



УДК 528.3:622.1(076)

ББК 26.12:33.12я73

М54

**Рецензент:**

Хохлов Борис Валентинович - кандидат технических наук, старший научный сотрудник Республиканского академического научно-исследовательского и проектно-конструкторского института геомеханики и маркшейдерского дела.

**Составители:**

Козловский Геннадий Игнатьевич - кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела им. Д. Н. Оглоблина ГОУВПО «ДОННТУ»;

Колесник Наталья Анатолиевна - кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела им. Д. Н. Оглоблина ГОУВПО «ДОННТУ»;

Грищенко Андрей Николаевич - старший преподаватель кафедры маркшейдерского дела им. Д. Н. Оглоблина ГОУВПО «ДОННТУ»;

Канавец Александра Андреевна - ассистент кафедры маркшейдерского дела им. Д. Н. Оглоблина ГОУВПО «ДОННТУ».

**Практикум по выполнению лабораторных, самостоятельных работ и курсового проекта по дисциплине «Маркшейдерия. Маркшейдерское обеспечение охраны подрабатываемых объектов»** [Электронный ресурс]: уровень проф. высш. образования «специалист» специальность 21.05.04 «Горное дело» специализация «Маркшейдерское дело» / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. маркшейдерского дела им. Д. Н. Оглоблина; сост.: Г.И. Козловский, Н.А. Колесник, А.Н. Грищенко, А.А. Канавец. – Электрон. дан. (1 файл). - Донецк: ДОННТУ, 2019. – Систем. требования: Acrobat Reader.

В практикуме изложены основные положения дисциплины и методика решения вопросов связанных с подработкой домов, сооружений и природных объектов на угольных месторождениях. Приведенные исходные данные для лабораторных работ и курсового проекта по дисциплине. Изложена методика выполнения лабораторных работ и курсового проекта.

Практикум рекомендован к изданию методической комиссией специальности 21.05.04 "Горное дело" специализации «Маркшейдерское дело» (протокол №.7) и предназначены для подготовки специалистов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации "Маркшейдерское дело" очной и заочной форм обучения.

УДК 528.3:622.1(076)

ББК 26.12:33.12я73

М54

## Содержание

1.	МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОХРАНЫ ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ.....	5
1.1	Общие положения.....	5
1.2	Характерные зоны в области обрушения вмещающих пород при очистной выемке угольного пласта.....	6
1.3	Мульда сдвижения и угловые параметры процесса сдвижения земной поверхности.....	7
1.4	Виды сдвижения и деформаций земной поверхности в мульде сдвижения.....	11
1.5	Стадии процесса сдвижения земной поверхности под влиянием очистной выработки.....	14
1.6	Маркшейдерские наблюдения за сдвижением и деформациями земной поверхности.....	15
1.6.1	Методы изучения процесса сдвижения горного массива и земной поверхности.....	15
1.6.2	Типовые маркшейдерские наблюдательные станции и измерения на них.....	17
1.6.3	Камеральная обработка результатов измерений на профильных линиях.....	19
1.6.4	Лабораторная работа № 1.....	23
1.7	Прогноз ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности.....	25
1.7.1	Общие положения.....	25
1.7.2	Подготовка исходных данных для расчета ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности от одиночной очистной выработки.....	28
1.7.3	Расчеты ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности в полумульдах главных пересечений.....	30
1.7.4	Расчет ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности в любой точке мульды сдвижения.....	34
1.8	Расчет ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности от нескольких лав.....	38
1.9	Построение наглядных графиков сдвижений и деформаций земной поверхности.....	41
1.10	Расчетные сдвижения и деформации земной поверхности.....	42
1.11	Прогноз сдвижений и деформаций земной поверхности с использованием компьютерных программ.....	43
1.12	Меры охраны подрабатываемых объектов.....	54
1.12.1	Общие положения.....	54
1.12.2	Определение расчетных показателей деформаций земной поверхности для подрабатываемых зданий и сооружений.....	55
1.12.3	Определение допустимых показателей деформаций земной поверхности для подрабатываемых зданий и сооружений.....	59

1.12.4	Меры защиты подрабатываемых зданий и сооружений от вредного влияния горных выработок.....	62
1.12.5	Инструментальные наблюдения при подработке зданий и сооружений.....	62
1.13	Построение предохранительных целиков для подрабатываемых зданий и сооружений.....	66
1.13.1	Общие положения.....	66
1.13.2	Лабораторная работа №2.....	67
1.13.3	Лабораторная работа №3.....	70
1.14	Охрана вертикальных стволов от вредного влияния горных работ .....	77
1.14.1	Общие положения и нормы охраны вертикальных стволов.....	77
1.14.2	Методика построения предохранительных целиков под вертикальные стволы при угле падения угольных пластов $\alpha \geq 45^\circ$ .....	80
1.14.3	Лабораторная работа №4.....	84
1.14.4	Методы построения предохранительных целиков для вертикальных стволов при угле падения угольных пластов $\alpha < 45^\circ$ .....	86
1.15	Курсовой проект по дисциплине «Маркшейдерское обеспечение охраны подрабатываемых объектов» .....	92
1.15.1	Предыдущие замечания.....	92
1.15.2	Тема, исходные данные, вопросы, разрабатываемые в проекте.....	93
1.15.3	Последовательность выполнения курсового проекта.....	100
	Литература.....	105

## РАЗДЕЛ 1 МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОХРАНЫ ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

### 1.1 Общие положения

Горные породы в массиве находятся в напряженном, относительно уравновешенном состоянии, что обусловлено гравитационными воздействиями толще, залегающего выше. При разработке месторождений полезных ископаемых происходит изменение напряженного состояния, нарушается устоявшееся природное равновесие их и породы, ужимаются, испытывают деформации и сдвигения. Область сдвигения (при определенном соотношении площади выработки и глубины) распространяется к земной поверхности и она терпит ряд сдвижений и деформаций.

Сдвигения и деформации земной поверхности передаются неким образом на расположенные на нем здания, сооружения и природные объекты, оказывая неблагоприятное воздействие на них. Иногда подрабатываемые объекты приходят в аварийное состояние и даже разрушаются. Горные работы (на относительно небольшой глубине) под водостоками и водоемами могут привести к образованию трещин в горном массиве, прорыва воды и затоплению горных выработок. Оседание земной поверхности может привести к подтоплению подрабатываемых территорий грунтовыми, атмосферными или паводковыми водами.

Прогноз сдвижений и деформаций вмещающих пород и земной поверхности при изъятии полезного ископаемого являются важнейшими и определяющими факторами, которые учитываются при проектировании мероприятий по охране зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния горных работ.

Ниже, относительно к угольным месторождениям, рассматриваются следующие вопросы:

- основные характерные зоны в породах кровли и подошвы очистной выработки;
- мульда сдвигения на земной поверхности и виды деформаций в ней;
- угловые параметры процесса сдвигения земной поверхности;
- маркшейдерские наблюдения за процессом сдвигения земной поверхности;
- методика прогноза ожидаемых и расчетных сдвижений и деформаций земной поверхности от горных выработок;
- условия подработки объектов земной поверхности;
- меры защиты подрабатываемых объектов от вредного влияния горных выработок.

Целью практикума является усвоение студентом курса дисциплины и получения практических навыков решения вопросов подработки и мер охраны подрабатываемых объектов от вредного влияния горных выработок.

Рассматриваемые вопросы сопровождаются примерами решения конкретных заданий путем графических построений и аналитических расчетов. При этом часть заданий сопровождается аналитическими расчетами без применения компьютерных программ.

Это позволяет студенту более глубоко понять сущность процесса сдвижения земной поверхности и методику аналитических расчетов деформаций в мульде сдвижения.

Методика решения более сложных задач, требующих большого объема аналитических расчетов, излагается с учетом использования компьютерных программ. Приводится методика подготовки данных для расчетов сдвижения и деформаций земной поверхности по программе «Подработка» д.т.н., профессора Грищенко Н.Н., и использования результатов расчетов для определения условий подработки и мер защиты подрабатываемых зданий и сооружений.

## 1.2 Характерные зоны в области сдвижения вмещающих пород при очистной выемке угольного пласта

В последствии выемки угольного пласта в призабойном пространстве породного массива создаются искусственные пустоты. Природное напряженное состояние пород нарушается и они приходят в сдвижения. В области сдвижения FKGLM разделяют следующие основные зоны (рис. 1.1):

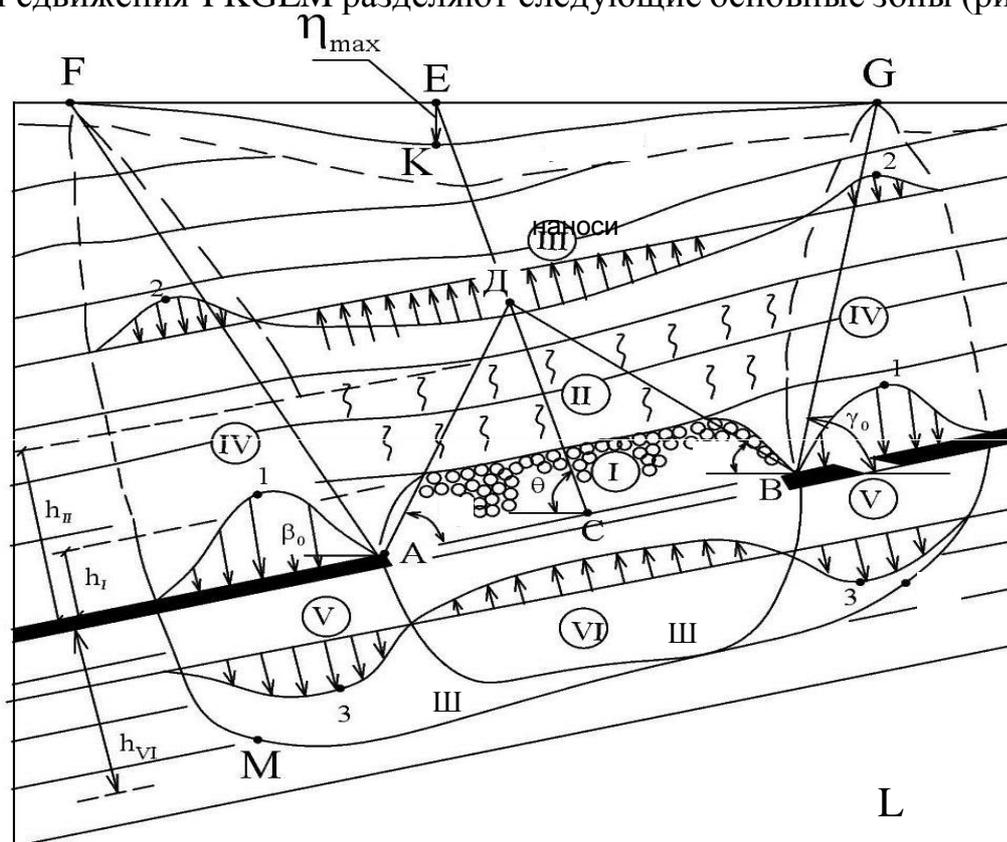


Рис. 1.1 - Основные характерные зоны в области сдвижения от очистной выработки угольного пласта

FKGLMF – область сдвижения; I, II, ..., VI – характерные зоны; ADB – зона полных сдвижений; 1, 2, 3 – эпюры дополнительных напряжений; FG – мульда сдвижений; FKG – график оседаний.

1. Зона I обрушения пород непосредственной кровли пласта. В ней породы растрескиваются и обрушаются в выработанное пространство, в виде

отдельных кусков. Высота зоны  $(3\div 5)m$  (где  $m$  – вынимаемая мощность пласта). В последствии кусковатости объем обрушенных пород увеличивается, пустота заполняется и надлежащие породы начинают прогибаться без деления на отдельные куски, и зона обрушения постепенно переходит в характерную зону II. При непосредственной кровли из прочных, склонных к прогибу породах и малой мощности пласта зона обрушения может отсутствовать.

2. Зона II – прогиба пород кровли пласта с образованием трещин, соединяются между собой и распластований. Высота этой зоны (от угольного пласта)  $h_{II}=(35\div 40)m$  (где  $m$  – вынимаемая мощность пласта). Нельзя подрабатывать затопленные выработки и водоемы, если они попадают в рассматриваемую зону, так как возможен прорыв воды в действующие выработки.

В зоне II, вследствие трещиноватости и уменьшения природных, нормальных к напластованию напряжений, происходит также некоторое увеличение объема пород и надлежащие породы прогибаются без образования трещин и распластований.

3. Зона III – плавного прогиба пород кровли без образования трещин и распластований. Эта зона распространяется до наносов и земной поверхности. В последней образуется мульда сдвижения, график оседаний в которой представлен линией FKG на рис. 1.1.

4. Зона IV – повышенного горного давления в покрывающих пласт породах со стороны падения и восстания очистной выработки. Эти зоны образуются путем передачи части веса пород, которые прогибаются на краевые части целиков.

5. Зона V – повышенного горного давления в породах, которые подстилают пласт. Они имеют место возле краевых частей целика через повышенное горное давление в зоне IV.

6. Зона VI – разгрузки в породах почвы, так как при выемке пласта частично снята естественная, нормальная напластованию напряжение, обусловлена весом надлежащей толще горного массива.

Высота  $h_{VI}$  зоны зависит от мощностных характеристик вмещающих пород пласта и глубины очистной выработки.

На рис. 1.1 эпюрами 1, 2, 3 представлены графики смены нормальных к напластованию напряжений на счет их естественных значений к подработки. В зонах II, III имеет место уменьшения нормальных естественных напряжений; в зонах IV, V – увеличения. Эпюры 1, 3 достигают максимуму на некотором расстоянии от границ выемки. Это объясняется тем, что части целика, которые непосредственно примыкают к использованному пространству под действием горного давления разрушаются.

### **1.3 Мульда сдвижений и угловые параметры процесса сдвижения земной поверхности**

Под мульдой сдвижения понимают участок земной, которая

познала сдвигения и деформации под влиянием горных выработок. Размеры, формы и расположение мульды по очистной выработке, а также величина сдвижений в ней, зависит от следующих основных факторов (рис. 1.2):

- размеров  $D_1$ ,  $D_2$  выработанного пространства вкрест и по простиранию пласта;
- глубины  $H$  горных работ, вынимаемой мощности полезного ископаемого, угла падения пласта, мощности четвертичных отложений и наносов;
- количества подработок и физико-механических свойств горных пород;
- наличия и параметров дизъюнктивных нарушений в области влияния горной выработки.

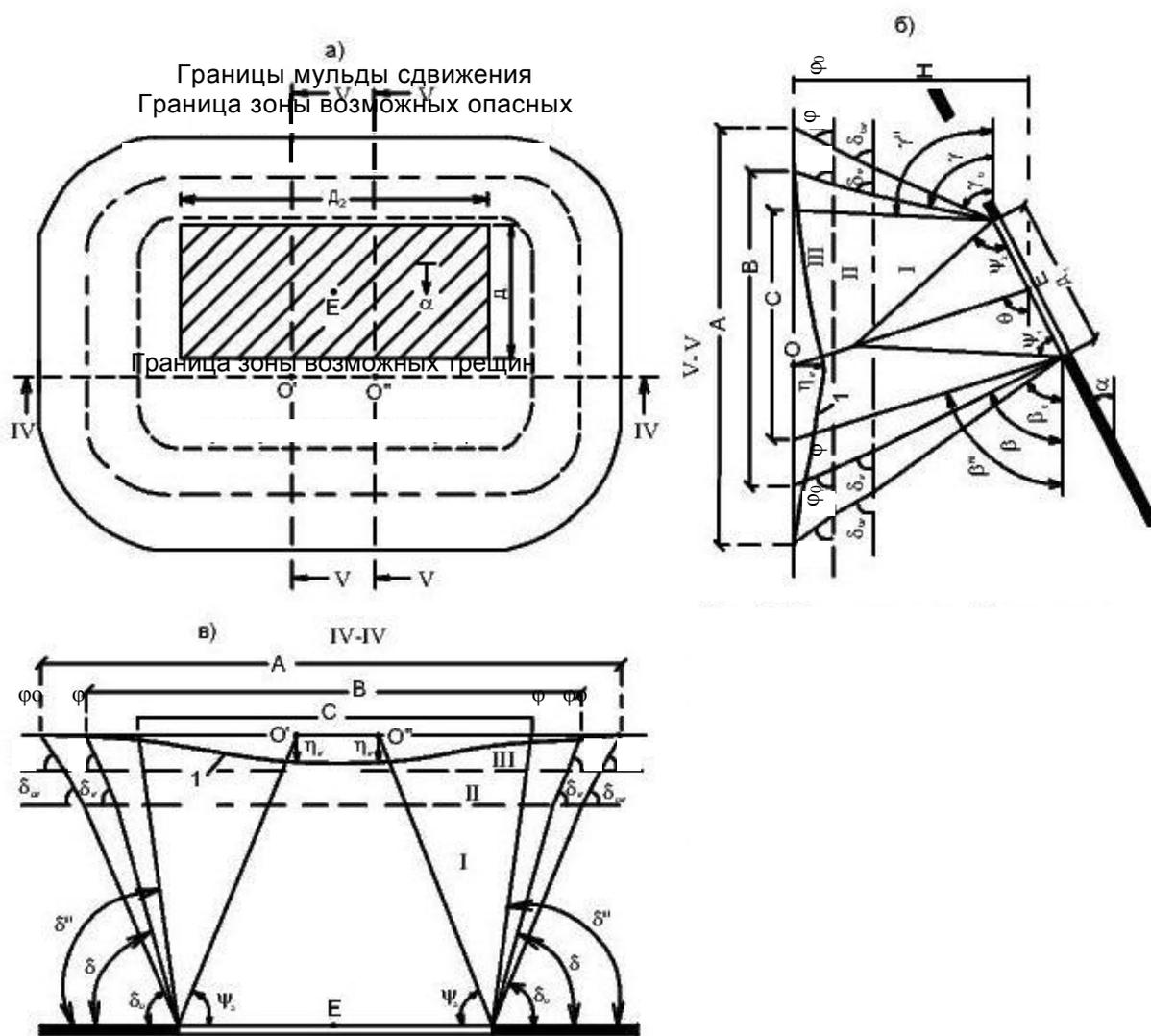


Рис. 1.2 - Мульда сдвижений, угловые параметры процесса сдвижений I, II, III – коренные породы, мезозойские отложения, наносы; 1 – график оседаний; O – точка максимальных оседаний; O'-O'' – плоское дно мульды;  $\beta_0$ ,  $\gamma_0$ ,  $\delta_0$ ,  $\delta_{0M}$ ,  $\varphi_0$  – граничные углы;  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\delta_m$ ,  $\varphi$  – углы сдвижения;  $\beta''$ ,  $\gamma''$ ,  $\delta''$  – углы разрывов;  $\psi_1$ ,  $\psi_2$ ,  $\psi_3$  – углы полных сдвижений;  $\Theta$  – угол максимальных оседаний; A – мульда сдвижения; B – зона возможных опасных деформаций; C – зона возможных трещин в почве земной поверхности.

За границей мульды (границу участка А на рис. 1.2) утверждают точки на земной поверхности с деформациями уклонов  $i=0,5*10^{-3}$  и деформациями растяжения  $\varepsilon=0,5*10^{-3}$  (см. 1.4), при определении их по результатам маркшейдерских инструментальных наблюдений. В целом площадь мульды больше выработанного пространства и растет с увеличением размеров и глубины выработки. При горизонтальном залегании центр мульды, точка максимального оседания, совпадает с центром выработки и смещается в сторону падения с увеличением угла падения пласта и глубины выработки.

Часть мульды (на рис. 1.2 участок В), в которой возможно возникновение деформаций, вызывает повреждения подрабатываемых объектов с нарушением нормальной эксплуатации, их принято называть зоной опасных сдвигов. По границу этой зоны принимают точки земной поверхности с деформациями наклонов  $i=4,0*10^{-3}$  и деформациями растяжения  $\varepsilon=2,0*10^{-3}$ . Отметим, что рассматриваемая зона имеет геометрический смысл, поскольку расположенные на ней объекты испытывают опасные деформации только при неблагоприятных горно-геологических условиях подработки (малая глубина, большая вынимаемая мощность и т.п.).

Часть мульды (на рис. 1.2 участок С), в которой, возможно, появление на земной поверхности грунтовых трещин (обусловлены подработкой) называют зоной трещин. Эта зона имеет также геометрический смысл. В действительности трещины имеют место лишь при весьма неблагоприятных условиях подработки, чаще при крутом залегании пластов. По границу зоны трещин принимают линию, соединяющую ближайшие к границе мульды трещины на земной поверхности.

В вертикальных сечениях мульда имеет чашеобразную форму с вогнутым дном и максимальным оседанием в одной точке О (рис. 1.2 б) или плоским дном с максимальным оседанием на отрезке О'-О" (рис. 1.2 в). В первом случае, имеет место неполная подработка земной поверхности, при которой с увеличением размера выемки пласта в рассматриваемом сечении увеличиваются максимальные оседания. Во втором случае имеет место полная подработка земной поверхности, при которой дальнейшее увеличение размеров выемки пласта не приводит к росту максимальных оседаний. Если в сечениях вкрест и по простиранию имеет место полная подработка, то в мульде образуется плоское дно по площади. Степень подработки в вертикальном сечении оценивается коэффициентом подложности, под которым понимают отношение фактического размера выработанного пространства  $D_{\phi}$  к минимальному его размеру  $D_{\min}$ , при котором наступает полная подработка земной поверхности. Коэффициенты подработки принято рассматривать отдельно в пересечения вкрест  $N_1$  и по простиранию  $N_2$  пласта.

В мульде сдвижения выделяют главные сечения вкрест и по простиранию пласта, проходящих через точку максимальных оседаний земной поверхности (рис. 1.2). В них наиболее полно изучен процесс сдвижений и деформаций земной поверхности и по результатам многолетних маркшейдерских инструментальных наблюдений с аналитическими исследованиями, установлены следующие угловые параметры (рис. 1.2 б, в):

1. Предельные углы - это внешние по выработанному пространству углы (в главных сечениях мульды), образованные горизонтальными линиями и линиями (последовательно проведенными в коренных породах, мезозойских отложениях и наносах), которые объединяют границу горной выработки с границей ее влияния на земную поверхность (с границей мульды).

Различают предельные углы:  $\beta_0$ ,  $\gamma_0$ ,  $\delta_0$  в коренных породах со стороны падения, восстания и простирания пласта;  $\delta_{0м}$ ,  $\varphi_0$  в мезозойских отложениях и наносах по любому направлению.

Используют предельные углы: для определения зон влияния очистных выработок на земную поверхность; для построения предохранительных целиков под вертикальные стволы шахт при прогнозе сдвижений и деформаций земной поверхности под подрабатываемые объекты.

На крутонаклонных угольных месторождениях при угле падения  $\alpha \geq 56^\circ$ , процессу сдвижения могут подлежать породы почвы пласта и тогда границы влияния очистной выработки со стороны лежачего бока определяются с использованием предельного угла  $\beta_{01}$  в породах лежачей стороны.

2. Углы сдвижения - это внешние по выработанному пространству углы, образованные в главных сечениях мульды горизонтальными линиями и линиями (последовательно проведенными в коренных породах, мезозойских отложениях и наносах) соединяющими границу горной выработки с границей зоны в возможных описанных деформаций на земной поверхности.

Различают углы сдвижения:  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  - в коренных породах со стороны падения, восстания и простиранию пласта;  $\delta_m$ ,  $\varphi$  - в мезозойских отложениях и наносах по любому направлению.

Углы сдвижения используют: при построении предохранительных целиков под объекты; при построении границ возможных опасных деформаций земной поверхности. По границу последней принимают точки с деформациями наклонов  $4,0 \cdot 10^{-3}$  и растяжения  $2,0 \cdot 10^{-3}$  [1, стр. 5], при определении последних естественных инструментальных наблюдениях.

3. Углы полных обрушений - это внутренние относительно выработанного пространства углы (в главных сечениях мульды) между плоскостью пласта и линиями соединяющими границы выработки с границами плоского дна мульды.

Различают углы полных обрушений:  $\psi_1$ ,  $\psi_2$ ,  $\psi_3$  со стороны падения, восстания и простиранию пласта.

Используются углы полных сдвижений: для определения границ зоны полных обрушений в горном массиве над очистной выработкой; для определения границ плоского дна мульды на земной поверхности; при прогнозировании деформаций в мульде.

4. Угол максимального оседания  $\Theta$  - это угол (в главном сечении мульды) между горизонтальной линией и линией соединяющей середину горной выработки с точкой максимального оседания при неполной подработке земной поверхности. Последнее имеет место, когда на вертикальном разрезе

земной поверхности. Последнее имеет место, когда на вертикальном разрезе линии проведены под углами  $\psi$  пересекаются ниже земной поверхности.

5. Углы разрывов - это внешние к выработанному пространству углы (в главных сечениях мульды) между горизонтальной линией и линией связующей границу выработки с ближайшей к границе мульды трещиной.

Различают углы разрывов  $\beta''$ ,  $\gamma''$ ,  $\delta''$  со стороны падения, восстания и простиранию пласта. Используют углы разрывов: при определении границ зоны возможных трещин на земной поверхности при сложных условиях подработки; при построении границ опасного влияния водного объекта земной поверхности на угольный пласт [1, стр. 45].

Нормативные значения угловых параметров приведены в «Правилах подработки...» [1, стр. 10, 11, 15].

#### 1.4 Виды сдвижений и деформаций земной поверхности в мульде сдвижений

Пусть на земной поверхности к подработке закреплены, начиная с границы мульды, точки 0, 1, 2, 3, 4 (рис. 1.3). В процессе подработки точки перемещались по криволинейной траектории и на конец периода влияние горной выработки заняли положения 0', 1', 2', 3', 4', то есть переместились по векторам сдвижения 1-1', 2-2', 3-3', 4-4'.

Разложим вектора сдвижения на две составляющие: оседание (вертикальные сдвижения)  $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$ , и горизонтальные сдвижения  $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4$

С рисунка

$$\eta_n = Z_n^0 - Z_n^K \quad (1.1)$$

где  $n$  – номер точки;

$Z_n^0 - Z_n^K$  - высотная отметка точки до и после подработки.

С рисунка  $\eta_1 \neq \eta_2 \neq \eta_3 \neq \eta_4$ , вследствие этого земная поверхность испытывает деформацию наклонов  $i$  (к положению для подработки).

$$i_n = \frac{\eta_n - \eta_{n-1}}{l_{(n)}^0} * 10^{-3} \quad (1.2)$$

Где  $(n)$  – порядковый номер интервала;

$\eta_n$  - оседание  $n$ -ой точки, мм;

$l_{(n)}^0$  - длина  $n$ -го интервала (расстояния между соседними точками) до подработки, м.

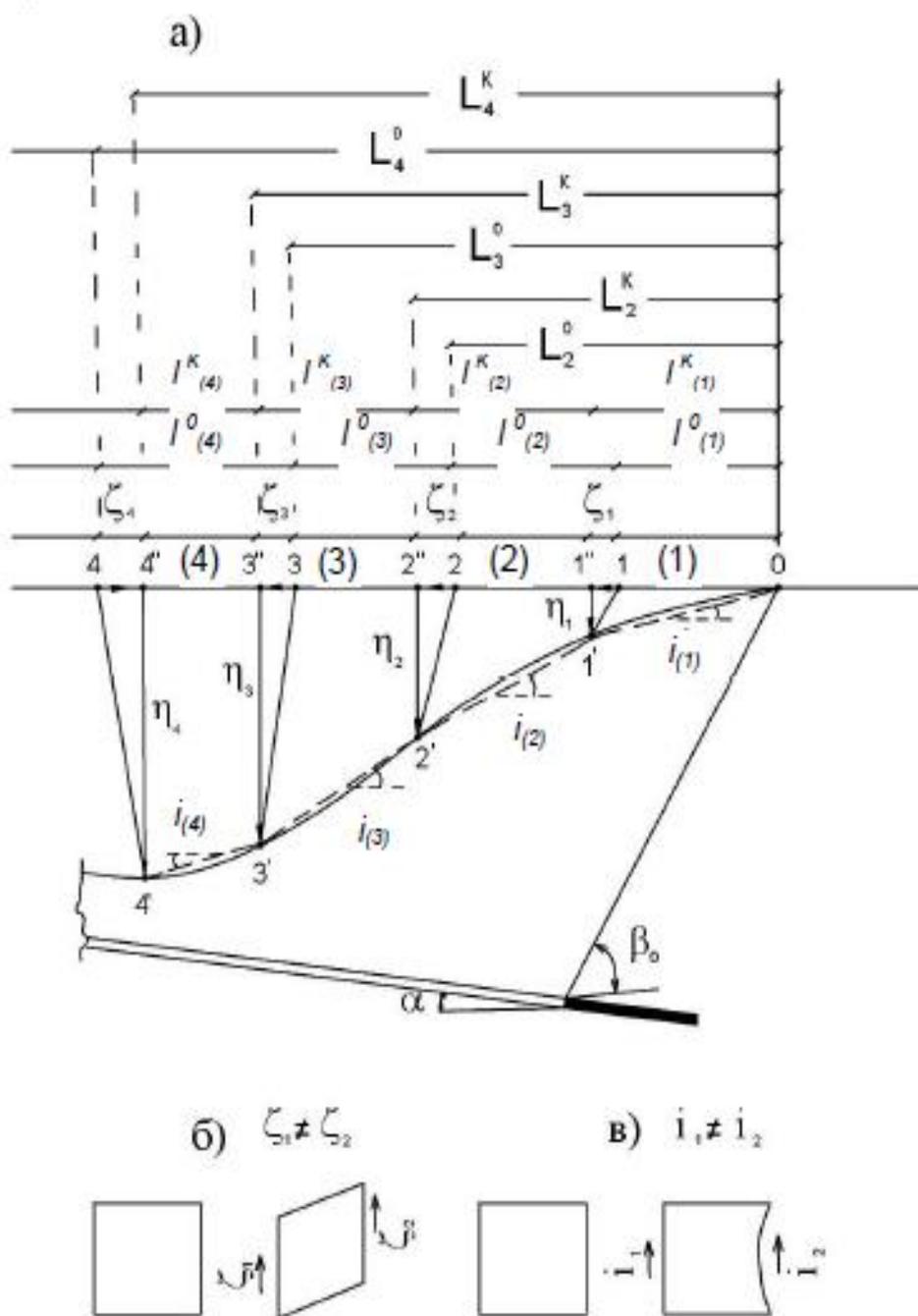


Рис. 1.3 – Виды сдвижений и деформаций земной поверхности в мулде  
 а) - до определения сдвижений и деформаций  $\eta$ ,  $i$ ,  $K$ ,  $\xi$ ,  $\varepsilon$ ;  
 б) - деформации скручивания  $\Delta$ ;  
 в) - деформации скручивания  $j$ .

Наклон  $i_{(n)}$  равный также тангенсу уклона касательной к кривой оседаний в точке середины интервала, то есть деформация наклонностей является первой производной от функции кривой оседания.

С того же рисунка  $i_{(1)} \neq i_{(2)} \neq i_{(3)} \neq i_{(4)}$ , вследствие этого земная поверхность подвергается деформации кривизны

$$K_n = \frac{i_{(n)+1} - i_{(n)}}{0,5(l_{(n)+1}^0 + l_{(n)}^0)} ; 1/\text{м} \quad (1.3)$$

Где  $K_n$  - кривизна в n-ой точке;

$l_{(n)+1}^0$ ,  $l_{(n)}^0$  – длины интервалов к подработке за и перед рассматриваемой точкой.

Кривизна характеризует степень изгиба земной поверхности из-за подработки, имеет размерность 1/ м и является 2-й производной от функции кривой оседания. Более наглядным является радиус кривизны  $R_k$

$$K_{Kn} = \frac{1}{0,05 \times 10^{-3} \times 1/\text{м}} = 20000\text{м} \quad (1.4)$$

Горизонтальные составляющие вектора сдвижения  $\xi_1 \neq \xi_2 \neq \xi_3 \neq \xi_4$ .

Вследствие этого изменяются длины интервалов, что приводит к горизонтальным деформациям  $\xi$  на интервалах (сжатую или растяжению).

$$\varepsilon_n = \frac{l_{(n)}^K - l_{(n)}^0}{l_{(n)}^0} \cdot 10 \quad (1.5)$$

Где (n) – номер интервала;

$l_{(n)}^K$ ,  $l_{(n)}^0$  - длины n-го интервала после и до подработки.

Горизонтальные деформации  $\varepsilon$  величины безразмерные.

Горизонтальные сдвигения  $\xi$  точек определяются из выражения:

$$\xi_n = L_n^K - L_n^0 \quad (1.6)$$

Где  $L_n^K = \sum_1^n l^K$ ,  $L_n^0 = \sum_1^n l^0$  – расстояние от начальной точки О (от границ мульды) до рассматриваемой точке до и после подработки.

Сдвигениям и деформациям земной поверхности принято присваивать знаки соответственно таблицы 1.1.

Таблица 1.1. – Знаки сдвижений и деформаций

Знак положительный	Знак отрицательный
1. Оседание	1. Поднятие
2. Горизонтальные сдвигения в сторону восстания и в сторону простирания пласта	2. Горизонтальные сдвигения в сторону падения и в обратную сторону
3. Наклоны в сторону восстания и в сторону простирания пласта	3. Наклоны в сторону падения и в обратную сторону простирания пл.
4. Кривизна и радиус кривизны выпуклости кривой оседания	4. Кривизна и радиус кривизны вогнутости кривой оседания
5. Растяжение	5. Сжатие

Мы рассмотрели сущность двух видов сдвижения ( $\eta$ ,  $\xi$ ) и трех видов деформаций земной поверхности ( $i$ ,  $\varepsilon$ ,  $K$ ). Эти параметры широко используются при определении мер охраны подрабатываемых объектов. Кроме них имеют место еще два вида деформаций: деформации скашивания  $\Delta$  и деформации скручивания  $j$  земной поверхности. Под первой понимают изменения прямых

углов элементарных квадратов земной поверхности, вследствие разности горизонтальных сдвижений сторон квадрата (рис. 1.3 б); под второй понимают «скручивание» элементарного квадрата земной поверхности, вследствие разницы наклонов сторон квадрата (рис. 1.3 в).

### 1.5 Стадии процесса сдвижения земной поверхности под влиянием очистной выработки

По мере отхода очистной линии забоя от разрезной печи процесс сдвижения распространяется на все большую высоту в породы кровли и при отходе приблизительно на расстояние  $C_1$  достигает земной поверхности (рис. 1.4). Эта дата принимается за начало сдвижения земной поверхности.

$$C_1 = A_0 H_{cp} \quad (1.7)$$

Где  $A_0$  - коэффициент в пределах от  $0,1 \div 0,3$ , что зависит от угла сдвижения  $\delta$  [1, стр. 18];

$H_{cp}$  – средняя глубина выработки, м.

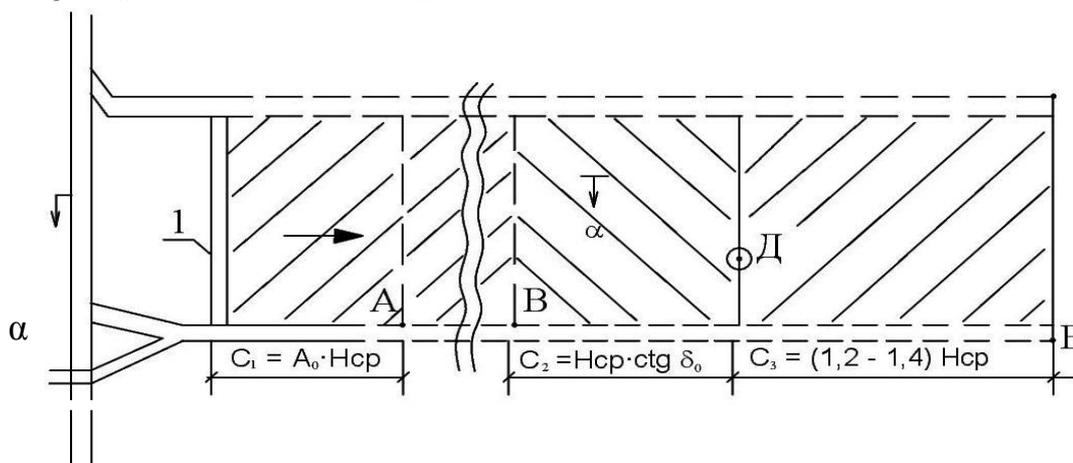


Рис. 1.4 – Развитие процесса сдвижения земной поверхности под влиянием очистной выработки

1 – монтажный ходок лавы;

А – положение забоя лавы, при котором начинается сдвижение земной поверхности; В – положение линии забоя, когда начинается влияние в точке D поверхности;

Е - положение линии забоя, когда заканчивается процесс сдвижения в точке D; BE – период влияния лавы на точку D земной поверхности.

При инструментальных наблюдениях за начало сдвижения земной поверхности принимают дату, когда оседание достигает 15 мм.

По мере дальнейшего подвигания лавы процесс сдвижения земной поверхности опережает линию забоя и влияние на некоторую точку D поверхности начинается при приближении забоя лавы на расстояние  $C_2$ .

$$C_2 = H_{cp} \cdot ctg \delta_0 \quad (1.8)$$

Где  $\delta_0$  - граничный угол.

Интенсивность сдвижения достигает максимума при положении линии забоя под точкой Д. Далее процесс постепенно стихает и заканчивается при уходе лавы приблизительно на расстояние  $C_3$ .

$$C_3 = (1,2 \div 1,4) H_{cp} \quad (1.9)$$

При инструментальных наблюдениях когда заканчивается процесс сдвижения принимают дату, начиная с какого оседания земной поверхности за последние шесть месяцев не превышает 10 % от максимальных значений. Значения величины  $C_3$  зависит от средней глубины  $H_{cp}$  и скорости  $V$  подвигания лавы.

Период времени от начала до конца процесса сдвижения ( в рассматриваемой точке) называют общей продолжительностью процесса сдвижения земной поверхности. Общая продолжительность возрастает с глубиной и уменьшается с ростом скорости подвигания очистной выработки, изменяясь от 6 до 51 месяца (см. «Правила подработки...» [1, стр.17]).

В общей продолжительности разделяют следующие стадии сдвижения земной поверхности:

1. Начальная стадия – 30% от общей продолжительности сдвижения земной поверхности. Оседание за этот период достигают  $0,15 \eta_{max}$  (где  $\eta_{max}$  – максимальное значение оседаний за весь период влияния выработки на рассматриваемую точку земной поверхности).

2. Активная стадия – 40 % от общей продолжительности. Оседание в этой стадии достигают  $0,7 \eta_{max}$ . Активная стадия имеет место в период работы лавы в районе рассматриваемой точке земной поверхности.

3. Стадия угасания – 30 % от об общей продолжительности. Оседание в этой стадии достигают  $0,15 \eta_{max}$ .

## **1.6. Маркшейдерские наблюдения за сдвигами и деформациями земной поверхности**

### **1.6.1. Методы изучения процесса сдвижения горного массива и земной поверхности**

На характер и количественные значения сдвижений и деформаций земной поверхности влияют многие факторы: различные физико-механические свойства коренных горных пород, трещиноватость и плоскости скольжения в толще горных пород; вынимаемая мощность и угол падения пласта; мощность

и физико механические свойства наносов; длина очистной выработки и угол падения пласта; способ управления кровлей и т.п.

Существуют три принципиально отличные способы изучения процесса сдвигания горного массива и земной поверхности: теоретический; лабораторный, на плоских и объемных моделях; метод натуральных инструментальных наблюдений с последующим анализом, математической обработкой и исследованием результатов.

**Теоретический метод** базируется на применении различных теорий физико-математических наук: теории упругости, пластичности, сплошной среды и т.п. Вследствие влияния на процесс сдвигания большого количества факторов и их изменчивости, теоретический метод не дал (до сих пор) математических зависимостей между горно-геологическими условиями подработки и деформациями земной поверхности, приемлемых для использования при решении вопросов охраны обрабатываемых объектов.

**Лабораторный метод** исследования основан на изготовлении на специальных стендах, плоских (реже больших) моделей горно-геологических условий и физико-механических свойств пород горного массива с последующей имитацией изъятия полезных ископаемых. Горно-геологические условия (глубина, мощность пластов пород, длина лавы, мощность пласта и т.п.) моделируются по принятому масштаба модели. Физико-механические свойства пород (сопротивление сжатию, изгибу и т.п.) моделируют подбором материала модели с учетом: масштаба модели; числовых значений характеристик пород горного массива; соотношение плотности материала модели и пород горного массива.

В изготовленной модели вынимают часть угольного пласта (имитируя с учетом масштаба скамью), наблюдают за развитием процесса сдвигания, измеряя с высокой точностью перемещения характерных точек массива модели с помощью различных датчиков.

Исследование процесса сдвигания на моделях отличается наглядностью и возможностью получения результатов в течение короткого времени. Однако и данный метод не дал результатов, приемлемых для прогнозирования деформаций земной поверхности при разработке угольных месторождений.

**Метод натуральных инструментальных наблюдений** заключается в измерении фактических сдвигов точек горного массива и земной поверхности под влиянием горных выработок с последующим анализом и исследованием полученных результатов.

В течение многих десятилетий ведутся наблюдения (измерения) на специальных станциях, закладываются на земной поверхности, в горных выработках и специально пробуренных скважинах.

В результате анализа и исследований результатов наблюдений установлены параметры процесса и математические зависимости деформаций земной поверхности от горно-геологических условий подработки. Разработана методика прогнозирования сдвижений и деформаций земной поверхности [1, стр. 72-96], широко используемая при решении вопросов мер охраны обрабатываемых объектов.

Методика требует дальнейшего изучения процесса сдвигания, особенно в сложных горно-геологических условиях. Потому маркшейдерские наблюдения актуальны и будут иметь место и в дальнейшем.

### 1.6.2. Типовые маркшейдерские наблюдательные станции и измерения на них

Для наблюдения параметров сдвижения земной поверхности маркшейдерские наблюдения рекомендуется делать на типичных станциях, состоящие из двух профильных линий (АВ и А'В') вкрест простирания и одной профильной линии (СД) по простиранию (рис. 1.5). Каждая профильная линия состоит из рабочих реперов (забиты штыри длиной до 1,5 м), закладываются через определенный интервал, и опорных реперов (бетонированных на глубину 500 мм ниже промерзания грунта), которые закладываются через 30-50 м на концах линии. Опорные реперы закладывают сознательно вне зоны влияния горной выработки. Расчеты длин линии и расположения их по горной выработке проводится графическими построениями (рис. 1.5).

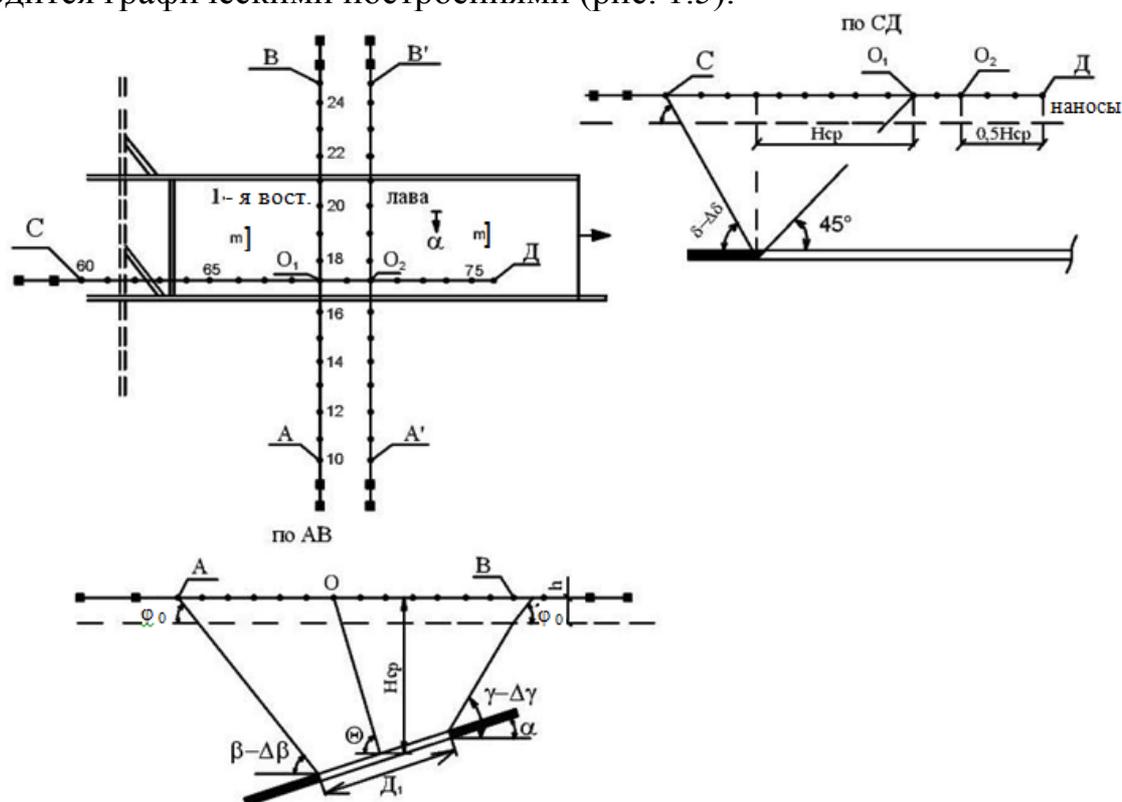


Рис. 1.5. – Типовая наблюдательная станция  
АВ, CD – зона рабочих реперов;

—•— - рабочие реперы;

■ - опорные реперы;

$\beta, \gamma, \delta$  – углы сдвижения [1, стр. 11];

$\phi_0$  – граничный угол [1, стр. 10];

$\Theta$  – угол максимальных оседаний [1, стр. 10];

$H_{cp}, h$  – средняя глубина лавы и мощность наносов;

$D_1, m$  – длина лавы и мощность пласта;

$\Delta\beta, \Delta\gamma, \Delta\delta$  – угловые выпрямления [4, стр. 17-24];

O – точка максимального оседания.

Вынос профильных линий на местность делают по графически снятым координатам начальной и конечной точки линии. После закладки реперов делают исполнительную плановую и высотную съемки реперов от ближайших геодезических пунктов.

Измерения на станции делают сериями. Первые две (начальные) серии измерений делают с интервалом в 5-7 дней, сознательно к началу влияния горной выработки, следующие с интервалом предусмотренным проектом наблюдений (поквартально, 1-2 раза в год). Последнюю (заключительную) серию наблюдений выполняют после окончания процесса сдвижения, когда за последние 6 месяцев оседания не превышают 30 мм [1, стр. 19].

В каждой серии выполняют следующие виды работ:

1. Проводят высокоточное геометрическое нивелирование всех реперов станции. За исходные принимают высотные отметки опорных реперов профильных линий.

2. Проводят высокоточные измерения длин интервалов линий. Измерения делают с использованием твердых нитей ОЖ-3 (рис. 1.6), металлической или электронной рулеткой. В последнем случае предварительно должны быть изготовлены насадки для центрирования рулетки и отражатели на нитях ОЖ-3.

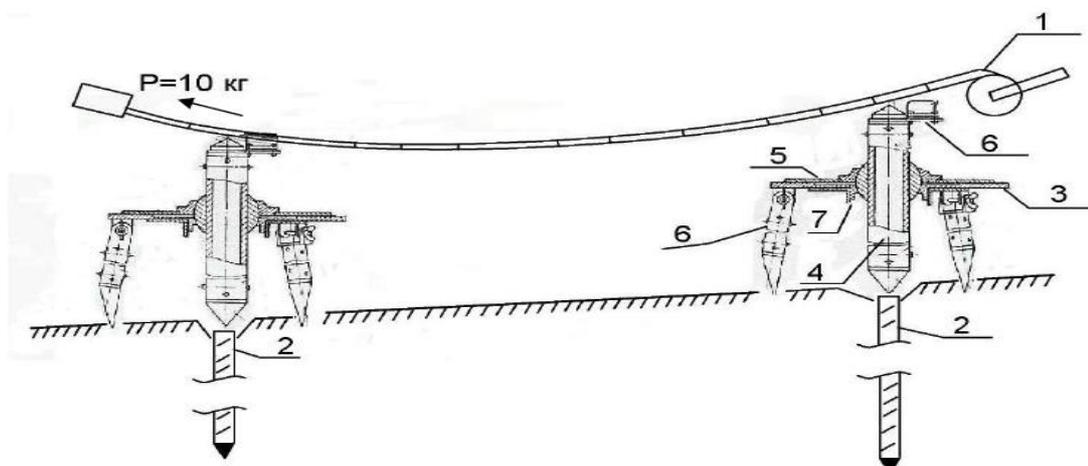


Рис. 1.6 - Измерения длин интервалов на профильной линии рулеткой

- 1 – рулетка;
- 2 – забиваемый репер;
- 3 – твердая нить ОЖ-3;
- 4 – центрировочный стержень;
- 5 – крышка;
- 6 – ножка штатива;
- 7 – зажим.

Измерение длин интервалов может проводиться также электронными тахеометрами. Подробнее методика измерений изложена в «Инструкции ...» [4].

Типичные наблюдательные станции закладывают для определения параметров сдвижения земной поверхности в тех или иных горно-геологических условиях.

Для наблюдения за деформациями земной поверхности при подработке зданий и сооружений, закладывают станции, конструкция которых обусловлена характером подрабатываемого объекта (см. 1.12.5). Методика измерений на них аналогичная изложенной выше.

### 1.6.3. Камеральная обработка результатов измерений на профильных линиях

Обработка измерений в каждой серии наблюдений проводится в следующей последовательности:

1. По результатам геометрического нивелирования вычисляют высотные отметки всех реперов.

2. В измеренные длины интервалов вводят все необходимые поправки и вычисляют горизонтальные проекции (проложения) их. При наличии опорных реперов в начале и конце линии делают также распределение невязки по расстоянию между опорными реперами.

3. Вычисляют сдвигения и деформации земной поверхности по каждой профильной линии отдельно за период от начальной до обрабатываемой серии наблюдений.

Вычисления ведут в формуляре табл. 1.2:

- заносят исходные данные для вычислений: в колонку 1 записывают номера точек; в колонки 2, 3 записывают высотные отметки с начальной (средние с двух начальных) и обрабатываемой серии наблюдений, в колонки 7, 8 - длины (горизонтальные проложения) интервалов в начальной и обрабатываемой серии наблюдений;

- по формулам 1.1-1.6 вычисляют и заносят в соответствующие колонки сдвигения и деформации земной поверхности.

Деформации  $i$ ,  $\varepsilon$  (колонки 5, 9) рекомендуется округлять до второго знака после запятой; деформации  $K$  (колонка 6) - до третьего знака после запятой.

Вычисления сдвижений и деформаций земной поверхности на профильных линиях типичной станции следует делать: со стороны падения в сторону восстания на линиях вкрест простирания пласта, и в сторону положительного простирания на линии по простиранию пласта. Это обеспечивает соответствие получаемых знаков предусмотренным «Правилами подработки ...» [1, стр. 86] и приведенными в табл. 1.1.

4. По результатам последней (заключительной) серии наблюдений (выполняемой по окончании процесса сдвижения) вычерчивают наглядные графики сдвижений и деформаций земной поверхности по профильным линиям. Методика построения представлена на рис. 1.7. Отметим лишь, что горизонтальный масштаб графиков должен соответствовать масштабу вертикального разреза. Вертикальный масштаб выбирают отдельно для каждого графика с учетом наглядности (чтобы максимальное значение изображалось  $3 \div 5$  см). Положительные значения откладывают вверх от линии нулевых значений, негативные - вниз. Исключение составляют осадки, которые считаются положительными, но откладываются вниз от линии нулевых значений. Оседания  $\eta$ , кривизна  $K$ , горизонтальные сдвигения  $\xi$  откладывают в точках реперов. Наклоны  $i$  и горизонтальные деформации  $\varepsilon$  откладывают в серединах интервалов, поскольку это средние значения на интервалах. Если же графики строят по результатам программных вычислений (см. 1.8), то все виды сдвижений и деформаций откладывают в точках расчета.

Таблица 1.2 – Вычисления сдвижений и деформаций земной поверхности по линии СД (рис. 1.5, обозначения рис. 1.3) (образец заполнения)

NN репера	Высотные отметки		Оседания $\eta$ , мм	Наклоны $i$ , $10^{-3}$	Кривизна, $K$ , $10^{-3}$ 1/м	Горизонтальная длина интервала		Горизонтальные деформации $\varepsilon^{\circ}$ , $10^{-3}$	Расстояние до начального репера		Гориз. сдвигения $\xi$ , мм
	до подр. $Z^{\circ}$ ,	после подр. $Z^K$ , м				до подр. $l^{\circ}$ , м	после подр. $l^K$ , м		до подр. $L^{\circ}$ , м	после подр. $L^K$ , м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
VI	120,310	120,310	0	0	0	45,600	45,600	0			
60	120,151	120,153	-2	+3,56		29,811	29,863	+1,74	45,600	45,600	0
61	122,314	122,210	+104	+5,12	+0,052	29,713	29,837	+4,17	75,411	75,463	+52
62	121,976	121,720	+256						105,124	105,300	+176
				и.т.д.							
где n, (n) - порядковый номер точки (репера) и интервала											
o, k - признак начальной (до подработки) и рассматриваемой(после подработки) серий наблюдений.											
$i_n = \frac{\eta(n) - \eta(n-1)}{l_{(n)}^0}, \quad \eta_n = Z_n^0 - Z_n^K, \quad \varepsilon_{(n)} = \frac{l_{(n)}^K - l_{(n)}^0}{l_{(n)}^0}, \quad Kn = \frac{i_n - i_{n-L}}{0,5(l_{(n)}^0 + l_{(n-1)}^0)} \cdot 1/м, \quad L_n^K = \sum_1^n l_{(n)}^K$											
$L_n^0 = \sum_1^n l_{(n)}^0, \quad \zeta_{(n)} = L_n^K - L_n^0$											
Формулы											

5. Пользуясь графиками определяют угловые параметры и длины полумульд по данным конкретной профильной линии типичной станции (рис. 1.7). «Правилами подработки ...» [1, стр. 3, 5] за границу влияния горной выработки, для определения предельных углов по результатам инструментальных наблюдений, принимаются точки с деформациями  $i = 0,5 \cdot 10^{-3}$  и растяжения  $\varepsilon = 0,5 \cdot 10^{-3}$ , для определения углов сдвижения - точки с деформациями растяжения  $\varepsilon = 2,0 \cdot 10^{-3}$ .  $i = 4,0 \cdot 10^{-3}$ ,

Методика определения угловых параметров рассмотрим на примере профильной линии вкрест простирания пласта (рис. 1.7).

**Предельные углы**  $\beta_0$  и  $\gamma_0$  определяются следующим образом: - на графиках деформаций  $i$  и  $\varepsilon$  находят точки со значением  $i = 0,5 \cdot 10^{-3}$  и  $\varepsilon = 0,5 \cdot 10^{-3}$  и крайнюю из двух проецируют на линию вертикального разреза (на линию нулевых значений  $\eta$  на рис. 1.7);

- с точек проекций проводят линии под углом  $\varphi_0 = 55^\circ$  в наносах и далее (в коренных породах) до границ выработки на разрезе;

- графически измеряют предельные углы  $\beta_0$  и восстания пласта.

**Углы сдвижений**  $\beta$  и  $\gamma$  определяются аналогично, но используют точки с деформациями  $i = 4,0 \cdot 10^{-3}$ ,  $\varepsilon = 2,0 \cdot 10^{-3}$  и угла  $\varphi = 60^\circ$  (в наносах).

**Угол полных сдвижений**  $\theta$ , определяют следующим образом:

- на графике осадок находят точку с максимальным значением  $\eta_m$  и проектируют ее на линию нулевых значений оседаний на разрезе, то есть в точку О;

- точку проекции О соединяют с серединой выработки и графически измеряют угол  $\theta$ .

**Углы полных сдвижений**  $\psi_1$  и  $\psi_2$  определяются:

- границы плоского дна мульды на графике оседаний проецируют на линию нулевых значений на разрезе;

- точки проекций соединяют с границами изъятия пласта и графически измеряют углы  $\psi_1$  и  $\psi_2$ .

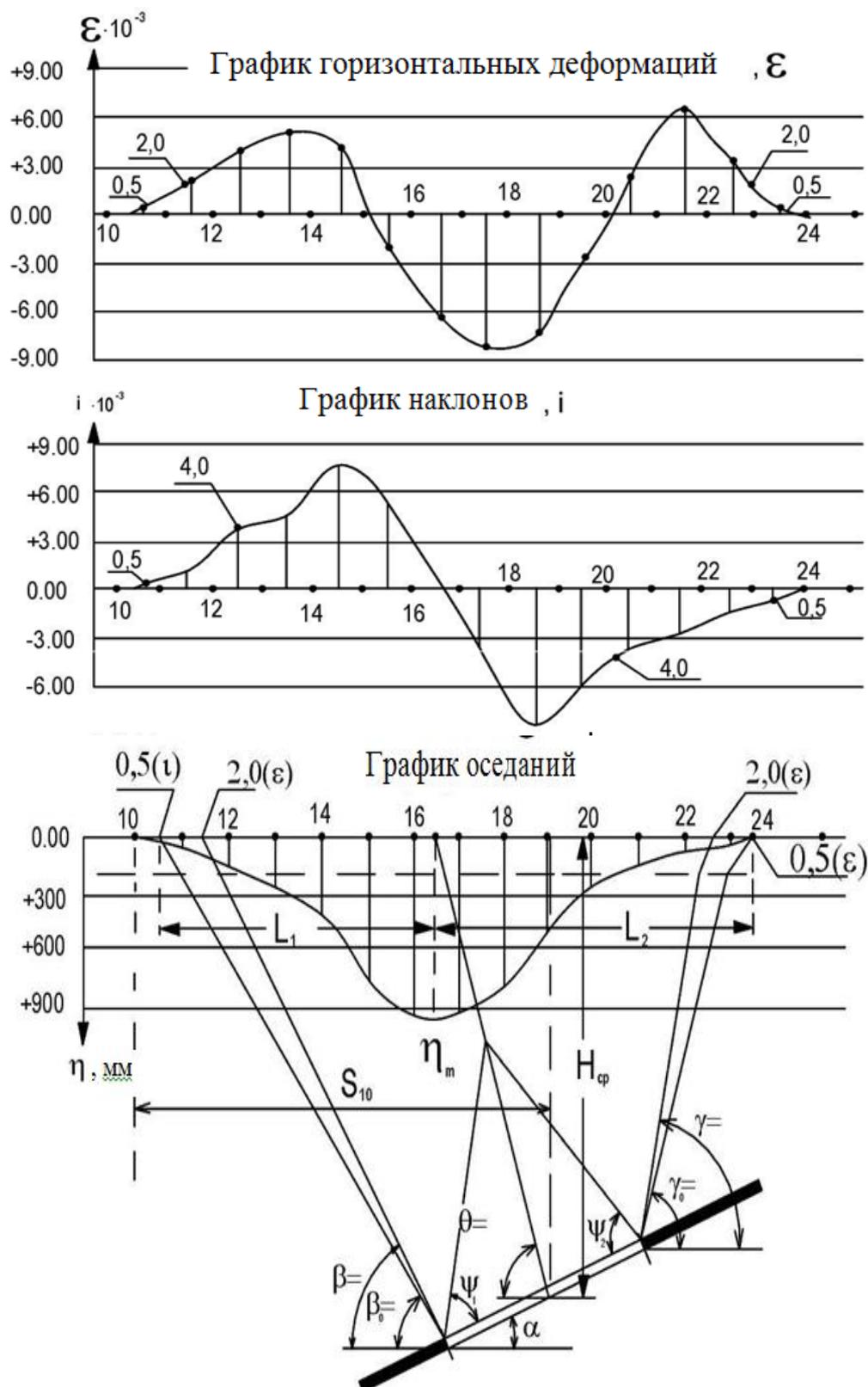


Рис. 1.5. – Графики сдвижений и деформаций земной поверхности по профильной линии 10-25 (рис. 1.5).

*Примечание:* на рис. 1.7 углы  $\psi_1$  и  $\psi_2$  не определяются, так как на графике оседаний отсутствует плоское дно (имеет место неполная подработка). В заключение графически измеряют длины полумульд  $L_1$ ,  $L_2$ .

#### 1.6.4. Лабораторная работа № 1

Камеральная обработка результатов наблюдений на профильной линии вкрест простирания пласта

#### 1.6.4.1 Постановка задачи

Для исследования параметров процесса сдвижения земной поверхности при отработке 1-й восточной лавы пл. h8 шахты «Степная» №1 была заложена типичная наблюдательная станция (рис. 1.5). Первые две начальные серии наблюдений выполнены до начала работы лавы и определены высотные отметки  $Z^0$  реперов и горизонтальные длины интервалов  $l^0$  станции к подработки.

По окончании процесса сдвижения сделана заключительная (последняя) серия наблюдений и определены высотные отметки реперов  $Z^k$  и горизонтальные длины интервалов  $l^k$  станции после подработки.

Необходимо сделать дальнейшую камеральную обработку наблюдений по профильной линии 10-25 станции:

1. Вычислить сдвижения и деформации земной поверхности:  $\eta$ ,  $i$ ,  $K$ ,  $\varepsilon$ ,  $\xi$ ;
2. Построить наглядные графики сдвижений и деформаций земной поверхности:  $\eta$ ,  $i$ ,  $K$ ,  $\varepsilon$ ,  $\xi$ ;
3. Определить (графически) угловые параметры процесса сдвижения:  $\beta_0$ ,  $\gamma_0$ ,  $\theta$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и длины полумульд  $L_1$ ,  $L_2$ .

#### 1.6.4.2 Исходные данные для выполнения лабораторной работы

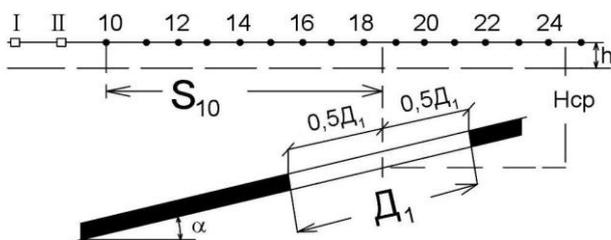
Необходимые данные для выполнения лабораторной работы (горно-геологические условия подработки, высотные отметки реперов и длины интервалов по линии, расположение профильной линии по выработки) приведены в табл. 1.3. Конкретные значения указанных параметров определяются с учетом коэффициента (варианта)  $N$ , задаваемого преподавателем индивидуально каждому студенту. Коэффициент  $N$  выдается в пределах значений от 1 до 30 (можно с одним знаком после запятой).

Специальные наблюдательные станции имеют исследовательский характер. Реперы на профильных линиях закладывают с интервалом  $15 \div 20$  м, сгущая иногда до 5 м, на отдельных участках. Лабораторная работа преследует учебные цели и длина интервала принято в пределах  $20 \div 50$  м, с учетом глубины и размеров горной выработки. Это позволяет иметь одинаковый объем вычислений и графических построений для всех вариантов.

Таблица 1.3. – Исходные данные для лабораторной работы №1. Камеральная обработка результатов наблюдений за сдвижениями земной

поверхности.

а) горно-геологические условия подработки  
разрез вкрест простирания



В колонку 3 округлить:  $\alpha$  до градуса;  $m$  до см; другие параметры – до метра

Б) высотные отметки и длины интервалов

Но мер репер ов	Высотные отметки			Длины интервалов			
	До подрабо тки $Z^0$ , м	После подработки Формула вычисления	Значени я $Z^k$ , м	До подработки		После подр.	
		Формула вычисления	Значени я $Z^k$ , м	Формула вычисления	Значе ния $l^0$ , м	Формула вычисления	Значения $l^k$ , м
1	2	3	4	5	6	7	8
II	120,410	$120,410-0,0000*N$	120,410				
				$49,500+0,0000*N$	49,500	$49,500+0,0000*N$	49,500
10	120,630	$120,630-0,0000*N$	120,630				
				$19,871+0,9852*N$		$19,871+0,9861*N$	
11	121,185	$121,185-0,0004*N$					
				$19,845+0,9839*N$		$19,877+0,9864*N$	
12	121,371	$121,353-0,0028*N$					
				$19,720+0,9777*N$		$19,806+0,9818*N$	
13	120,910	$120,786-0,0111*N$					
				$19,910+0,9872*N$		$20,018+0,9919*N$	
14	120,812	$120,540-0,0197*N$					
				$19,937+0,9885*N$		$19,982+0,9955*N$	
15	120,615	$120,044-0,0366*N$					
				$20,117+0,9974*N$		$20,007+0,9974*N$	
16	119,412	$118,650-0,0478*N$					
				$19,864+0,9849*N$		$19,726+0,9791*N$	
17	118,110	$117,348-0,0472*N$					
				$19,925+0,9879*N$		$19,775+0,9818*N$	
18	117,725	$117,106-0,0404*N$					
				$19,975+0,9903*N$		$19,918+0,9782*N$	
19	117,340	$117,037-0,0241*N$					
				$19,867+0,9851*N$		$19,924+0,9828*N$	
20	116,637	$116,474-0,0130*N$					
				$19,869+0,9861*N$		$19,942+0,9847*N$	
21	115,328	$115,264-0,0072*N$					
				$19,772+0,9778*N$		$19,767+0,9884*N$	
22	116,272	$116,262-0,0018*N$					
				$19,912+0,9832*N$		$19,921+0,9932*N$	
23	116,640	$116,640-0,0005*N$					
				$19,831+0,9832*N$		$19,831+0,9836*N$	
24	117,037	$117,036-0,0000*N$					
				$20,135+0,9983*N$		$20,135+0,9983*N$	
25	117,643	$117,644-0,0000*N$					

1. В колоннах 4,6, 8 результат округлить до мм.

2. Значение коэффициента  $N$  выдается студенту преподавателем (в пределах 1,0 – 30,0 ,можно с одним знаком после запятой).

#### 1.6.4.3. Последовательность выполнения лабораторной работы

1. Снимают ксерокопию из таблицы 1.3. На ксерокопии таблицы заполняют по выданному преподавателем коэффициенту  $N$  колонку 3 в разделе а) и колонки 4, 6, 8 в разделе б). После заполнения названных колонок следует сделать контрольные вычисления значений, поскольку допущенные ошибки приведут к необходимости исправлений в дальнейших расчетах и графических построениях.

2. Вычерчивают форму, представленный в табл. 1.2 и осуществляют расчет сдвижений и деформаций земной поверхности по профильной линии 10-25:

- заполняют колонки 4, 6, 8 по данным колонок 1, 2, 3, 5, 7 в табл. 1.3;
- последовательно, по формулам 1.1-1.6 вычисляют и заносят в формуляр значение сдвижений и деформаций земной поверхности, округляя значения  $i$  и  $\varepsilon$  до второго знака и  $K$  до третьего знака после запятой.

3. Строят графики сдвижений и деформаций земной поверхности:

- в нижней части листа строят по данным раздела а) табл. 1.3 вертикальный разрез (см. Рис. 1.7). Рекомендуют масштаб: при  $N \leq 15$  – 1: 2000; при  $15 < N \leq 25$  - 1: 3000; при  $26 < N \leq 30$  - 1: 4000;

- строят график осадков на разрезе, другие графики - последовательно над разрезом (рис. 1.7). Вертикальные масштабы графиков выбирают с учетом их наглядности. Значение  $i$ ,  $\varepsilon$  откладывают в середине интервала, другие сдвижения и деформации в точках расчета.

4. Определяют графическими построениями:

- предельные углы  $\beta_0$  и  $\gamma_0$ ; углы сдвижения  $\beta$ ,  $\gamma$ ; угол максимальных оседаний  $\theta$ ; длины полумульд  $L_1$ ,  $L_2$ . Методика определения приведена в 1.6.2.

5. Составляют отчет по лабораторной работе.

В отчете выкладывают:

- постановку задачи (см. 1.6.3.1) с ксерокопией рис. 1.5;
- исходные данные (заполненную табл. 1.3);
- расчеты сдвижений и деформаций земной поверхности в формуляре табл. 1.2, с кратким изложением методики вычислений;
- графики сдвижений и деформаций земной поверхности с определением угловых параметров  $\beta_0$ ,  $\gamma_0$ ,  $\theta$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и длин полумульд  $L_1$ ,  $L_2$  (образец см. Рис. 1.7).

### 1.7. Прогноз ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности

#### 1.7.1. общие положения

Под ожидаемыми понимают сдвижения и деформации земной поверхности, рассчитанные с учетом горно-геологических условий подработки параметров выработок; календарного плана развития горных работ, влияющие на рассматриваемую участок земной поверхности. Ожидаемые сдвижения и деформации земной поверхности определяются на конец процесса влияния

горной выработки, по методике, приведенной в нормативном документе «Правила подработки ...» [1, стр. 72-97].

Прогноз ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности по указанной методике проводится при одновременном выполнении следующих условий [1, стр. 72]:

- известный календарный план развития горных работ;
- угол падения пластов от  $0^\circ$  до  $70^\circ$ ;
- кратность подработки  $H / m > 20$  при  $\alpha < 55^\circ$  и  $H / m > 15$  при  $\alpha > 55^\circ$ ;
- изменение угла падения пласта в пределах отдельной выработки не превышает  $10^\circ$ ;
- управление кровлей - обрушение или полная закладка выработанного пространства;
- отсутствие в пределах зоны влияния выработки разрывных и пликативных нарушений;
- процесс сдвижения, который закончился.

Методика разработана на основе многолетних исследований процесса сдвижения в многочисленных профильных линиях (вкрест и по простиранию пласта) специальных маркшейдерских наблюдательных станций. Полученные графики сдвижения и деформаций земной поверхности на профильных линиях весьма разнообразны, поскольку на процесс сдвижения влияет множество горно-геологических факторов: размеры очистной выработки, глубина горных работ, угол падения пласта, физико-механические свойства массива горных пород, вынимаемая мощность угольного пласта и т.п.

Для установления общих закономерностей определения сдвижения и деформаций в главных сечениях мульды использован метод типовых (единичных) кривых, сущность которого рассмотрим на примере графика оседаний.

Чтобы графики оседаний различных профильных линий сопоставить друг с другом вводят условную систему координат (рис. 1.8). Начало координат совмещают с точкой О максимальных оседаний. По оси абсцисс в принятом масштабе откладывают расстояния  $Z = \frac{x}{L}$ , (где  $x$  - фактическое расстояние от рассматриваемой точки к точке максимального оседания, м;

$L$  - длина полумульды, м (расстояние между точкой максимального оседания и границей мульды);  $Z$  - расстояние от рассматриваемой точки к точке максимального оседания в долях длины полумульды.

В точках расчета (с абсциссой  $Z$ ) по оси ординат откладывают величины

$$S_{(z)} = \frac{\eta_x}{\eta_m}$$

Где  $S_{(z)}$  - функция оседания в точке с абсциссой  $Z$ ;

$\eta_x$ ,  $\eta_m$  - фактическое оседание в рассматриваемой точке и максимальное оседание в мульде (в точке О).

В принятой системе абсциссы  $Z$  и ординаты  $S_{(z)}$  для любой профильной линии меняются от 0 до 1, что позволяет сопоставить и анализировать данные

инструментальных наблюдений по разным профильным линиям в различных горно-геологических условиях.

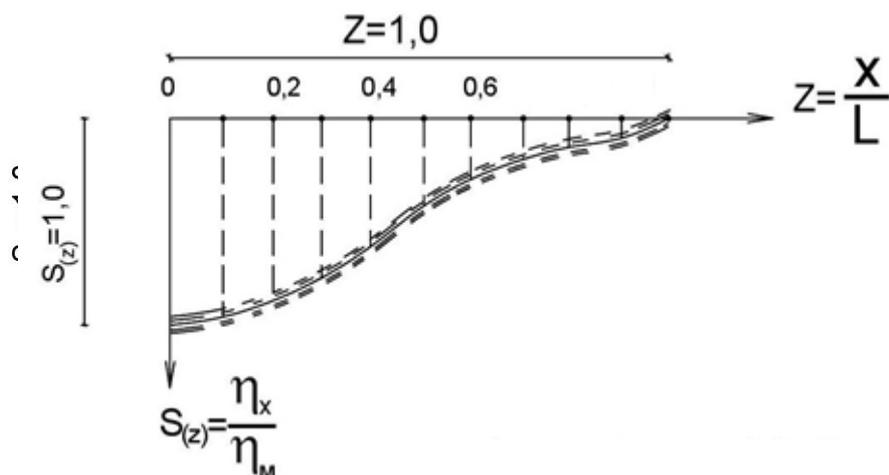


Рис. 1.8 - Графики единичных (типовых) кривых оседаний в полумульде сдвига

О – точка максимальных оседаний;

L – длина полумульды, м;

x – расстояние до точки x от точки максимального оседания, м;

Z – расстояния в частях полумульды;

$S_z$  – оседания в частях от  $\eta_m$ ;

----- - по данным отдельных профильных линий;

———— - типовой график оседаний в полумульде сдвига  $\eta_x = \eta_m \cdot S_z$ .

Если профильные линии сгруппировать по значениям коэффициента подработанности N и построить графики единичных кривых оседаний, то они окажутся достаточно близки друг к другу. Усреднив значение  $S(z)$  получают типичную кривую, характеризующую распределение оседаний в полумульде

$$\eta_x = \eta_m \cdot S(z) \quad (1.10)$$

Где  $\eta_x$  – оседание в точке x (расстояние в метрах от рассматриваемой точки до точки  $\eta_m$ );

$\eta_m$  – максимальное оседание в мульде;

$S(z)$  – функция, безразмерный коэффициент, зависящий от расстояния Z рассматриваемой точки к точке  $\eta_m$  (в частях длины полумульды), что характеризует распределение величин оседаний в полумульде.

Учеными предложено несколько аналитических уравнений определения функции  $S(z)$ . Они имеют довольно сложный вид и кроме того аналитические ординаты существенно отличаются от ординат типичных кривых натурными наблюдениями. Поэтому при прогнозе сдвижений и деформаций, до сих пор, пользуются функциями  $S(z)$ ,  $S'(z)$ ,  $S''(z)$ , значение которых определены по многочисленным натурным наблюдениям и приведены в «Правилах подработки ...» [1, стр. 84-85] с интервалом в 0,1Z.

Указанные функции характеризуют распределения оседаний, наклонов и кривизны в полумульдах. Характер распределения горизонтальных

деформаций  $\varepsilon$  и горизонтальных сдвижений  $\xi$  определяется функциями  $F(z)$  и  $F'(z)$ , что вычисляются по формулам (А.19), (А.20) «Правил подработки ...» [1, стр. 82].

### 1.7.2. Подготовка исходных данных для расчета ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности от одиночной очистной выработки

Пусть необходимо осуществить расчет ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности при отработке одиночной 3-й западной лавы пл.  $l_8$  шахты «Степная», представленной на рис. 1.9. Горно-геологические условия подработки: длина очистной линии забоя  $D_1 = 150$  м, длина выработанного пространства по простиранию  $D_2 = 330$  м, угол падения пласта  $\alpha = 21^\circ$ , вынимаемая мощность пласта  $m = 1,60$  м, средняя глубина  $H = 165$  м, мощность наносов  $h = 35$  м, мощность мезозойских отложений  $h_M = 35$  м, управление кровлей - полное обрушение, коренные породы кровли представлены аргелит, алевролитами, песчаниками, которые чередуются; со стороны восстания ранее отработана 2-я западная лава пл.  $l_8$  с междулавым целиком в 30 м; марка угля К; подработка первичная, то есть вышележащие и нижележащие пласты прежде не разрабатывались.

Строят вертикальные разрезы в главных сечениях мульды вкрест и по простиранию пласта. На разрезах из границ выработки проводят линии под углами  $\psi_1, \psi_2, \psi_3$  в плоскости пласта (в соответствии со стороны падения, восстания и по простиранию) к взаимному пересечению или до пересечения с земной поверхностью. В первом случае имеет место неполная подработка вкрест простирания и углами  $\psi_1, \psi_2$  ограничивается область полных сдвигов в породах кровли пласта. Во втором случае имеет место полная подработка по простиранию и углами  $\psi_3$  определяется положение плоского дна мульды. при неполной подработки с середины выработки на разрезе проводят линию под углом максимального оседания  $\theta$  к горизонту до пересечения с земной поверхностью в точке А. Точка пересечения является точкой максимальных оседаний.

Из границ выработки проводят линии под предельными углами  $\beta_0, \gamma_0, \delta_0$  до горизонта (в соответствии со стороны падения, восстания и по

простиранию) в коренных породах и дальше последовательно под предельными  $\delta_{0M}$  в мезозойских отложениях и под предельными углами  $\varphi_0$  в наносах. Предельными углами определяется положение границ мульды в

главных ее сечений (рис. 1.9). Значение угловых параметров приведено в «Правилах подработки ...» [1, стр. 10].

На разрезах графически определяют длины полумульд в главных сечениях:  $L_1$  - со стороны падения,  $L_2$  - со стороны восстания,  $L_3$  - по простирацию. Полумульда - это расстояние от точки максимального оседания (при неполной подработке) или от границы плоского дна (при полной подработке) до границы влияния очистной выработки на земную поверхность. Длины полумульд могут быть определены аналитически (см. «Правила подработки ...» [1, стр. 78-79].

Пусть в нашем примере  $L_1 = 165$  м,  $L_2 = 200$  м,  $L_3 = 215$  м.

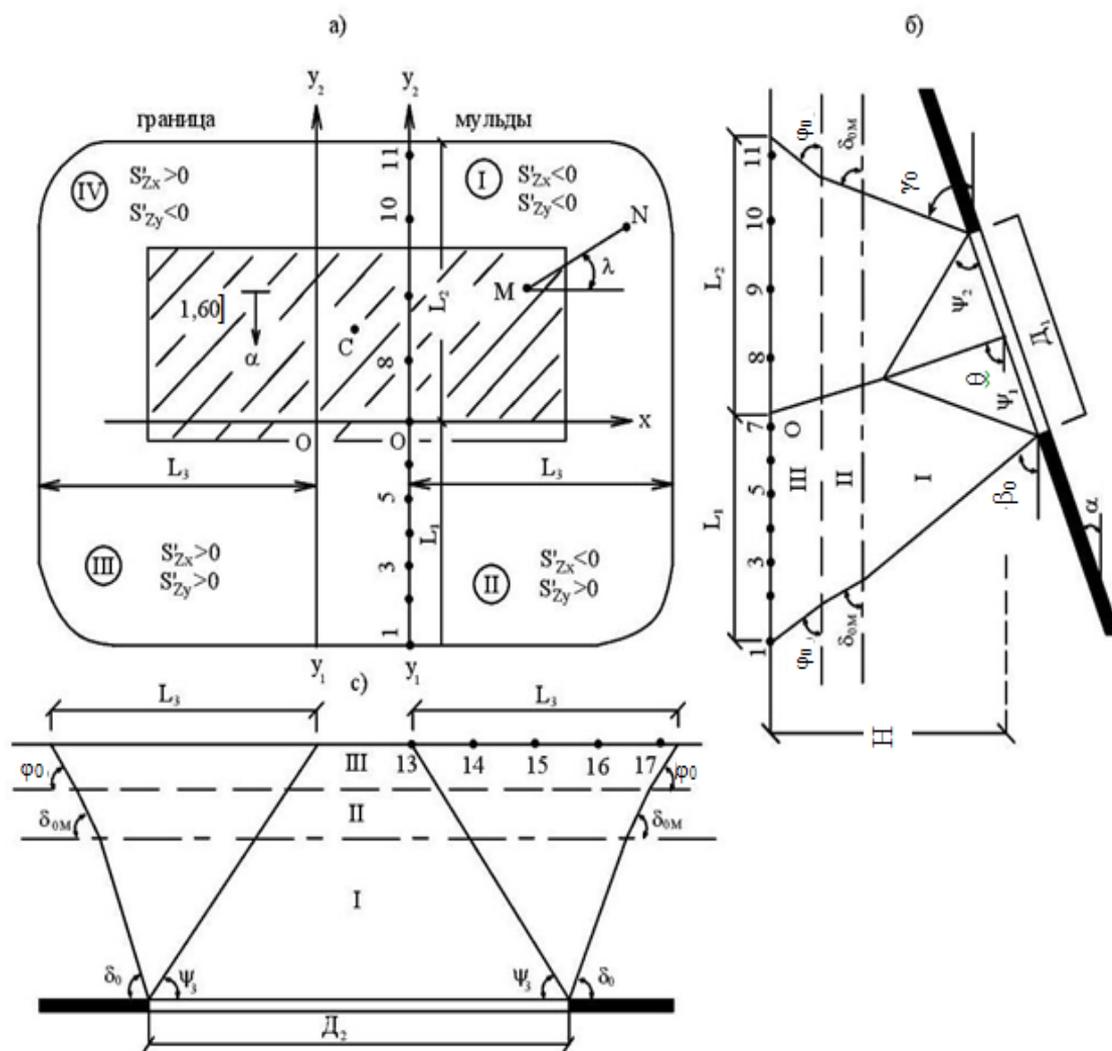


Рис. 1.9 – Исходная графическая информация для расчетов ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности от 3-ей зап. лавы пл.  $l_8$  ш-ты «Степная»

### 1.7.3. Расчеты ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности в полумульдах главных сечений

Методику рассмотрим на примере расчета ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности в главном сечении мульды вкрест

простираения пласта при отработке 3-й западной лавы пл.  $l_8$  (рис. 1.9).

1. В полумульдах  $L_1, L_2$  намечают точки расчета. Интервал между точками выбирают с учетом глубины подработки и целей расчета. В нашем примере примем интервал между точками в полумульде  $L_1$  равным 25 м и далее в полумульде  $L_2$  равным 50 м.

2. Вычисляют коэффициенты подработки  $N_1, N_2$  соответственно в сечениях вкрест и по простиранию пласта

$$N_1 = \sqrt{0,9 \left( \frac{D_1}{H} + \Delta D_{п} + \Delta D_{в} \right)} \quad (1.11)$$

$$N_2 = \sqrt{0,9 \left( \frac{D_2}{H} + \Delta D_{пр} + \Delta D_{опр} \right)} \quad (1.12)$$

где  $D_1, D_2, H$  – поправки выработки вкрест по простиранию и средняя глубина;

$\Delta D_n, \Delta D_e$  – поправки за счет междулавного целика со стороны падения и восстания (в нашем примере со стороны падения массива, со стороны восстания междулавный целик 30 м).

Если окажется  $N < 0,2$  или  $N > 1,0$ , то для дальнейших расчетов принимают соответственно  $N = 0,2$  или  $N = 1,0$ .

$\Delta D_{пр}, \Delta D_{опр}$  – поправки за счет размеров целика со стороны простирания и со стороны обратного простиранию (в нашем примере в обоих случаях угольный массив).

Значение поправок  $\Delta D$  в Донецком угольном бассейне определяются по таблице А.2 «Правил подработки ...» [1, стр. 81].

В нашем примере междулавный целик имеет место только со стороны восстания, при этом отношение  $l / H = 30/165 = 0,18$  (где  $l, H$  – размер междулавного целика и глубина выработки). Из таблицы А.2  $\Delta D_{в} = 0,04$ . Тогда:

$$N_1 = \sqrt{0,9 \left( \frac{150}{165} + 0,04 \right)} = 0,97$$

$$N_2 = \sqrt{0,9 \left( \frac{330}{165} \right)} = 1,34$$

Поскольку при  $N < 0,2$  или  $N > 1,0$  принимают соответственно  $N = 0,2$  или  $N = 1,0$ , то в нашем примере для дальнейших расчетов принимаем  $N_1 = 0,97$  и  $N_2 = 1,00$ .

3. Вычисляют максимальная осадка  $\eta_m$  земной поверхности от подработки рассматриваемой выработкой

$$\eta_m = q_0 \cdot m \cdot \cos \alpha \cdot N_1 \cdot N_2 \quad (1.13)$$

где  $q_0$  – безразмерная относительная величина максимального оседания;  
 $m$  – вынимаемая мощность пласта или эффективная мощность пласта при полной закладке выработанного пространства, м;

$\alpha$  - угол падения пласта в выработке, градус;

В Донецком бассейне значение относительной величины максимального оседания определяется из выражений:

а) При первичной подработке (подработка первой горной выработкой):

$$q_0 = q_0 - 0.0017\alpha \quad (1.14)$$

б) При повторной подработке (подработка второй и последующими горными выработками):

- при  $\alpha \leq 25^\circ$

$$q_0 = q'_0 \cdot \left[ 1 + (1 - q'_0) \frac{H_1}{H} \right] - 0,0017\alpha \quad (1.15)$$

- при  $26^\circ \leq \alpha \leq 70^\circ$

$$q_0 = q_0 + 0,1 - 0,0017\alpha \quad (1.16)$$

В формулах 1.14 – 1.16

$q_0$  - величина относительного оседания, определенная по табл. А.1 «Правил подработки ... » [1, стр. 74];

$H, H_1$  - глубина пласта в середине рассматриваемой выработки и глубина ранее отработанного пласта в этой же точке. Если  $H_1 > H$ , то утверждают  $H_1 = H$ ;

$\alpha$  - угол падения пласта, градус.

В нашем примере Донецкий бассейн и первичная подработка. Тогда:

$$q_0 = 0,80 - 0017 \cdot 21 = 0,76$$

$$\eta_m = 0,76 \cdot 1,60 \cdot 0,93 \cdot 0,97 \cdot 1,00 = 1.10 \text{ м.}$$

4. На разрезе в главном пересечении вкрест простирания пласта намечают точки расчета сдвижения и деформаций земной поверхности.

Расположение и интервал между точками выбирают с учетом глубины выработки и целей расчета. Учитывая учебный характер и объем вычислений в нашем примере примем интервал между точками расчета равным 25 м в полумульды по падению и дальше в полумульды по восстанию через 50 м (рис. 1.9).

5. Рассчитывают сдвижения и деформации земной поверхности в намеченных точках в сечении вкрест простирания пласта

$$\eta_y = \eta_m \cdot S(Z_y) \quad (1.17)$$

$$i_y = \frac{\eta_m}{L_{1,2}} \cdot S'(Z_y) \quad (1.18)$$

$$K_y = \frac{\eta_m}{L_{1,2}} \cdot S''(Z_y) \quad (1.19)$$

$$\varepsilon_y = 0.5\alpha_0 \frac{\eta_m}{L_{1,2}} \cdot F'(Z_y) \quad (1.20)$$

$$\varepsilon_y = 0.5\alpha_0 \cdot \eta_m \cdot F(Z_y) \quad (1.21)$$

где  $\eta_y, i_y, K_y, \varepsilon_y, \xi_y$  - оседания, наклоны, кривизна, горизонтальные

деформации, горизонтальные сдвигения в точках расчета в главном пересечении вкрест простирания пласта;

$\eta_m$  – максимальное оседание в мульде от рассматриваемой выработки;

$S(z), S'(z), S''(z)$  - функции (характеризующие распределение оседаний, наклонов, кривизны в соответствующих типовых кривых) определены по табл. А. 4-А.6 «Правил подработки ...» [1, стр. 84-85];

$L_1, L_2$  - длины полумулд, м;

$y$  - индекс, который указывает, что расчет производится в главном пересечении вкрест простирания пласта;

$Z$  - расстояние точки расчета от точки максимального оседания (при неполной подработке) или от границы плоского дна мульды (при полной подработке) в частях полумулды (от 0 до 1,0);

$\alpha_0$  - относительная величина максимального горизонтального сдвигения, определена по табл. А.1 «Правил подработки ...» [1, стр. 74];

$F, F'$  - функции распределения,  $\xi$  и  $\varepsilon$  в полумулдах вкрест простирания пласта, определенные по формулам

$$F_{(Zy)} = S'_{(Zy)} + 2B * S_{(Zy)} \quad (1.22)$$

$$F'_{(Zy)} = S''_{(Zy)} + 2B * S'_{(Zy)} \quad (1.23)$$

$$B = \frac{1}{\alpha_0} \left( \operatorname{tg} \alpha - \frac{h+h_M}{H} \right) \geq 0 \quad (1.24)$$

Где  $B$  – коэффициент;

$h, h_M$  - мощности наносов и мезозойских отложений, м;

$\alpha$  - угол падения пласта, градусы;  $H$  - глубина выработки, м.

Согласно приведенным формулам дальнейшие расчеты рекомендуется вести в следующей последовательности

а) по формуле (1.24) вычислить коэффициент  $B$

В нашем примере

$$B = \frac{1}{0,30} \left( \operatorname{tg} 21 - \frac{30 + 0}{165} \right) = 0,67$$

Поскольку  $0,67 > 0$ , то для дальнейших расчетов принимаем  $B = 0,67$ .

б) Вычислить значения функций  $F_{(Zy)}$  и  $F'_{(Zy)}$  в точках расчета сдвижений и деформаций земной поверхности.

Вычисление рекомендуется делать в формуляре табл. 1.4.

2. Вычислить сдвигения и деформации земной поверхности в точках расчета. Вычисление рекомендуется вести в формуляре табл. 1.5. Значения функций  $S(z), S'(z), S''(z)$  для точек расчета следует определить по «Правилам

подработки ...» [1, стр. 84, 85] методом интерполяции по параметрам  $Z$  и  $N$  (по вертикали и горизонтали). Числовым значением функции  $S'(z)$  необходимо предоставлять знак в соответствии с рис. 1.9, то есть в полумулды по восстанью предоставлять знак минус.

Мы рассмотрели расчет ожидаемых сдвижений и деформаций в главном сечении вкрест простирания пласта. Расчет в главном сечении мульды по

простирацию проводится аналогично. Только в формулах (1.17-1.23) индекс  $y$  меняется на индекс  $x$ , а длина полумульды  $L_{1,2}$  меняется на длину полумульды  $L_3$ .

Таблица 1.4 – Вычисления функций  $F_{(Zy)}$  и  $F'_{(Zy)}$  при расчете ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности от 23 зап. лавы пл.  $l_8$  вкрест простирания пласта (рис. 1.9) (образец записи)

NN точек расчета	Расстояние до точки максимального оседания или плоского дна мульды		Табличные значения функций			Вычисления значения функций	
	в метрах	в частях полумульды $Z$	$S_{(Z)}$	$S'_{(Z)}$	$S''_{(Z)}$	$F_{(Z)}$	$F'_{(Z)}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Полумульда по падению $L_1 = 165\text{м. } B=0,67 \ N_1=0,97$							
1	165	1,00	0,00	0,00	+0,13	0,00	0,00
2	140	0,85	0,03	0,33	+3,57	0,37	4,01
3	115	0,70	0,13	1,10	+7,25	1,27	8,72
и т.д.							
Полумульда по восстанию $L_2 = 185\text{м. } B=0,67 \ N_1=0,97$							
8	40	0,22	0,91	-0,69	-5,55	+0,52	-5,78
9	90	0,49	0,43	-2,09	-0,48	-1,51	-3,28
10	140	0,76	0,08	-0,75	+5,93	-0,64	+4,92
и т.д.							
$F_{(Zy)}=S'_{(Zy)}+2B \times S_{(Zy)}; \ F'_{(Zy)}=S''_{(Zy)}+2B \times S'_{(Zy)}$							

Таблица 1.5 - Расчет ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности от 3-й зап. лавы пл.  $l_8$  в главном пересечении вкрест простирания пласта (рис. 1.9) (образец записи)

N N Т о ч к е	Расстояние до точки $\eta_m$ или плоского дна мульды		Оседания, мм $\eta = \eta_m \cdot S(Z)$		Наклоны, $10^{-3}$ $i = \frac{\eta_m}{L} \cdot S'(Z)$		Кривизна, $10^{-3}$ 1/м $K = \frac{\eta_m}{L^2} \cdot S''(Z)$		Гориз.деформации, $10^{-3}$ $\varepsilon_y = 0.5\alpha_0 \frac{\eta_m}{L_{1,2}} \cdot F'(zy)$		Гор. сдвигения, мм $\xi_y = 0.5\alpha_0 \cdot \eta_m \cdot F(zy)$	
	$l$	$Z = \frac{l}{L}$	$S(z)$	$\eta$ , мм	$S'(z)$	$i$ , $10^{-3}$	$S''(z)$	$K$ , $10^{-3}$ 1/м	$F'(z)$	$\varepsilon$ , $10^{-3}$	$F(z)$	$\xi$ , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\eta_m = 1100 \text{ мм}$ $L_1 = 165 \text{ м}$ Полумульда по падению: $\eta_m / L_1 = 6,667 \cdot 10^{-3}$ $\eta_m / L_1^2 = 0,0404 \cdot 10^{-3} \text{ 1/м}$  $0.5\alpha_0 \frac{\eta_m}{L_{1,2}} = 1,000 \cdot 10^{-3}$ $0,5\alpha_0 \cdot \eta_m = 165 \text{ мм}$ $N_1 = 0,97$												
1	165	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
2	140	0,85	0,03	33	0,33	+2,20	+3,65	0,147	4,01	4,01	0,37	+61
3	115	0,70	0,13	143	1,10	++7,33	+7,25	0,293	8,72	8,72	1,27	+127
и т.д.												
$\eta_m = 1100 \text{ мм}$ $L_2 = 185 \text{ м}$ Полумульда по восстанию: $\eta_m / L_2 = 5,946 \cdot 10^{-3}$ $\eta_m / L_2^2 = 0,0321 \cdot 10^{-3} \text{ 1/м}$  $0.5\alpha_0 \frac{\eta_m}{L_2} = 0,0892 \cdot 10^{-3}$ $0,5\alpha_0 \cdot \eta_m = 165 \text{ мм}$ $N_1 = 0,97$												
8	40	0,22	0,93	1023	-0,69	-0,61	-5,55	-0,178	-5,78	-5,16	+0,52	+85
9	90	0,49	0,52	572	-1,93	-1,93	+0,48	+0,015	-3,28	-2,92	-3,28	-541
10	140	0,76	0,09	99	-0,12	-0,12	+5,93	+0,190	+4,92	+4,38		-97
и т.д.												

#### 1.7.4. Расчет ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности в любой точке мульды сдвижения

Пусть при решении вопросов подработки некоторого объекта необходимо определить деформации земной поверхности вкrest и по простиранию в точке (рис. 1.10) для горно-геологических условий, рассмотренных в 1.7.3 (рис. 1.9). Задача сводится к определению сдвижений

и деформаций в сечениях II и II - II параллельных главным сечениям мульды (рис. 1.10).

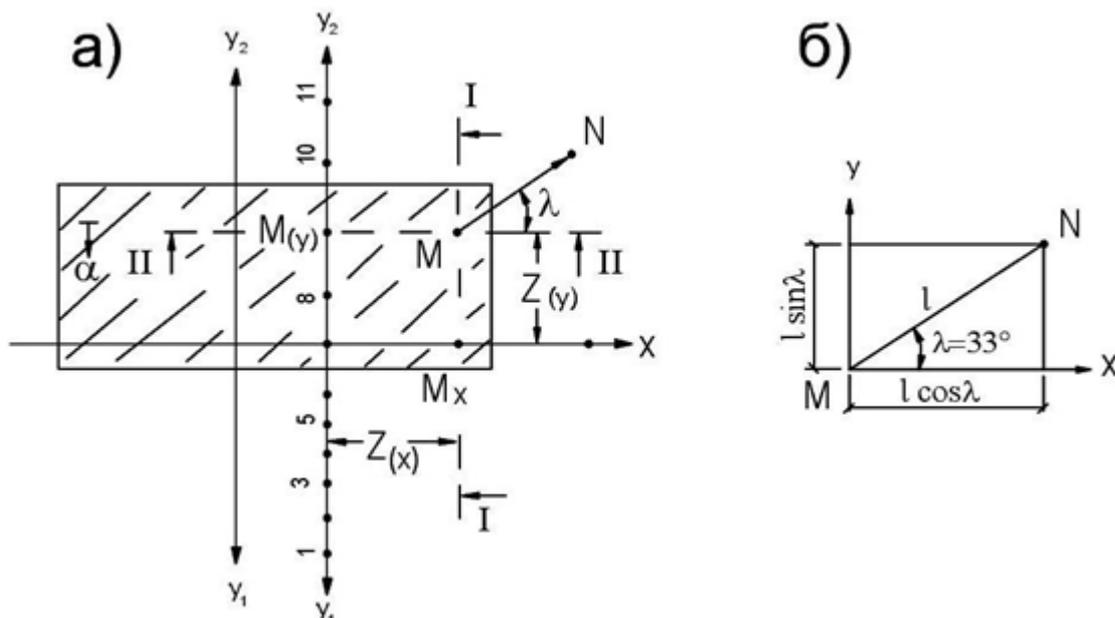


Рис. 1.10 - До расчета сдвижения и деформаций земной поверхности в любой точке мульды

а) - общая схема;

б) - элементарный участок в точке М.

Натурными наблюдениями установлено, что характер распределения сдвижения и деформаций в параллельных сечениях идентичен главным сечениям мульды, но величины их убывают по мере удаления от главных сечений. В качестве примера здесь ограничимся расчетом оседаний и наклонов. Спроектируем точку М в точки  $M_y$ ,  $M_x$  на главные сечения мульды.

В точке  $M_y$  (Рис. 1.10) оседания и наклоны равны:

$$\eta_{(M_y)} = \eta_m \cdot S_{(Z_y)} \quad (1.25)$$

$$i_{(M_y)} = \frac{\eta_m}{L_2} \cdot S_{(Z_y)} \quad (1.26)$$

В пересечении I-I максимальное оседание в точке  $M_x$  и равно

$$\eta_{m(M_y)} = \eta_m \cdot S_{(Z_x)} \quad (1.27)$$

Поскольку распределение сдвижений и деформаций в сечении I-I идентично распределению в главном пересечении У, то для точки М в формулах 1.25, 1.26 вместо  $\eta_m$  следует подставить оседания  $\eta_{(M_x)}$  (т.е. в точке пересечения I-I с осью X) из формулы 1.27. Получим равенство для любой точки М

$$\eta_{(M_{x,y})} = \eta_m \cdot S_{(Z_y)} \cdot S_{(Z_x)} \quad (1.28)$$

аналогично,

$$i_{(M_y)} = \frac{\eta_m}{L_{1,2}} \cdot S_{(Z_y)} \cdot S_{(Z_x)} \quad (1.29)$$

$$i_{(Mx)} = \frac{\eta_m}{L_{1,2}} \cdot S_{(Zx)} \cdot S_{(Zy)} \quad (1.30)$$

В формулах: первые два множителя представляют собой оседания и наклоны в точке проекции на соответствующий главный сечение мульды; третий множитель учитывает удаления рассматриваемой точки от соответствующего главного сечения мульды.

Многие подрабатываемые объекты ориентированы под некоторым углом  $\lambda$  к простиранию пласта и тогда сдвигения и деформации необходимо рассчитывать по направлению объекта.

Пусть необходимо рассчитать наклоны по линии MN, направление которой характеризуется углом  $\lambda$ , отсчитываемым против часовой стрелки от положительного простирания пласта (рис. 1.10).

Обозначим через  $l$  элементарную длину отрезка на линии MN. Тогда из рис. 1.10 б превышение

$$\Delta Z_{MN} = l \cdot \cos\lambda \cdot i_x + l \cdot \sin\lambda \cdot i_y$$

$$i_{MN} = \frac{\Delta Z_{MN}}{l}$$

$$i_{MN} = i_{(x)} \cdot \cos\lambda + i_{(y)} \cdot \sin\lambda \quad (1.31)$$

Мы получили формулы для расчета ожидаемых оседаний и наклонов в любой точке мульды сдвигения по любому направлению. Формулы для расчета всех видов сдвигения и деформаций приведены в табл. 1.6.

В заключение (для примера) осуществим расчет оседаний и наклонов в точке М по направлению линии MN (рис. 1.10, 1.9):

- максимальные оседания 1100 мм;
- длины полумульд  $L_2 = 185$  м,  $L_3 = 215$  м;

Таблица 1.6 – Формулы для расчета ожидаемых сдвижений и деформаций

Параметр	Направление	Обозначения	Формула

Оседание	–	$\eta$	$\eta = \eta_m \cdot S_{(Zx)} \cdot S_{(Zy)}$
Наклоны	По простиранию	$i_x$	$i_x = \frac{\eta_m}{L_3} \cdot S'_{(Zx)} \cdot S_{(Zy)}$
	Вкрест простирания	$i_y$	$i_y = \frac{\eta_m}{L_{1(2)}} \cdot S'_{(Zy)} \cdot S_{(Zx)}$
	произвольное	$i_\lambda$	$i_\lambda = i_{(x)} \cdot \cos\lambda + i_{(y)} \cdot \sin\lambda$
Кривизна	По простиранию	$K_x$	$K_x = \frac{\eta_m}{L_{(3)}^2} \cdot S''_{(Zx)} \cdot S_{(Zy)}$
	Вкрест простирания	$K_y$	$K_y = \frac{\eta_m}{L_{1(2)}^2} \cdot S''_{(Zy)} \cdot S_{(Zx)}$
	произвольное	$K_\lambda$	$K_\lambda = K_{(x)} \cdot \cos\lambda + K_{(y)} \cdot \sin\lambda + J \sin 2\lambda$
Скручивание	—	$J$	$J = \frac{i_x S'_{(Zy)}}{L_{1(2)}}$
Горизонтальные сдвигения	По простиранию	$\xi_x$	$\xi_x = 0,5\alpha_0 \eta_m \cdot S'_{(Zx)} \cdot S_{(Zy)}$
	Вкрест простирания	$\xi_y$	$\xi_y = 0,5\alpha_0 \eta_m \cdot S_{(Zy)} \cdot S_{(Zx)}$
	произвольное	$\xi_\lambda$	$\xi_\lambda = \xi_{(x)} \cdot \cos\lambda + \xi_{(y)} \cdot \sin\lambda$
Горизонтальные деформации	По простиранию	$\varepsilon_x$	$\varepsilon_x = 0,5\alpha_0 \frac{\eta_m}{L_3} \cdot S''_{(Zx)} \cdot S_{(Zy)}$
	Вкрест простирания	$\varepsilon_y$	$\varepsilon_y = 0,5\alpha_0 \frac{\eta_m}{L_{1(2)}} \cdot F'_{(Zy)} \cdot S_{(Zx)}$
	произвольное	$\varepsilon_\lambda$	$\varepsilon_\lambda = \varepsilon_{(x)} \cdot \cos^2 \lambda + \varepsilon_{(y)} \cdot \sin^2 \lambda + 0,5\Delta \sin 2\lambda$
Скашивание	–	$\Delta$	$\Delta = \frac{\xi_x F_{(Zy)}}{L_{1(2)}} + \frac{\xi_y S'_{(Zx)}}{L_3}$

В формулах для расчетов по простиранию (индекс x) и вкрест простирания (индекс y) первые два множителя правой стороны отражают сдвигения и деформации в отсутствующих главных сечениях мульды; третий множитель связан с отдаленной точкой, что наблюдается от соответствующего главного сечения мульды

- Расстояние до точки М от главного пересечения мульды:
- $l_x = 100\text{м}$ ,  $l_y = 90\text{м}$ , то есть  $Z_{Mx} = 0,46$   $Z_{My} = 0,49$ ;
- Значения  $S_{(Zy)} = 0,52$ ,  $S'_{(Zy)} = -0,45$ ,  $S_{Zx} = 0,58$ ,  $S'_{(Zx)} = -0,26$ ;
- Направление линии MN –  $\lambda = 33^\circ$

Оседание в точке М:

$$\eta_{(M)} = \eta_m \cdot S_{(Zx)} \cdot S_{(Zy)} = 1100 \cdot 0,52 \cdot 0,58 = 332\text{мм}$$

Наклоны в точке М:

- Вкрест простирания

$$i_{(My)} = \frac{\eta_m}{L_2} \cdot S'_{(Zy)} \cdot S'_{(Zx)}$$

$$i_{(My)} = \frac{1100}{185} \cdot (-0,45) \cdot (-2,06) = 5,5 \cdot 10^{-3}$$

- По простиранию

$$i_{(Mx)} = \frac{\eta_m}{L_3} \cdot S'_{(Zx)} \cdot S'_{(Zy)}$$

$$i_{(Mx)} = \frac{1100}{215} \cdot (-2,06) \cdot (-0,45) = 4,7 \cdot 10^{-3}$$

- По направлению MN

$$i_{MN} = i_{M(x)} \cdot \cos\lambda + i_{M(y)} \cdot \sin\lambda$$

$$i_{MN} = 4,7 \cdot 10^{-3} \cos 33^\circ + 5,5 \cdot 10^{-3} \sin 33^\circ = 6,93 \cdot 10^{-3}$$

### 1.8 Расчет ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности от нескольких лав

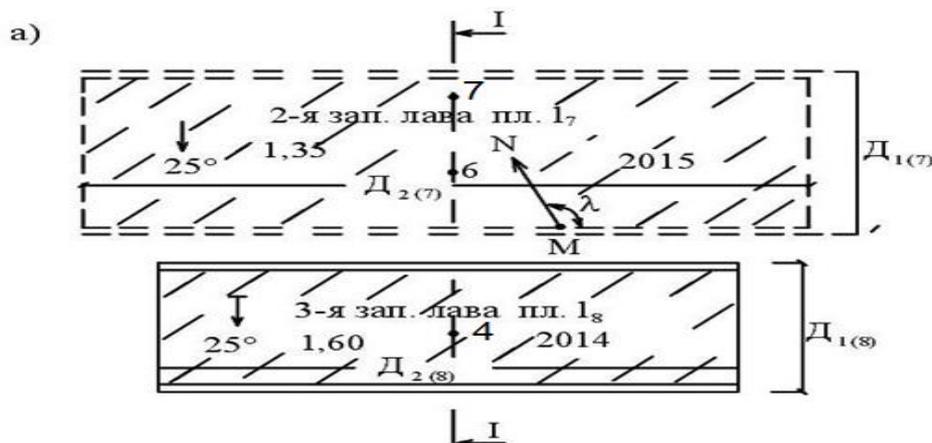
Пусть необходимо рассчитать ожидаемые сдвижения и деформации земной поверхности от 2-й зап. лавы пл.  $l_7$  и 3-й западной лавы пл.  $l_8$  шахты «Степная» (рис. 1.11). Горно-геологические условия приведены в табл. 1.7.

Задача сводится к расчету ожидаемых сдвижений и деформаций отдельно от каждой лавы по методике 1.7 с последующим алгебраическим суммированием их в точках расчета. Здесь приведем лишь поэтапный порядок решения задачи.

1. Поскольку очистные выработки расположены в разных пластах, то подготовку графических исходных данных для удобства дальнейшего изложения начинают с составления полученной выкопировки из планов горных выработок по пл.  $l_7$  и  $l_8$  с нанесением календарного плана отработки лав. В нашем примере 3-я западная лава отрабатывается в 2014 г., а 2-я западная в 2015 г. (см. Рис. 1.11).

В производственных условиях календарные планы отработки лав могут состоять отдельно по планам горных выработок каждого пласта (без составления полученного). При этом должна быть обеспечена увязка взаимного положения их в плане и на вертикальных разрезах.

2. Строят вертикальные разрезы по линии I-I вкост простирания и полученный разрез по простиранию через точки  $O_8$ ,  $O_7$  максимального оседания от 3-й западной лавы пласта  $l_8$  и 2-й зап. лавы пл.  $l_7$  (рис. 1.11).



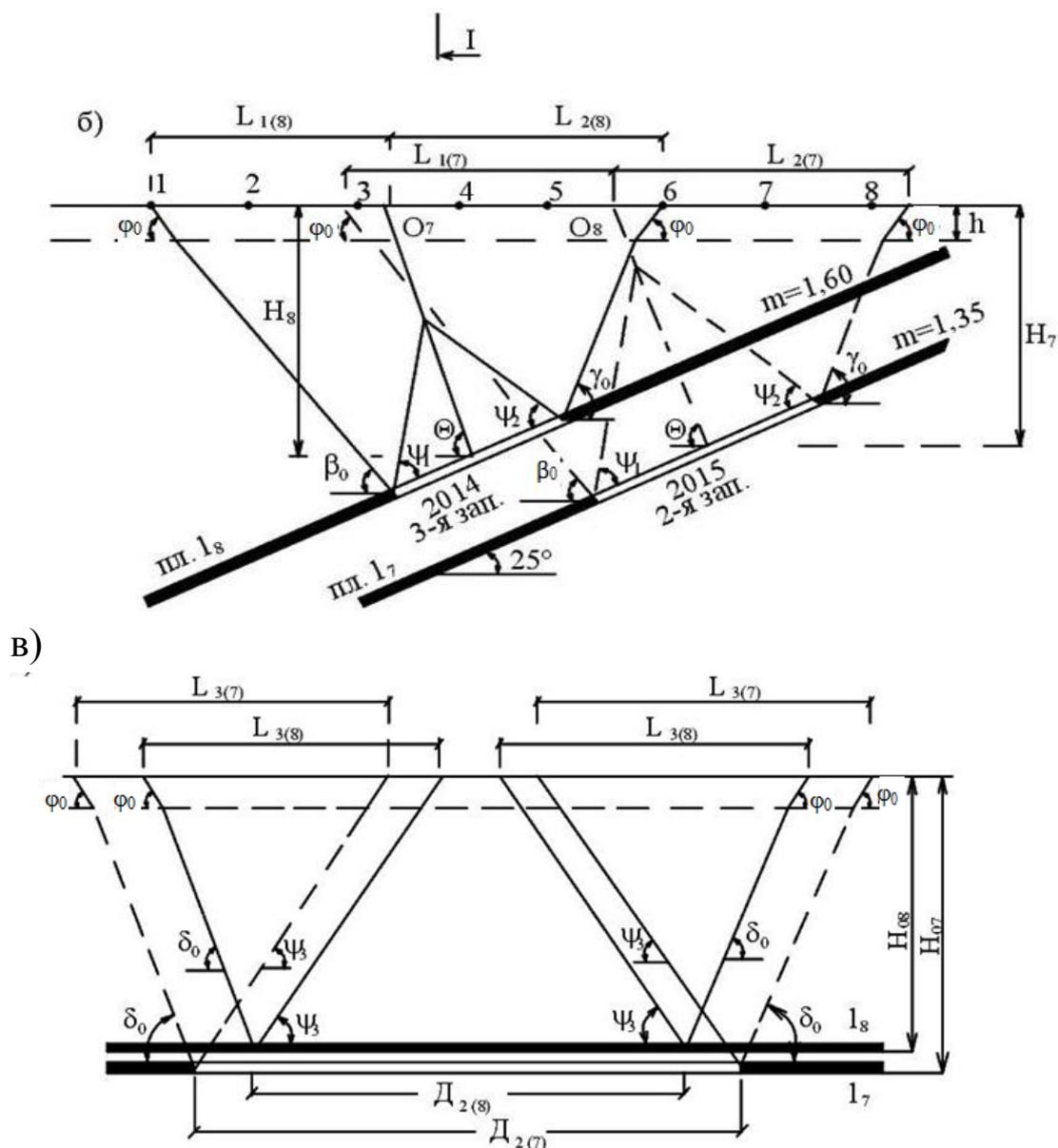


Рис. 1.11 - Расчет ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности от двух лав

- а) - совмещенный план лав по пл.  $l_8$  и  $l_7$ ;
- б) - вертикальный разрез вкрест простирания пл. (по I-I);
- в) - совмещенный разрез по простиранию через точки максимальных оседаний

3. Анализируют горно-геологические условия отработки лав и основные данные заносят в табл. 1.7.

4. Пользуясь угловыми параметрами процесса сдвижения [1, стр. 10] на разрезах определяют для каждой лавы: границы влияния (границы мульды) точки максимального оседания или границы плоского дна. Графически определяют длины полумульд  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  по каждой лаве (длины их могут определяться также аналитически [1, стр. 78]).

5. С учетом целей расчета, на разрезах и полученной выкопировке

намечают точки и направление расчета ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности. Пусть в нашем примере (учебные цели) необходимо рассчитать ожидаемые сдвижения и деформации земной поверхности:

- по линии I-I вкрест простирания пласта в точках 1, 2 ... 8 (через 100 м)

- в точке М по направлению под углом  $\lambda$  к простиранию пласта (Рис. 1.11).

6. По методике 1.7 рассчитывают сдвижения и деформации земной поверхности от каждой лавы отдельно и для всех.

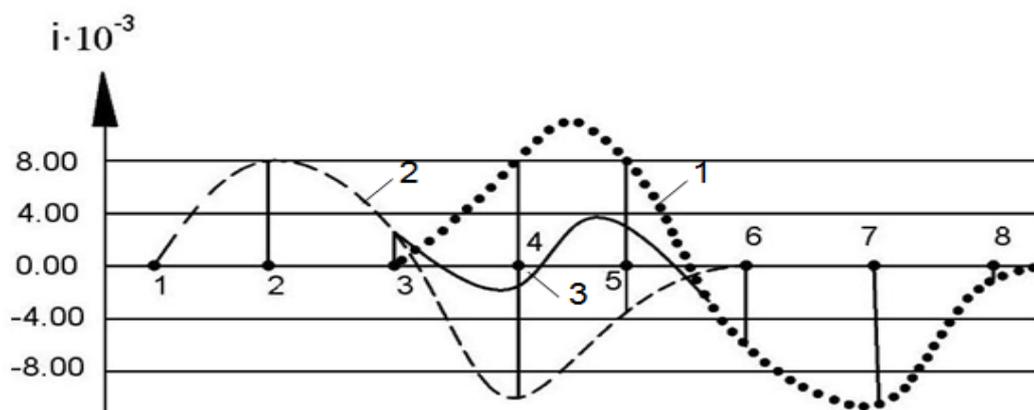
7. Алгебраически подсчитывают сдвижения и деформации в точках расчета всех лав (в нашем примере от двух).

Таблица 1.7 – Горно-геологические отработки 3-й западной лавы пл.  $l_8$  и 2-й зап. лавы пл.  $l_7$  (Рис. 1.11)

NN	Наименования	Обозначения	Значения	
			3-я зап. лава пл. $l_8$	2-а зап. лава пл. $l_8$
1	2	3	4	5
1.	Размеры выработки:			
	- вкрест простирания:	$D_1$	150 м	200 м
	- по простиранию:	$D_2$	390 м	480 м
2.	Вынимаемая мощность пласта	$m$	1,60 м	1,35 м
3.	Угол падения пласта	$\beta$	25°	25°
4.	Средняя глубина выработки	$H$	215 м	210 м
5.	Мощность наносов	$h$	35 м	35 м
6.	Мощность мезозойских отложений	$h_m$	отсутствует	
7.	Управление кровлей		полное обрушение	
8.	Год изъятия угля (проект)		2014	2015
9.	Марка угля		К	К
10.	Угольный бассейн		Донбасс	

8. При необходимости, строят наглядные графики сдвижений и деформаций по линии I-I вкрест простирания пласта. Суммирование сдвижений и деформаций на графиках может проводиться и графически. Пример построений для наших условий представлен на рис. 1.12. Методика построения изложена ниже в 1.9.

## Графики наклонов



## Графики оседаний

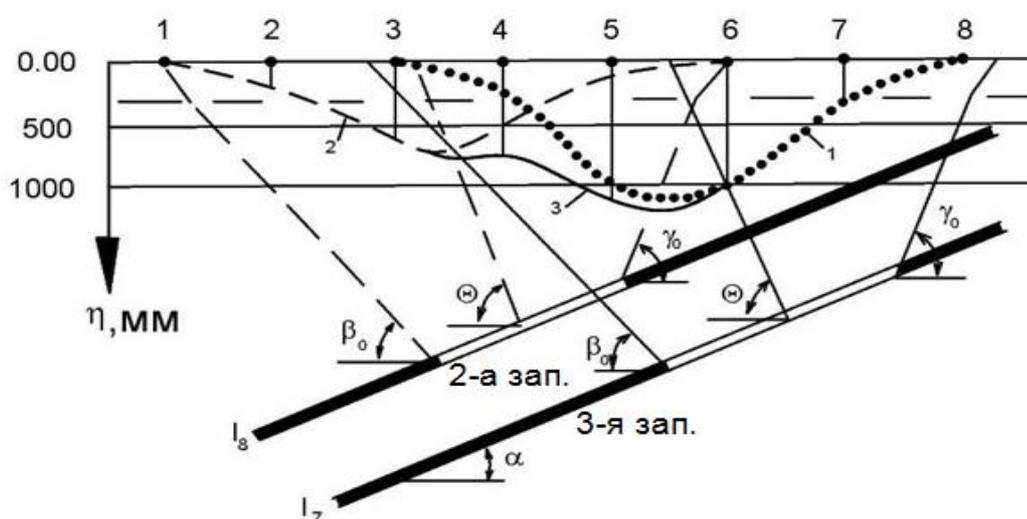


Рис. 1.12 - Графики оседаний  $\eta$  и наклонов и от 2-й зап. лавы пл. 17 (рис. 1.11)

- 1 • • • • - от 3-й зап. лавы;
- 2 - - - - - - - от 2-й зап. лавы;
- 3 ————— - суммарные.

### 1.9 Построение наглядных графиков сдвижений и деформаций земной поверхности

При расчетах сдвижений и деформаций вдоль вытянутых объектов (трубопроводов, железных дорог, улиц жилых массивов и т.п.) принято

строить графики, которые дают наглядное представление об изменении величин деформаций вдоль подрабатываемого объекта.

В качестве примера рассмотрим построение графиков по линии I-I (рис. 1.11).

1. В нижней части листа строят вертикальный разрез по

рассматриваемой линии в принятом масштабе плана горных выработок и наносят точки расчета сдвижения и деформаций (рис. 1.12).

2. График оседаний строят непосредственно на разрезе. Другие графики над разрезом.

Горизонтальный масштаб графиков равен масштабу разреза, вертикальный - выбирают отдельно для каждого вида с учетом наглядности (чтобы максимальное значение изображалось отрезком в 3-5 см).

На графиках положительные значения откладывают вверх от линии нулевых значений, отрицательные - вниз, исключение составляют оседания. Они положительные, но откладываются вниз от линии нулевых значений.

Методика построения графиков представлена на рис. 1.12 и не требует дополнительных пояснений. Значение любого вида сдвижения и деформаций откладывают в точках расчета с учетом принятого масштаба.

### 1.10 Расчетные сдвижения и деформации земной поверхности

При расчете ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности используется ряд линейных и угловых параметров, а также различных коэффициентов: предельные углы, углы полных сдвижений, угол максимального оседания; функции  $S(z)$ ,  $S'(z)$ ,  $S''(z)$ , характеризующие типичное распределение сдвижений и деформаций в полумульды; коэффициенты  $q$ ,  $B$  и др.

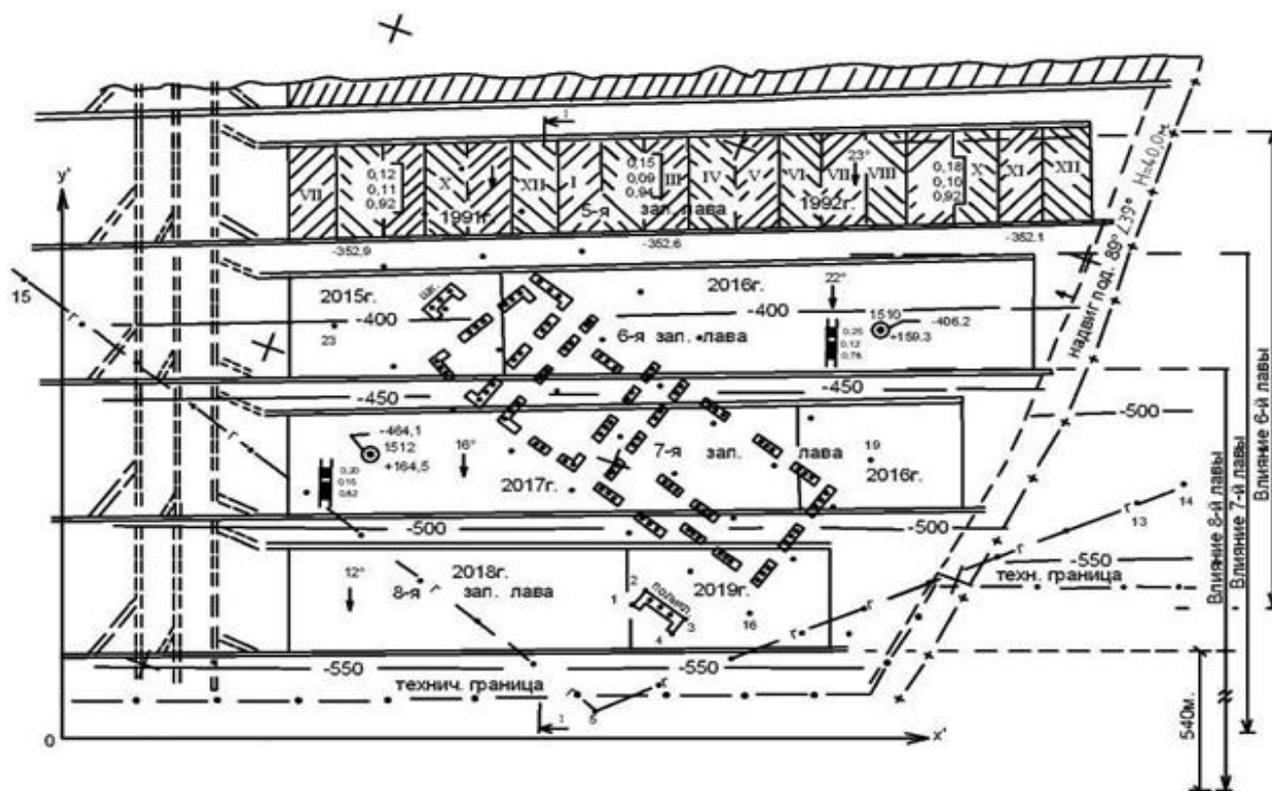
Приведенные в «Правилах подработки ...» [1] значение названных параметров представляют собой обобщенные величины для угольного бассейна, полученные в результате натурных наблюдений и исследований на многочисленных профильных линиях. На конкретном участке они могут существенно отличаться от обобщенных через разнообразие горно-геологических условий и характеристик породного массива. Как следствие ожидаемые сдвижения и деформации определяются с существенными погрешностями. Поэтому при решении вопросов подработки объектов пользуются ожидаемыми, а расчетными сдвижениями и деформациями земной поверхности.

Расчетные сдвижения и деформации - это ожидаемые (или вероятные) умноженные на коэффициент перегрузки (запас надежности). Значения коэффициентов перегрузки приведены в «Правилах подработки ...» [1, стр. 89]. Для ожидаемых сдвижений и деформаций они равны: 1,2 - для оседаний и горизонтальных сдвижений; 1,4 - для наклонов, горизонтальных деформаций,

уступов; 1,8 - для кривизны.

### 1.11 Прогноз сдвижений и деформаций земной поверхности с использованием компьютерных программ

При отработке угольных месторождений в зону влияния очистных выработок попадают значительные по площади застроенные участки земной поверхности. Так, при проектируемой отработке 6-й, 7-й и 8-й западных рядов пл.  $l_8$  в зону влияния попадают: жилой поселок, здания поликлиники и школы, газопровод и др. (Рис. 1.13).



Условные обозначения:

- - точки расчета сдвижений и деформаций;
- 1, 2, 3, 4 - в отдельных точках;
- 5-15 и 5-14 - по линиям;
- 23-16-19 - по сетке.

Рис. 1.13 - ксерокопия выкопировки из плана горных выработок пл.  $l_8$ .

При решении вопросов подрботки названных объектов необходимо рассчитать сдвижения и деформации земной поверхности от нескольких рядов во многих точках, по опасным для объекта направлениям. Безкомпьютерные вычисления чрезмерно трудоемкие (см. 1.7-1.10) и поэтому принятые задачи следует решать с применением компьютерных программ.

Существует несколько компьютерных программ прогноза сдвижения и

деформаций земной поверхности. В задачу исполнителя входит подготовка исходной информации в строгом соответствии требованиям конкретной программы.

В исходной информации должны быть отражены: горно-геологические условия по каждой лаве в порядке последовательности отработки их (глубина, вынимаемая и эффективная мощность, угол падения пласта, размеры выработки и т.п.); точки расчета и направления расчета сдвижения и деформаций; данные, необходимые для увязки взаимного расположения очистных выработок и точек расчета и т.д.

Для конкретности, дальнейшее изложение будем вести применительно к рис. 1.13 и компьютерной программы «Подработка» д.т.н., проф. Грищенко Н.Н.

Пусть необходимо рассчитать сдвижения и деформации земной поверхности в связи с проектируемой подработкой 6-й, 7-й, 8-й западными лавами пл.  $l_8$  жилого поселка, поликлиники, школы и газопровода.

1. На выкопировки из плана горных выработок наносят календарный план отработки названных рядов, оказывающих влияние на подрабатываемые объекты.

Размеры лав, последовательность отработки, годовые подвигания принимают с учетом: конкретных горно-геологических условий, принятой на шахте системе разработки пласта, проектируемого годовой нагрузки на лаву.

2. Анализируют горно-геологические условия подработки и определяют границы влияния лав на земную поверхность.

Строят вертикальный разрез вкрест простирания пласта (по линии I-I) и, используя значения угловых параметров ( «Правила подработки ...» [1, стр. 10]), определяют границы влияния рассмотренных лав на земную поверхность (рис. 4.14). Границу влияния 6-й западной лавы по восстанию и границы влияния 8-й западной лавы по падению переносят с разреза на выкопировки из плана горных выработок (на рис. 1.13).

При необходимости аналогично строят полученный разрез по простиранию через точки максимальных оседаний от каждой лавы (образец см. На рис. 1.11 в), определяют границы влияния на земную поверхность и

переносят на выкопировки из плана горных выработок.

3. На выкопировки с календарным планом отработки лав наносят условные координатные оси. Ось X 'направляют по положительному направлению простирания пласта, ось У' по нормали к оси X 'в сторону восстания пласта.

Начало координат рекомендуется выбрать так, чтобы координаты

центра лав и точек расчета сдвижений были положительными (рис. 1.13)

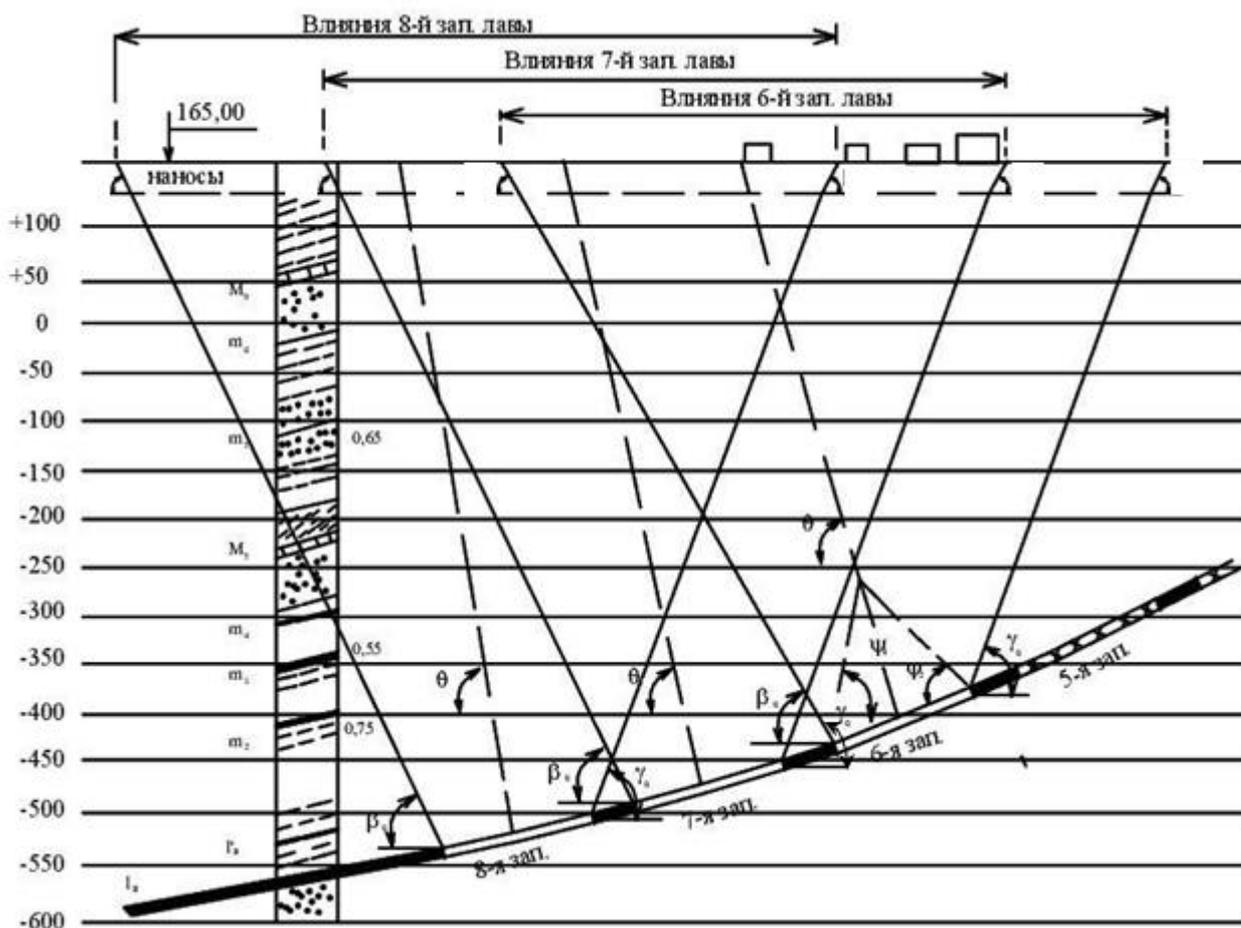


Рис. 1.14 - ксерокопия вертикального разреза вкрест простирания пласта по I-I (рис. 1.13).

При необходимости фактические контуры проектируемых лав заменяют равновеликими по площади прямоугольниками со сторонами параллельными простиранию и падению пласта (см. [1, стр. 73]). Если при горизонтальном или пологом залегании лавы расположены в разных пластах и развернуты в плане друг относительно друга, то координатные оси ориентируются отдельно для каждой лавы, но расчет и суммирование сдвижений и деформаций в точках расчета проводится по общему для обеих координатных осей направлению (см. [1, стр. 86, 87]).

4. Графически, пользуясь рис. 1.13 и 1.14 определяют и заносят в таблицу 1.8 основные параметры и горно-геологические условия по лавам (в порядке их отработки).

5. Анализируют расположение подрабатываемых объектов и на выкопировке намечают точки и направление расчета сдвижений и деформаций земной поверхности. Точки расчета могут задаваться: «по сетке», «по линии» или «по точкам».

Применительно к нашему примеру (рис. 1.13) точки расчета целесообразно задать:

Таблица 1.8 - Горно-геологические параметры лав (в последовательности их отработки), от которых производится расчет сдвижений и деформаций земной поверхности (образец заполнения применительно к рис. 1.13 и 1.14)

Наименования	6-я зап. лава пл. l <sub>8</sub>	7-я зап. лава пл. l <sub>8</sub>	8-я зап. лава пл. l <sub>8</sub>
1	2	3	4
1. Координаты центра лавы			
x'	790	745	680
y'	620	415	215
2. Длина лавы, м:			
- Д1 вкрест простирания	178	175	172
- Д2 по простиранию	1010	915	735
3. Размеры целиков в м:			
- по падению	массив	массив	массив
- по простиранию	массив	массив	массив
- по восстанию	50	40	40
- в обратном простирании	массив	массив	массив
4. Средняя глубина разработки (лавой), м	-403	-474	-524
5. Вынимаемая (или эффективная) мощность пласта	1,15	1,17	1,17
6. Угол падения пласта, градус	22	19	12
7. Мощность мезозойских отложений	0	0	0
8. Мощность наносов, м	20	30	40
9. Символ пласта	l <sub>8</sub>	l <sub>8</sub>	l <sub>8</sub>
10. Марка угля	К	К	К
11. Код состояния лавы (0 - новая, 1 - старая)	0	0	0
12. Глубина ранее отработанных пластов	не отработывались	не отработывались	не отработывались

5.1 «По сетке» (с угловыми точками 16, 23, 19) для определения сдвижений и деформаций под домами поселка. Направление стороны 16-23 сетки (угол  $\lambda$ ) и направление расчета деформаций (угол  $\gamma$ ) соединяют с направлением улиц поселка. Шаг сетки выбирают с учетом глубины горных работ. В нашем примере (цель расчета учебная) шаг сетки по обоим

направлениям принят равным 100 м.

5.2 «По линиям»: 5-15 и 5-14 для расчета деформаций земной поверхности под газопроводом. Точки и линии расчета (углы  $\lambda$ ), а также направление расчета деформаций (углы  $\gamma$ ) соединяют с фактическим положением газопровода.

5.3 «По точках»: в точках 1, 2, 3, 4 по углам здания поликлиники, стоит отдельно. Направление расчета деформации (угол  $\gamma$ ) соединяют с длинной стороной здания.

*Примечание:* углы  $\lambda$  и  $\gamma$  отсчитываются против часовой стрелки от положительного направления простирания пласта (оси X).

6. Данные о точках расчета сдвижений и деформаций земной поверхности следует занести в табл. 1.9. Это позволит оперативно контролировать правильность набора данных и занесения их в компьютер.

7. В строгом соответствии с инструкцией (табл. 1.10) вводят исходную информацию в компьютер и осуществляют расчет сдвижений и деформаций земной поверхности по программе «Подработка».

На компьютерной распечатке приводится:

- вся исходная информация, использованная для расчета сдвижений и деформаций;

- сдвижения и деформации земной поверхности в заданных точках расчета от каждой лавы отдельно и по стадиям подработки, то есть суммарные от 1-й и 2-й лав (2-я стадия), суммарные от 1-й, 2-й и 3-й лавы (3-я стадия)

- максимальные деформации в каждой точке расчета из всех стадий подработки. Фрагменты компьютерной распечатки расчетных сдвижений и деформаций приведены в табл. 1.11.

В колонках с индексом «P» даются сдвижения и деформации по заданному в исходной информации направлению; в колонках с индексом «q» - по направлениям перпендикулярным к заданному.

Оседания  $\eta$  и горизонтальные сдвижения  $\xi$  даются в мм; наклоны  $i$  и горизонтальные деформации  $\epsilon$  в  $10^{-3}$ ; кривизна в  $10^{-4}$  1 / м.

В распечатке даны расчетные сдвижения и деформации, поскольку в исходной информации введены коэффициенты перегрузки.

8. Делают контроль введенной в компьютер исходной информации, путем сравнения ее на распечатке данным выкопировки из плана горных выработок, вертикального разреза и таблиц 1.8, 1.9.

Это необходимо, поскольку в случае введения в компьютер ошибочных данных (например координат центра лавы или координат точек расчета деформаций), сдвижения и деформации земной поверхности будут сочтены для лав и точек с ошибочными данными (координатами).

9. Для вытянутых объектов (трубопроводов, железных дорог) строят графики сдвижения и деформаций земной поверхности по оси объекта.

Горизонтальный масштаб принимают равным масштаба выкопировки, вертикальный масштаб выбирают для каждого вида деформации отдельно с

учетом наглядности графика. Положительные значения откладывают вверх, отрицательные вниз от линии нулевых значений, исключение составляют оседания. Они считаются положительными, но на графиках их откладывают вниз от линии нулевых значений.

Рекомендуется графики размещать над вертикальным разрезом по рассматриваемой линии.

На участках с точками расчета «по сетке», могут строиться изолинии по опасным видам сдвижений и деформаций земной поверхности.

Таблица 1.9 – Данные о точках расчета сдвижений и деформаций земной поверхности (образец заполнения, согласно рис. 1.13)

По "сетках"		По "линиях"		Nom	Name	x'	y'	СДУ
1	2	3	4					
1. Название сетки	23-16-19	1. Название линии	5-15	1	1	770	198	143
2. Номер начальной точки	16	2. Номер начальной точки	5	2	2	788	220	
3. Координата x' нач. точки, м	930	3. Координата x' нач. точки, м	720	3	3	848	174	
4. Координата y' нач. точки, м	187	4. Координата y' нач. точки, м	45	4	4	820	152	
5. Число узлов нижней стороны	7	5. Число узлов линии	10					
6. Шаг узлов нижней стороны, м	100	6. Шаг узлов линии	100	Nom - условный номер точки				
7. Угол разворота $\lambda$ нижней стороны, градус	142	7. Угол разворота $\lambda$ линии	140					
8. Число узлов боковой стороны	3	8. Угол направления расчета $\gamma$	140	Name - имя точки				
9. Угол разворота $\lambda$ боковой стороны	52	2-я линия						
10. Угол направления расчета деформаций $\gamma$ , градус	142	1. Название линии	5-14	СДУ - угол $\gamma$ направления расчета деформаций				
		2. Номер начальной точки	5					
		3. Координата x' нач. точки, м	720					
		4. Координата y' нач. точки, м	45					
		5. Число узлов линии	8					
		6. Шаг узлов линии	100					
		7. Угол разворота $\lambda$ линии	23					
		8. Угол направления расчета деформаций $\gamma$	23					

Таблица 1.10

### Инструкция

по подготовке данных для расчетов деформаций земной поверхности  
по программе «Подработка» (версия 1.2)

Исходные данные для расчетов деформаций земной поверхности включают несколько секций

- общие сведения;
- коэффициенты перегрузки;
- данные по рядам;
- данные по сеткам;
- данные по линиям;
- данные по точкам;

Секция «Общие сведения» начинается обязательной строкой:

"Общие сведения:

После этой строки идут три строки данных:

- название объединения;
- название шахты;
- код района (1 - Донбасс, 2 - Западный Донбасс 3 - Львовско-Волынский бассейн, 4 - Днепровский бассейн).

В строки с исходными данными могут включаться комментарии. Комментарии отделяются пробелами от исходных данных и начинаются с апострофа (').

Секция «Коэффициенты перегрузки» начинается обязательной строкой:

"Коэффициенты перегрузки

После этой строки идут шесть строк со значениями коэффициентов:

- коэффициент перегрузки для оседаний, равный 1.2;
- коэффициент перегрузки для горизонтальных сдвижений, равный 1.2;
- коэффициент перегрузки для наклонов, равный 1.4;
- коэффициент перегрузки для горизонтальных деформаций, равный 1.4;
- коэффициент перегрузки для кривизны, равный 1.8;
- коэффициент перегрузки для уступов, равный 1.4.

В качестве разделителя дробной части используется десятичная точка, а не запятая.

Секция «Данные по лавам» начинается обязательной строкой:

"Данные по лавам:

После этой строки идет описание всех лав, участвующих в расчетах. По каждой лаве вводятся следующие данные (19 строк):

- название лавы (до 50-ти символов)
- координата X центра лавы, м;
- координата Y центра лавы, м;
- длина лавы  $D_1$  вкрест простирания, м;
- длина лавы  $D_2$  по простиранию, м;

- дирекционный угол простирания лавы, градусов (угол между осью X и направлением простирания)

- размер целика по падению  $L_1$ , м;
- размер целика по простиранию  $L_3$ , м;
- размер целика по восстанию  $L_2$ , м;
- размер целика обратно простиранию  $L_4$ , м;
- глубина ранее отработанного пласта  $H_1$ , м;
- средняя глубина разработки  $H$ , м;
- мощность пласта, что изымается  $m$ , м;
- угол падения пласта  $\alpha$ , градусов;
- мощность мезозойских отложений  $h_m$ , м;
- мощность наносов  $h$ , м;
- символ пласта (до 8-ми символов), например k-5-н;
- марка угля (прописными русскими буквами), например, Ж или ДГ;
- код состояния лавы (0 - новая, 1 - старая лава).

*Примечания:*

1. Данные по каждой следующей лаве отделяются от данных предыдущей лавы строкой, содержащей три звездочки (\*\*\*)

2. Координаты X и Y центров лавы берутся в принятой в расчетах системе координат. Конечно ось X направлена в сторону простирания пласта, а ось Y - в сторону восстания.

3. Размеры целиков по падению, простиранию, восстанию и обратно простиранию определяются графически по плану горных выработок с точностью до 5 м. Если лава непосредственно примыкает к какой-либо из сторон к другой лаве, то в качестве значения целика принимается 0 (ноль). Если по какой-либо из сторон очистные выработки отсутствуют, то в качестве значения целика принимают четыре девятки (9999).

4. Глубина ранее отработанного пласта  $H_1$ , определяется, если данная лава была подработана или надработана другим пластом. Если такой подработки не было, то в качестве значения  $H_1$  принимается 0 (ноль). Если скамейка была надроблена несколькими пластами, в качестве значения  $H_1$  принимается глубина до верхнего из этих пластов.

Секция «Данные по сеткам» начинается обязательным строкой:

"Данные по сеткам:

После этой строки идет описание всех сетей, которые принимали участие в расчете. по каждой сетке вводятся следующие данные (11 строк):

- название сетки (до 20-ти символов)
- условный номер начальной точки сетки (целое число)
- координата X начальной точки сетки, м;
- координата Y начальной точки сетки, м;
- число узлов нижней стороны сетки
- шаг узлов нижней стороны сетки, м;
- угол разворота нижней стороны сетки по оси, градусов;
- число узлов боковой стороны сетки
- шаг узлов боковой стороны сетки, м;
- угол разворота боковой стороны сетки по оси X, градусов;
- угол направления расчета деформаций по оси X, градусов;

*Примечания:*

1. Данные по каждой следующей сетке отделяются от данных предыдущей сетки строкой, содержащего три звездочки (\*\*\*)
2. Координаты X и Y начальных точек сетей берутся в принятой в расчетах системе координат.
3. Угол направления расчета деформаций обычно совпадает с углом разворота нижней стороны сетки по оси X.
4. Если в расчете сетки отсутствуют, то в данной секции должен остаться только один обязательный ряд ( 'Данные по сетках :)

Секция «Данные по линиям» начинается обязательной строкой:

"Данные по линиям:

После этой строки идет описание всех линий, участвующих в расчете. По каждой линии вводятся следующие данные (8 строк):

- название линии (до 20-ти символов)
- условный номер начальной точки линии (целое число)
- координата X начальной точки линии, м;
- координата Y начальной точки линии, м;
- число узлов линии;
- шаг узлов линии, м;
- угол разворота линии по оси X, градусов;
- угол направления расчета деформаций по оси X, градусов.

*Примечания:*

1. Данные по каждой следующей линии отделяются от данных предыдущей линии строкой, содержащей три звездочки (\*\*\*)
2. Координаты X и Y начальных точек линий берутся в принятой в расчете системе координат.
3. Угол направления расчета деформаций обычно совпадает с углом разворота линии по оси X.
4. Если в расчете линии отсутствуют, то в данной секции должен остаться только одна обязательная строка ( 'Данные по линиям :)

Секция «Данные по точкам» начинается обязательной строкой:

"Данные по точкам:

В следующей строке вводится общий угол направления расчета деформаций по оси X (в градусах). Этот угол возлагается общим для всех точек, если для них не вводится другой угол расчетов.

Далее следует обязательная символьная строка со значениями:

Nom Name X Y CDU

Эта строка является информационной и указывает порядок прохождения данных в описании каждой точки:

Nom - условный номер точки (целое число)

Name - имя точки (до 10-ти символов, без пробелов)

X - координата X точки, м;

Y - координата Y точки, м;

CDU- угол направления расчета деформаций по оси X, градусов.

*Примечания:*

1. Данные по каждой точке располагаются в отдельной строке.
2. Данные по точке разделяются в строке пробелами.
3. В конце данной секции не должно быть пустых строк.
4. Координаты X и Y точек берутся в принятой в расчете системе координат.
5. Угол направления расчета деформаций может быть задан отдельно для каждой точки. Если в строке для точки этот угол отсутствует, то он принимается равным общему углу направлению расчета деформаций, приведенном во второй строке данной секции.
6. Если в расчетах точки отсутствуют, то в данной секции должен остаться только одна обязательная строка ( 'Данные по точкам :).

Таблица 1.11 – Фрагменты компьютерной распечатки сдвижений и деформаций земной поверхности от 6-й, 7-й, 8-й лав пл.  $l_8$  (рис. 1.13)

1.11.1 Обработка данных по сеткам														
Максимальные деформации в точках сети 16-23-19 от всех лав														
Точки	Координаты		Углы разр.		Осед.	Наклоны		Кривизна		Гор.сдвиж.		Гор.деформ.		Имя точки
No.	X	Y	Lmd	Lmq	Eta	Ip	Iq	Kp	Kq	Dzp	Dzq	Ep	Eq	Name
1	935	185	145	235	664	3.23	-2.54	-0.14	-0.22	304	-197	-0.52	1.01	16
2	853	242	145	235	879	2.10	-2.46	-0.19	-0.34	220	-255	-0.79	-1.49	17
3	771	300	145	235	958	1.85	-2.64	-0.10	-0.20	194	-269	-0.65	-1.25	18

1.11.2 Обработка данных по линиям														
Максимальные деформации в точках линии 5-15 от всех лав														
Точки	Координаты		Углы разр.		Осед.	Наклоны		Кривизна		Гор.сдвиж.		Гор.деформ.		Имя точки
No.	X	Y	Lmd	Lmq	Eta	Ip	Iq	Kp	Kq	Dzp	Dzq	Ep	Eq	Name
1	720	40	140	230	548	2.43	-2.57	-0.19	-0.26	189	-199	-0.75	-1.07	5
2	643	104	140	230	720	1.83	-2.34	-0.18	-0.23	153	-223	-1.11	-1.28	6
3	567	169	140	230	796	1.83	-3.03	-0.18	-0.19	134	-252	-1.19	-1.18	7

1.11.3 Обработка данных по точкам														
а) Деформации в отдельных точках от 3-й лавы (Западная №8)														
Точки	Координаты		Углы разр.		Осед.	Наклоны		Кривизна		Гор.сдвиж.		Гор.деформ.		Имя точки
No.	X	Y	Lmd	Lmq	Eta	Ip	Iq	Kp	Kq	Dzp	Dzq	Ep	Eq	Name
1	775	200	140	230	397	-1.04	1.97	-0.10	-0.10	-8	68	-0.86	-0.84	1
2	790	220	140	230	334	-1.11	2.10	-0.06	-0.06	-17	82	-0.76	-0.65	2
3	845	175	140	230	377	-0.29	1.94	-0.17	-0.12	45	75	-1.02	-0.99	3
4	830	155	140	230	414	-0.11	1.69	-0.18	-0.16	60	55	-1.08	-1.19	4

б) Максимальные деформации в точках от всех лав														
Точки	Координаты		Углы разр.		Осед.	Наклоны		Кривизна		Гор.сдвиж.		Гор.деформ.		Имя точки
No.	X	Y	Lmd	Lmq	Eta	Ip	Iq	Kp	Kq	Dzp	Dzq	Ep	Eq	Name
1	775	200	140	230	887	2.47	-2.86	-0.16	-0.21	208	-240	-0.86	1.03	1
2	790	220	140	230	909	2.38	-2.70	-0.19	-0.26	219	-248	0.79	1.13	2
3	845	175	140	230	795	2.58	-2.74	-0.18	-0.15	247	-210	-1.02	-0.99	3
4	830	155	140	230	770	2.51	-2.77	-0.18	-0.16	244	-200	-1.08	-1.19	4

## **1.12 Меры охраны подрабатываемых объектов**

### **1.12.1 Общие положения**

Подработка зданий, сооружений и природных объектов должна проводиться по разработанному горным предприятием (или УкрНИМИ по заказу предприятия) проекта.

Проект подработки должен включать:

- характеристику подрабатываемых объектов;
- выкопировки из планов горных выработок с нанесенными: объектами подработки календарному плану отработки лав; границами влияния лав на земную поверхность;
- вертикальные геологические разрезы;
- характеристику горно-геологических условий подработки;
- акты обследования подрабатываемых объектов;
- обоснование рационального извлечения угля с определением расчетных и допустимых показателей земной поверхности для подрабатываемых объектов;
- обоснование проектируемых мероприятий охраны подрабатываемых объектов, включая визуальные и инструментальные наблюдения;

Проект подработки подлежит своевременному согласованию с владельцем или организацией ответственной за эксплуатацию и сохранность объекта. Утверждает проект подработки владелец (руководитель) горного предприятия.

Возможность подработки и меры охраны подрабатываемых объектов во многом зависят от соотношения расчетных и допустимых показателей деформаций земной поверхности.

Под допустимыми показателями деформаций понимают деформационные воздействия на здания и сооружения, при которых условия эксплуатации не будут нарушены или для их обеспечения достаточно применения ремонтных работ.

Под расчетными показателями деформаций понимают деформационные влияния на здания и сооружения, оговоренные с учетом расчетных деформаций земной поверхности, вида подрабатываемых объектов и особенностей взаимодействия деформаций земной поверхности с основанием подрабатываемого объекта.

Так, характер взаимодействия деформаций земной поверхности с трубопроводом, зависит от прочностных характеристик последнего и способа укладки его в почву (в песок, в плотную глину и т.п.). Разный характер взаимодействия деформаций земной поверхности с ленточными фундаментами бескаркасных зданий и столбчатыми фундаментами каркасных зданий.

Допустимые расчетные показатели определяются по одному или нескольким опасным для подрабатываемого объекта видам деформаций. Так для подземных (уложенных в грунт) трубопроводов показатели определяются по горизонтальным деформациям  $\varepsilon$ , а для железных дорог - по горизонтальным деформациям  $\varepsilon$ , наклонов  $i$ , кривизне  $K$  и скорости оседаний земной поверхности  $V$ .

В общем случае, если расчетные показатели меньше допустимых, то подработка невозможна без введения дополнительных конструктивных мер охраны. А если нет, то подработка возможна при применении горных мер охраны, снижают расчетные показатели деформаций земной поверхности до уровня допустимых, или при введении специальных (конструктивных) мер защиты, повышающие допустимые показатели до уровня расчетных показателей деформаций земной поверхности под подрабатываемым объектом.

Горное предприятие может делать извлечения угля под зданиями и сооружениями, построенными с мерами защиты от влияния горных выработок, если горно-геологические условия (мощности, глубина, углы падения, количество пластов) не изменилось по сравнению с теми, которые были приняты при разработке мер охраны в проекте строительства объекта.

Подработка должна проводиться с обязательным уведомлением владельца объекта. К уведомлению прилагается акт, подтверждающий соответствие фактических горно-геологических условий подработки принятым при разработке мер защиты в проекте строительства.

### **1.12.2 Определение расчетных показателей деформаций земной поверхности для подрабатываемых зданий и сооружений**

Деформации подрабатываемых трубопроводов, зданий и сооружений, других объектов, не вполне повторяет деформации земной поверхности.

Разница зависит от формы и прочностных характеристик объекта (фундаментов) и характеристик основания (грунта), на котором (или в котором) расположен объект, то есть от взаимодействия подрабатываемого объекта с деформациями земной поверхности. Последнее учитывается расчетными показателями деформаций.

При решении вопросов подработки расчетные показатели деформаций определяются по одному или нескольким опасным для объекта видам деформаций. Методика определения расчетных показателей деформаций для различных типов подрабатываемых объектов изложена в «Правилах подработки ...» [1, стр. 19-23].

Здесь (в качестве примеров) рассмотрим методику определения расчетных показателей только для здания поликлиники и газопровода. Характеристики их и условия подработки представлены в табл. 1.12, табл. 1.8 и на рис. 1.13.

Поликлиника относится к типу бескаркасных гражданских и общественных зданий [1, стр. 19]. Для них опасными являются горизонтальные деформации  $\varepsilon$  и деформации кривизны  $K$ . Совместное воздействие их принято характеризовать расчетным показателем суммарных деформаций  $\Delta l_p$ , мм.

Определение расчетного показателя  $\Delta l_p$  делают отдельно по длинной и короткой сторонам в следующей последовательности:

1. Вычисляют показатель суммарных деформаций

$$\Delta l_s = l \cdot \sqrt{m_\varepsilon^2 \cdot \varepsilon_s^2 + m_K^2 \cdot K_s^2 \cdot H^2} \quad (1.32)$$

где  $l$  – длина (ширина) здания (отсека), мм;

$m_\varepsilon$ ,  $m_K$  – коэффициенты условий работы, принятые по «Правилам подработки...» [1, стр. 20];

$\varepsilon_s$  – максимальные по абсолютной величине расчетные горизонтальные деформации от одной  $n$ -ой горной выработки или суммарных на разных стадиях отработки лав;

$K_s$  – максимальная расчетная кривизна от одной  $n$ -ой горной выработки или суммарных на разных стадиях отработки лав, которые учитываются при определении  $\varepsilon_s$ ;

$H$  – высота здания от подошвы фундамента до верха карниза, м.

Таблица 1.12 – Характеристика здания поликлиники и магистрального газопровода (рис. 1.13)

Параметры	Значения
I. Здание поликлиники	
1. Поверхность здания	3-х этажное
2. Форма здания	П-образная
3. Размеры здания в плане, м	70x40x18
4. Наличие осадочных швов, которые разделяют здание на отсеки	Отсутствуют
5. Высота здания от основы фундамента до верха карниза	11,2 м
6. Почва в основе фундамента	Суглинки
7. Материал и толщина стен	кирпичная, 510 мм
8. Разряд здания (см. "Правила подрботки..." [1, стр. 98])	3
9. Максимальные раскрытия трещин во внешних стенах	2,4 мм
10. Степень деформаций здания [1, стр. 26]	II
II. Магистральный газопровод	
1. Диаметр трубы газопровода	250 мм
2. Материал трубы	сталь
3. Граница текучести стали	более 245 МПа
4. Предел временного сопротивления стали	более 410 МПа
5. Материал укладки трубопровода	в песок
6. Прошлые подрботки газопровод (другими пластами)	ранее газопровод не подрбатывался

В нашем примере, по длинной стороне здания (см. табл. 1.11 и 1.12)

$$\Delta l_S = 70 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{0,7^2 (1,08 \cdot 10^{-3})^2 + 0,5^2 (0,18 \cdot 10^{-4})^2} \cdot 11,2^2 = 53 \text{ мм.}$$

2. Вычисляют расчетный показатель суммарных деформаций

$$\Delta l_p = \Delta l_S \cdot \mu_n \quad (1.33)$$

где  $\mu_n$  – коэффициент приспособления здания к деформационным воздействиям от подрботки, зависит от параметра  $\alpha$ .

$$\alpha = \frac{\Delta l_S}{\max(\Delta l_1, \Delta l_2, \dots, \Delta l_n, \Delta l_N)} \quad (1.34)$$

где  $\Delta l_n$  – показатель суммарных деформаций от воздействия одной n-й горной выработки, определеннй по формуле:

$$\Delta l_n = l \cdot \sqrt{m_\varepsilon^2 \cdot \varepsilon_n^2 \cdot m_K^2 \cdot K_n^2 \cdot H^2} \quad (1.35)$$

Согласно компьютерной распечаткой в нашем примере по длинной стороне здания максимальные значения  $\varepsilon_n$ ,  $K_n$  имеют место от 8-й западной лавы и соответственно равны  $-1,08 \cdot 10^{-3}$  и  $-0,18 \cdot 10^{-4}$  (См. Табл. 1.11, пункт 1.11.3 а)

Тогда:

$$\Delta l_n = 70 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{0,7^2(1,08 \cdot 10^{-3})^2 + 0,5^2(0,18 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 11,2^2} = 53 \text{ мм.}$$

$\alpha = 1,00$ ,  $\mu_n = 1,00$ , [1, стр. 20],  $\Delta l_p = 53$  мм, то есть расчетный показатель суммарных деформаций по длинной стороне здания поликлиники равный 53 мм.

Аналогично определяют расчетный показатель суммарных деформаций по ширине здания, используя прогнозные расчетные деформации земной поверхности в направлении короткой стороны здания. В компьютерной распечатке они приведены в колонке с индексом «q».

В нашем примере показатель суммарных деформаций по короткой стороне поликлиники оказался равным  $\Delta l_p = 34$  мм.

В качестве второго примера рассмотрим определение расчетного показателя деформаций для магистрального газопровода, представленного на рис. 1.13. Горно-геологические условия подработки данные в табл. 1.8, характеристики газопровода данные в табл. 1.12.

Для газопровода опасными являются горизонтальные деформации  $\varepsilon$  (растяжений). Расчетный показатель горизонтальных деформаций определяют с выражений

$$\varepsilon_{PI} = m_\varepsilon / \varepsilon_S \cdot \mu_n \quad (1.36)$$

$$\varepsilon_S = \max(\varepsilon_1, \varepsilon_2 \dots \varepsilon_n, \sum_1^2 \varepsilon_n, \sum_1^3 \varepsilon_n \dots \sum_1^n \varepsilon_n) \quad (1.37)$$

$$\varepsilon_{n \max} = \max(\varepsilon_1, \varepsilon_2 \dots \varepsilon_n) \quad (1.38)$$

где  $m_\varepsilon$  – коэффициент условий работы определенный по табл. 6.1 [1, стр. 20];

$/\varepsilon_S/$  – максимальные по абсолютной величине расчетные горизонтальные деформации земной поверхности от одной n-й горной выработки или суммарные на разных стадиях подработки, определенные по формуле 1.36;

$\varepsilon_n$  - максимальные по абсолютной величине расчетные горизонтальные деформации растяжения или сжатия от одной выработки;

$\mu_n$  - коэффициент приспособления трубопровода к деформационным воздействиям от подработки.

$\mu_n = 0,8$  при  $\varepsilon_S \geq \varepsilon_n$  и заключении трубопровода в песок (см. «Правила подработки ...» [1, стр. 22 пункт 6.3.3]).

В нашем примере (соответственно компьютерной распечатки) максимальное значение горизонтальных деформаций земной поверхности по оси газопровода равно  $\varepsilon_S = -1,55 \cdot 10^{-3}$  в точке 8 на линии 5-15. Максимальное значения горизонтальных деформаций земной поверхности в той же точке отдельно от какой-либо одной из всех лав равно  $\varepsilon_n = -1,55 \cdot 10^{-3}$ , от 7-й зап. лавы (рис. 1.13).

Тогда  $1,55 < |1,51| \cdot 1,5$

$$\mu_n = 0,9$$

$$\varepsilon_{РП} = 0,7 \cdot 1,55 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9 = 0,98 \cdot 10^{-3}$$

### 1.12.3 Определение допустимых показателей деформаций земной поверхности для подрабатываемых зданий и сооружений

Допустимые показатели деформаций определяют по одному или нескольким видам деформаций земной поверхности, опасным для подрабатываемого объекта. Числовые значения допустимых деформаций зависят от: характера подрабатываемого объекта (здание, инженерное сооружение, технологическое оборудование, трубопровод и т.п.); условий эксплуатации объекта и возможных последствий повреждений; взаимодействия объекта с грунтовой основой его; технического состояния объекта на момент подработки.

«Правилами подработки ...» [1] установлены нормативные значения показателей для различных типов объектов и аналитические зависимости для расчета допустимых значений их с учетом особенностей и технического состояния конкретного объекта на начало подработки.

Методики определения допустимых показателей деформаций для разного типа объектов приведены в «Правилах подработки ...» [1, стр. 24-37].

Здесь (для примера) рассмотрим методику определения допустимых деформаций только для здания поликлиники и магистрального газопровода (рис. 1.13). Технические характеристики их приведены в табл. 1.12, а горно-геологические условия подработки в табл. 1.8.

Здание поликлиники относится к типу бескаркасных жилых и общественных зданий. Для них опасными являются горизонтальные деформации  $\varepsilon$  и деформации кривизны  $K$  земной поверхности. Совместное воздействие их определяется по суммарным деформациям  $\Delta l$ , мм (см. формулу 1.35).

Допустимый показатель суммарных деформаций  $[\Delta l]_{\text{дп}}$ , мм определяется с выражения

$$[\Delta l]_{\text{дп}} = [\Delta l]_{\text{н}} \cdot K_{\Gamma} \cdot K_{\text{С}} \cdot K_{\text{П}} \cdot K_{\text{Ф}} \cdot K_{\text{Р}} \quad (1.39)$$

$[\Delta l]_{\text{н}}$  – нормативный допустимый показатель суммарных деформаций, определеннй по табл. 7.1 [1, стр. 24];

$K_{\Gamma}$  – коэффициент основания, определеннй по табл. 7.2 [1, стр. 25];

$K_{\text{С}}$  – коэффициент конструкции внешних несущих стен, определеннй по табл. 7.3 [1, стр. 25];

$K_{\text{П}}$  – коэффициент конструкции перекрытий;

- если перекрытие всех этажей сборные или монолитные железобетонные, то  $K_{\text{П}} = 1,2$ ;
- если перекрытия деревянные или другие, то  $K_{\text{П}} = 1,0$ ;
- если часть перекрытий железобетонные, а часть деревянные или другие, то  $K_{\text{П}}$  определяют интерполяцией;

$K_{\text{Ф}}$  – коэффициент формы здания в плане;

- для прямоугольной формы  $K_{\text{Ф}} = 1,0$ ;
- для зданий П-образной, Г-образной и Т-образной формы и т.д.  $K_{\text{Ф}} = 0,8$ ;

$K_{\text{Р}}$  – коэффициент остаточного деформационного ресурса здания:

- по табл. Б.1 [1, стр. 98] определяют разряд здания (поликлинику следует отнести к 3-му разряду)

- обследуют здания и по размеру максимальных трещин в наружных стенах определяют по табл. 7.5 [1, стр. 26] степень деформаций здания (пусть в нашем примере максимальное раскрытие трещин 2,4 мм, тогда степень деформации II-я)

- по таблице 7.4 [1, стр. 29] определяют значение коэффициента  $K_{\text{Р}}$  (в нашем примере  $K_{\text{Р}} = 0,75$ ).

В целом, для рассматриваемой здесь здания поликлиники, допустимый показатель суммарных деформаций  $[\Delta l]_{\text{ДП}}$  по длинной и короткой стороне равен:

$$[\Delta l]_{\text{ДП}} = 85 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 0,75 = 73 \text{ мм.}$$

Перейдем к определению допустимого показателя деформаций для газопровода.

Для трубопроводных коммуникаций опасным видом деформаций есть горизонтальные деформации земной поверхности  $\varepsilon$  (растяжение).

Допустимый показатель  $[\varepsilon]_{\text{ДП}}$  определяется из выражения

$$[\varepsilon]_{\text{ДП}} = [\varepsilon]_{\text{Н}} \cdot K_{\text{Р}} \quad (1.40)$$

$[\varepsilon]_{\text{Н}}$  – нормативный допустимый показатель, определенный по табл. 7.10 [1, стр. 32];

$K_{\text{Р}}$  – коэффициент остаточного деформационного ресурса, определенный с выражений

$$K_{\text{Р}} = \frac{[\varepsilon]_{\text{Н}} - [\varepsilon_0]}{[\varepsilon]_{\text{Н}}} \quad (1.41)$$

$$[\varepsilon]_0 = \sum_1^N \varepsilon_{0\text{П}} \cdot \mu_{\text{П}} \quad (1.42)$$

$[\varepsilon_0]$  – расчетный показатель горизонтальных деформаций от прошлых подработок (абсолютное значение);

$\varepsilon_{\text{П}}$  – расчетные горизонтальные деформации от одной n-ной горной выработки при прошлых подработках, определенный в соответствии с А.2.6 приложения А «Правил подработки ...» [1, стр. 79];

$\mu_{\text{П}}$  – коэффициент приспособления газопровода к деформационным воздействиям от прошлых подработок, определенный по таблице 7.11 [1, стр. 34].

Из приведенных формул следует, что определение допустимого показателя горизонтальных деформаций  $\varepsilon_{\text{ДП}}$  для подземного газопровода необходимо делать в следующей последовательности:

1. Анализируют прошедшие подработки (по другим пластам) и вычисляют расчетные горизонтальные деформации  $\varepsilon_{0\text{П}}$  от горных выработок прошлых подработок на участке воздействия на газопровод рассмотренных выработок.

2. По формуле 1.42 определяют расчетный показатель горизонтальных деформаций  $\varepsilon_0$  от прошлых подработок.

3. По формуле 1.41 вычисляют коэффициент  $K_P$  остаточного деформационного ресурса.

4. Вычисляют по формуле 1.40 допустимый показатель горизонтальных деформаций  $\varepsilon_{дп}$  для газопровода.

В нашем примере прошедшие подработки газопровода отсутствуют (табл. 1.12) и следовательно  $\varepsilon_0 = 0$ ,  $K_P = 1,0$ .

Тогда, допустимый показатель горизонтальных деформаций для газопровода равен:

$$[\varepsilon_{дп}] = 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,0 = 2,5 \cdot 10^{-3}$$

#### **1.12.4 Меры защиты подрабатываемых зданий и сооружений от вредного влияния горных выработок**

Возможность подработки и меры защиты подрабатываемых объектов определяют с учетом соотношения допустимых  $[\varepsilon_{дп}]$  и расчетных РП показателей деформации по всем видам опасных для объекта деформаций, предусмотренных «Правилами подработки ...» [1, стр. 19-37].

Если

$$[\varepsilon_{дп}] \geq \text{РП} \quad (1.43)$$

то подработка невозможна без введения дополнительных (специальных) мероприятий защиты.

При несоблюдении условия (1.43) подработка возможна только при применении отдельно или совместно горных (снижающих РП) или строительных (повышающих ДП) мер защиты, обеспечивающих соблюдение условия (1.43).

Если горные и строительные меры не обеспечивают соотношение (1.43) или введение их нерациональное по экономическим или техническим условиям, то под объектом оставляют предохранительный целик.

Горные меры защиты (например полная закладка выработанного пространства) направлены на снижение расчетных показателей земной поверхности. Перечень горных мер защиты приведен в «Правилах подработки ...» [1, стр. 99-104].

Строительные меры защиты предназначены для повышения допустимых показателей деформаций земной поверхности. К строительным мероприятиям относятся: усиление отдельных узлов здания (например

установка металлических бандажей на уровне этажных перекрытий); периодическая разрезка подземных стальных трубопроводов с последующей вваркой катушек; устройство железобетонных поясов на уровне этажных перекрытий при строительстве здания; распределение здания на отсеки; своевременные ремонты (рихтовка) рельсового пути при подработке железной дороги и т.п. Строительные меры защиты зданий, как правило, намечаются при проектировании и вводятся при строительстве объекта, в меньшей мере они имеют место при подработке. Мерой защиты может быть также изменение характера эксплуатации объекта на период подработки.

Нами в 1.12.2 и 1.12.3, как пример, определены расчетные и допустимые показатели деформаций для здания поликлиники и газопровода в условиях подработки их представленных на рис. 1.13. Соотношение их приведено в табл. 1.13.

Таблица 1.13 - Соотношение расчетных и допустимых показателей деформаций для здания поликлиники и газопровода в условиях подработки их горными выработками, представленными на рис. 1.13.

Подрабатываемый объект	Вид показателя деформаций	Допустимое значение	Расчетное значение	Превышения допустимых над расчетными
1	2	3	4	5
Здание поликлиники:	$\Delta l$			
- по длине		73 мм	53 мм	1, 4 раза
- по ширине		73 мм	34 мм	2, 1 раза
Газопровод	$\varepsilon$	$2,5 \times 10^{-3}$	$0,98 \times 10^{-3}$	2, 5 раза

Поскольку допустимые показатели значительно (минимум в 1,5 раза) превышают расчетные показатели деформаций, то подработка их не требует введения дополнительных мер защиты. Достаточно ограничиться периодическими визуальными обследованиями состояния здания поликлиники и инструментальными наблюдениями для контроля за ходом подработки поликлиники и газопровода. Инструментальные наблюдения целесообразны для наблюдения за развитием деформаций и использования результатов наблюдений в случае возникновения конфликтных ситуаций.

### 1.12.5 Инструментальные наблюдения при подработке зданий и сооружений

Инструментальные наблюдения не влияют на деформации земной поверхности и подрабатываемые объекты. Однако, они являются важным элементом проекта подработки, поскольку позволяют контролировать ход процесса деформаций и, при необходимости, своевременно принимать дополнительные меры защиты подрабатываемых объектов. Так, при подработке железных дорог, ведущих (в установленный срок) нивелирования рельсового пути, с передачей результатов в соответствующее управление железной дороги. Это позволяет управлению железной дороги вовремя вести ремонт (рихтовка) рельсового пути, обеспечивая безопасную работу железной дороги.

Результаты инструментальных наблюдений используются также при решении возможных конфликтных ситуаций между владельцем объекта и шахтой.

Маркшейдерские инструментальные наблюдения ведут на станциях. Форма станции, конструкция реперов, периодичность и методика наблюдений зависят от типа подрабатываемого объекта и горно-геологических условий подработки. Так, для условий представленных на рис. 1.13 рекомендуют заложить следующие наблюдательные станции:

1. Станцию из двух профильных линий 5-15 и 5-14 для контроля за ходом подработки газопровода.
2. Станция со стенных и грунтовых реперов для контроля за ходом подработки поликлиники (рис. 1.15).
3. Станция из профильных линий 16-23 и 25-27 для контроля за ходом подработки жилого поселка.

Реперы в профильных линиях закладывают через интервал немного меньше длины 30-ти метровой рулетки. Реперы представляют собой заостренный металлический штырь диаметром 24-32 мм, длиной 1,2-1,5 м, что забивается в почву на уровень земной поверхности. После забивание на штыри намечают его центр, просверливая отверстие диаметром 2 мм глубиной 5-7 мм.

Стенной репер представляет собой штырь квадратного сечения длиной 200-250 мм, бетонный в фундаменте здания с выступающей частью приблизительно равной 50 мм. На верхней плоскости отмечается центр знака в виде крестообразного надпила или просверленным на глубину примерно

равную 5 мм отверстием диаметром 2 мм. Стенные репера бетонировать по периметру здания на одинаковой высотной отметке.

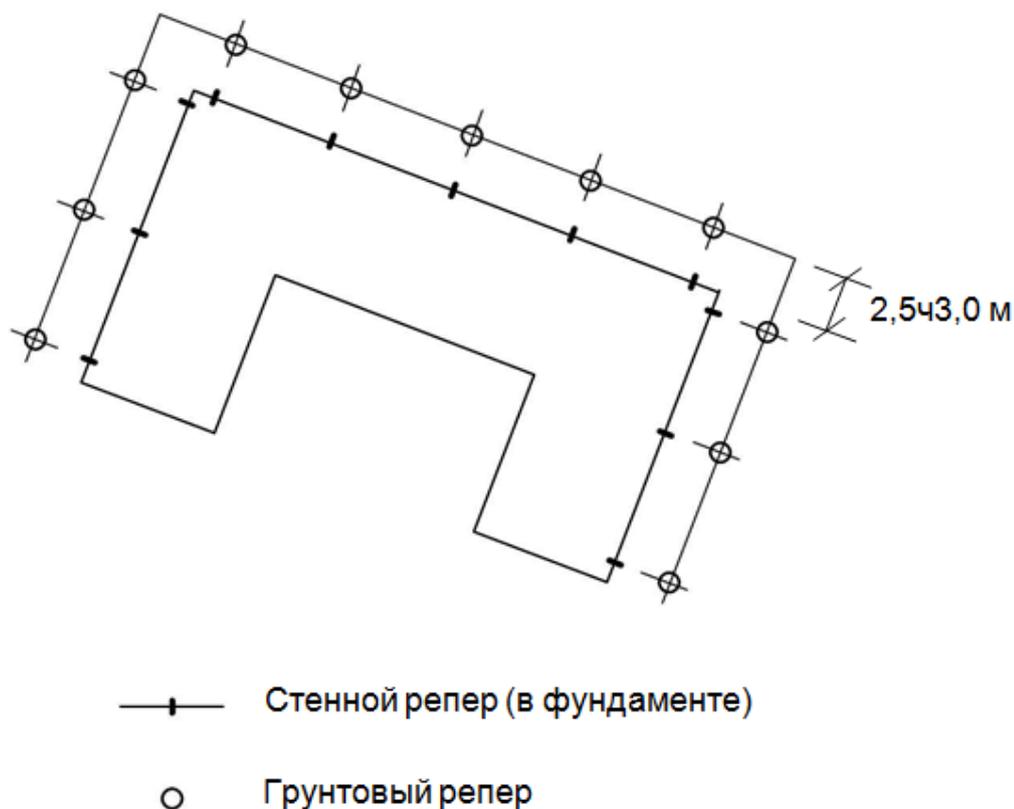


Рис. 1.15 - Схема наблюдательной станции для контроля за ходом подработки поликлиники.

Наблюдения проводятся сериями через интервал времени обусловленный проектом. В нашем случае, с учетом глубины выработок и скорости подвигания забоев, можно рекомендовать делать наблюдения один раз в квартал.

Высотные отметки реперов в каждой серии наблюдений определяются высокоточным геометрическим нивелированием от исходных реперов расположенных вне зоны влияния горных работ. Длины интервалов измеряются рулеткой по твердым нитям ОЖ-3 (рис. 1.6) с введением всех поправок для определения горизонтальных расстояний между смежными реперами линий. Наблюдения могут проводиться также тахеометра.

Две начальные серии наблюдений выполняют до начала влияния горных выработок на профильную линию. По каждой следующей серии наблюдений определяют оседания  $\eta$ , наклоны  $i$ , горизонтальные деформации  $\varepsilon$ , деформации кривизны  $K$  земной поверхности за период с начала наблюдений и при необходимости за период между последними двумя сериями.

Что касается горизонтальных сдвижений  $\xi$ , то они могут определяться только в том случае, когда начальные или конечные реперы линий расположены сознательно вне зоны влияния горных выработок.

Более конкретно требования к методике и точности измерений на профильных линиях изложены в «Инструкции по наблюдениям ...» [4].

## **1.13 Построение предохранительных целиков для подрабатываемых зданий и сооружений**

### **1.13.1 Общие положения**

Под предохранительным целиком понимают участок угольного пласта, который остается в недрах для защиты конкретного объекта (здания, сооружения или группы их) от вредного влияния горных работ. Предохранительные целики оставляют в том случае, когда изъятие угольного пласта вызывает деформации земной поверхности, опасные по величине для подрабатываемого объекта, а горные или строительные меры защиты не обеспечивают безопасную работу его или нерациональные по технико-экономическим соображениям.

Предохранительные целики должны быть минимальных, но достаточных для охраны объекта размеров и располагаться определенным образом относительно него. Поэтому предохранительные целики строят по установленным «Правилами подработки ...» [1] правилам с учетом особенностей конкретного объекта.

Предохранительные целики строят под участок земной поверхности, который охраняется, включает контур объекта (часто заменяемый геометрически правильной фигурой) и бермой вокруг него. Замена контура объекта геометрически правильной фигурой проводится для упрощения построений, а берма предназначена для повышения надежности целика. Так, при построении целиков под одиночные дома, в которых отношение длинной стороны к короткой менее пяти, вокруг них (через угловые точки) описывают прямоугольник со сторонами параллельными падению и простиранию пласта и от него откладывают берму.

Построение предохранительных целиков проводится с использованием угловых параметров, значения которых приведены в «Правилах подработки ...» [1, стр. 10, 11, 123].

### 1.13.2 Лабораторная работа №2

Построение предохранительного целика для одиночного здания.

#### 1.13.2.1 Постановка задачи.

В условиях Донецкого угольного бассейна осуществить расчет и построение предохранительного целика по пласту  $l_5$  для четырехэтажного здания школы.

Здание имеет Г-образную форму с размерами в плане 60х40х20 м. Длинная ось здания ориентирована под углом  $\lambda$  (отсчитываемым по ходу часовой стрелки) от линии падения пласта.

Здание относится к 3-му разряду. Стены кирпичные толщиной 380 мм. В наружных стенах имеются трещины с раскрытием до 3 мм. Межэтажные перекрытия выполнены из железобетонных плит. Под фундаментом здания залегают глинистые почвы средней крепости.

Глубина залегания пласта под центром здания  $H$ , угол падения  $\alpha$ , мощность пласта  $m$ , марка угля  $K$ , мощность наносов  $h$ . Мезозойские отложения отсутствуют. Коренные породы представлены сланцами, песчаниками, известняками. Ранее, другими слоями, здание не подрабатывалось.

Рекомендуемый масштаб построения 1: 5000.

#### 1.13.2.2. Выходные горно-геологические условия для построения меры целика под здание школы.

Лабораторная работа выполняется по данным, приведенным в таблице 1.14, с учетом коэффициента  $N$ , выдаваемый преподавателем в пределах значений от 1 до 30. Коэффициент  $N$  может выдаваться с одним знаком после запятой, тогда значение в колонке 4 можно округлить: мощность пласта до см; другие параметры до целого. Коэффициент  $N$  - это условный номер варианта.

Таблица 1.14 - Исходные горно-геологические условия для построения меры целика под здание школы, для  $N =$

NN по/п	Параметр	Формула	Значение
------------	----------	---------	----------

1	2	3	4
1.	Мощность наносов $h$ , мм	$10+N$	
2.	Глубина пласта под центром здания $H$ , м	$250+4*N$	
3.	Угол падения пласта $\alpha$ , градусы	$40-N$	
4.	Мощность пласта $m$ , м	$0,80+0,05N$	
5.	Угол между линией падения пласта и длинной осью здания (по ходу часовой стрелки) $\lambda$ , градус	$30+N$	
де $N$ - коэффициент от 1 до 30, выдаваемый преподавателем.			

*1.13.2.3 Последовательность расчетов и графических построений при выполнении лабораторной работы.*

1. Выписать постановку задачи и исходные горно-геологические условия (табл. 1.14, с заполненной колонкой 4).

2. Вычисляют допустимый показатель горизонтальных деформаций  $[\varepsilon]_д$  земной поверхности для здания школы и определяют ширину бермы.

По формуле 1.39 вычисляют допустимый показатель суммарных деформаций  $[\Delta l]_д$  (см. 1.12.3 или [1, стр. 24]).

Вычисляют допустимый показатель горизонтальных деформаций земной поверхности

$$[\varepsilon]_д = \frac{[\Delta l]_д}{1,2m_\varepsilon \cdot l} \cdot 10^{-3} \quad (1.44)$$

$m_\varepsilon$  – коэффициент условий работы, определяется по табл. 6.1 [1, стр. 20];

$l$  – длина здания в мм.

По табл. 10.1 [1, стр. 53] определяют ширину бермы для построения целика.

3. В левой нижней части листа строят план площади земной поверхности, охраняется (рис. 1.16).

Направив линию падения пласта справа налево, строят план здания школы, ориентируя длинную сторону ее под углом  $\lambda$  к линии падения пласта.

Вокруг угловых точек здания описывают прямоугольник со сторонами параллельными и перпендикулярными линии падения (для упрощения дальнейших построений).

От контура четырехугольника откладывают берму и получают участок, охраняемый ABCD земной поверхности.

4. Определяют границы целика на разрезе вкrest простирания пласта.

Строят (над планом) вертикальный разрез вкrest простирания пласта, используя параметры  $H$  и  $\alpha$  и проецируют на него здание и границы (точки А, В, С, Д) участка охраняемого объекта.

Из границ охраняемого участка проводят линии под углами  $\varphi$  в наносах и далее под углами сдвига  $\gamma$  и  $\beta$  до пересечения с пластом, в соответствии со стороны падения и восстания. Значение названных углов берут с [1, стр. 11]. Получают граничные точки 1, 3 целика на разрезе вкrest простирания.

На разрезе измеряют графически глубину  $H_{\gamma}$  в коренных породах (в точке 1) и вычисляют глубину  $H_{\Gamma}$  в коренных породах, до какой границы целика по простиранию определяются по углам сдвига  $\delta$ .

$$H_{\Gamma} = A_{\Gamma} \cdot H \gamma \quad (1.45)$$

где  $A_{\Gamma}$  - коэффициент, определяемый по табл. 10.3 [1, стр. 58].

Горизонт  $H_{\Gamma}$  наносят на разрез и на пересечении с пластом получают предельную точку 2, что влияет на построение целика на разрезе по простиранию.

5. Строят разрез по простиранию и определяют границы целика по простиранию.

На разрез проектируют ось четырехугольника ABCD, здание школы и границы площади охраняемого объекта (точки ВС и АД).

Из границ площади охраняемого объекта (из точек ВС и АД) проводят линии под углами  $\varphi$  в наносах и далее под углом сдвига  $\delta$  к горизонту  $H_{\Gamma}$  (горизонта т. 2) и ниже вертикально к горизонту точки 1. На разрезе по простиранию получают границы целика в точках 3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 2<sub>1</sub>, 2<sub>2</sub>, 1<sub>1</sub>, 1<sub>2</sub> на соответствующих горизонтах.

6. Строят план предохранительного целика.

Граничные точки целика проектируют с разрезов на план. Получают положения угловых точек на плане, соединив последовательно их прямыми линиями вычерчивают контур целика 1<sub>1</sub>-2<sub>1</sub>-3<sub>1</sub>-3<sub>2</sub>-2<sub>2</sub>-1<sub>2</sub>-1<sub>1</sub>.

7. Наносят и оцифровывают координатную сетку, графически определяют и записывают в таблицу координаты угловых точек целика. Подсчитывают и записывают запасы угля в целике. В производственных условиях план здания и координатную сетку вычерчивают с учетом фактического положения на плане горных выработок и ориентирования их по

линии падения пласта. В лабораторной работе ориентирования и оцифровку координатной сетки студент выбирает самостоятельно.

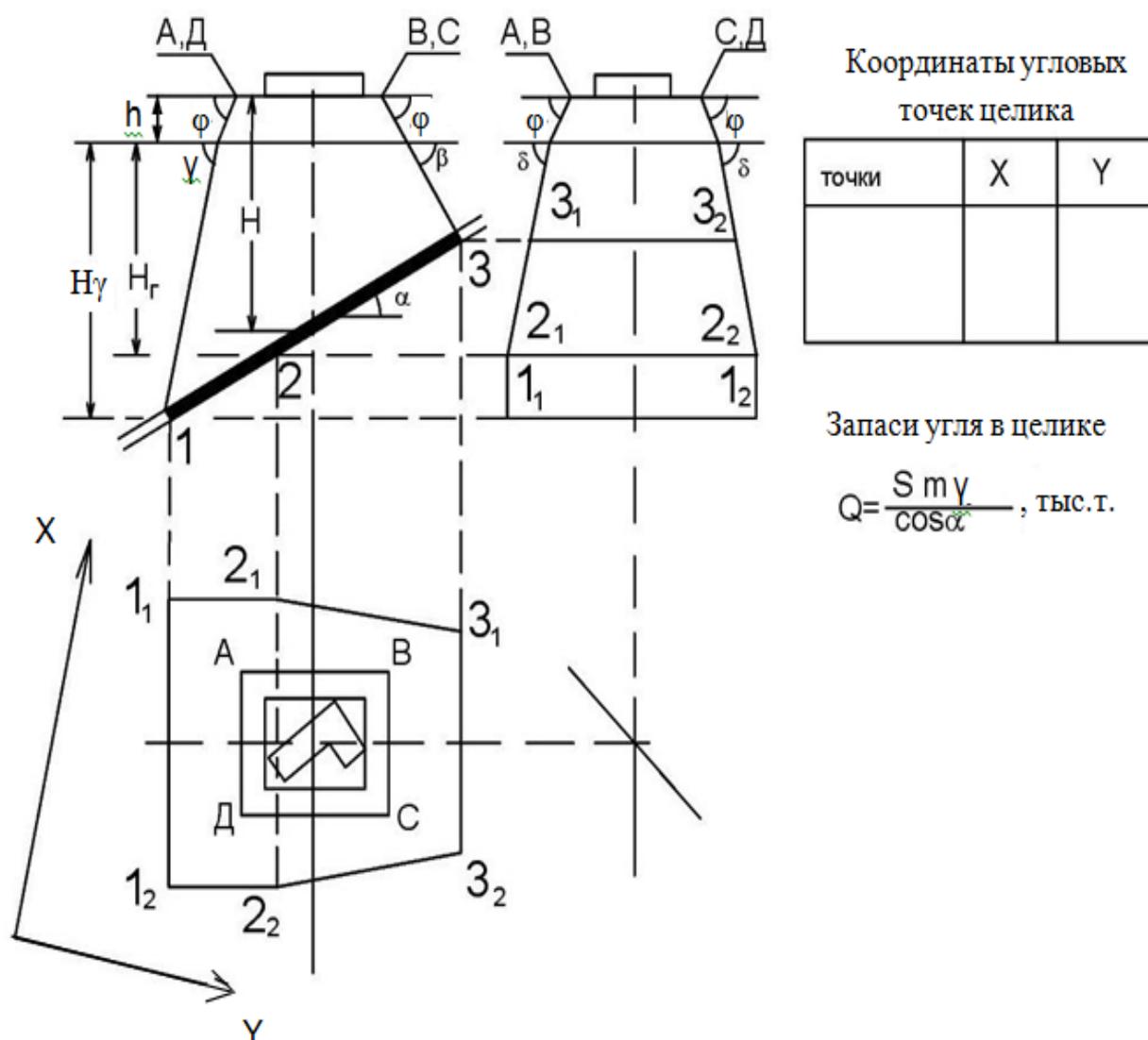


Рис. 1.16 - Построение предохранительного целика под одиночное здание

### 1.13.3 Лабораторная работа №3

Построение предохранительного целика для железной дороги.

#### 1.13.3.1 Общие положения

Железные дороги относятся к типу вытянутых объектов. К участку земной поверхности, который охраняется включается ширина насыпи или выемки и берма.

Предохранительные целики строят от выхода пласта под наносы к горизонту безопасной глубины, ниже которой возможно ведение очистных

горных работ, поскольку они не вызывают опасных по величине деформаций земной поверхности.

Границы целика определяются с использованием углов сдвижения  $\varphi$  в наносах и углов сдвижения  $\gamma$  и  $\beta$  в коренных породах, значение которых определяется по формулам (1.55, 1.56), учитывающие направление железной дороги по простиранию пласта.

Построение целика может проводиться способом разрезов или способом перпендикуляров. В первом случае строят, в характерных точках прямолинейных и криволинейных участков, вертикальные разрезы в сечениях перпендикулярных оси объекта, определяют размеры  $Q$ ,  $L$  от оси объекта до границ целика (рис. 1.17 б), переносят их на план и вычерчивают контур предохранительного целика. Во втором случае построение целика делают непосредственно на плане (рис. 1,17 а).

Построение целика может проводиться с использованием изоглубин [1, стр. 116-118] или изогипсов. В производственных условиях чаще используются изогипсы, поскольку они в готовом виде есть на гипсометрическом плане и плане горных выработок.

В данной работе построение предохранительного целика рекомендуется сделать с использованием изогипсов пласта.

### *1.13.3.2 Постановка задачи*

В условиях Донецкого бассейна (шахта «Степная») необходимо построить предохранительный целик в пласте  $k_8$  под магистральную железную дорогу с грузонапряженностью 20 млн. т. км / км.

На участке длиной  $L_1$  дорога направлена под углом  $\lambda$  (отсчитывается против хода часовой стрелки) до линии выхода пласта под наносы. Далее имеет место криволинейный участок с радиусом  $R$  и углом поворота  $\varepsilon$  и затем второй прямолинейный участок большой длины (рис. 1.17 а).

Ранее железная дорога не подрабатывалась.

Угол падения пласта  $\alpha$ , вынимаемая мощность пласта  $m$ , высотная отметка земной поверхности  $Z_n$ , мощность наносов  $h$ , мезозойские отложения отсутствуют.

### *1.13.3.3 Исходные данные для построения предохранительного целика под железную дорогу*

В производственных условиях все необходимые параметры определяются по имеющейся на шахте документации.

Лабораторная работа выполняется по выданному преподавателем коэффициентом  $N$  (условным номером варианта), в пределах значений от 1 до 30 (может выдаваться с одним знаком после запятой).

Исходные данные для конкретного коэффициента  $N$  определяются по табл. 1.15 с занесением их в колонку 5.

#### *1.13.3.4. Последовательность расчетов и графических построений предохранительного целика*

Выполнение лабораторной работы рекомендуется делать в следующей последовательности:

1. Выписать постановку задачи и исходные данные по выданному преподавателем коэффициентом  $N$  (заполнив колонку 5 в табл. 1.15).

2. Вычислить безопасную глубину  $H_b$  и высотную отметку  $Z_b$  горизонта безопасной глубины.

Это целесообразно сделать, поскольку горизонт  $Z_b$  является границей целика по падению и с ним связана нижняя граница построения изогипса пласта.

$$H_{b\varepsilon} = K_\varepsilon \frac{m}{[\varepsilon]_д} \quad (1.46)$$

$$H_{bi} = K_i \frac{m}{[i]_д} \quad (1.47)$$

где  $H_{b\varepsilon}$  и  $H_{bi}$  - безопасная глубина по допустимыми показателями деформаций земной поверхности (по  $\varepsilon$  и  $i$ )

$K_\varepsilon$  и  $K_i$  - коэффициенты, определяются по табл. 10.2 [1, стр. 56];

$m$  - вынимаемая мощность пласта;

$[\varepsilon]_д$ ,  $[i]_д$  - допустимые для железной дороги показатели горизонтальных деформаций  $\varepsilon$  и наклонов  $i$  земной поверхности, определяются по табл. 7.12 [1, стр. 35].

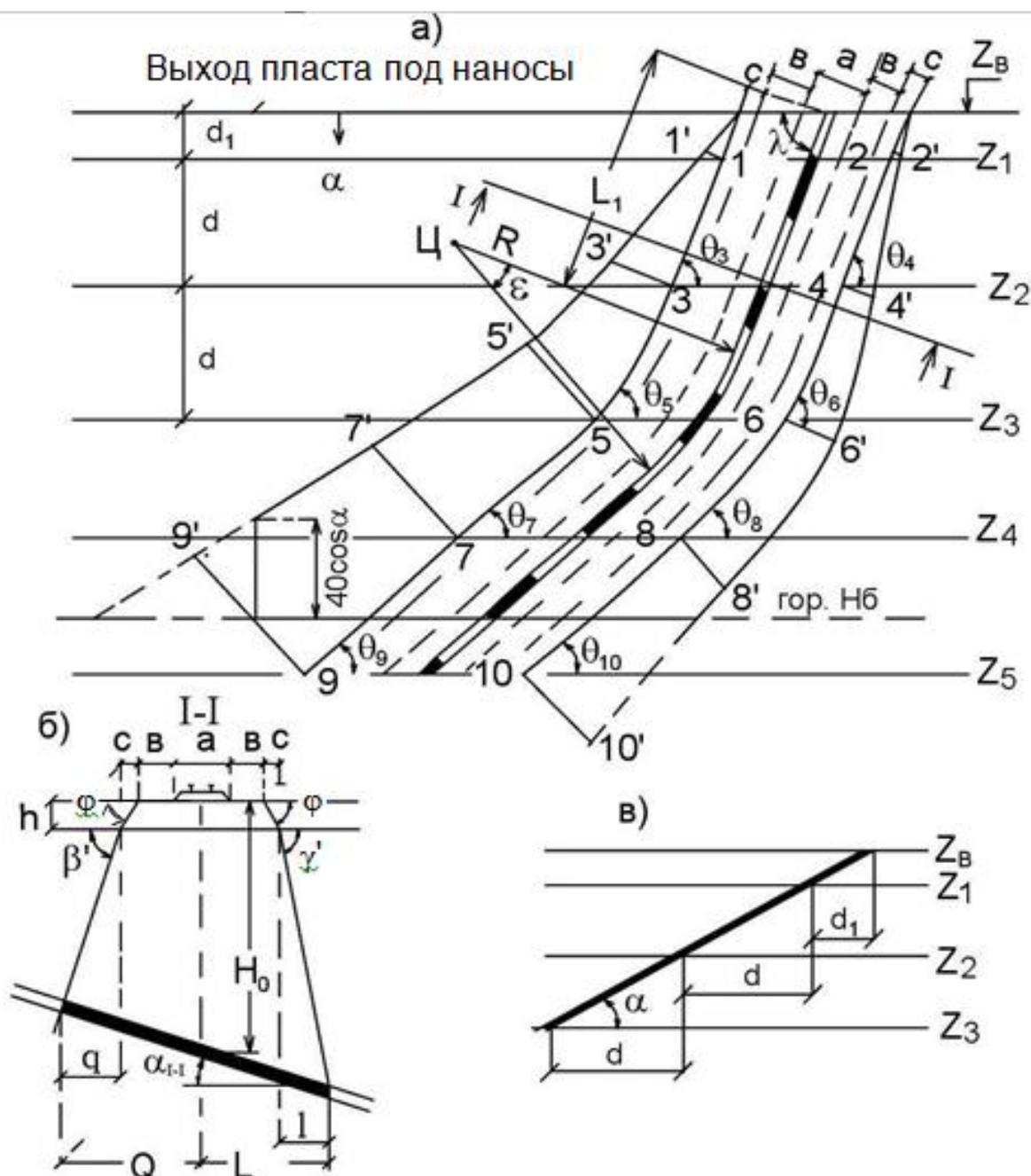


Рис. 1.17 - Построение предохранительного целика для железной дороги

- а) способом перпендикуляров;  
 б) способом вертикальных разрезов (разрез по I-I);  
 в) к определению закладок изогипс

Таблица 1.15 - Исходные параметры для построения предохранительного целика под железную дорогу, при  $N =$

	Формулы
--	---------

NN по/п	Наименование параметра	При $1 \leq N \leq 15$	При $16 \leq N \leq 30$	Значения
1	2	3	4	5
1.	Высотная отметка земной поверхности $Z_{п}$ , м	$110+N$	$115+N$	
2.	Мощность наносов $h$ , м	$10+2N$	$20+0,5N$	
3.	Мощность угольного пласта $m$ , м	$0,8+0,1N$	$0,9+0,1(N-15)$	
4.	Угол падения угольного пласта $\alpha$ , градус	$15+N$	$14+(N-15)$	
5.	Ширина насыпи (выемки) железной дороги $a$ , м	$10+0,5N$	$10+0,5(N-15)$	
6.	Длина первой прямолинейного участка дороги $L_1$ , м	$160+5N$	$140+6(N-15)$	
7.	Угол между линией выхода пласта под наносы и железной дороги (против хода часовой стрелки) $\lambda$ , градус	$40+2N$	$110+2(N-15)$	
8.	Угол поворота на криволинейном участке ж/д $\epsilon$ , градус	$20+N$	$21+(N-15)$	
9.	Радиус криволинейного участка ж/д $R$ , м	$120+2N$	$120+2(N-15)$	
Примечание: 1. Коэффициент $N$ выдается преподавателем в пределах значений от 1 до 30 (можно с одним знаком после запятой). 2. В колонку 5 значения мощности пласта округлить до сантиметра, другие параметры до целого. Рекомендованный масштаб построения 1:2000				

Из двух полученных значений  $H_б$ , для дальнейшего использования принимают большее и вычисляют высотную отметку горизонта безопасной глубины  $Z_б$ .

$$Z_б = Z_{п} - H_б, \text{ м} \quad (1.48)$$

где  $Z_{п}$  - высотная отметка земной поверхности.

3. Строят гипсометрический план участка с пересечением изогипсов в 50 м.

В верхней части листа проводят горизонтальную линию выхода пласта под наносы и проставляют высотную отметку  $Z_в$  пласта на этой линии (рис. 1.17).

$$Z_в = Z_{п} - h, \text{ м} \quad (1.49)$$

где  $h$  - мощность наносов.

Начиная с линии выхода пласта под наносы рассчитывают и наносят изогипс пласта кратные 50 м. Первый изогипс  $Z_1$  наносят на расстоянии  $d_1$  (в масштабе плана) от линии выхода пласта под наносы

$$d_1 = \frac{Z_B - Z_1}{tg\alpha}, \text{ м} \quad (1.50)$$

Где  $Z_1$  – ближайшее до  $Z_B$  кратное 50 м отметка первого изогипса. Другие изогипсы через заложения  $d$  ( в масштабе плана).

$$d = \frac{\Delta Z}{tg\alpha} \quad (1.51)$$

Последний изогипс проводят ниже горизонта  $Z_B$  с ближайшей к нему кратной 50 м отметкой.

4. Строят участок, охраняемый на контакте наносов с коренными породами используя параметры  $\lambda$ ,  $L_1$ ,  $R$ ,  $\varepsilon$ , а наносят на построенный гипсометрический план железную дорогу и границы насыпи (или выемки) по заданной ширине «а».

От границ насыпи (или выемки) откладывают ширину бермы  $b$ , значение которой определяется по табл. 10.1 [1, стр. 53] с учетом значений допустимых показателей  $[\varepsilon]_д$  и  $[i]_д$ . По условию задачи грузонапряженность железной дороги 20 млн. т. км / км, то есть она относится к II-й категории и  $[\varepsilon]_д = 4,0 \cdot 10^{-3}$ ,  $[i]_д = 6,0 \cdot 10^{-3}$  [1, стр. 35]. Итак, ширина бермы  $b = 15\text{м}$ .

От границ бермы откладывают величину "с", учитывающий влияние мощности наносов  $h$ .

$$c = h * \cos\varphi \quad (1.52)$$

где  $\varphi$  - угол сдвига в наносах [1, стр. 11].

Получают границы участка, охраняемого на контакте наносов с коренными породами:

1-3-5-7-9 - со стороны восстания и 2-4-6-8-10 - со стороны падения (рис. 1.17).

5. Вычисляют длины перпендикуляров в точках пересечения участка охраняемого (на контакте наносов с коренными породами) с изогипсами пласта:  $q$  - в сторону восстания;  $l$  - в сторону падения.

При необходимости, длины перпендикуляров дополнительно вычисляют в точках между изогипсами (чаще на криволинейных участках)

$$q_i = \frac{(H_i - h) \cdot ctg\beta'}{1 + ctg\beta' \cos\theta_i tg\alpha} \quad (1.53)$$

$$l_i = \frac{(H_i - h) \cdot ctg\gamma'}{1 + ctg\gamma' \cos\theta_i tg\alpha} \quad (1.54)$$

$$ctg\beta' = \sqrt{ctg^2\beta \cdot \cos^2\theta + ctg^2\delta \cdot \sin^2\theta} \quad (1.55)$$

$$ctg\gamma' = \sqrt{ctg^2\gamma \cdot \cos^2\theta + ctg^2\delta \cdot \sin^2\theta} \quad (1.55)$$

где  $i$  - номер точки расчета,

$H_i, h$  - глубина пласта в точке расчета и мощность наносов:  $H_i = Z_n - Z_i$   
(где  $Z_n, Z_i$  - отметки поверхности пласта в точке расчета)

$\beta', \gamma'$  - углы сдвижения в нормальном к границе участка, охраняемого сечения, в соответствии со стороны восстания и падения пласта (рис. 1.17 б)

$\theta_i$  - острый угол между границей участка охраняемого и линией простирания (изогипса) пласта в точке расчета, измеряемый графически;

$\alpha$  - угол падения пласта;

$\beta, \gamma, \delta$  - углы сдвижения в главных сечениях мульды, определяется по таблице 5.2 [1, стр. 11].

Вычисления по приведенным выше формулам рекомендуется вести в таблице Д.1 [1, стр. 118] с учетом нумерации точек принятой нами на рис. 1.17 а.

6. Строят на гипсометрического плане границы целика.

В точках расчета откладывают по нормали к границе охраняемого участка, вычисленные значения перпендикуляров:  $q_i$  - в сторону восстания и  $l_i$  - в сторону падения (в масштабе плана). Полученные точки последовательно соединяют между собой, вычерчивая границы целика на плане. На прямолинейных участках железной дороги границы целика должны быть прямолинейными и на участке  $L_1$  выходить на точку пересечения границы участка, охраняемого с линией выхода пласта под наносы. На криволинейном участке границы целика вычерчивают плавными кривыми между границами прямолинейных участков.

Нижнюю границу целика проводят по высотной отметке  $Z_B$  горизонта безопасной глубины. Острый угол целика срезают так, чтобы линия среза на плане равна  $40 \cdot \cos\alpha$ .

7. Для контроля и получения дополнительных навыков определяют границы целика способом разрезов, в выбранном студентом перпендикулярном сечении к оси дороги.

Методика построения представлена на рис. 1.17 б и не требует дополнительных пояснений. Полученные значения  $Q, L$  откладывают на плане

от оси железной дороги и сравнивают совпадение с границей полученной методом перпендикуляров.

Угол падения пласта по линии разреза (на рис. 1.17 по I-I) определяется из выражения

$$\alpha_{I-I} = \arcsin (\operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \theta) \quad (1.57)$$

где  $\theta$  - острый угол между осью дороги и линии простирания пласта в точке разреза.

На разрезе дополнительно показано содержание перпендикуляров  $q$ ,  $l$  и параметра  $c$ , используемых при построении целика под железную дорогу способом перпендикуляров.

## **1.14 Охрана вертикальных стволов от вредного влияния горных работ**

### **1.14.1 Общие положения и нормы охраны вертикальных стволов**

Вертикальные стволы являются важнейшими сооружениями шахты. От технического состояния их во многом зависит нормальная и безопасная работа предприятия. Особенностью их является тот факт, что они располагаются в толще горных пород, часто достигают большой глубины и подвергаются влиянию природных напряжений в горном массиве. Поэтому построение предохранительных целиков под вертикальные стволы существенно отличается от построения целиков под поверхностные объекты.

Методика построения предохранительных целиков при угле падения угольных пластов  $\alpha \geq 45^\circ$ , существенно отличается от методики при  $\alpha < 45^\circ$ .

«Правилами подработки ...» [1] установлены следующие нормы охраны вертикальных стволов:

1. Границы предохранительных целиков для вертикальных стволов следует определять от контура участка защищаемой земной поверхности:

- при  $\alpha \geq 45^\circ$  в защищаемый участок включаются копры, надшахтные здания подъемных машин и берма;
- при  $\alpha < 45^\circ$  - только устья стволов и берма. Ширина бермы в обоих случаях равна 20 м.

2. Границы целиков ниже  $0,2H_c$  от зумфа ствола (где  $H_c$  - глубина ствола) следует определить по углам сдвига.

3. При  $\alpha \geq 45^\circ$  границы предохранительных целиков следует определять:

- по углам сдвижения – для всех стволов, оборудованных постоянным подъемом, при глубине разработки не более 400 м; для вентиляционных стволов и стволов, которые подают воздух, не оборудованных постоянным подъемом (или оборудованных только инспекторским подъемом), а также для стволов с податливым креплением, при любых глубинах разработки.

- по предельным углам  $\delta_0 = \gamma_0 = 75^\circ$ ,  $\beta_0 = 75^\circ - 0,8\alpha$  - для главных вентиляционных стволов с твердым креплением, оборудованных постоянным подъемом (кроме инспекторского), при глубине разработки 700 и более метров.

- в интервале глубин от 400 до 700 м границы целика на вертикальных разрезах следует определять прямыми, соединяющие границы целика на горизонтах 400 и 700 м.

- в наносах и мезозойских отложениях при построении предохранительных целиков, следует пользоваться соответствующими углами сдвижения в них;

- на разрезах вкрест и по простиранию границы целиков должны отстоять от стволов в плоскости пласта не менее 60 м, с увеличением этого расстояния на 10 м на каждые последующие 100 м глубины.

4. При углах  $\alpha$  от  $45^\circ$  до  $65^\circ$ , для защиты ствола от надработки, расстояние  $l_l$  (в метрах) от ствола к нижней границе целика в плоскости пласта должна быть не менее, определенного по формуле

$$l_l = A_3 H_r \quad (1.58)$$

где  $A_3$  - коэффициент, определяемый по табл.10.5 [1, стр. 67];

$H_r$  - глубина пласта по оси ствола.

Если  $l_l > 250$  м, то начиная с расстояния  $l_l = 250$  м, границы целика на разрезе по простиранию определяются по углам сдвижения [1, стр. 68].

5. При угле падения пластов  $\alpha < 45^\circ$  предохранительные целики следует определять на разрезах вкрест и по простиранию:

- для главных и вентиляционных стволов с твердым креплением, оборудованных постоянными подъемами, по углам охраны стволов  $\delta_1$ ;

$$\delta_1 = \gamma_1; \beta_1 = \delta_1 - 0,8\alpha;$$

- для вентиляционных стволов и стволов, которые подают воздух с твердым креплением, не оборудованных постоянными подъемами, а также для стволов с податливым креплением по углам охраны  $\delta_2$ ;  $\delta_2 = \gamma_2$ ;

$$\beta_2 = \delta_2 - 0,8\alpha;$$

- в наносах и мезозойских отложениях пользуются углами сдвижения [1, стр. 11].

6. Углы охраны стволов  $\delta_1$  и  $\delta_2$  определяют по табл. 10.4 [1, стр. 65] для каждого пласта с учетом интегральной оценки околоствольного массива  $K$ , учитывающий: влияние очистных выработок в пределах целика построенного по предельным углам; наличие или отсутствие разрывных тектонических нарушений, пересекающих ствол; прочность пород вышележащей над пластом толще.

$$K = A * B * C \quad (1.59)$$

где  $A$  - параметр, характеризующий степень влияния на ствол очистных выработок;

$B$  - параметр, учитывающий влияние на ствол разрывных тектонических нарушений;

$C$  - параметр, учитывающий прочностные характеристики околоствольного массива горных пород.

Методика определения интегральной оценки  $K$  и параметров  $A$ ,  $B$ ,  $C$  приведена в [1, стр. 64-65].

6. При углах падения угольных пластов от  $20^\circ$  до  $45^\circ$  расстояние в плоскости пласта от ствола до нижней границы целика не должна быть более 250 м.

#### **1.14.2 Методика построения предохранительных целиков под вертикальные стволы при угле падения угольных пластов $\alpha \geq 45^\circ$**

Методику рассмотрим на примере построения целиков в двух угольных пластах под главные стволы шахты с твердым креплением, оборудованы постоянными подъемами для горно-геологических условий представленных на рис. 1.18.

Построение проводится в соответствии с нормами охраны, приведенным выше в 1.14.1.

В нижней левой части листа вычерчивают в масштабе план расположения стволов, надшахтных зданий, копров, зданий подъемных машин и координатной сетки, ориентируя рисунок так, чтобы линия падения пластов была направлена справа налево.

Вокруг названных объектов описывают геометрическую фигуру с линиями параллельными простиранию и падению пласта и от полученного контура откладывают берму шириной 20 м. Получают охраняемый участок земной поверхности АБСДЕФ (рис. 1.18).

Над планом строят вертикальный разрез вкрест простирания пластов. На разрез проектируют надшахтные здания и угловые точки АЕ, ДЕ, ВС участки земной поверхности, охраняется. По глубине  $H_c$  наносят вертикальные стволы. По глубинах  $H_8$ ,  $H_5$  и углу падения  $\alpha$  вычерчивают положения угольных пластов. По мощности наносов  $h$  наносят на разрез линию контакта наносов с коренными породами. На разрез наносят также горизонты 400, 700 м и  $1,2H_c$  ( $0,2H_c$  ниже зумпфа ствола).

Для определения границ целиков по падению из точек А, Е (граница охраняемого участка со стороны падения) проводят на разрезе линию под углом сдвижения  $\varphi$  в наносах и дальше последовательно в коренных породах:

а) под углом сдвижения  $\gamma$  сплошной к горизонту 400 м; пунктиром к горизонту  $1,2H_c$  (если  $1,2H_c$  выше точки пересечения линии с пластом); сплошной до точки пересечения с пластом (если точка пересечения ниже  $1,2H_c$ );

б) при предельным углом  $\gamma_0$  пунктиром к горизонту 700 м; сплошной до горизонта  $1,2H_c$  (если  $1,2H_c$  ниже горизонта 700 м); сплошной до пересечения с пластом (если  $1,2H_c$  ниже точки пересечения);

в) проводим линию соединяющую точку пересечения горизонта 400 м с линией под углом  $\gamma$  с точкой пересечения горизонта 700 м с линией под углом  $\gamma_0$ : сплошной к горизонту  $1,2H_c$  и дальше пунктиром (если  $1,2H_c$  более 400 м, но менее 700 м);

г) на горизонте  $1,2H_c$  точку пересечения его линией под углом  $\gamma$  соединяют сплошной горизонтальной линией с точкой пересечения его с линией соединяющей точки на горизонтах 400 и 700 м (если  $1,2H_c$  между названными горизонтами) или с линией под углом  $\gamma_0$  (если  $1,2H_c$  ниже горизонта 700 м).

Получают сплошную ломаную линию, ограничивающую целики по падению в точках пересечения с угольными пластами. Построения следует вести к горизонту пересечения названной линии с нижним пластом. Так, если угольные пласты пересекаются линией под углом  $\gamma$  выше горизонта 400 м, тогда построения следует ограничить только проведением линии под углом  $\gamma$  к точкам пересечения с пластами.

Границей целика по падению в соответствующем пласте является точка:

- пересечение пласта с линией под углом  $\gamma$ , если она расположена выше горизонта 400 м или ниже горизонта  $1,2H_c$ ;
- пересечение пласта с линией соединяющей граничные точки на гор. 400 м и 700 м, если она находится в интервале горизонтов 400 и 700 м;
- пересечение пласта с линией под углом  $\gamma_0$ , если гор.  $1,2H_c$  ниже этой точки.

В нашем примере (рис. 1.18) границей целиков по падению оказались точки 1, 6, соответственно по пластам  $k_8$  и  $k_5$ .

Границы целиков по восстанию определяются аналогичными построениями с использованием углов  $\varphi$ ,  $\beta$ ,  $\beta_0$  и граничных точек ДЕ, ВС охраняемого участка земной поверхности. Границами целиков по восстанию есть точки:

- пересечение пластов с линиями проведенными под углами сдвига  $\beta$ , если они располагаются выше горизонта 400 м или ниже  $1,2H_c$ ;
- пересечение пластов с линией, соединяющей точки на горизонтах 400 и 700 м, если они располагаются между горизонтами 400 и 700 м;
- пересечение пластов с линией под углом  $\beta_0$ , если горизонт  $1,2H_c$  ниже точки пересечения.

В нашем примере (рис. 1.18) предельными по восстанию оказались точки 4, 5 и 9,10, соответственно по пластам  $k_8$  и  $k_5$ .

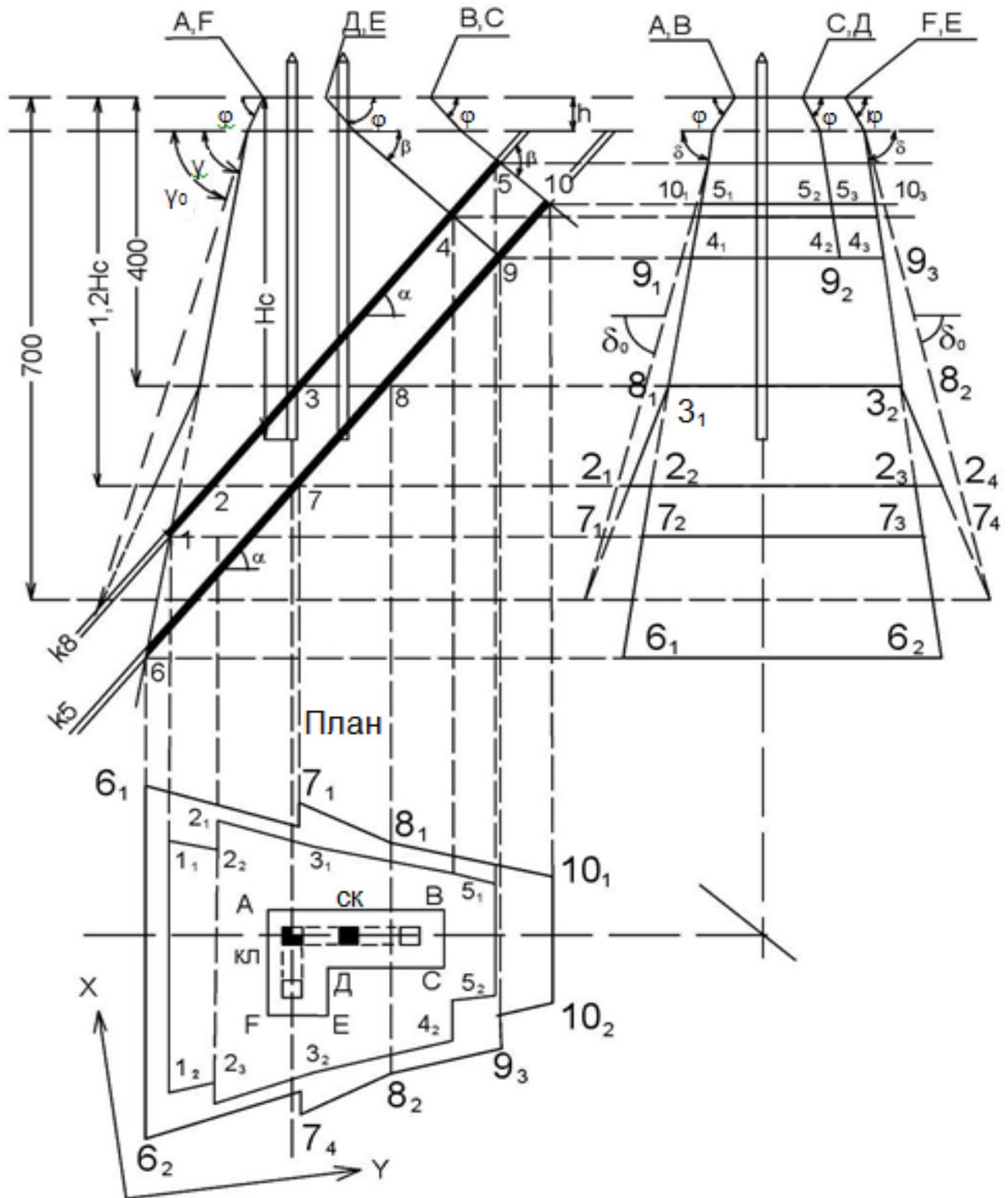


Рис. 1.18 - Построение предохранительных целиков для вертикальных стволов с жестким креплением, оборудованных постоянными подъемами, при угле падения угольных пластов  $\alpha \geq 45^\circ$

Кроме названных предельными на разрезе вкост простирания есть точки пересечения пластов с горизонтами 1,2H<sub>c</sub> и 400 м (если они имеют место), поскольку они влияют на определение границ целиков по

простирацию. В нашем примере таковы точки 2, 3 и 7, 8, соответственно по пластам  $k_8$  и  $k_5$ .

Для определения границ целиков по простиранию строят вертикальный разрез по простиранию. Проектируют на него стволы, угловые точки АВ, СД, FE участка охраняемого горизонты 400, 700 м и линию контакта наносов с коренными породами.

Из точек АВ и СД проводят линии под углом  $\varphi$  в наносах и дальше последовательно в коренных породах:

- под углом сдвижения  $\delta$ : сплошной к горизонту 400 м; пунктиром к горизонту  $1,2H_c$ ; сплошной к горизонту предельной точки целика по падению (на разрезе вкрест простирания) в пл.  $k_5$ , если последняя ниже  $1,2H_c$ ;

- под предельным углом  $\delta_0$ : пунктиром к горизонту 700 м; сплошной к горизонту границы целика по падению в пласте  $k_5$ , если последняя выше  $1,2H_c$ ;

- соединяют точку пересечения линии под углом  $\delta$  с горизонтом 400 м с точкой пересечения линии под углом  $\delta_0$  с горизонтом 700 м: сплошной до пересечения с горизонтом  $1,2H_c$  и дальше пунктиром к горизонту 700 м, если  $1,2H_c$  между горизонтами 400 и 700 м;

- на горизонте  $1,2H_c$  соединяют сплошной линией точки пересечения горизонта с линиями под углами  $\delta_0$  и  $\delta$ , если горизонт  $1,2H_c$  выше нижней границы целика (на разрезе вкрест простирания).

Из точек СД делают аналогичные построения к горизонту границы целика по восстанию, построенного из точек ДЕ на разрезе вкрест простирания.

Граничные точки целиков на разрезе вкрест простирания (на рис. 1.18 точки 1-2-3 ... 10) проецируют на разрез по простиранию и определяют границы целиков по простиранию на характерных горизонтах соответственно по пласту  $k_8$  и  $k_5$  (номера точек с индексами).

Проектируют граничные точки целиков из разрезов на план и последовательно соединяя их прямыми линиями, вычерчивают контуры предохранительных целиков соответственно по пластам  $k_8$  и  $k_5$  (рис. 1.18).

Подсчитывают запасы угля в целиках. Графически определяют и заносятся в таблицу координаты угловых точек целиков.

### 1.14.3 Лабораторная работа №4

Построение предохранительных целиков для вертикальных стволов с твердым креплением, оборудованных постоянными подъемами, при угле падения угольных пластов  $\alpha \geq 45^\circ$

#### *1.14.3.1 Постановка задачи*

В Донецком бассейне на шахте «Степная» проектируется прохождения клетьевого и скипового стволов глубиной  $H_c$ . Стволы будут закреплены твердым креплением из монолитного бетона и оборудованы постоянными подъемами.

Необходимо построить предохранительные целики по пл.  $k_8$  и  $k_5$ . Угол падения пластов  $\alpha$  (более  $45^\circ$ ). Глубина залегания угольных пластов по оси клетьевого ствола соответственно  $H_8$  и  $H_5$ . Мощность наносов  $h$ . Мезозойские отложения отсутствуют. Ранее толща горных пород не подрабатывалась.

#### *1.14.3.2 Исходные данные для выполнения лабораторной работы*

Взаимное расположение стволов и зданий подъемных машин представлен на рисунке 1.18. Скиповой и клетьевого стволы расположены по падению пласта. Другие параметры определяются по таблице 1.16.

#### *1.14.3.3 Последовательность выполнения лабораторной работы*

Рекомендуется следующая последовательность выполнения лабораторной работы:

1. Изучить нормы охраны вертикальных стволов (1.14.1) и методику построения предохранительных целиков (1.14.2).

2. В табл. 1.16 заполнить колонку 4 по выданному преподавателем коэффициента  $N$  (в пределах от 1 до 30).

3. В левом нижнем углу листа вычертить план расположения стволов, надшахтных зданий и сооружений машин, с ориентированием рисунка так, чтобы линия падения пласта была направлена справа налево.

Таблица 1.16 - Исходные данные для построения предохранительных целиков для вертикальных стволов при угле падения пластов  $\alpha \geq 45^\circ$ . Для  $N=$

NN п/п	Наименование параметра	Формула	Значение
1	2	3	4
1.	Расстояние между осями стволов, м	$50+N$	
2.	Расстояния от осей стволов до осей зданий подъемных машин, м	$55+2N$	
3.	Глубина стволов, м	$410+3N$	
4.	Глубина залегания верхнего угольного пласта $k_8$ по оси клетьевого ствола, м	$410+2N$	
5.	Расстояние по вертикали между пластами $k_8$ и $k_5$ , м	$100+2N$	
6.	Угол падения пластов $\alpha$ , градус	$61-0,5N$	
7.	Мощность наносов $h$ , м	$20+0,5N$	
8.	Мощность угольных пластов, м:		
	$k_8$	-	1,60
	$k_5$	-	1,20
9.	Размеры надшахтных зданий и зданий подъемных машин в плане, м		15*15
<p>Где <math>N</math> - коэффициент (условный номер варианта), выдаваемый преподавателем в пределах значений от 1 до 30 (можно с одним знаком после запятой).  В колонке 4 результаты округлить до целого, мощность пластов до сантиметров.</p>			

В производственных условиях взаимное расположение стволов и зданий, а также координатной сетки и линии падения пласта определяется по графической документации. Здесь взаимное положение объектов вычертить по данным колонки 4 табл. 1.16 с расположением стволов по линии падения пласта (рис. 1.18). Рекомендуемый масштаб построения 1: 5000.

4. Построить план участка земной поверхности, который охраняется, и над ним разрез вкрест простираения, используя данные колонки 4 табл. 1.16.

На разрез нанести горизонты 400, 700 м и  $1,2H_c$ . Сделать построения, изложенные в 1.14.2 и определить на разрезе граничные точки предохранительных целых целиков.

5. Построить вертикальный разрез по простиранию по методике, изложенной в 1.14.2 и определить границы и размеры целиков на разрезе.

6. Спроектировать граничные точки целиков с разрезов вкрест и по простиранию на план и, последовательно соединяя их прямыми линиями, вычертить контуры целиков на плане по пластам  $k_8$  и  $k_5$  (разным цветом).

7. Сделать проверку соответствия расстояний от стволов к границам целиков (в плоскости пласта) нормам охраны стволов (1.14.1).

8. Составить короткую объяснительную записку по лабораторной работе. Привести: постановку задачи, исходные данные (табл. 1.16 с заполненной колонкой 4), краткое изложение методики построений целиков в лабораторной работе.

#### **1.14.4 Методики построения предохранительных целиков для вертикальных стволов, при угле падения угольных пластов $\alpha < 45^\circ$**

##### *1.14.4.1 Общие положения и методика построения предохранительных целиков*

Согласно «Правил подработки ...» [1] вертикальные стволы при угле падения пластов  $\alpha < 45^\circ$  охраняются по нормам, приведенным здесь в 1.14.1. Границы предохранительных целиков под главные и вентиляционные стволы, с твердым креплением, оборудованы постоянными подъемами, определяются с использованием углов охраны:  $\delta_1$ ;  $\gamma_1 = \delta_1$ ;  $\beta_1 = \delta_1 - 0,8\alpha$ . Границы предохранительных целиков для вентиляционных стволов и стволов, которые подаются воздух, не оборудованных постоянными подъемами (или оборудованных только инспекторским подъемом), а также для всех видов стволов с податливым креплением, определяются с использованием углов охраны:  $\delta_2$ ;  $\gamma_2 = \delta_2$ ;  $\beta_2 = \delta_2 - 0,8\alpha$ . Значения углов охраны приведены в [1, стр. 65].

Методика построения целиков с использованием углов охраны 1-го и 2-го вида аналогичны. Это позволяет ограничиться здесь одним примером.

Пусть необходимо построить предохранительные целики в пластах  $l_8$  и  $l_1$  для ствола, который подает воздух с твердым креплением, оборудованного только инспекторским подъемом.

Построение целиков для таких стволов проводится с использованием углов охраны:  $\delta_2$ ,  $\gamma_2$ ,  $\beta_2$ .

В левом нижнем углу вычерчивают (по диаметру) устье ствола, откладывают от него берму шириной в 20 м по простиранию и падению и получают участок земной поверхности, который охраняется АВСД со сторонами параллельными падению и простиранию (рис. 1.19).

В производственных условиях копируют из плана горных выработок оцифрованную координатную сетку, ориентируя ее так, чтобы линия падения была направлена справа налево. Здесь координатная сетка наносится произвольно.

Над охраняемым участком строят вертикальный разрез вкрест простирания пласта, используя параметры:  $H_c$  - глубина ствола;  $h$  и  $h_m$  - мощности наносов и мезозойских отложений;  $H_8$  и  $H_1$  - глубины залегания пластов  $l_8$  и  $l_1$  по оси ствола, который подает воздух;  $\alpha$  - угол залегания угольных пластов (рис. 1.19). На разрез проектируют границы охраняемого участка (точки АД и ВС) и наносят горизонт  $1,2H_c$  (горизонт на  $0,2H_c$  ниже зумпфу ствола).

Определяют на разрезе границы целиков в пластах  $l_8$  и  $l_1$  по падению. С границы охраняемого участка (с точек АД) проводят линии под углами сдвига  $\varphi$  в наносах,  $\delta_m$  в мезозойских отложениях (если они имеют место) и далее в коренных породах:

- под углом  $\gamma_2$  охраны вертикальных стволов до пересечения с угольными пластами или к горизонту  $1,2H_c$ , если точки пересечения с пластами окажутся ниже  $1,2H_c$ ;

- если точки пересечения линии под углом  $\gamma_2$  с угольными пластами оказываются ниже горизонта  $1,2H_c$ , тогда дополнительно проводят линию под углом сдвига  $\gamma$  пунктиром к горизонту  $1,2H_c$  и сплошной ниже до пересечения с угольными пластами;

- на горизонте  $1,2H_c$  линии под углами  $\gamma_2$  и  $\gamma$  соединяются между собой сплошной горизонтальной линией.

Точки пересечения угольных пластов с полученным контуром сплошных линий и является границами целиков по падению. В нашем примере таковы точки 1, 4 (рис. 1.19).

Определяют на разрезе границы целиков по восстанию. Из границ охраняемого участка (точек ВС) проводят линии под углами сдвига  $\varphi$ ,  $\delta_m$  в наносах и мезозойских отложениях и далее в коренных породах:

- под углом  $\beta_2$  охраны вертикальных стволов до пересечения с угольными пластами или к горизонту  $1,2H_c$ , если точки пересечения оказываются ниже;

- если точки пересечения линии под углом  $\beta_2$  оказываются ниже горизонта  $1,2H_c$ , тогда дополнительно проводят линию под углом сдвижения  $\beta$  пунктиром к горизонту  $1,2H_c$  и дальше сплошной до точек пересечения с угольными пластами, если они ниже  $1,2H_c$ ;

- точки пересечения горизонта  $1,2H_c$  с линиями под углами  $\beta$  и  $\beta_2$  соединяют сплошной горизонтальной линией.

Точки пересечения угольных пластов с полученным контуром сплошных линий и является границами целиков по восстанию. В нашем примере такими оказались точки 3, 5.

Кроме того предельными на разрезе вкрест простирания есть точки пересечения угольных пластов с горизонтом  $1,2H_c$ , поскольку выше него стволы охраняются по углам охраны стволов, а ниже - по углам сдвижения. В нашем примере такой оказалась точка 2 (рис. 1.19).

Строят вертикальный разрез по простиранию, проецируя на него ствол, охраняемого границы участка, (точки А, В и Д, Е) и линии контактов наносов с мезозойскими отложениями (если последние имеют место) и мезозойских отложений с коренными породами.

Определяют на разрезе границы и размеры целиков по простиранию. Из точек А, В и Д, С проводят линии под углами сдвижения  $\varphi$  в наносах,  $\delta_m$  в мезозойских отложениях и далее в коренных породах:

- под углом охраны вертикальных стволов  $\delta_2$  к горизонтам границ целика по падению (на разрезе вкрест простирания) или к горизонту  $1,2H_c$ , если граница целиков по падению ниже горизонта  $1,2H_c$ ;

- если на разрезе вкрест простирания границы целика по падению оказываются ниже горизонта  $1,2H_c$ , тогда дополнительно проводят линии под углами сдвижения  $\delta$ ;

- пунктиром к горизонту  $1,2H_c$  и ниже сплошной к горизонту границы целика по падению на разрезе вкрест простирания;

- на горизонте  $1,2H_c$  линии под углами  $\delta_2$  и  $\delta$  соединяют сплошной горизонтальной линией.

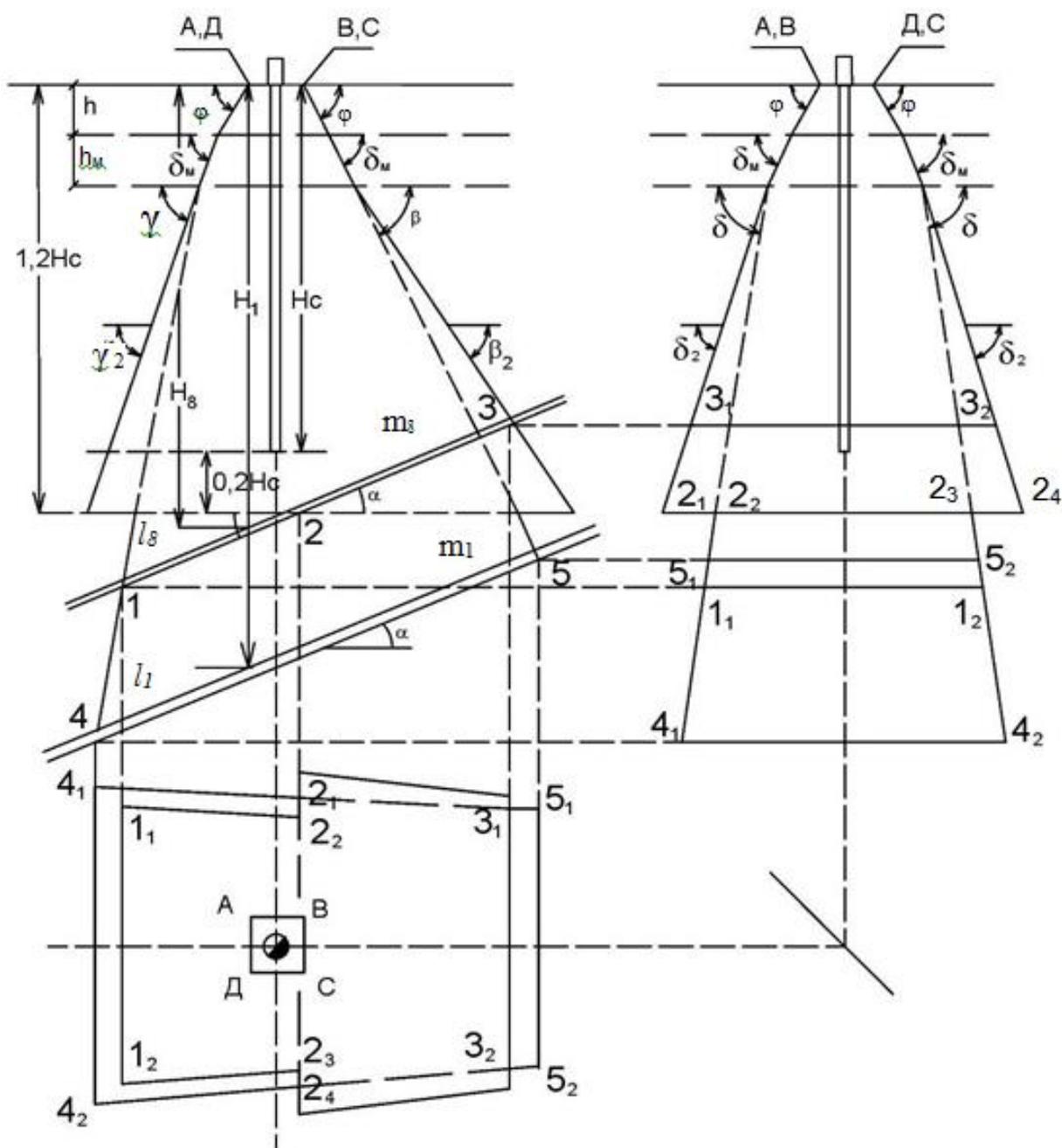


Рис. 1.19 - Построение предохранительных целиков для ствола, который подает воздух с жестким креплением, оборудованного инспекторским подъемом, при угле падения угольных пластов  $\alpha < 45^\circ$

Проектируют граничные точки целиков (в нашем примере точки 1, 2, 3, 4, 5) с разреза вкрест простирания на разрез по простиранию и получают граничные точки и размеры целиков по простиранию на горизонтах проектируемых точек. В нашем примере такими оказались точки: 3<sub>1</sub>-3, 2<sub>1</sub>-2-2<sub>3</sub>-2<sub>4</sub>, 1<sub>1</sub>-1<sub>2</sub> - для пласта  $l_8$  и 5<sub>1</sub>-5<sub>2</sub>, 4<sub>1</sub>-4<sub>2</sub> - для пласта  $l_1$ .

Граничные точки предохранительных целиков проектируют с разрезов вкрест и по простиранию на план и последовательно соединяя их прямыми

линиями вычерчивают контуры целиков на плане. В нашем примере предохранительный целик в пласте  $l_8$  представлен контуром  $1_1-2_2-2_1-3_1-3_2-2_4-2_3-1_2-1_1$ , в пласте  $l_1$  контуром  $4_1-5_1-5_2-4_2-4_1$  (рис. 1.19).

#### *1.14.4.2 Лабораторная работа №5*

Построение предохранительных целиков под ствол, который подает воздух при угле падения угольных пластов  $\alpha < 45^\circ$

##### *1.14.4.2.1 Постановка задачи и исходные данные*

На шахте «Южная» в Донецком бассейне пройденный ствол, который подает воздух глубиной  $H_c$ , ствол закреплен монолитным бетонным креплением и оборудован только инспекторским подъемом. Внешний диаметр устья по бетонному креплению 12 м.

Необходимо построить предохранительные целики для названного ствола в угольных пластах  $l_8$  и  $l_1$ . Глубина залегания пластов по оси ствола  $H_8$  и  $H_1$ . Угол падения пластов  $\alpha$  (менее  $45^\circ$ ). Мощность пластов  $m_8$  и  $m_1$  (рис. 1.19).

В зоне воздействия на ствол тектонические нарушения и ранее пройденные очистные выработки в пластах  $l_8$  и  $l_1$  отсутствуют.

Околоствольный массив представлен песчаниками, чередующимися известняками, песчаными и глинистыми сланцами.

Исходные данные для индивидуального выполнения лабораторной работы представлены в табл. 1.17. Коэффициент  $N$  (условный номер варианта) выдается преподавателем в пределах значений от 1 до 30 (можно с одним знаком после запятой).

Рекомендуемый масштаб построений 1: 5000.

Таблица 1.17 - Исходные данные для построения предохранительных целиков под ствол, который подает воздух с твердым креплением, оборудован инспекторским подъемом, при угле падения угольных пластов  $\alpha < 45$ , для  $N =$

NN за/п	Наименование параметра	Формула	Значение
1	2	3	4
1.	Глубина ствола, который подает воздух, м	$380+5N$	
2.	Диаметр устья ствола, м		12 м
3.	Глубина залегания (по оси ствола) верхнего пласта $l_8$ , м	$410+4N$	
4.	Вертикальное расстояние между пластами $l_8$ и $l_1$ , м	$70+2N$	
5.	Угол падения угольных пластов, градус	$44-N$	
6.	Мощность угольных пластов, м:		
	$l_8$	-	1,60
	$l_1$	-	1,20
7.	Параметр С, который учитывает мощностные свойства пород околоствольного массива	$0,3+0,02N$	
<p>1. Коэффициент <math>N</math> - (условный номер варианта) выдается преподавателем в пределах значений от 1 до 30 (может выдаваться с одним знаком после запятой).</p> <p>2. В колонке 4 параметр <math>C</math> округлить до одного знака после запятой, другие параметры округлить до целого (кроме мощности пластов).</p>			

#### 1.14.4.2.2 Последовательность выполнения лабораторной работы

Рекомендуется следующая последовательность решения поставленной задачи.

1. По выданном преподавателем коэффициент  $N$  заполнить колонку 4 в табл.1.17 исходных данных.

2. Изучить нормы охраны вертикальных стволов (1.14.1) и методику построения предохранительных целиков, при угле падения угольных пластов  $\alpha < 45^\circ$  (1.14.4.1).

3. Определить значения углов сдвижения ([1, стр. 11]) и углов охраны стволов ([1, стр. 65]). Дать интегральную оценку околоствольного массива по формуле (1.59). При этом параметры  $A$  и  $B$  принять равными 1,0, поскольку в

зоне воздействия на ствол ранее пройденные очистные выработки в пластах  $l_8$  и  $l_1$  и тектонические нарушения отсутствуют. Что касается параметра  $C$ , то условно будем считать, что определение его выполнено по методике, изложенной в [1, стр. 66] и оказалось равным, приведенном в табл. 1.17. С учетом полученного  $K$  определить по табл. 10.4 [1, стр. 65] угол  $\delta_2$  и вычислить углы  $\gamma_2$  и  $\beta_2$ .

4. В нижней левой части листа наносят по диаметру устья ствола, откладывают от него берму шириной 20 м [1, стр. 54] и вычерчивают контур ABCD участка земной поверхности, охраняемой в виде квадрата со сторонами параллельными и перпендикулярными линии падения пласта, направленной справа налево.

5. Над планом строят вертикальный разрез вкрест простирания, используя параметры из колонки 4 табл. 1.17. Определяют граничные точки целиков на разрезе (см. 1.14.4.2.1).

6. Строят вертикальный разрез по простиранию. Проецируют на него граничные точки целиков с разреза вкрест простирания и определяют границы и размеры целиков по простиранию.

7. Проекта граничные точки целиков из разрезов на план и, последовательно соединяя их прямыми линиями, вычерчивают контуры целиков на плане. Подсчитывают запасы угля в целиках. Графически определяют координаты угловых точек целиков.

8. Составляют короткую объяснительную записку. Приводят: постановку задачи; исходные данные (табл. 1.17 с заполненной колонкой 4); кратко методику построений.

## **1.15 Курсовой проект по дисциплине «Маркшейдерское обеспечение охраны подрабатываемых объектов»**

### **1.15.1 Предварительные замечания**

Курсовой проект заключительной комплексной работой с названной дисциплины. Целью проекта является углубленное изучение процесса сдвижений и деформаций земной поверхности под влиянием горных выработок и мер охраны подрабатываемых объектов от вредного влияния горных разработок.

В процессе выполнения курсового проекта студент получает практические навыки решения достаточно сложных вопросов подработки, в условиях максимально приближенных к производственным. Проект состоит по данным горно-геологических условий изъятия угольного пласта на шахте, где студент проходил 1-ю производственную практику. Расположение подрабатываемых объектов и их характеристика выдается преподавателем индивидуально каждому студенту.

Курсовой проект связан с большим объемом аналитических расчетов и графических построений. Часть расчетов предлагается выполнить без использования компьютерных программ. Это позволяет глубже понять процесс сдвижений и методику расчетов. Вторую часть расчетов и графических построений предлагается сделать на компьютере с использованием соответствующего программного обеспечения. Это позволяет студенту получить практические навыки решения производственных вопросов с использованием компьютерных технологий.

Курсовой проект посвящен прогнозу сдвижения и деформаций земной поверхности под влиянием горных выработок конкретной шахты и проектированию мероприятий охраны: жилого шахтного поселка, каркасного здания производственного цеха, извлеченного объекта (железные дороги, газопровода, теплотрассы и т.п.).

Характеристика подрабатываемых объектов приведена в табл. 1.18, а взаимное расположение их на рисунке 1.20. Расположение их по проектируемым выработок определяется коэффициентом  $N$ , выдаваемым преподавателем каждому студенту (см. 1.15.3 пункт 2).

### **1.15.2 Тема, исходные данные, вопросы, разрабатываемые в проекте**

Тема проекта. Прогноз сдвижений и деформаций земной поверхности и проект мероприятий охраны жилого шахтного поселка, здания производственного цеха

\_\_\_\_\_ (указывается наименование производственного объекта)

и \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (указывается один вытянутый объект)

при подработке их \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_ (указывается наименования трех лав, наименование пласта и шахты)

Например: Прогноз сдвижений и деформаций земной поверхности и проект мероприятий охраны жилого шахтного поселка, цеха по изготовлению

металлоконструкций и магистральной железной дороги при подработке их 119-й, 121-й и 123-ей лавами пласта I<sub>6</sub> шахты «Степная».

Первые два объекта выдаются каждому студенту, третьим может быть один из представленных на рис. 1.20 вытянутых объектов (железная дорога, газопровод, теплотрасса, водопровод или трасса канализации).

Таблица 1.18 – Характеристика подрабатываемых объектов

NN п/п	Коэф. N (условный номер варианта)	Наименование объектов и параметры характеристик
1	2	3
<u>I. Жилые здания</u>		
1.	1 - 10	5-ти этажные с высотой от подошвы фундамента до верха карниза, Н=17 м.
2.	11 - 20	4-х этажные здания высотой от подошвы фундамента до верха карниза, Н=13,7 м.
3.	21 - 30	3-х этажные с высотой от подошвы фундамента до верха карниза, Н=10,5 м.
4.	1 - 30	Длина и ширина зданий определяется графически по плану (рис. 1.20), с округлением до 1,0 м. Здания не разделены осадочными швами на секции.
5.		Под фундаментами зданий залегают:
	21 - 30	- грунты с высокой несущей способностью
	11 - 20	- суглинки
	1 - 10	- пластичные глины
6.		Материал внешних стен:
	11 - 15	- кирпичная кладка с толщиной стен 380 мм.
	1 - 5	- кирпичная кладка с толщиной стен 510 мм.
	21 - 30	- шлакоблок с толщиной стен 400 мм.
	16 - 20	- облегченная кирпичная кладка, 380 мм.
	6 - 10	- облегченная кирпичная кладка, 510 мм.
7.		Конструкция межэтажных перекрытий:
	1 - 20	- монолитные железобетонные
	21 - 30	- деревянные
8.	1 - 30	Форма здания определяется по плану (рис. 1.20)
9.		Здания относятся до третьего разряда [1, стр.98]. Внешние стены имеют трещины с раскрытием:
	11 - 20	- 1,1 - 2,5 мм.
	21 - 30	- 2,6 - 4,0 мм.
	1 - 10	- 4,1 - 5,6 мм.

Продолжение табл. 1.18		
1	2	3
<u>II. Здания производственного цеха</u>		
1.	1 - 30	Одноэтажное, каркасное здание на столбчатых фундаментах, с расстоянием между колоннами 6,0 и 9,0 м, соответственно по длинной и короткой сторонам. Размеры здания по осям крайних колон:
	1 - 30	- ширина 18,0 м
	1 - 8	- длиной 96 м с твердым связанным блоком по середине [1, стр.28];
	25 - 30	- длиной 60 м с твердой пристройкой в конце здания
	17 - 24	- длиной 120 м с температурным швом по середине
	9 - 16	- длиной 54 м, без твердых связей, пристроек и температурных швов
2.	1 - 30	Здание оборудовано мостовым краном с подкрановыми рейками вдоль длинной стороны здания. Здание относится к третьему разряду [1, стр. 98].
3.	1 - 30	Высота колон от подошвы фундамента к верху $H = 9,8$ м.
4.	1 - 30	Крайние колонны здания вертикальные, т.е. сдвиг верха к низу равняется нулю.
<u>III. Газопровод</u>		
1.	1 - 30	Подземный, диаметром 200 мм. Среднего давления, из стали с границей текучести 250 МПа и временным сопротивлением 415 МПа:
	21 - 30	- положенный в песок;
	11 - 20	- в суглинок;
	1 - 10	- в плотную глину;
2.	1 - 30	Ранее газопровод выработками по другим пластам не подрабатывался
<u>IV. Водопровод</u>		
1.	1 - 30	Водопровод стальной, диаметром 200 мм:
	1 - 15	- проложен в песок;
	16 - 30	- проложен в суглинок.
2.	1 - 30	Ранее водопровод выработками по другим пластам не подрабатывался

Продолжение табл. 1.18		
1	2	3
<u>V.Теплотрасса</u>		
1.	1 - 30	Теплотрасса из стальных труб диаметром 150 мм проложенных:
	16 - 30	- в песок
	1 - 15	- в суглинок
2.	1 - 30	Ранее теплотрасса выработками по другим пластам не подрабатывалась
<u>VI.Канализационный коллектор</u>		
1.	1 - 30	Коллектор секционный, самотечный из железобетонных труб на муфтах диаметром d, мм
	1 - 10	d = 90 мм.
	21 - 30	d = 150 мм.
	11 - 20	d = 300 мм.
2.	1 - 30	Ранее коллектор выработками по другим пластам не подрабатывалась
<u>VII.Железная дорога</u>		
1.	1 - 30	Магистральная ж/д, грузонапряженностью, млн. т. км/км:
	21 - 30	- 40
	11 - 20	- 25
	1 - 10	- 15
2.	1 - 30	Суточную скорость V подвигания линии забоя, подрабатываемых лав определить по календарному плану работы лав, м/сут. Для расчетов взять максимальную с трех лав.
<u>VIII.Мостовойкран</u>		
1.	1 - 30	Расстояние между подкрановыми рейками $l_0 = 7,700$ м.
2.	1 - 30	Расстояние между осями колон $L_k = 9,000$ м.
3.	1 - 30	Высота колон от подошвы фундамента $H_k = 9,800$ м.
4.	1 - 30	Высота подкрановой части колонны от подошвы фундамента $h_n = 7,600$ м.
5.		Измеренные перед подработкой зазоры между ребордами подкранового колеса и головками подкрановых реек, м:
	1 - 30	$D_1 = 0,015, D_2 = 0,028$
	1 - 30	$D_3 = 0,019, D_4 = 0,030$

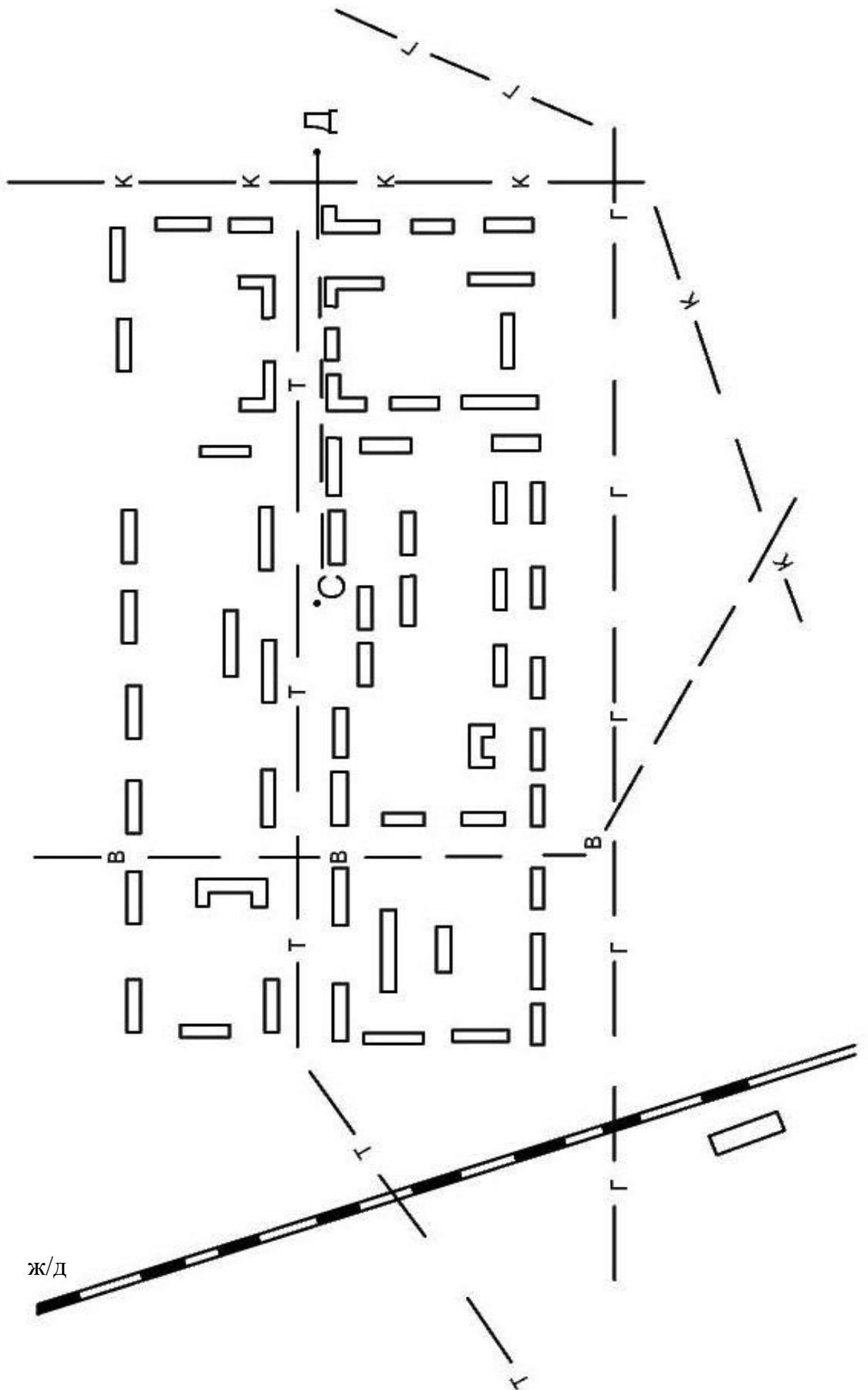


Рис. 1. 20 – Фрагмент застройки подрабатываемого участка земной поверхности.  
М-б 1:5000 (при распечатке сохранить масштаб 1:5000)

### Исходные данные для выполнения курсового проекта:

1. Фрагмент плана горных выработок масштаба 1: 5000 по шахте, где студент проходил 1-ю производственную практику.

Границы фрагмента выдает преподаватель в пределах листа формата А-

3. На фрагменте должны быть изображены:

- часть ранее отработанных лав;
- гипсометрия и другие геолого-разведочные данные на участке отработки трех проектируемых лав (образец смотри на рис. 1.13).

2. План застройки земной поверхности на участке проектируемой подработки в масштабе 1: 5000 (рис. 1.20).

3. Характеристики подрабатываемых объектов в табл. 1.18.

В таблице приведены все объекты застройки поверхности, представлены на рис. 1.20. В колонке 2 указаны коэффициент  $N$  (условный номер варианта) выдаваемый преподавателем в пределах от 1 до 30 индивидуально каждому студенту, а в колонке 3 - значение параметра объекта для соответствующего значения коэффициента  $N$ .

Так для  $N = 12$ : жилые здания 4-х этажные; наружные стены кирпичные, толщиной 380 мм; межэтажные перекрытия монолитные железобетонные; почва под фундаментом - суглинки.

#### Подлежащие разработке вопросы.

В проекте должны быть рассмотрены и решены следующие вопросы.

1. Составлен календарный план отработки трех лав. Определены границы влияния лав на земную поверхность.

2. Сделан расчет ожидаемых сдвижений и деформаций от первых двух лав по линии вкрест простирания, если лавы отрабатываются по простиранию или по линии по простиранию, если лавы отрабатываются по падению.

Расчеты сделать без использования компьютерных программ, поскольку целью данного расчета является углубленное изучение методики определения сдвижений и деформаций земной поверхности.

По результатам расчетов построить наглядные графики оседания  $\eta$ , наклонов  $i$ , кривизны  $K$ , горизонтальных деформаций  $\epsilon$  от каждой лавы и суммарные от двух лав.

3. Сделанное определение расчетных сдвижений и деформаций земной поверхности под подрабатываемыми объектами.

Вычисление сделать на компьютере. Рекомендуется использовать программу д.т.н. Грищенко Н.Н. Под зданиями жилого поселка расчеты сделать по сетке, охватывающей территорию поселка, под вытянутым объектом по линиям в пределах воздействия на него трех лав, по точкам - под зданием производственного цеха.

По результатам расчета построить наглядные графики: оседания и горизонтальных деформаций в изолиниях под жилым поселком; оседаний и горизонтальных деформаций по оси вытянутого объекта.

4. Определенные расчетные и допустимые показатели земной поверхности под подрабатываемые объекты.

5. Составленный проект мероприятий охраны подрабатываемых объектов.

6. Составленный проект маркшейдерских инструментальных наблюдений за деформациями земной поверхности и подрабатываемых объектов.

### 1.15.3 Последовательность выполнения курсового проекта

Курсовой проект требует выполнения большого объема аналитических, расчетных и графических работ, рекомендованных делать в следующей последовательности:

1. Получить у преподавателя индивидуальное задание на курсовой проект (тему курсового проекта) и коэффициент  $N$  (условный номер варианта) со значением от 1 до 30.

2. Подготовить исходную информацию для выполнения курсового проекта. На лист формата А-3 скопировать (без элементов застройки поверхности) фрагмент плана горных выработок масштаба 1: 5000, в границах указанных преподавателем. На копии должны быть отражены: гипсометрия и горно геологические условия залегания угольного пласта на участке отработки проектируемых трех лав; контур ранее отработанных выработок, примыкающих к участку с высотными отметками, мощностью пласта, углами падения: принята на шахте схема отработки лав по простиранию или падению (пример см. на рис. 1.13).

Составить и нанести на копию календарный план отработки трех проектируемых лав. Рекомендуется принять длину лав  $200 \div 250$  м или равной фактической длине лав на шахте; годовое подвигание  $500 \div 800$  м.

Перенести застройку участка земной поверхности в масштабе 1: 5000 с рис. 1.20 на копию фрагмента плана горных выработок. Для переноса совместить центр поселка (точку С) рис. 1.20 с центром второго проектируемой лавы и развернуть продольные улицы (линию СД) против хода часовой стрелки на угол  $\lambda = 20 + 10 N$ , градусов до положительного направления простирания пласта (где  $N$  - коэффициент в пределах  $1 \div 30$ , выдаваемым преподавателем). На копию фрагмента плана горных выработок перенести: здания жилого поселка; производственный цех (скорректированный по размерам табл. 1.18); вытянутые объекты (железная дорога, трубопроводы), продлены до границ влияния на земную поверхность проектируемых лав.

3. Построить в масштабе 1: 5000 вертикальные разрезы (пример см. На рис. 1.14):

- вкрест простирания пласта и совмещенный (для трех лав) по простиранию, при отработке проектируемых лав по простиранию;
- по простиранию и вкрест простирания, при отработке проектируемых лав по падению.

Используя граничные углы [1, стр. 10] определить границы влияния проектируемых лав на земную поверхность и внешние, из них перенести из разрезов на копию фрагмента плана горных выработок.

4. Осуществить расчет ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности (без применения компьютерных программ) от первых двух проектируемых лав в главном пересечении вкрест простирания пласта. При отработке лав по падению расчет сделать в главном сечении по простиранию. Методика расчета изложена в 1.7 и 1.8.

При расчете деформаций наклонов  $i$  в полумульдах по восстанию (в полумульдах по положительному направлению простирания, при отработке лав по падению) функциям  $S'(z)$  [1, стр. 84] необходимо добавить знак минус, поскольку в этих полумульдах деформации  $i$  отрицательные. Расчет рекомендуется сделать для  $15 \div 20$  точек, равномерно расположенных в пределах общей мульды двух лав, с нумерацией точек со стороны падения в сторону восстания пласта. При отработке лав по падению нумерацию точек сделать слева направо.

По результатам расчета построить графики  $\eta$ ,  $i$ ,  $K$ ,  $\varepsilon$  от каждой лавы и суммарные от двух лав (см. Рис. 1.12). Масштаб вертикального разреза и горизонтальный масштаб графиков 1: 5000. Вертикальные масштабы графиков выбирают для каждого графика отдельно с учетом наглядности изображения.

Параллельно с выполнением работ по данному пункту, рекомендуется вести работы по следующим пунктам 5 и 6, поскольку они, как правило, являются наиболее проблемными для студентов и растягиваются на длительный отрезок времени.

5. Подготовить информацию для расчетов сдвижений и деформаций земной поверхности под подрабатываемые объекты от трех проектируемых лав.

Подготовка информации должна вестись в строгом соответствии с инструкцией к используемой компьютерной программы.

Рекомендуется использовать компьютерную программу «Подработка» д.т.н. Грищенко Н.Н. На выкопировке из плана горных выработок вводится условная система координат. Ось  $X$  направляют по положительному направлению простирания пласта. Ось  $Y$  направляют в сторону восстания пласта. Начало координат рекомендуется разместить так, чтобы проектируемые к отработки лавы и подрабатываемые объекты располагались в четверти с положительными значениями абсцисс и ординат (рис. 1.13).

Цифровую информацию для компьютера ведут в строгом соответствии с инструкцией, приведенной в табл. 1.10.

Под жилым поселком информацию готовят по сетке. Сетку и направление расчета деформаций ориентируют по направлению продольных улиц. Сетка, с некоторым запасом, должна охватить всю территорию жилого массива. Под вытянутым объектом информацию готовят по линиям в пределах влияния проектируемых лав на земную поверхность. Интервал между точками расчета по сетке и по линиям выбирают с учетом глубины горных работ. Здесь,

учитывая учебный характер работы, интервал можно принять равным  $50 \div 100$  м.

Для производственного цеха информацию готовят по точкам. В нашем случае рекомендуется по четырем угловым точкам. Направление расчета деформаций - по длинной стороне здания.

Все точки расчета деформаций должны быть пронумерованы (без повторения номеров) и проставлены на копии фрагмента плана горных выработок (см. рис. 1.13).

6. Осуществить расчет сдвижений и деформаций земной поверхности на компьютере. По данным распечатки сверяют соответствие введенных в компьютер данных: копии фрагмента плана горных выработок, вертикальным разрезам и подготовленной числовой исходной информации.

По результатам расчета построить наглядные графики сдвижений и деформаций земной поверхности:

- максимальных значений  $\eta$  и  $\epsilon$  вдоль вытянутого объекта из всех стадий подработки тремя лавами, в пределах влияния 3-х лав;

- максимальных значений  $\eta$ ,  $\epsilon$  из всех стадий подработки под жилым поселком в пределах сетки расчета, в изолиниях.

Названные графики должны быть составлены с горизонтальным масштабом 1: 5000. Вертикальные масштабы выбираются студентом с учетом наглядности изображения.

Графики в изолиниях должны быть соединены с планом застройки земной поверхности.

7. Определить расчетные и допустимые показатели деформаций земной поверхности под подрабатываемые объекты.

Показатели определяют по опасным видам деформаций для конкретного объекта (по видам допустимых показателей в «Правилах подработки ...» [1, стр. 24-37]).

Для жилых бескаркасных зданий расчетные и допустимые показатели определяют по суммарным деформациям  $\Delta l$ , учитывающие совместное влияние деформаций  $K$  и  $\epsilon$ . В курсовом проекте показатели следует определить по длинной и короткой стороне для здания, указанной преподавателем и расположенной вблизи максимальной по абсолютной величине изолинии горизонтальных деформаций  $\epsilon$ .

Для каркасного здания производственного цеха показатели необходимо определить по длинной и короткой стороне по максимальному значению горизонтальных деформаций  $\epsilon$  в угловых точках здания. Коэффициент  $\mu_n$  определить по «Правилам подработки ...» [1, стр. 21].

В производственных зданиях показатели деформаций определяются не только для зданий, но и для наиболее сложного технологического оборудования. В нашем случае производственный цех оборудован мостовыми кранами с расположением подкрановых балок (на которых расположены подкрановые рельсы) параллельно длинной стороне здания на консольных выступах несущих колонн.

Нормативные допустимые показатели деформаций земной поверхности в продольном и поперечном направлении подкрановых путей проведены в [1, стр. 36]. Допустимый показатель горизонтальных деформаций земной поверхности для мостовых кранов в поперечном направлении, определяют по формуле:

$$[\varepsilon]_{\text{Д}} = \frac{\Delta H_{\text{К}}}{L_{\text{К}}(H_{\text{К}} - h_{\text{П}})} \quad (1.60)$$

где  $\Delta = \Delta_1 + \Delta_4$  для зоны растяжения,

$\Delta = \Delta_2 + \Delta_3$  для зоны сжатия ( $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4$  - значение по результатам измерений перед подработкой, м)

$H_{\text{К}}$  - высота колонны от подошвы фундамента до верха, м;

$h_{\text{П}}$  - высота головки подкранового рельса, от подошвы фундамента, м;

$L_{\text{К}}$  - длина мостового пролета, м;

$l_{\text{К}}$  - расстояние между осями подкрановых рельсов, м.

Содержание приведенных обозначений представлен на рис. 1.21, а значение их в табл. 1.18.

Для вытянутого объекта, показатели деформаций определяются с учетом типа объекта:

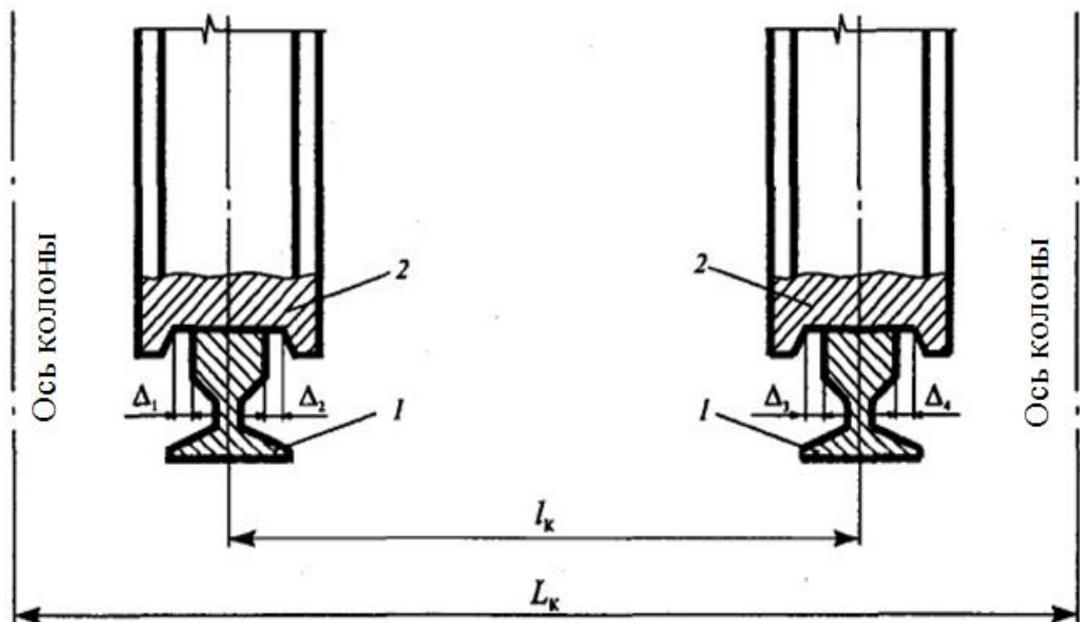


Рис. 1.21 - Схема расположения зазоров между ребрами колес крана

1 - подкрановых рельсов;

2 - колесо крана;

$l_{\text{К}}$  - пролет крана;

$L_{\text{К}}$  - длина мостового пролета

- для подземных трубопроводов - по горизонтальным деформациям  $\varepsilon$  в точке с максимальным значением из всех стадий подработки тремя лавами, с коэффициентом  $\mu_n$ , определенным по [1, с. 22].

- для железной дороги показатели деформаций определяются по деформациям  $\varepsilon$ ,  $i$ ,  $K$  в точках максимальных значений их из всех стадий подработки тремя лавами и дополнительно по суточной скорости оседания земной поверхности  $V$ , определенной по [1, стр. 23].

Согласно рис. 1.20 подработке подлежат пять вытянутых объектов (различные трубопроводы и железная дорога). Но студент делает необходимые расчеты только по одному, указанном в теме проекта (для сокращения объема работы).

Методику определения расчетных и допустимых показателей деформаций земной поверхности см. 1.12 и [1, стр. 19-37].

8. С учетом соотношения расчетных и допустимых показателей деформаций земной поверхности определяют меры охраны подрабатываемых объектов.

Если расчетные показатели меньше допустимых, то подработка объектов возможна без введения дополнительных мер охраны. А если нет, то следует применить горные меры охраны, снижающие расчетные показатели до уровня (или ниже) допустимых или применить строительные меры охраны, повышающие допустимые показатели до уровня расчетных.

Во всех случаях следует предусмотреть инструментальные наблюдения за деформациями земной поверхности и подрабатываемых объектов.

Инструментальные наблюдения не влияют на деформации, но позволяют своевременно выявить возможное опасное нарастание их и разработать дополнительные меры по безопасной эксплуатации объекта. Результаты наблюдений используются также при решении возможных конфликтных ситуаций между владельцем объекта и шахтой.

Если горные и строительные меры не приводят к необходимого соотношения между расчетными и допустимыми показателями или введение их нерациональное по техническим или экономическим причинам, то под поверхностными объектами оставляют предохранительные целики.

9. Составить проект маркшейдерских инструментальных наблюдений. Для условий данного курсового проекта рекомендуется:

- заложить профильную линию по центральной продольной улицы поселка и профильную линию по одной из поперечных улиц;
- в производственной цеха заложить стенные реперы по колоннам долгой и короткой стороны и на расстоянии 2-3 м от стенок заложить грунтовые реперы;
- в вытянутом объекте заложить профильную линию вдоль него на участке влияния трех лав.

Проектируемые профильные линии нанести на копию фрагмента плана горных выработок. Выложить: устройство и методику разбивки и закладки реперов; методику привязки профильных линий в геодезического

обоснования; методику и частоту инструментальных наблюдений; камеральную обработку результатов измерений.

10. Составить пояснительную записку и подготовить курсовой проект к защите.

Пояснительная записка должна содержать:

1. Титульный лист с наименованием университета, кафедры, дисциплины, темы проекта, исполнителя и руководителя, календарного года.

2. Задание на курсовой проект.

3. Реферат по ключевым словам.

4. Содержание.

5. Введение.

6. Характеристику подрабатываемых объектов.

7. Горно-геологические условия подработки.

8. Последовательное изложение решаемых вопросов.

Основная часть должна сопровождаться: методикой решения с приведением формул и обозначений; необходимыми расчетами со ссылкой на источники определения параметров; графическими построениями. Текст должен сопровождаться рисунками, быть полным, понятным и легко читаться.

9. Выводы.

10. Приложения. Распечатки из расчетов сдвижений и деформаций земной поверхности на компьютере и т.п.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом. Минтопэнерго Украины. Киев 2004. – 128 с.
2. Маркшейдерское дело: Учебник для вузов / Д. Н. Оглоблин, Г. И. Герасименко, А. Г. Акимов; Д.Н. Оглоблин, Г.И. Герасименко, А.Г. Акимов и др. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1981. - 704 с.
3. Сдвигение горных пород и земной поверхности при подземных разработках / [В. И. Борщ-Компониец, И. М. Батугина, В. М. Варлашкин и др.]; Под общ. ред. В. А. Букринского, Г. В. Орлова. - М.: Недра, 1984. - 247 с.: ил.
4. А.Н. Белоликов и др. Маркшейдерское дело. Часть 2. Москва «Недра», 1989. – 437 с.
5. Инженерная геодезия: учебник / В. П. Подшивалов, М. С. Нестеренок. - Минск: Выш. шк., 2011. - 463 с.: ил.
6. Геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений: учеб. пособие / Т.И. Хаметов. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 286 с.
7. Чекалин С.И. Геодезия в маркшейдерском деле: Учебник для вузов. –М.: Изд. «Академический Проект», 2012. – 495 с.