$$

Угол максимального оседания θ определяется на вертикальном разрезе вкрест простирания как угол со стороны падения пласта между горизонтальной линией и линией, соединяющей середину горных работ с точкой максимального оседания (по графику оседаний) на земной поверхности. На разрезе по простиранию определяют также угол полного сдвижения ψ_3.

Полученные значения граничных углов ($\beta_о$, $\gamma_о$, и $\delta_о$), углов сдвижений (β, γ, δ), угла максимального оседания (θ) и углов полных сдвижений (ψ_1, ψ_2, ψ_3) сравнивают с приведенными в «Правилах охраны…» [8].

Скорости оседаний и горизонтальных сдвижений (мм/сут) определяются по формулам:

$$V = \frac{\Delta\eta}{\Delta t} \quad \text{и} \quad U = \frac{\Delta\xi}{\Delta t}, \tag{9}$$

где Δt – время между наблюдениями, по которым определялись Δη и Δξ, сут.

Рекомендуемая литература: [1, 2, 4, 5, 6, 8, 11, 12].

Построение предохранительных целиков для охраны отдельного здания (сооружения)

1. На основании исходных данных строят план охраняемого объекта.

2. Производят расчет допустимых и предельных деформаций.

2.1. Для гражданских и общественных зданий

Для расчета безопасной и предельной глубины разработки, категории охраны и размеров предохранительной бермы определяют допустимые и предельные показатели горизонтальных деформаций (безразмерные величины):

$$[\varepsilon_{д}] = \frac{[\Delta l_{д}]}{1{,}2 m_{\varepsilon} l} \text{ и } [\varepsilon_{п}] = \frac{[\Delta l_{п}]}{1{,}2 m_{\varepsilon} l}, \quad (10)$$

где $[\Delta l_{д}]$, $[\Delta l_{п}]$ – соответственно допустимые и предельные показатели деформации (мм); l – длина здания, мм; m_{ε} – коэффициент, усредняющий горизонтальные деформации по длине здания [8, табл. 4.1].

$$[\Delta l_{д}] = [\Delta l_{д}]_{н} n_1 n_2 n_3 n_4 n_5; \quad (11)$$

$$[\Delta l_{п}] = [\Delta l_{п}]_{н} n_1 n_2 n_3 n_4 n_5, \quad (12)$$

где $[\Delta l_{д}]_{н}$; $[\Delta l_{п}]_{н}$ – нормативные допустимый и предельный показатели деформаций [8, табл. 4.2] в зависимости от этажности и назначения здания; n_1 – коэффициент, учитывающий грунтовые условия [8, табл. 4.3]; n_2 – коэффициент, учитывающий материал и толщину наружных стен [8, табл. 4.4]; n_3 – коэффициент, учитывающий износ наружных стен [8, табл. 4.5]; n_4 – коэффициент, учитывающий наличие жестких перекрытий (для зданий со сборным или монолитным перекрытием принимают равным 1,2; с деревянным перекрытием 1,0);

n_5 – коэффициент, учитывающий форму здания в плане (для зданий простой формы $n_5 = 1{,}0$; для зданий П-образной, Г-образной, Т-образной формы в плане и других конфигураций $n_5 = 0{,}8$; для зданий с деревянными стенами во всех случаях $n_5 = 1{,}0$.

Произведение коэффициентов должно отвечать условию: $n_1 n_2 n_3 n_4 n_5 \geq 0{,}5$.

2.2. Для промышленных зданий

Промышленные здания в зависимости от характера производственного процесса, чувствительности оборудования и строительных конструкций к деформациям земной поверхности, а также от их народно-хозяйственной значимости при определении допустимых и предельных деформаций разделяют на 5 разрядов [8, табл. 4.7].

Для промышленных предприятий с размещением в них оборудования допустимые и предельные деформации земной поверхности определяют раздельно для зданий (формулы (13)–(17)) и оборудования – в соответствии с [8, табл. 4.11].

Меры охраны устанавливаются по наименьшим допустимым и предельным деформациям для зданий или технологического оборудования.

Допустимые и предельные показатели горизонтальных деформаций земной поверхности для промышленных зданий определяют по формулам

$$[\varepsilon_д] = [\varepsilon_д]_н \, n_1 \, n_6 \quad \text{и} \quad [\varepsilon_п] = [\varepsilon_п]_н \, n_1 \, n_6 \, , \qquad (13)$$

где $[\varepsilon_д]$, $[\varepsilon_п]$ – соответственно допустимые и предельные горизонтальные деформации для промышленного здания; $[\varepsilon_д]_н$, $[\varepsilon_п]_н$ – нормативная величина допустимых и предельных деформаций; n_1 – коэффициент, учитывающий грунтовые условия [8, табл. 4.3]; n_6 – коэффициент, зависящий от состояния здания на момент его подработки [8, табл. 4.6].

Нормативные величины допустимых показателей горизонтальных деформаций земной поверхности для промышленных зданий (каркасных, бескаркасных) определяют по формулам:

– для зданий на столбчатых и ленточных фундаментах

$$[\varepsilon_{\text{д}}]_{\text{н}} = \frac{[C_{\text{д}}]}{m_{\varepsilon} l_{\text{ц}}}; \tag{14}$$

– для зданий на сплошной железобетонной плите

$$[\varepsilon_{\text{д}}]_{\text{н}} = \frac{100}{m_{\varepsilon} l_{\text{ф}}}, \tag{15}$$

где $[C_{\text{д}}]$ – показатель, зависящий от разряда зданий [8, табл. 4.7] и конструктивных особенностей здания [8, табл. 4.8]; $l_{\text{ц}}$ – расстояние от середины здания на ленточном фундаменте, от середины каркасного здания без связевого блока, от связевого блока каркасного здания или от жесткой пристройки до крайних фундаментов (мм); $l_{\text{ф}}$ – длина фундаментной плиты, мм.

Нормативную величину предельных деформаций земной поверхности для промышленных зданий определяют:

– для каркасных зданий

$$[\varepsilon_{\text{п}}]_{\text{н}} = \frac{[C_{\text{п}}]}{m_{\varepsilon} l_{\text{ц}}}; \tag{16}$$

– для зданий бескаркасных и с неполным каркасом

$$[\varepsilon_{\text{п}}]_{\text{н}} = \frac{100}{m_{\varepsilon} l_{\text{ц}}}, \tag{17}$$

где $[C_{\text{п}}]$ – показатель, который определяют в зависимости от разряда зданий и высоты колонн [8, табл. 4.9].

Размеры бермы для зданий и сооружений определяют в зависимости от допустимых горизонтальных деформаций $[\varepsilon_{\text{д}}]$ и деформаций наклонов $[i_{\text{д}}]$ [8, табл. 8.1].

Если по допустимым показателям деформаций $[\varepsilon_{\text{д}}]$ и $[i_{\text{д}}]$ получаются различные размеры бермы, то в качестве окончательного значения принимается наибольшее.

3. Вычисляют безопасную и предельную глубины разработки.

Безопасную глубину разработки (м) для одиночного пласта определяют по формуле

$$H_{б} = K_{д} \frac{m}{[Д_{д}]}. \qquad (21)$$

Предельную глубину разработки (м) для одиночного пласта определяют по формуле

$$H_{п} = K_{п} \frac{m}{[Д_{п}]}, \qquad (22)$$

где m – мощность пласта, м; $[Д_{д}]$ – допустимые деформации: если допустимые деформации для охраняемого объекта определяются горизонтальными деформациями, то $[Д_{д}] = [\varepsilon_{д}]$, а если деформациями наклона, то $[Д_{д}] = [i_{д}]$.

$K_{д}$ – принимается соответственно равным K_{ε} или K_{i}, которые определяют по прил. 1, табл. 4, 5 [8]. Аналогично $[Д_{п}] = [\varepsilon_{п}]$ или $[Д_{п}] = [i_{п}]$.

4. Построение целика под здание

4.1. Способ вертикальных разрезов

При построении предохранительных целиков способом вертикальных разрезов, вертикальные разрезы всегда строят по линиям, перпендикулярным к границам охраняемой площади. Пример построения показан на рис. 4.

Порядок построения

4.1.1. На плане отстраивают границы охраняемой площади на земной поверхности. Для этого через характерные угловые точки здания или сооружения проводят линии, параллельные и перпендикулярные простиранию пласта до их взаимного пересечения, параллельно полученным линиям на расстоянии ширины бермы (Б) проводят границы охраняемой площади.

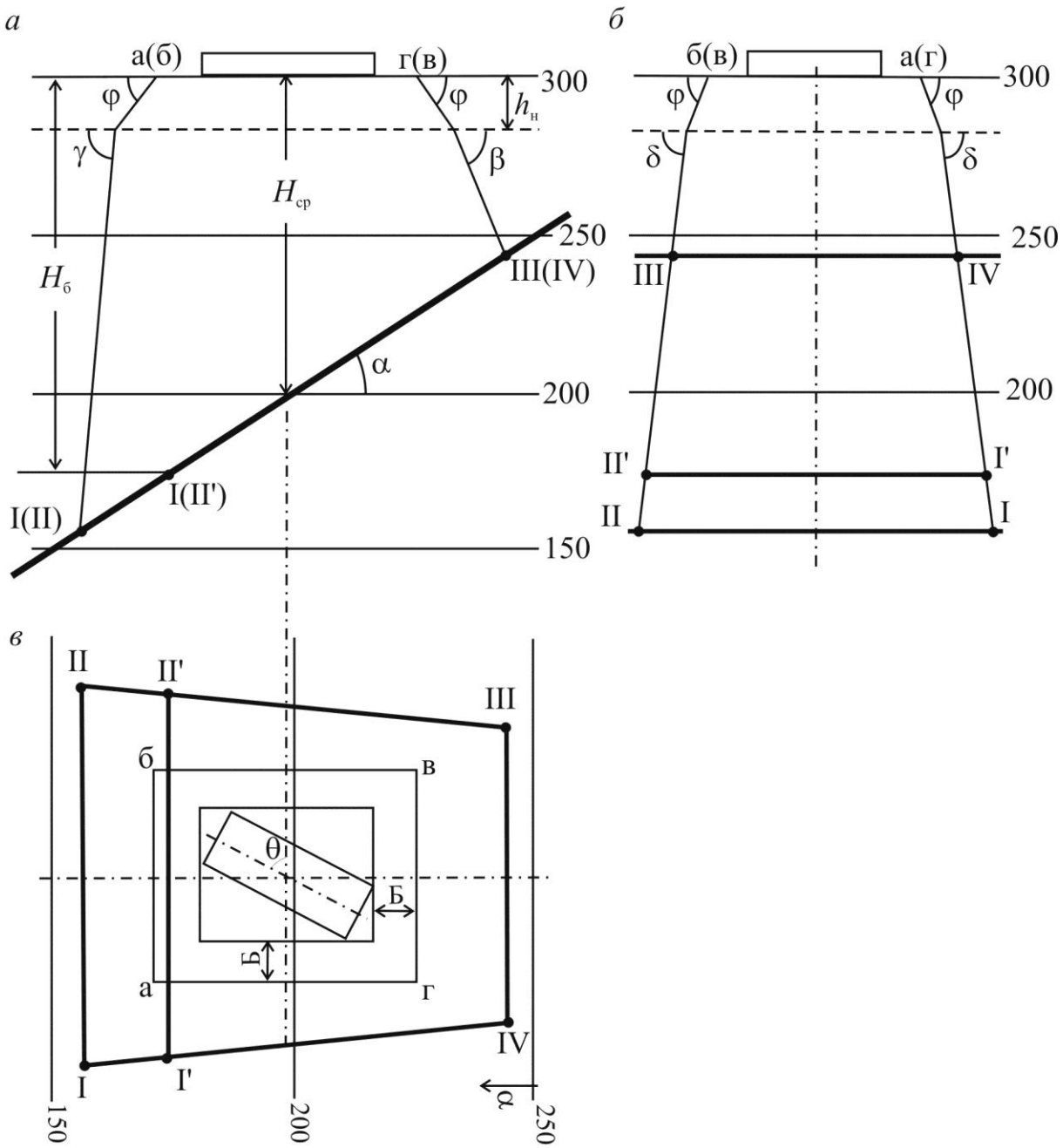


Рис. 4. Построение предохранительного целика
под здание (сооружение) способом вертикальных разрезов:
а – разрез вкрест простирания пласта; *б* – разрез по простиранию;
в – план

4.1.2. Строят вертикальный разрез вкрест простирания пласта по линии, проходящей через центр охраняемой площади. На разрезе изображают поверхность земли (по горизонталям поверхности), наносы, пласт по изогипсам почвы пласта, а также границы охраняемой площади на поверхности.

4.1.3. По углу падения пласта α по «Правилам охраны…» [8] для соответствующего бассейна устанавливают углы сдвижения φ – в наносах, γ, β, δ – в коренных породах, при наличии мезозойских отложений – углы сдвижения $\gamma_м$, $\beta_м$, $\delta_м$.

4.1.4. От границ охраняемой площади на поверхности откладывают углы сдвижения φ – в наносах, γ, β – в коренных породах до пересечения с почвой пласта в точках I (II) и IV (III), которые являются верхней и нижней границей целика. Точки I и IV проецируют на план в виде линий, параллельных изогипсам пласта, это линии III–IV со стороны восстания пласта и I–II со стороны падения (рис. 4, *а*, *в*).

4.1.5. Строят вертикальный разрез по простиранию пласта, на котором изображают поверхность земли, наносы, верхнюю и нижнюю границу целика, которые проецируют с разреза вкрест простирания, и границы охраняемой площади.

4.1.6. От границ охраняемой площади на поверхности проводят плоскости сдвижения под углами φ – в наносах и δ – в коренных породах, до пересечения с верхней и нижней границами целика в точках IV (III) и I (II) (рис. 4, б).

4.1.7. Определяют контур целика на плане (I–II–III–IV). Если нижняя граница целика, полученная по углу γ, расположена ниже безопасной глубины разработки $H_б$, то за нижнюю границу целика принимают безопасную глубину разработки. В данном примере с учетом $H_б$ – контур целика I'–II'–III–VI (рис. 4).

4.2. Способ проекций с числовыми отметками

<u>Порядок построения</u>

4.2.1. Строят на плане охраняемую площадь на поверхности, границы которой параллельны сторонам охраняемого объекта и отстоят от них на расстоянии бермы (Б).

4.2.2. Строят охраняемую площадь на контакте коренных пород с наносами, границы которой проводят параллельно границам охраняемой площади на поверхности на расстоянии $\Delta = h_н \mathrm{ctg}\varphi$.

При наличии мезозойских отложений отстраивают охраняемую площадь на контакте этих отложений с коренными породами, границы которой будут параллельны охраняемым границам на контакте коренных пород с наносами и отстоять от них на расстоянии $\Delta'=h_м\delta_м$ ($h_м$ – мощность мезозойских отложений).

4.2.3. Для каждого охраняемого контура на контакте коренных пород с вышележащими породами определяют угол θ – угол между охраняемым контуром и линией простирания пласта.

4.2.4. В соответствии с установленными углами сдвижения γ, β, δ в коренных породах вычисляют углы сдвижения плоскостей N_1, N_2, N_3, N_4 в диагональном направлении β'_i и γ'_i по формулам:

$$\mathrm{ctg}\beta' = \sqrt{\mathrm{ctg}^2\beta\cos^2\theta + \mathrm{ctg}^2\delta\sin^2\theta}\,; \qquad (23)$$

$$\mathrm{ctg}\gamma' = \sqrt{\mathrm{ctg}^2\gamma\cos^2\theta + \mathrm{ctg}^2\delta\sin^2\theta}\,, \qquad (24)$$

где β, γ, δ – углы сдвижения в главных сечениях, определяют по «Правилам охраны…» [8].

4.2.5. Для каждой плоскости сдвижения N_1, N_2, N_3, N_4 определяют величину заложения горизонталей l_{N_i} графически (рис. 5) или по формуле

$$l_{N_i} = h\,\mathrm{ctg}\beta'_i(\gamma'_i), \qquad (25)$$

где h – высота сечения горизонталей, м.

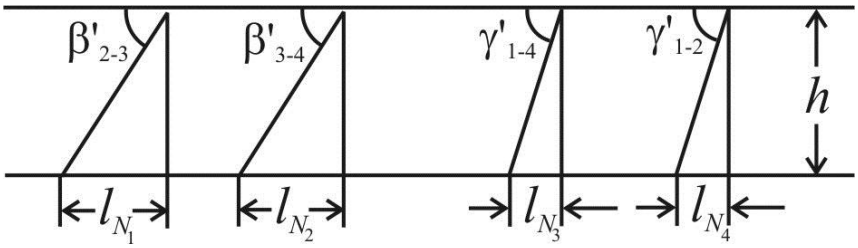


Рис. 5. Графическое определение заложений для построения плоскостей сдвижения

4.2.6. Отстраивают горизонтали плоскостей сдвижения параллельно границам охраняемой площади (рис. 6).

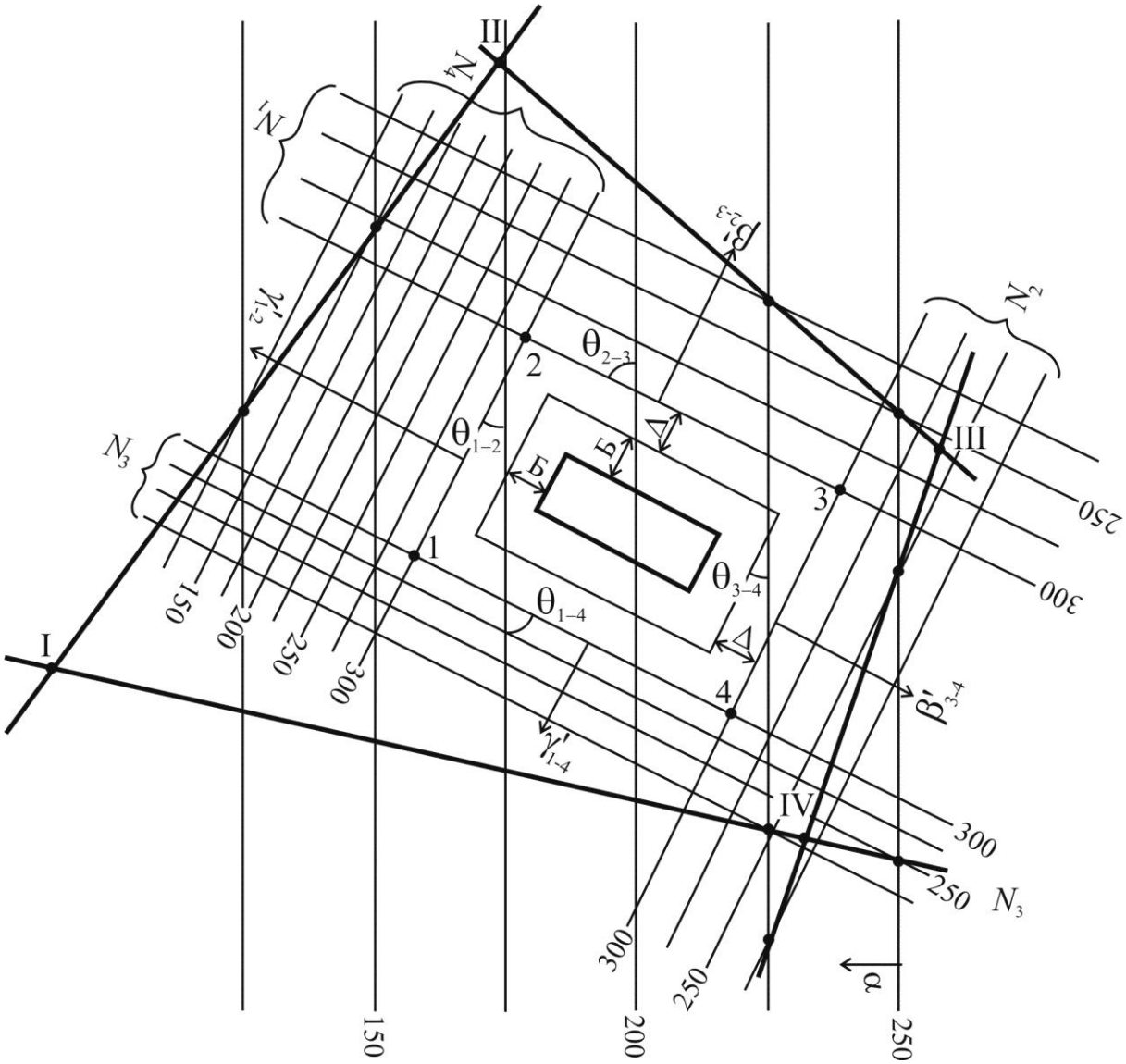


Рис. 6. Построение предохранительного целика под здание (сооружение) способом проекций с числовыми отметками

4.2.7. Определяют линии пересечения изогипс почвы пласта с каждой из плоскостей сдвижения: I–II, II–III, III–IV, IV–I.

4.2.8. Определяют контур целика, вершинами которого являются точки пересечения соответствующих линий пересечения изогипс почвы пласта с горизонталями плоскостей сдвижения.

4.3. Способ перпендикуляров

<u>Порядок построения</u>

4.3.1. Как и в предыдущем способе, выполняют п. 1, 2, 3, 4.

4.3.2. Вычисляют длину перпендикуляров q и l (м):

$$q = \frac{\mathrm{ctg}\beta'(H - h_{\text{н}})}{1 + \mathrm{ctg}\beta'\mathrm{tg}\alpha\cos\theta}; \tag{26}$$

$$l = \frac{\mathrm{ctg}\gamma'(H - h_{\text{н}})}{1 - \mathrm{ctg}\gamma'\mathrm{tg}\alpha\cos\theta}, \tag{27}$$

где H – расстояние от земной поверхности до почвы пласта по вертикали в точке пересечения линии, проведенной в наносах от границы охраняемой площади под углом φ, с контактом наносов и коренных пород (точки 1, 2, 3, 4 на рис. 7), м; $h_{\text{н}}$ – мощность наносов, м.

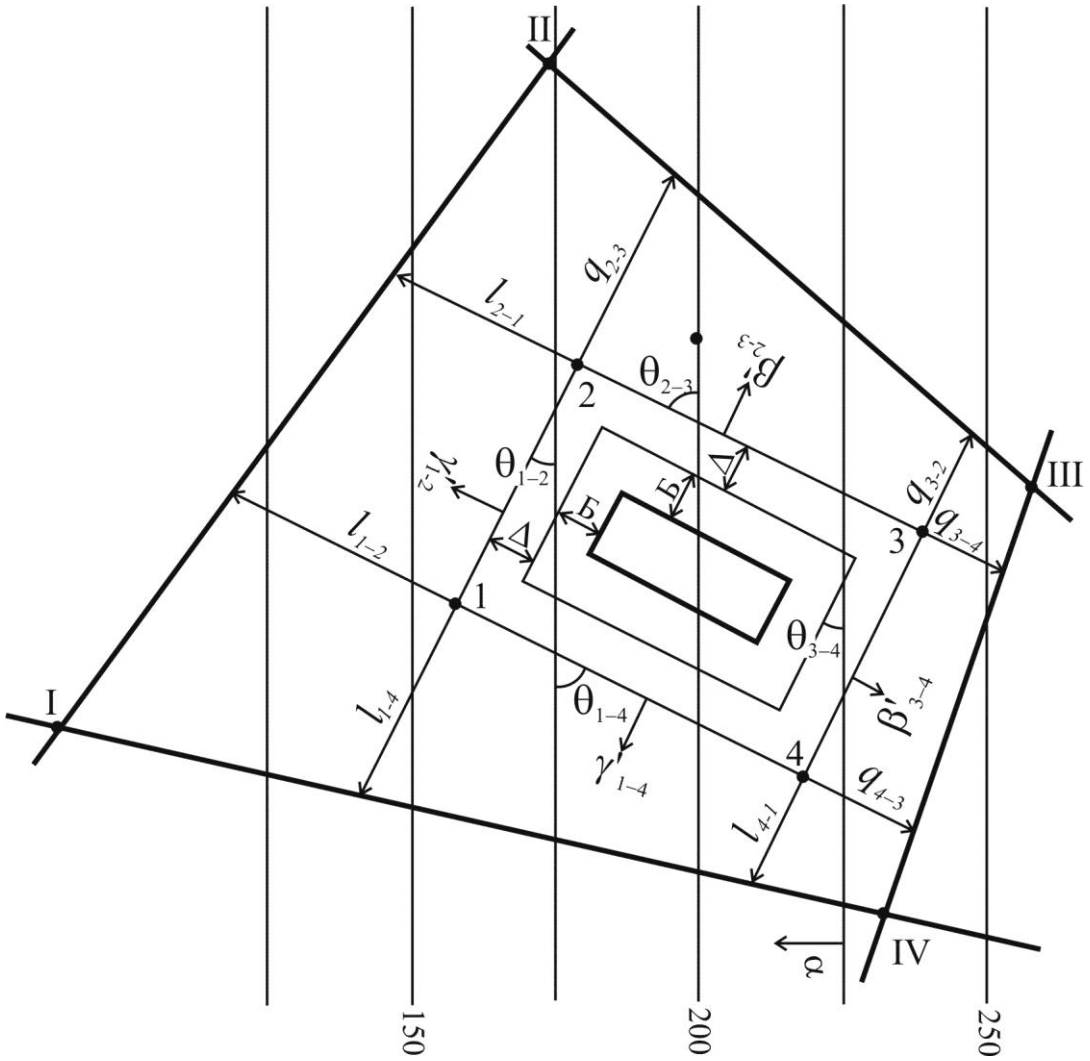


Рис. 7. Построение предохранительного целика под здание (сооружение) способом перпендикуляров

Результаты вычислений представляют в табличном виде (табл. 2).

Таблица 2

Расчет параметров для построения целиков способами проекций с числовыми отметками и перпендикуляров

Охраняемые границы	θ, град	Углы сдвижения, град		l_{N_i}, м	Охраняемые точки	Глубина залегания пласта H, м	H–$h_н$, м	Длина единичных перпендикуляров		Длина перпендикуляров, м	
		$\frac{\beta'}{\mathrm{ctg}\beta'}$	$\frac{\gamma'}{\mathrm{ctg}\gamma'}$					q'	l'	q	l
1–2					1 2						
2–3					2 3						

4.3.3. От точек 1, 2, 3, 4 откладывают длину перпендикуляров для каждой стороны охраняемого контура.

4.3.4. Определяют контур целика (I, II, III, IV), вершинами которого являются точки пересечения линий, проходящих через концы перпендикуляров q и l (рис. 7).

5. Строят целик оптимальных размеров, для чего ориентируясь по контуру охраняемого объекта, совмещают планы с целиками, построенными способом вертикальных разрезов и способом проекций с числовыми отметками (перпендикуляров).

Общая площадь целиков и будет являться целиком оптимальных размеров (контур I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII на рис. 8).

6. Запасы в целике определяют по формуле

$$Q = \frac{S\,m\,\gamma}{\cos\delta}, \qquad (28)$$

где S – площадь целика на плане, м^2; m – нормальная мощность пласта, м; δ – угол падения пласта, градус; γ – плотность угля, т/м^3.

Рекомендуемая литература: [1, 2, 4, 5, 8, 9].

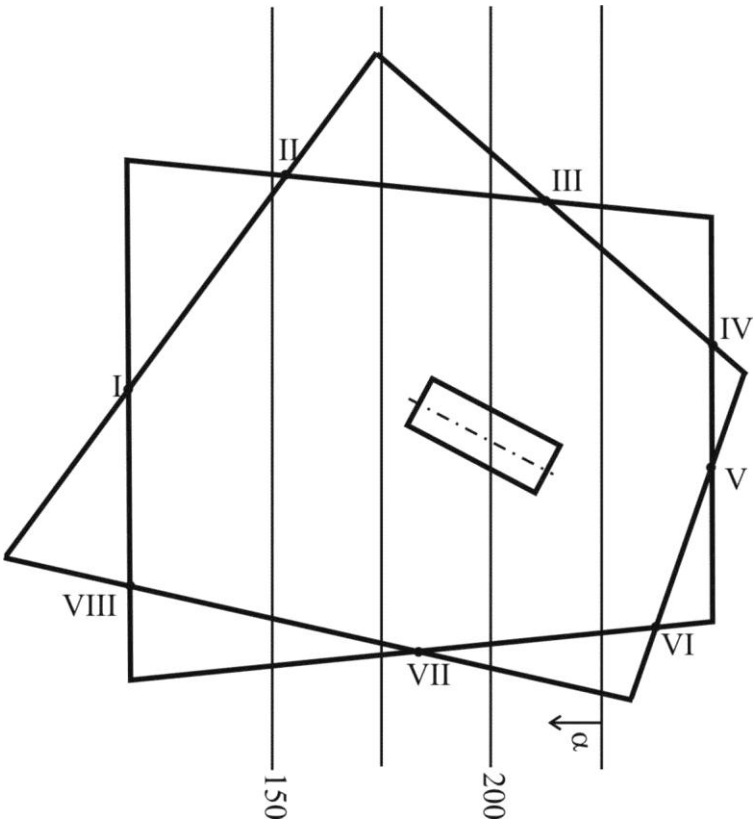


Рис. 8. Построение предохранительного целика оптимальных размеров

Построение предохранительного целика для охраны железной дороги

1. Отстраивают на плане ось железной дороги *ABCD*.

2. По отметкам устьев скважин и отметке поверхности земли в точке А строят горизонтали земной поверхности.

3. Определяют границы насыпей и выемок и отстраивают на плане границу объекта.

4. По отметкам подсечения почвы пласта в скважинах 1, 2 и 3 строят изогипсы почвы пласта и определяют угол падения пласта.

5. Устанавливают углы сдвижения φ, β, γ, δ [8].

6. Устанавливают категорию дороги [8, табл. 4.15], допустимые и предельные деформации [8, табл. 4.16], вычисляют безопасную $H_б$ и предельную $H_п$ глубины разработки (формулы (21), (22)) и размер предохранительной бермы Б [8, табл. 8.1].

7. Отстраивают границы охраняемой площади на поверхности (на расстоянии Б от границ объекта) и границы охраняемой площади на контакте коренных пород с наносами (на расстоянии $\Delta = h_н \operatorname{ctg}\varphi$ от границ охраняемой площади на поверхности).

8. Намечают на плане линии сечений, перпендикулярные оси сооружения: по 2–3 на прямолинейных участках трассы и по радиусам через угловой интервал 15–20° на криволинейном.

9. Криволинейные участки охраняемого контура между радиусами заменяют хордами. Для всех прямолинейных участков охраняемого контура (включая хорды) определяют угол θ и вычисляют углы сдвижения в диагональных направлениях – β', γ' по формулам (23), (24).

10. В характерных точках ломаной линии охраняемого контура – в точках перегиба 1, 2, 3…1', 2', 3'… – определяют глубину залегания пласта, как разность отметок поверхности земли ($Z_{зп}$) и изогипс почвы пласта ($Z_{пп}$),

$$H = Z_{зп} - Z_{пп} \tag{29}$$

и определяют значение $H – h_н$.

11. Для концов каждого прямолинейного отрезка охраняемого контура вычисляют значение перпендикуляров l или q по формулам (26), (27). Параметры для построения целиков приводят в таблице (табл. 2).

12. Длину перпендикуляров q и l откладывают в конце каждого прямолинейного участка охраняемого контура и определяют контур целика (рис. 9).

13. Целик со стороны восстания ограничивается выходом пласта под наносы, а со стороны падения – горизонтом безопасного ведения горных работ (изогипсой пласта, соответствующей безопасной глубине разработки):

$$Z_б = Z_{зп} - H_б, \tag{30}$$

где $Z_б$ – изогипса пласта, соответствующая безопасной глубине разработки, м.

Рекомендуемая литература: [1, 4, 5, 6, 8, 9].

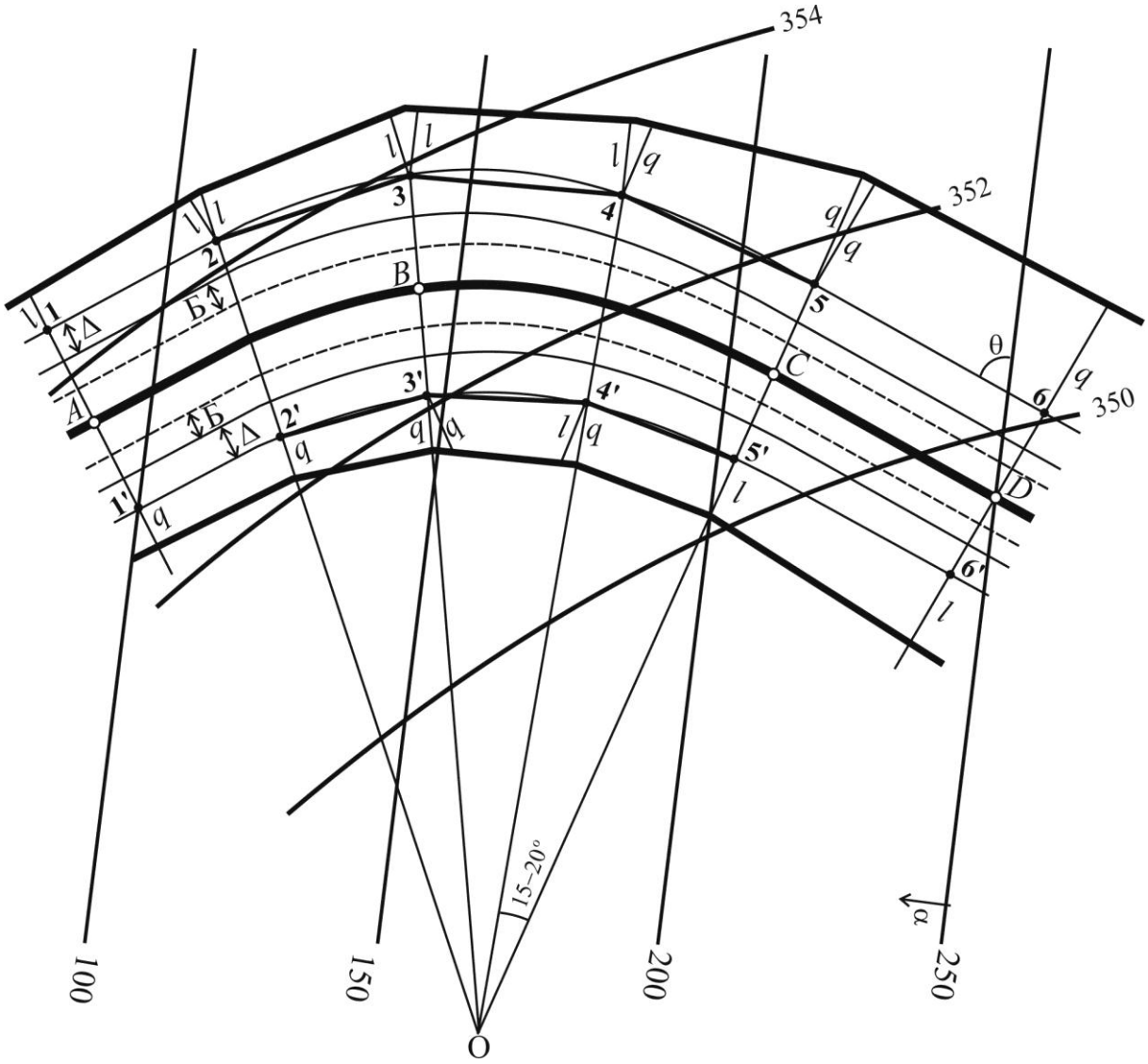


Рис. 9. Построение предохранительного целика
для охраны железной дороги

Расчет сдвижений и деформаций земной поверхности при подработке железной дороги

1. Проектируют два рабочих горизонта для отработки запасов под железной дорогой. Для этого строят вертикальный разрез вкрест простирания пласта на участке со стороны восстания пласта (т. е. на участке выхода пласта под наносы).

На разрезе должны быть изображены поверхность земли, наносы, пласт и очистные выработки. Границы очистных выработок переносят на план.

2. Определяют сдвижения и деформации для каждой очистной выработки.

2.1. По граничным углам β_o, γ_o определяют границы мульды сдвижения, по углам полных сдвижений ψ_1, ψ_2 – границы плоского дна, по углу максимального оседания θ – точку максимального оседания.

2.2. Вычисляют величину максимального оседания:

$$\eta_{max} = q_o m N_1 N_2 \cos\alpha, \qquad (31)$$

где q_o – относительное максимальное оседание, определяют по «Правилам охраны…» [8, разд. 7]; m – мощность пласта, м; α – угол падения пласта, град; N_1, N_2 – коэффициенты подработанности, определяемые по [8, разд. 7] из следующих отношений:

$$N_1 \text{ – по } D_1/H_{ср} \qquad \text{и} \qquad N_2 \text{ – по } D_2/H_{ср},$$

где D_1, D_2 – размеры лавы вкрест простирания и по простиранию, м; $H_{ср}$ – средняя глубина разработки пласта, м.

2.3. Определяют на разрезе длину полумульд L_1, L_2.

2.4. По коэффициенту подработанности N_1 определяют значение $S(z_{y_{1,2}})$ по [8, прил. 1, табл. 17–23] и вычисляют:

– оседания для каждого значения $z_{y_{1,2}}$

$$\eta_y = \eta_m S(z_{y_{1,2}}); \qquad (32)$$

– наклоны в главном сечении мульды сдвижения вкрест простирания пласта:

$$i_{y_{1,2}} = \pm \frac{\eta_m}{L_{i_{1,2}}} S'(z_{y_{1,2}}), \qquad (33)$$

где S' – функция типовой кривой наклонов, определяют по [8, прил. 1, табл. 17–23] для соответствующих бассейнов в зависимости от коэффициента подработанности N_1;

– кривизну[1]:

$$K_{y_{1,2}} = \pm \frac{\eta_m}{L_{i_{1,2}}^2} S''(z_{y_{1,2}}), \tag{34}$$

где $S''(z_y)$ – типовая кривая кривизны, определяют по коэффициенту N_1;

– горизонтальные сдвижения:

в полумульде по падению:

$$\xi_{y_1} = 0{,}5 a_{\text{о}} \eta_m \left(S'\left(z_{y_1}\right) + 2BS\left(z_{y_1}\right)\right); \tag{35}$$

в полумульде по восстанию:

$$\xi_{y_2} = -0{,}5 a_{\text{о}} \eta_m \left(S'\left(z_{y_2}\right) - 2BS\left(z_{y_2}\right)\right), \tag{36}$$

где B – коэффициент, определяемый по формуле

$$B = \frac{1}{a_{\text{о}}} \left(\text{tg}\alpha - \frac{h_{\text{н}} + h_{\text{м}}}{H_{\text{ср}}} \right) \geq 0, \tag{37}$$

где $a_{\text{о}}$ – относительная величина горизонтального сдвижения, определяют по [8, разд. 7], $h_{\text{н}}$ – мощность наносов, $h_{\text{м}}$ – мощность горизонтально залегающих ($\alpha \leq 5°$) мезозойских отложений.

– горизонтальные деформации[2]:

в полумульде по падению:

$$\varepsilon_{y_1} = 0{,}5 \alpha_{\text{о}} \frac{\eta_m}{L_1} [S''(z_{y_1}) + 2BS'(z_{y_1})] \ ; \tag{38}$$

в полумульде по восстанию:

$$\varepsilon_{y_2} = 0{,}5 \alpha_{\text{о}} \frac{\eta_m}{L_2} [S''(z_{y_2}) - 2BS'(z_{y_2})]. \tag{39}$$

Результаты вычислений сводят в табл. 3, 4.

---

[1] При неполной подработке (N_1<1) кривизна в точке максимального оседания определяется по средней длине полумульды $L_{\text{ср}}$=0,5(L_1+L_2).

[2] При неполной подработке (N_1<1) горизонтальные деформации в точке максимального оседания определяются по средней длине полумульды $L_{\text{ср}}$=0,5(L_1+L_2).

Таблица 3

Исходные параметры для расчета деформаций

Параметр	Обозначение	Лава I	Лава II
Мощность пласта, м	m		
Угол падения пласта, град	α		
Мощность наносов, м	$h_н$		
Размер лавы по падению, м	D_1		
Размер лавы по простиранию, м	D_2		
Средняя глубина, м	H		
D_1/H			
Коэффициент подработанности	N_1		
D_2/H			
Коэффициент подработанности	N_2		
Граничные углы, град	β_o		
	γ_o		
	φ_o		
Углы полных сдвижений, град	ψ_1		
	ψ_2		
Угол максимального оседания, град	θ		
Относительное максимальное оседание	q_o		
Относительное максимальное сдвижение	a_o		
Максимальное оседание, мм	η_m		
Длина полумульд, м	L_1		
	L_2		
$\frac{\eta_m}{L_1}10^{-3}$			
$\frac{\eta_m}{L_2}10^{-3}$			
$\frac{\eta_m}{L_1^2}10^{-3}$			
$\frac{\eta_m}{L_2^2}10^{-3}$			
$0{,}5a_o\eta_m\cdot10^{-3}$			
$0{,}5a_o\frac{\eta_m}{L_1}10^{-3}$			
$0{,}5a_o\frac{\eta_m}{L_2}10^{-3}$			
B			

Таблица 4

Величины сдвижений и деформаций

z	S	S'	S''	η, мм	$i\times10^{-3}$	$K\times10^{-3}$, 1/м	ξ,×мм	$\varepsilon\times10^{-3}$
Лава I, полумульда по падению								
0								
0,1								
…								
0,9								
1								

2.5. Длину каждой полумульды разбивают на десять равных частей и по вычисленным значениям (формулы (32)–(39)) в произвольном масштабе строят графики сдвижений и деформаций отдельно по каждой лаве (рис. 10).

3. Производят суммирование соответствующих деформаций на графиках (с учетом знаков).

4. Расчет ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности по оси железной дороги графоаналитическим способом.

4.1. Производят построение мульды сдвижения в изолиниях оседания. Для построения используют графики оседаний по главным сечениям мульды сдвижения (рис. 11).

4.2. На план мульды сдвижения наносят трассу железной дороги. Намечают на оси железной дороги пикеты через 20–30 м.

4.3. Путем интерполирования по изолиниям оседаний определяют величину ожидаемых оседаний по оси железной дороги для каждого пикета (η_i).

4.4. Вычисляют:

– ожидаемые деформации наклонов:

$$i = \frac{\eta_i - \eta_{i-1}}{l_{\text{ПК}}}, \tag{40}$$

где η_i, η_{i-1} – оседания последующего и предыдущего пикетов мм; $l_{\text{ПК}}$ – принятое расстояние (интервал) между пикетами мм.

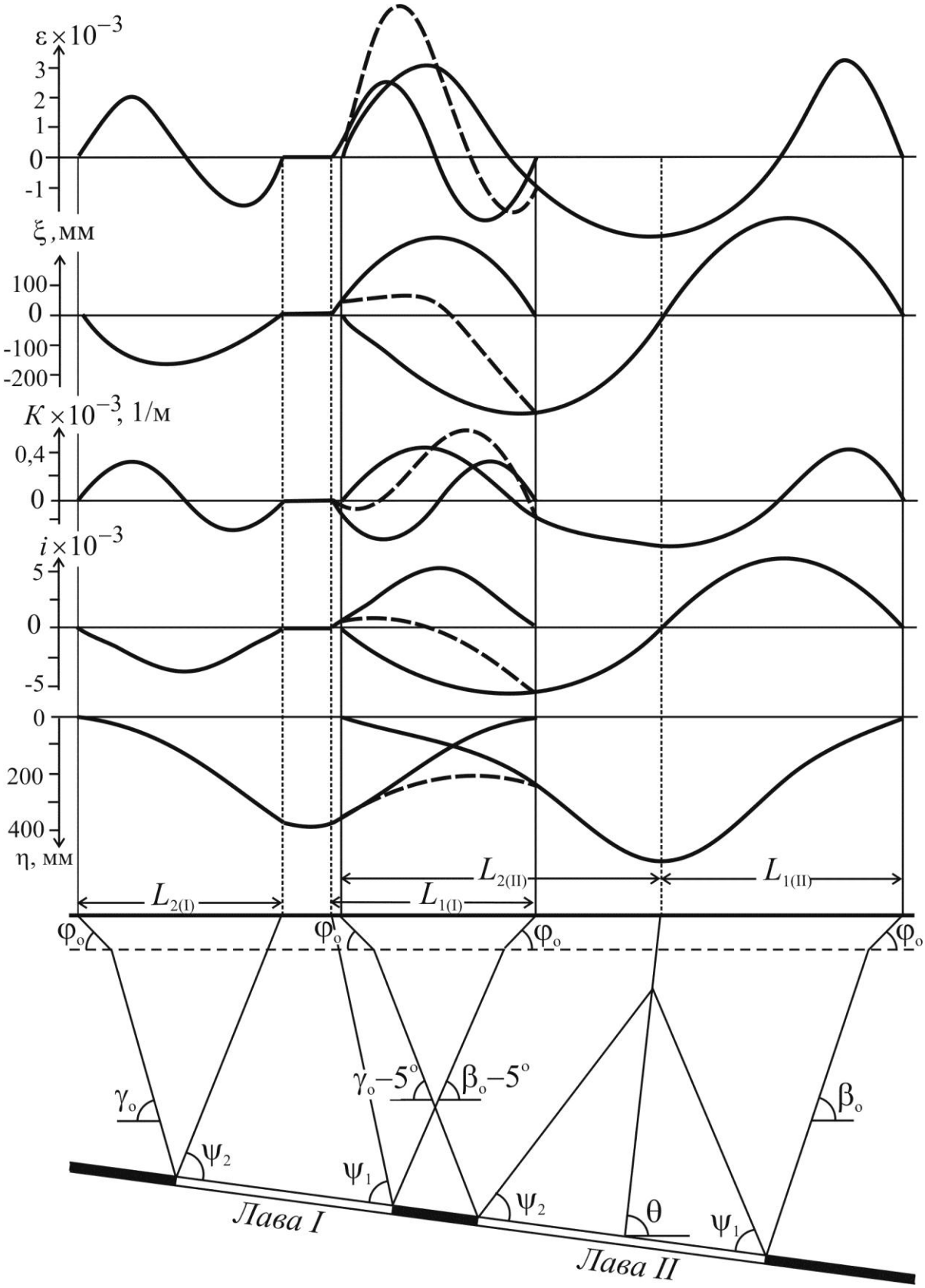


Рис. 10. Вертикальный разрез вкрест простирания пласта с графиками сдвижений и деформаций

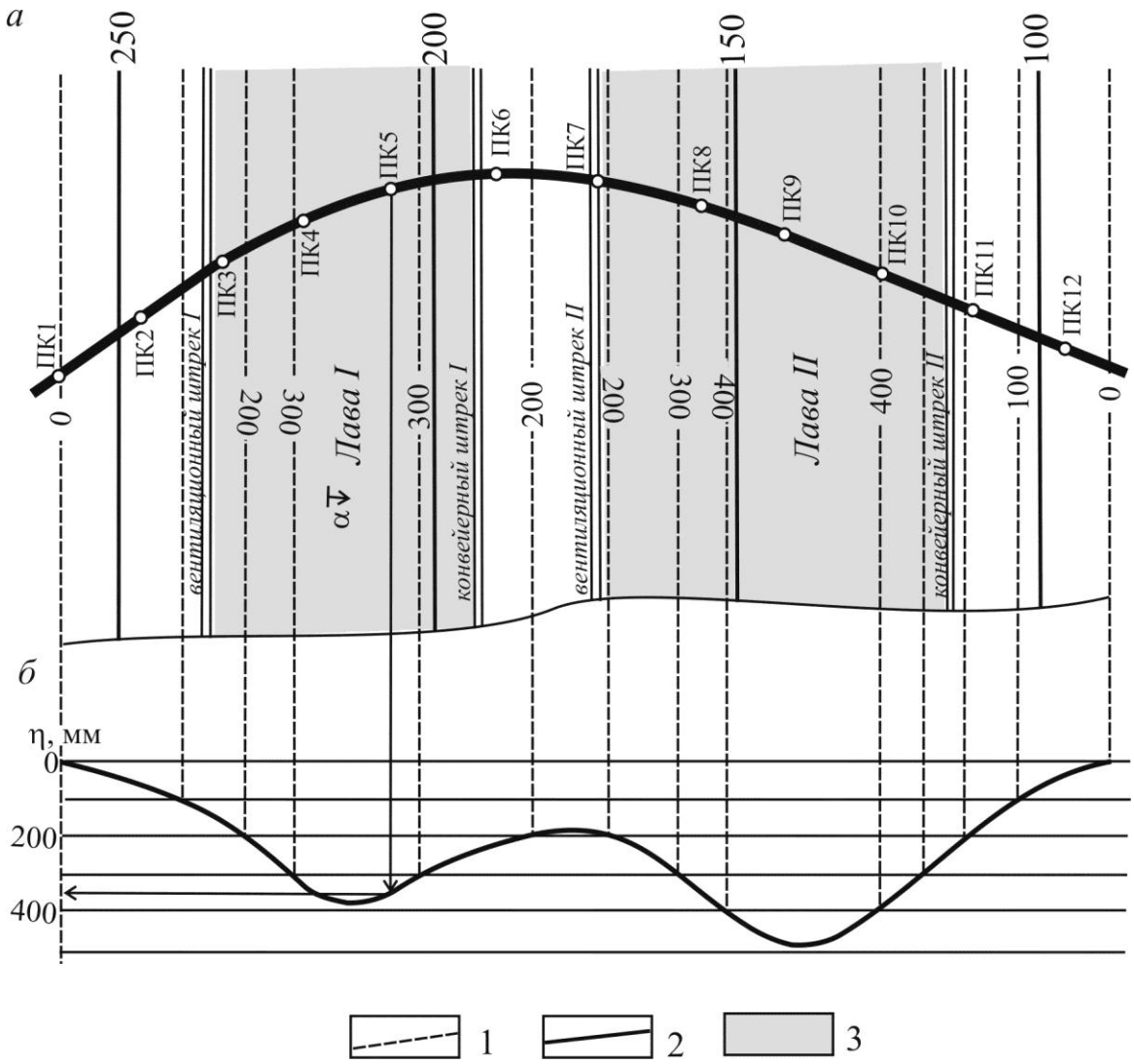


Рис. 11. Мульда сдвижения в изолиниях оседаний: *а* – план проектируемых горных выработок; *б* – график суммарных оседаний на разрезе вкрест простирания пласта; 1 – изолинии оседаний; 2 – изогипса почвы пласта; 3 – очистная выработка

– ожидаемую кривизну:

$$K = \frac{i_j - i_{j-1}}{l_{ПК}}, \tag{41}$$

где i_j, i_{j-1} – значение наклонов последующего и предыдущего интервалов.

Определяют расчетные параметры сдвижений и деформаций с учетом коэффициента перегрузки [8, прил. 1, табл. 3] (табл. 5).

Таблица 5

Величины сдвижений и деформаций по оси железной дороги

Пикет	Сдвижения и деформации					
	Ожидаемые			Расчетные (с учетом коэффициента перегрузки)		
	Оседания η, мм	Наклоны $i\times10^{-3}$	Кривизна $K\times10^{-3}$, 1/м	$1{,}2\eta$, мм	$1{,}4i\times$ $\times10^{-3}$	$1{,}8K\times$ $\times10^{-3}$, 1/м
1	0			0		
		1,2			1,68	
2	60		0,002	72		0,004
		1,3			1,82	
3	125		0,026	150		0,047
		2,6			3,64	

4.5. Строят графики оседаний, наклонов и кривизны по оси железной дороги. На графиках в виде горизонтальных линий показывают допустимые деформации (согласно категории дороги [8, табл. 4.16]) и определяют участки дороги с деформациями, превышающими допустимые.

4.6. Делают заключение о возможности подработки железной дороги при принятой схеме очистных работ и рекомендуют возможные меры охраны железной дороги.

Рекомендуемая литература: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9].

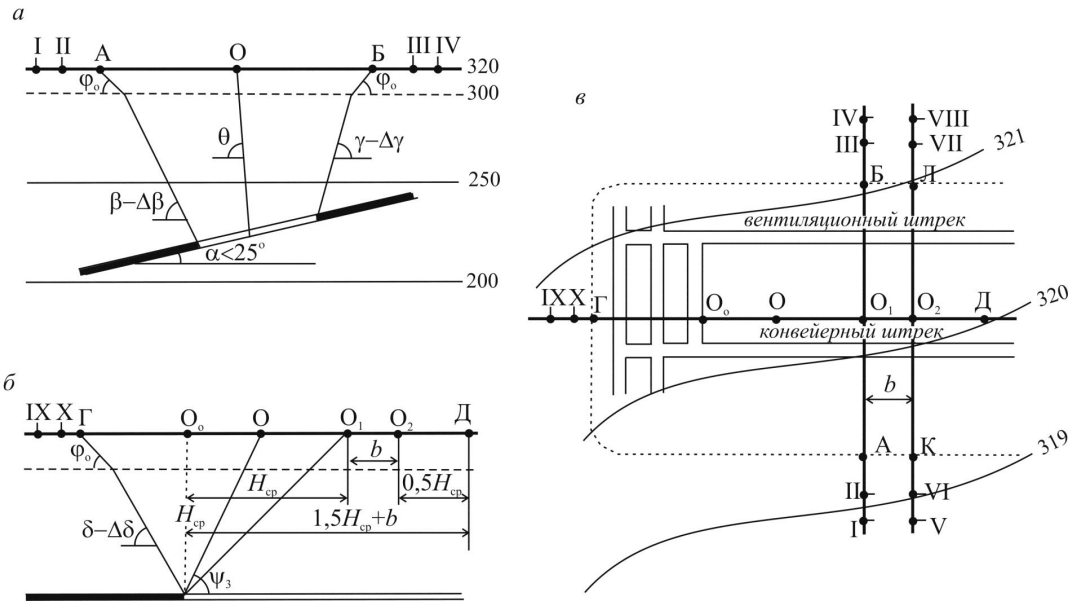
ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Контрольные задания для текущего контроля теоретических знаний студента в виде письменного опроса

Для текущего контроля теоретических знаний студента **ТК** в виде письменного опроса **Т** разработаны контрольные задания, на которые отводится 30 минут.

Примеры контрольных заданий на 5 контрольной неделе T_1:

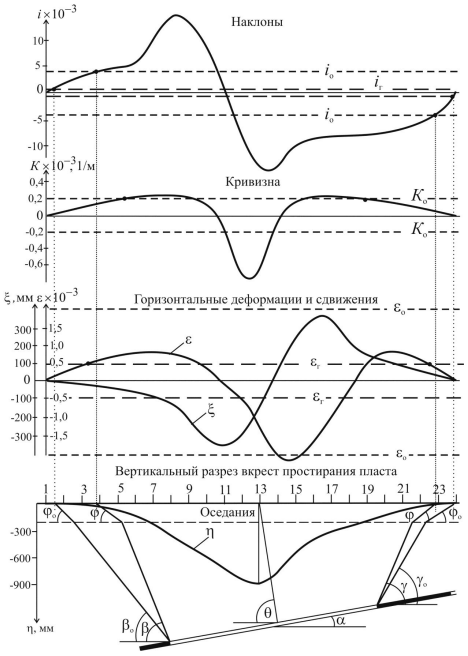
Дать пояснения параметров к схеме а (б, в):



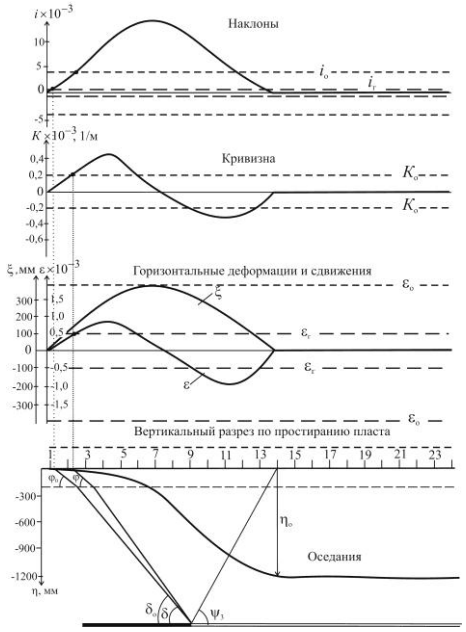
Примеры контрольных заданий на 9 контрольной неделе T_2:

Привести порядок определения основных параметров процесса сдвижения по схеме а (б):

– граничных углов;
– углов сдвижения в коренных породах;
– углов полных сдвижений;
– угла максимального оседания.



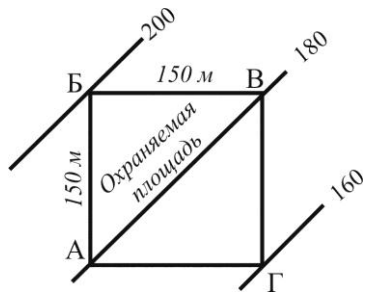
а



б

Примеры контрольных заданий на 13 контрольной неделе T_3:

Построить границы целика для заданного контура (АБ, БВ, ВГ, ГА) храняемой площади при условии:	
Бассейн	Кузнецкий
Отметка земной поверхности, м	250
Мощность наносов (сухих), м	15
Способ построения границ целика	перпендикуляров



План расположения угольного пласта и охраняемой площади объекта

Примеры контрольных заданий на 17 контрольной неделе T_4:

Как построить мульду сдвижения в изолиниях оседаний? Пояснить на примере совместной подработки объекта поверхности двумя очистными выработками, расположенными на смежных пластах.

В случае невыполнения контрольных заданий при письменном опросе студент дополнительно должен подготовить ответ на один из ниже приведенных вопросов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ

1. Сдвижение точек земной поверхности и горных пород.
2. Какие зоны по степени деформации возникают на земной поверхности под влиянием подземных горных разработок и как определяются границы этих зон.
3. Зона сдвижения и ее характерные области.
4. Мульда сдвижения, форма и ее расположение относительно выработанного пространства.
5. Полный вектор сдвижения точек и его составляющие.
6. Параметры сдвижения и деформации: оседания, горизонтальные сдвижения, наклоны, кривизна и горизонтальные деформации, формулы для их вычисления, размерность.
7. Опасные, допустимые и предельные деформации.
8. Что такое углы сдвижения, их название, определение, расположение их на разрезах и назначение.
9. Что такое граничные углы, их название, определение, расположение их на разрезах и назначение.
10. Угол максимального оседания, определение и назначение.
11. Полная и неполная подработка земной поверхности.
12. Как определяется длина полумульд при неполной и полной подработке земной поверхности при наклонном и крутом залегании пластов.
13. Вывод формулы для коэффициента подработанности по главному сечению вкрест простирания и по простиранию.
14. Углы полных сдвижений, определение и назначение.
15. Продолжительность процесса сдвижения, начало процесса, окончание, период опасных деформаций.
16. Скорость сдвижения земной поверхности.
17. Углы сдвижения в диагональном направлении, гипотеза Комаровского, вывод формулы для определения угла сдвижения со стороны падения пласта в диагональном направлении.
18. Безопасная и предельная глубина разработки, формулы расчета их для отдельных зданий и сооружений, наклонных стволов, линий электропередач и т. п.
19. Относительная глубина разработки.

20. Распределение сдвижений и деформаций в главных сечениях мульды сдвижения при полной и неполной подработке земной поверхности:

– для горизонтальных и пологих пластов;

– для наклонных пластов;

– для крутопадающих пластов;

– построение границ зоны трещиноватости и провалов.

21. Факторы, влияющие на характер процесса сдвижения горных пород и земной поверхности, их краткая характеристика:

– физико-механические свойства, мощность и чередуемость пород;

– глубина залегания, мощность и угол падения пласта;

– мощность наносов;

– степень естественной нарушенности;

– гидрогеологические условия и рельеф местности;

– система разработки и способ управления кровлей.

22. Меры охраны сооружений и других объектов от вредного влияния подземных горных разработок и требования, предъявляемые к мерам охраны.

23. Расчет допустимых и предельных деформаций:

– для гражданских зданий;

– для промышленных зданий и сооружений.

24. Установление категории охраны.

25. Расчет предохранительных целиков: общие положения, исходные данные.

26. Построение границ охраняемой площади на поверхности.

27. Построение предохранительного целика для отдельного здания (сооружения):

– способом вертикального разреза;

– способом проекций с числовыми отметками;

– способом перпендикуляров;

– построение целика оптимальных размеров.

28. Расчет длины перпендикуляров от охраняемого контура на контакте коренных пород с наносами до границы предохранительного целика в заданном разрезе:

– со стороны восстания пласта;

– со стороны падения пласта;

– со стороны простирания пласта).

29. Построение предохранительного целика для защиты:
– вертикальных стволов;
– железной дороги.
– наклонного ствола.
30. Понятие целиков-упоров, расчеты и построения.
31. Горные меры охраны, общие положения, требования:
– выемка угля двумя расходящимися забоями;
– выемка угля в несколько этапов;
– выемка угля забоями с заданным опережением;
– выемка угля короткими забоями, с заданным опережением;
– выемка угля с закладкой выработанного пространства.
Сущность методов, условия применения, эффективность.
32. Эффективная мощность, определение и формулы расчета.
33. Ожидаемые, вероятные и расчетные деформации.
34. Относительная величина оседания и горизонтального сдвижения.
35. Максимальная величина оседания и способы ее расчета:
– при полной подработке земной поверхности горизонтальными и пологопадающими пластами;
– при неполной подработке.
36. Углы сдвижения при построении предохранительных целиков для свиты пластов.
37. Способы изучения процесса сдвижения толщи горных пород и земной поверхности.
38. Наблюдательные станции на земной поверхности. Определение размеров и местоположения профильных линий реперов.
39. Конструкция реперов, способы закладки их в грунт.
40. Инструментальные наблюдения реперов в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Инструменты, методика измерений и обработки, точность.
41. Нормативная и методическая документация по охране сооружений и природных объектов от вредного влияния гонных выработок.

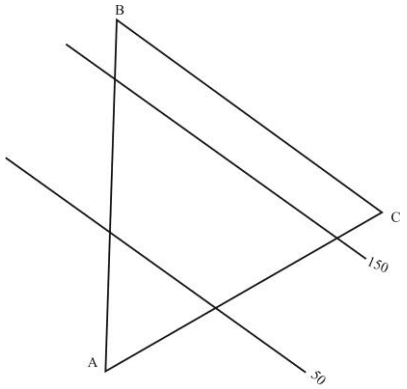
ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ

Оценочным средством промежуточного контроля дисциплины является экзамен. Экзамен по дисциплине выполняется в письменном виде путем выполнения одного из двух приведенных практических заданий.

Пример задания 1. Построить границы предохранительного целика для группы зданий. Исходные данные:

– план изогипс почвы пласта и границ охраняемой площади на земной поверхности (схема);

– характеристика района расположения целика.

	Схема 1
Бассейн, месторождение	Кузнецкий
Границы охраняемой площади на поверхности	АВС
Отметка земной поверхности, м	355
Мощность наносов (сухих), м	15
Нормальная мощность пласта, м	1,8
Способ построения границ целика для контура: – АВ – ВС – СА	 вертикальных разрезов; перпендикуляров; проекции с числовыми отметками

Порядок выполнения задания.

1. На основании плана изогипс почвы пласта определить угол падения пласта.

2. Определить углы сдвижения.

3. Отстроить на плане границы охраняемой площади на контакте коренных пород с наносами А–В–С.

4. Для каждого охраняемого контура А–В, В–С, С–А определить на плане угол θ (острый угол между охраняемым контуром и простиранием пласта).

5. Вычислить углы сдвижения в диагональных направлениях (β′ или γ′) для каждого охраняемого контура.

6. Определение границ целика:

а) для способа вертикальных разрезов границы целика определяются на вертикальных разрезах, построенных по сечениям, проведенным перпендикулярно охраняемому контору через его концы. Границы целика на разрезах определяются по углам β′ или γ′;

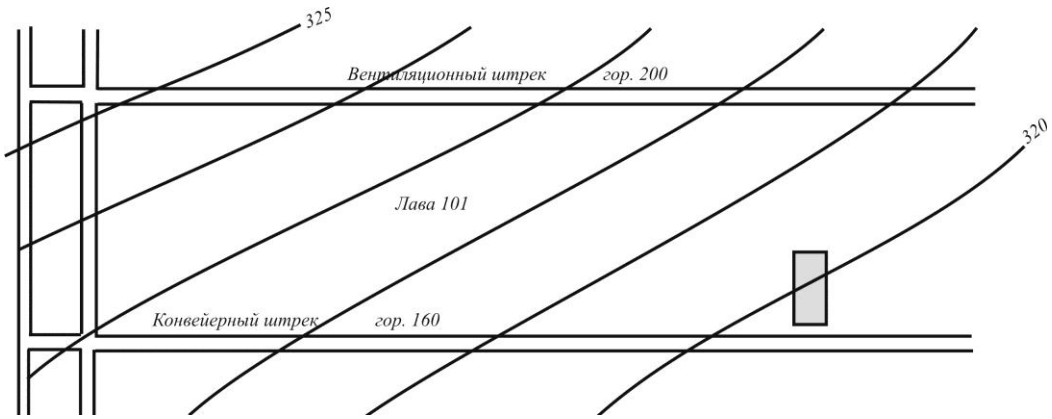
б) для способа перпендикуляров необходимо определить глубину залегания пласта на концах охраняемого контура (на контакте коренных пород с наносами) и вычислить длину перпендикуляров *q* или *l*;

в) для способа проекций с числовыми отметками необходимо вычислить величину заложения изолиний плоскости сдвижения по углам β′ или γ′, построить плоскость сдвижения в изолиниях и найти линию пересечения этой плоскости с изогипсами почвы пласта.

7. Полученные на плане границы (пункты а, б, в) продолжить до их взаимного пересечения.

8. Подсчитать запасы в целике.

Пример задания 2. В соответствии с планом развития горных работ шахты, через 6 месяцев будет введена в число действующих лава № 101 (схема).



Совмещенный план горных выработок и земной поверхности

В зоне вредного влияния этой лавы на земной поверхности расположено жилое здание. Необходимо заблаговременно установить характер возможных повреждений здания с целью разработки необходимых мероприятий по его охране. Исходные данные:

– совмещенный план горных выработок и земной поверхности (схема);

– характеристика участка;

– характеристика охраняемого объекта.

Характеристика участка:	
Бассейн, месторождение	Челябинский
Наносы	Скальные
Мощность наносов (сухих), м	20
Мощность разрабатываемого пласта, м	2,3
Тектонические нарушения	Отсутствуют
Характеристика охраняемого объекта:	
Здание жилое, кирпичное	3-х этажное
Толщина стен, мм	510
Износ стен, %	25
Перекрытия	Сборные железобетонные
Высота здания от подошвы фундамента до верха карниза	9,0

Необходимо заблаговременно установить характер возможных повреждений здания с целью разработки необходимых мероприятий по его охране:

1. Установить допустимые горизонтальные деформации для охраняемого объекта.
2. Построить вертикальный разрез вкрест простирания пласта по линии, проходящей через середину объекта.
3. Определить граничные углы, границу влияния горных работ на земной поверхности (границу мульды сдвижения) и длину полумульд.
4. Определить условные координаты трех характерных точек охраняемого объекта.
5. Вычислить величину максимального оседания и значения ожидаемых горизонтальных деформаций и деформации кривизны в указанных характерных точках. (Для дальнейших расчётов принимают их максимальные значения из трех).
6. Вычислить расчётные значения горизонтальных деформаций и деформации кривизны;
7. Определить безопасную глубину разработки.
8. Сравнить расчетные горизонтальные деформации с допустимыми и безопасную глубину разработки с фактической и сделать вывод о возможности подработки объекта.
9. Вычислить расчётный показатель горизонтальных деформаций для гражданских зданий и по его значению определить характер возможных повреждений здания на основании таблицы (приложение 7 «Правил охраны...»).

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Орлов, Г. В. Сдвижение горных пород и земной поверхности под влиянием подземной разработки / Г. В. Орлов. – М. : Горная книга. – 2010. – 198 с.

2. Певзнер М. Е. Геомеханика: учебник для вузов / М. Е. Певзнер, М. А. Иофис, В. Н. Попов. – МГГУ. – 2008. – 437 с. http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=79186&razdel=257

Дополнительная литература

3. Геомеханика / Э. В. Каспарьян [и др.]. – М. : Высшая школа. – 2006. – 503 с.

4. Маркшейдерия: учеб. для вузов / под ред. М. Е. Певзнера, В. Н. Попова. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2003. – 419 с. http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=99342&razdel=257

5. Маркшейдерское дело: учеб. для вузов: в 2 ч. Ч. 2 / под ред. И. Н. Ушакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1989. – 437 с.

6. Маркшейдерское дело / Оглоблин Д. Н. [и др.]. – М.: Недра, 1981. – 704 с.

7. Маркшейдерская энциклопедия / гл. ред. Л. А. Пучков. – М.: Изд-во «Мир горной книги», 2006. – 605 с. http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=79276

Нормативно-методическая литература

8. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. – СПб. : ВНИМИ, 1998. – 291 с.

9. Сборник нормативных материалов по маркшейдерскому и геологическому обеспечению горных работ в угольной отрасли России. – М.: ИПКОН РАН, 1998. – 783 с.

10. Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль. Инструкция по производству маркшейдерских работ (РД 07-603-03) / кол. авт. – М.: ФГУП Государственное предприятие НТЦ по безопасности в промышленности ГГТН России, 2004. – 120 с.

11. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород, земной поверхности и подрабатываемыми объектами на угольных и сланцевых месторождениях. – М.: Недра, 1989. – 97 с.

12. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений / М-во цв. мет. СССР. Горное управление: введ. 3.07.86. – Разраб. ВНИМИ, ВНИПИгорцветмет. – М.: Недра, 1988. – 112 с.

13. Нормы времени и выработки на маркшейдерские работы. – Л. : ВНИМИ. – 1981. – 63 с.

14. Справочник сметных норм на геологоразведочные работы (ССН). Выпуск 9. Топографо-геодезические и маркшейдерские работы. – М. : ВИЭМС, 1992. – 318 с.

15. Указания по охране сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на железорудных месторождениях ОАО «Евразруда». – Новокузнецк: ВостНИГРИ, 2006. – 95 с.

16. Сдвижения и деформации пород и земной поверхности при ведении горных работ: методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 130400.65 (21.05.04) «Горное дело» специализации 130404.65 (21.05.04.04) «Маркшейдерское дело» очной и заочной форм обучения / Т. Б. Рогова; КузГТУ. – Кемерово, 2015. – 56 с.

17. Сдвижения и деформации пород и земной поверхности при ведении горных работ: методические указания по выполнению курсового проекта для студентов специальности 130400.65 (21.05.04) «Горное дело», образовательная программа «Маркшейдерское дело», всех форм обучения / С. П. Бахаева, Т. Б. Рогова, А. Д. Трубчанинов; КузГТУ. – Кемерово, 2015.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…… 2
ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ..... 4
ЦЕЛЬ, ФОРМЫ И КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ…..... 5
.....
СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ..... 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ..... 10
Составление проекта наблюдательной станции для определения параметров сдвижения земной поверхности под влиянием подземных горных разработок…… 10
Определение параметров сдвижения земной поверхности по результатам инструментальных наблюдений на наблюдательных станциях…..... 13
Построение предохранительного целика для охраны отдельного здания (сооружения)……..... 19
Построение предохранительного целика для охраны железной дороги …… 29
Расчет сдвижений и деформаций земной поверхности при подработке железной дороги……..…….. 31
ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ…….. 39
Контрольные задания для текущего контроля теоретических знаний студента в виде письменного опроса……. 39
Дополнительные вопросы для текущего контроля теоретических знаний……... 41
Оценочные средства промежуточного контроля……..... 44
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ……... 47