Министерство угольной промышленности СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по геометризации и прогнозу разрывных нарушений в пределах выемочных участков для шахт Кузбасса

Ленинград
1973

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ГЕОМЕТРИЗАЦИИ И ПРОГНОЗУ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ ДЛЯ ШАХТ КУЗБАССА

Ленинград
1973

УДК [622.1 : 55] : 551.24

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие "Методические указания . . ." составлены в результате исследований, проведенных на тектонически нарушенных месторождениях Кузбасса - Прокопьевском, Анжерском и частично Ос новском. Всестороннее изучение строения разрывных нарушений в угленосных породах указанных месторождений позволило расширить представления о геометрических и структурных особенностях дизъюнктивов и разработать ряд эффективных методов прогноза их элементов и параметров.

В первой главе "Указаний" дается теоретическое обоснование установленным закономерностям в строении дизъюнктивов и детально рассматривается методика построения эпюр дизъюнктива как основы для прогноза его размеров, формы и области распространения.

Вторая глава посвящена методам определения ориентировки осей тектонических напряжений; являющихся важным элементом при расшифровке истории формирования тектонических структур и диагностике типов дизъюнктивов.

В третьей главе последовательно рассматриваются основные элементы дизъюнктива и предлагаются различные методы их определения и прогноза в зависимости от конкретных исходных данных.

"Указания" предназначены для работников геолого-маркшейдерской службы угольных шахт, которым в процессе производственной деятельности приходится решать задачи, рассмотренные в настоящей работе.

Работа выполнена под научным руководством канд.-геол.-мин.наук А.С.Забродина. В составлении "Указаний" принимали участие А.С.Забродин, Н.И.Мишин, С.Д.Тихонова, Ю.Н.Дупак, Г.А.Любич.

© Всесоюзный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ), 1973.

ГЛАВА 1. МЕТОДИКА ГЕОМЕТРИЗАЦИИ ДИЗЪЮНКТИВОВ

1.1. Образование и строение дизъюнктива

В соответствии с основными положениями теории прочности твердых тел, образование поверхностей разрушения в результате скола (сдвига) вызвано тем, что касательные напряжения, действующие на них, достигают предельной величины, зависящей от нормального напряжения и свойств материала. Объемное напряженное состояние массива характеризуется тремя главными нормальными напряжениями, действующими в трех взаимно перпендикулярных сечениях. Наибольшее сжимающее главное напряжение обозначается σ_3, наименьшее сжимающее (наибольшее растягивающее) главное напряжение – σ_1 и промежуточное (среднее) главное напряжение – σ_2. В ходе формирования геологических структур наступают моменты, когда главные нормальные напряжения, различаясь по величине ($\sigma_3 > \sigma_2 > \sigma_1$), достигают значений, превышающих предел прочности горных пород, что приводит к их разрушению. При этом образуются две системы поверхностей (трещин) скалывания, причем одна из систем, с падением навстречу силовому потоку, выражена более четко.

Положение трещин (сместителей) в пространстве определяется ориентировкой осей главных нормальных напряжений, действующих в массиве. Характер взаиморасположения сместителей с осями напряжений лучше всего рассмотреть на примере построения пары сопряженных сместителей на сетке Каврайского (рис.1.1).

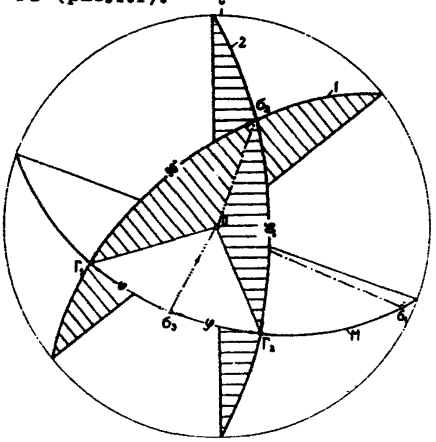


Рис. 1.1.

Плоскости сопряженных сместителей 1 и 2 пересекаются по оси σ_2 и располагаются симметрично осям σ_3 и σ_1, лежащим в плоскости перемещения (М), перпендикулярной оси σ_2. Линии пересечения плоскости перемещения (М) с плоскостями сопряженных сместителей ($\Gamma_1 O$ для 1-го и $\Gamma_2 O$ для 2-го нарушения) отвечают направлению перемещения висячих крыльев дизъюнктивов относительно лежачих по плоскости

сместителя. Точки $Г_1$ и $Г_2$ отстоят от оси $б_3$ на угол φ, отсчитываемый по дуге плоскости перемещения (М). Приведенная схема позволяет сделать следующие выводы: 1) ось $б_2$ (средних нормальных напряжений) совпадает с линией пересечения сопряженных сместителей; 2) ось $б_2$ и линия относительного перемещения крыльев взаимно перпендикулярны и лежат в плоскости сместителя; 3) оси $б_3$ и $б_1$ лежат в плоскости, перпендикулярной линии пересечения сопряженных сместителей, и находятся с ними в постоянных угловых соотношениях: ось $б_3$ составляет со сместителем угол φ, а ось $б_1$ – угол $90^\circ - \varphi$. Угол φ, называемый углом скалывания, изменяется от 17 до 45°. Его величина зависит от состава и напряженного состояния пород.

Эти закономерности лежат в основе прогноза положения дизъюнктива в структуре и определении его типа. Для прогноза области развития отдельных дизъюнктивов решающее значение имеет установление истинных размеров и формы сместителя. С этой целью применен геометрический способ изображения разрывных нарушений, основанный на построении эпюр дизъюнктивов по известным амплитудам смещения (от максимального до нулевого значения).

1.2. Построение эпюры дизъюнктива

Существующие в настоящее время методы изображения разрывных нарушений не могут быть использованы для обоснованного прогноза направления развития или затухания дизъюнктива по изученной его части. Способ геометризации сместителей, предусматривающий построение изогипс, дает представление о пространственном положении сместителя и, частично, о его размерах, но не позволяет судить о таких важных в практическом отношении свойствах дизъюнктивов, как форма, истинные размеры и характер распределения амплитуд перемещения на сместителе. Все эти характеристики можно определить только по эпюре дизъюнктива. Ниже рассматривается методика построения эпюр дизъюнктивов с использованием основной графики горногеологической документации на шахтах Анжерского и Прокопьевского месторождений Кузбасса.

Для построения эпюры выбирались дизъюнктивы, удовлетворяющие следующим условиям:

– сместитель должен быть вскрыт горными выработками не менее чем на двух горизонтах (пластах);

– на каждом горизонте (пласте) сместитель должен быть прослежен горными выработками по простиранию или падению до выклинивания.

Рассмотрим построение эпюры дизъюнктива для условий крутого и наклонного залегания пластов.

1.2.1. Построение эпюры сместителя на основе погоризонтных планов и вертикальных проекций

Установив характер развития дизъюнктива на горизонте по планам горных работ и проверив правильность увязки его между горизонтами по вертикальным проекциям, копируем на один лист кальки следы пересечения сместителя с горизонтальной плоскостью на каждом отработанном горизонте. Вначале на одном из горизонтов копируем изучаемое нарушение, и для привязки наносим ближайшую разведочную линию или отдельные скважины. Затем, совмещая эти скважины с такими же на следующих горизонтах, копируем то же нарушение. На линиях следов сместителя показываем фактическое положение смещенных пластов. Чтобы не загружать чертеж, сами пласты можно не копировать, а отметить только точки с вычисленными амплитудами перемещения (например, по кровле пласта), в том числе и точки с нулевым смещением. Подобными построениями получаем совмещенный план следов сместителя, вскрытого горными выработками на нескольких горизонтах (-100, -200 и -300 м на рис.1.2,а).

После того как получена выкопировка следов сместителя с планов горных работ нескольких горизонтов, необходимо плоскость сместителя совместить с горизонтальной плоскостью,что достигается путем вращения ее около какой-нибудь горизонтали. Для этого (рис.1.2,б) проводят линию (АБ) вкрест простирания сместителя и в масштабе плана (в нашем примере 1:2000) строят по ней разрез, начиная от среднего горизонта -200 м. Для горизонта -300 м из точки В на линии разреза выставляют перпендикуляр вниз и откладывают на нем расстояние, соответствующее разности отметок горизонтов -300 и -200 м. Полученную точку г соединяют с точкой д на линии разреза на гор.-200 м. Отрезок гд есть истинная длина сместителя между горизонтами -300 и -200 м. Эту длину по линии разреза (АБ) откладывают в направлении падения сместителя и получают точку В', лежащую на линии сместителя гор.(-300 м) в плоскости сместителя, совмещенной с горизонтальной плоскостью. Через точку В' проводят линию, параллельную следу сместителя на гор.-300 м, и получают след горизонта (-300 м) в плоскости сместителя, совмещенного с горизонтальной плоскостью (на рис.1.2,б пунктирная линия). Таким же путем, только при построении вверх от линии разреза (АБ), находится истинная длина сместителя между горизонтами -200 и -100 м (дж) и точка е', через которую проводится вновь след сместителя гор.(-100 м).После этого соединяют линиями концы максимальных амплитуд смещения на разных горизонтах: R =7 м на гор.(-100 м), R =5 м на гор.-200 м и R =3 м на гор. (-300 м) и по-

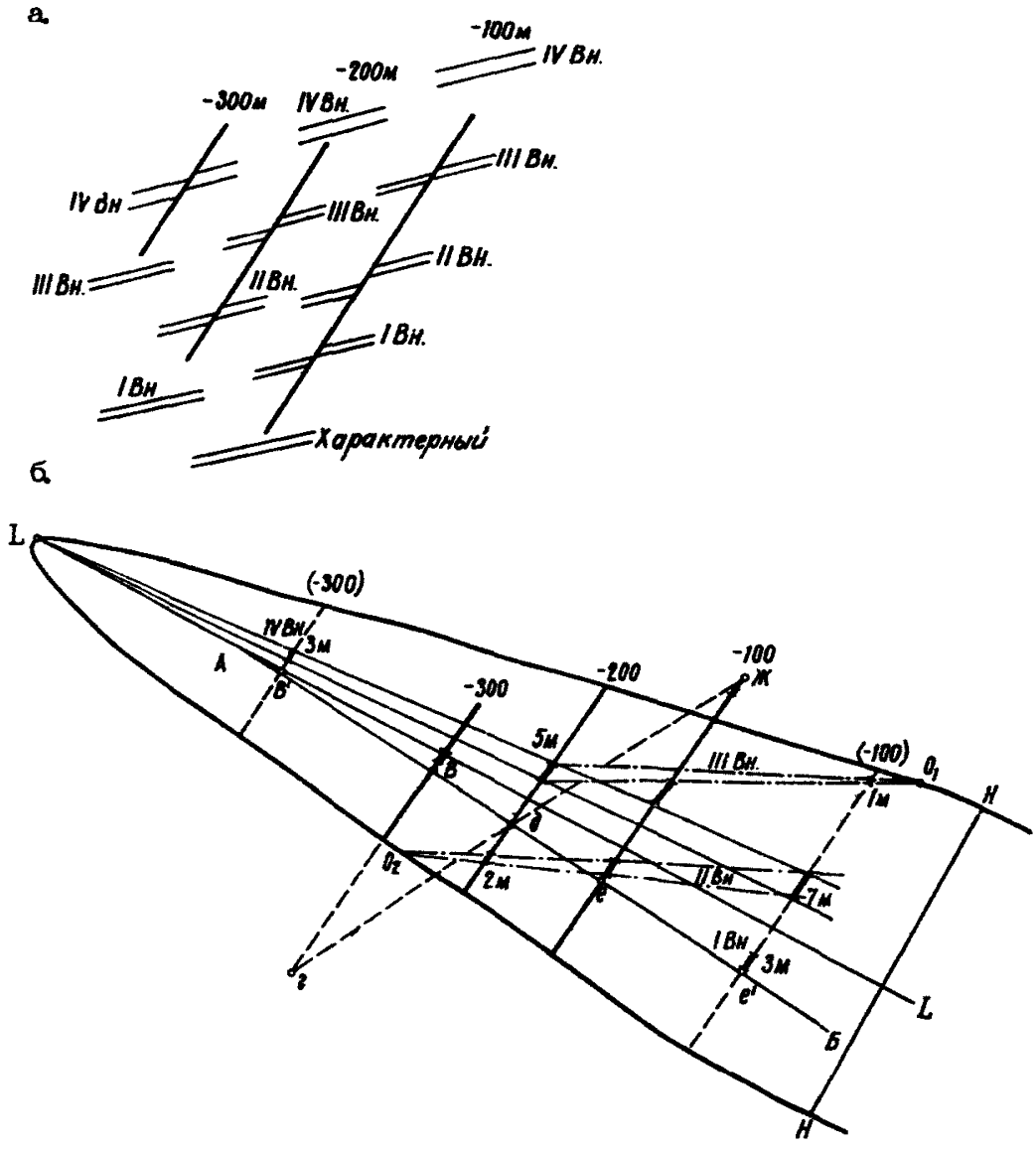


Рис. 1. 2

лучают точку выклинивания (L) сместителя в направлении его падения. Затем, проведя линии скрещения одноименных пластов на разных горизонтах для висячего и лежачего крыльев дизъюнктива и продолжив их до пересечения, получим точки с нулевой амплитудой смещения O_1, O_2, соответственно

для пластов III и II Внутренних.

Далее строят плоскость сместителя, соединяя концы новых линий следов сместителя гор.(-300), (-100) и гор.-200 м, а также точки выклинивания амплитуд (L , 0_1 и 0_2) плавной кривой, т.е. получаем контур сместителя, совмещенного с горизонтальной плоскостью и ограниченного изолинией нулевых амплитуд смещения (в данном случае построена 1/2 эпюры).

1.2.2. Построение эпюры сместителя на основе горизонтальных проекций

Совместив по разведочным линиям и скважинам планы пластов, копируем на один лист кальки линии скрещения выбранного сместителя с этими пластами (рис.1.3). На линиях скрещения показывают точки с замеренными амплитудами перемещения и их высотные отметки ($\frac{3,0}{140}$). Проградуируем линии скрещения по высотным отметкам и, соединив точки с одинаковыми отметками линиями, получим план поверхности сместителя в изогипсах. Для построения эпюры дизъюнктива необходимо поверхность сместителя совместить с горизонтальной плоскостью, что достигается вращением наклонной плоскости сместителя вокруг какой-либо ее изогипсы, при этом линии скрещения займут положение, показанное на рис.1.3 штрихпунктирными линиями. После этого соединяют плавной кривой концы линий скрещения (с нулевыми амплитудами) на разных пластах и получают поверхность сместителя, ограниченную нулевой изоамплитудой, совмещенную с горизонтальной плоскостью.

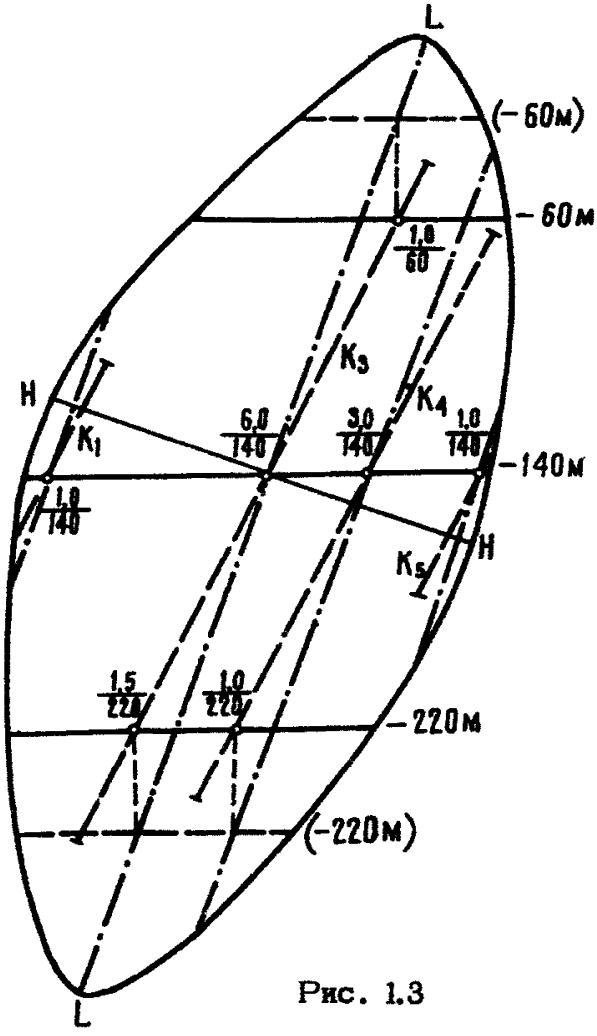


Рис. 1.3

По вычисленным значениям истинных амплитуд перемещения на каждом горизонте (пласте) в контуре нулевых амплитуд сместителя можно провести изолинии. Проведение изоамплитуд

позволяет по конфигурации изолиний более точно представить форму и характер распределения амплитуд по сместителю, выявить ориентировку осей сместителя и определить его истинные размеры.

Эпюры дизъюнктивов, построенные по данной методике, для условий Прокопьевского и Анжерского месторождений Кузбасса приводятся ниже.

1.3. Соотношение между основными параметрами дизъюнктива

На основании данных, полученных при построении эпюр дизъюнктивов Анжерского и Прокопьевского месторождений Кузбасса, установлено, что сместители, как правило, имеют удлиненную, близкую к эллипсу форму, у которых можно выделить две взаимно перпендикулярные оси симметрии - короткую, названную высотой (H), и длинную, названную длиной (L) сместителя. При этом следует иметь в виду, что с направлением короткой оси сместителя совпадает линия относительного перемещения крыльев дизъюнктива, а параллельно длинной оси располагается ось σ_2 средних нормальных напряжений.

Основные параметры дизъюнктива - полная амплитуда перемещения (R), высота (H) и длина (L) сместителя - находятся между собой в определенной зависимости. Этот вывод находит подтверждение в характере графиков, приведенных на рис.1.4-1.6, где показана зависимость высоты и длины сместителя от его полной амплитуды и величина соотношения осей сместителя. Несмотря на некоторые отклонения крайних значений от среднего, эти зависимости носят прямолинейный характер и могут быть выражены соответствующими уравнениями:

$$H \approx 20R \qquad (1.1)$$

$$L \approx 60R \qquad (1.2)$$

$$L \approx 3H \qquad (1.3)$$

Если максимальную амплитуду перемещения R принять за единицу, то для параметров дизъюнктива будет справедливо следующее соотношение:

$$R : H : L \approx 1 : 20 : 60 \qquad (1.4)$$

Использование соотношения (1.4) для определения размеров сместителя значительно упрощается, если полную амплитуду (R) заменить на одну из видимых амплитуд смещения. Однако подобная замена возможна лишь при наличии корреляционной зависимости между этими величинами. Для условий Куз-

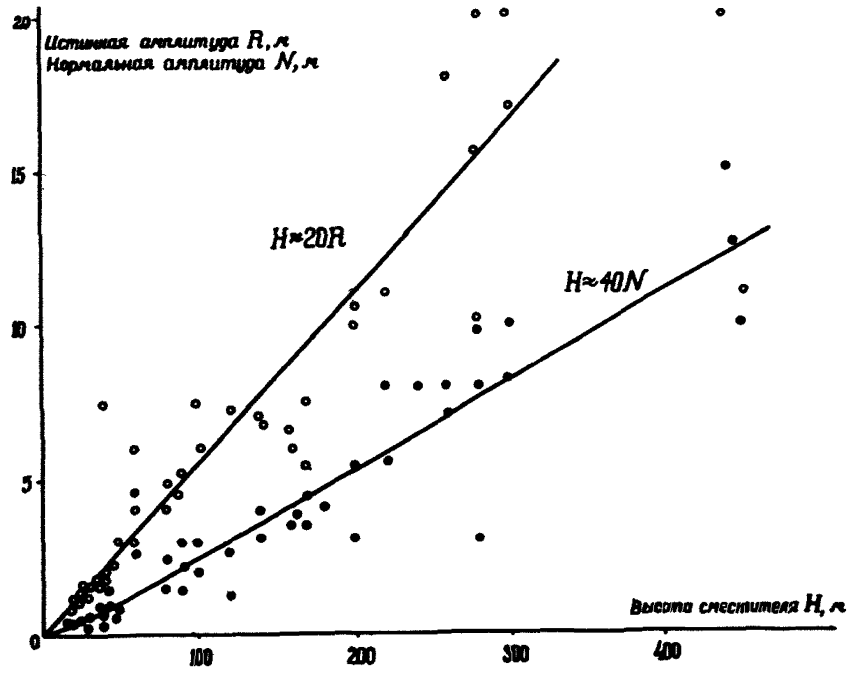

Истинная амплитуда R, м
Нормальная амплитуда N, м
H≈20R
H≈40N
Высота смесителя H, м
0
5
10
15
20
100
200
300
400

Рис. 1.4

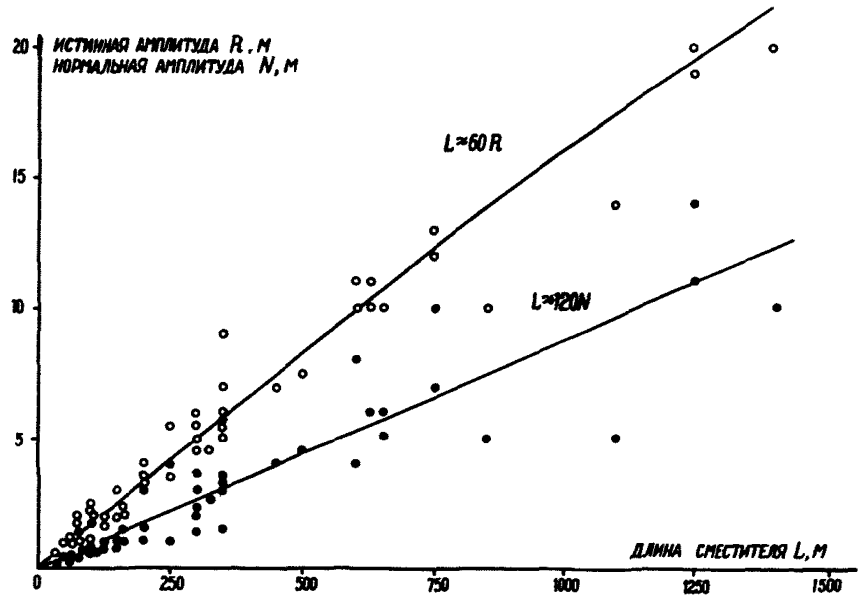

ИСТИННАЯ АМПЛИТУДА R, М
НОРМАЛЬНАЯ АМПЛИТУДА N, М
L≈60R
L≈120N
ДЛИНА СМЕСТИТЕЛЯ L, М
0
5
10
15
20
250
500
750
1000
1250
1500

Рис. 1. 5

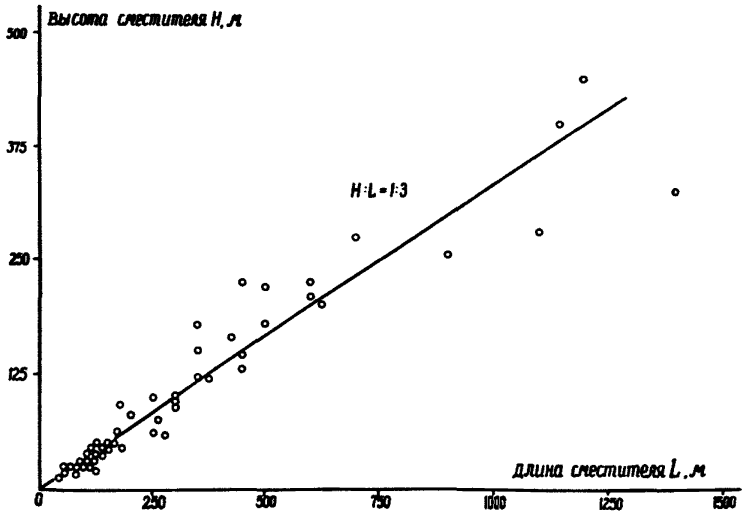


Рис.1.6

басса такая зависимость была установлена между полной (R) и нормальной (стратиграфической N) амплитудами, которая выражается отношением

$$R / N \approx 2 \qquad (1.5)$$

Подобное соотношение объясняется своеобразным геометрическим взаиморасположением плоскостей пласта и сместителя, которые, как это видно из рис.1.7, могут иметь место при следующих условиях:

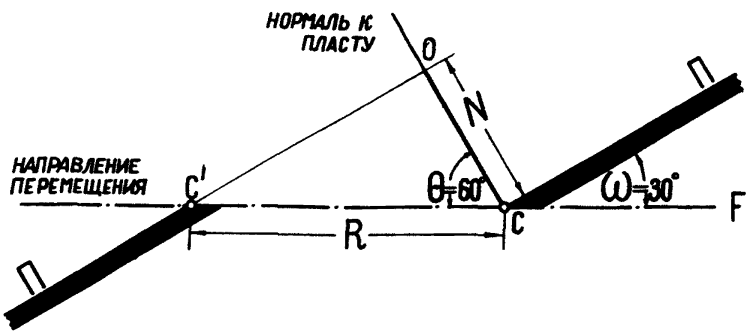


Рис.1.7

1) двугранный угол (ω) между плоскостями пласта и сместителя должен быть равен 30°;

2) угол θ, образованный нормалью (N) к пласту и линией перемещения (R), не должен превышать 60°;

3) угол δ между направлением перемещения (R) и линией скрещения (С) пласта со сместителем, измеряемый в плоскости сместителя близок к 90°.

Только при наличии таких угловых соотношений нормальная амплитуда будет равна половине истинной (как катет, лежащий против угла в 30°, в прямоугольном треугольнике $C_1 0C$, см. рис.1.7).

Постоянство угловых соотношений между перечисленными элементами пласта и сместителя (в 70% случаев) и определяет наличие корреляционной связи между полной и нормальной амплитудами для дизъюнктивов Кузбасса (рис.1.8). Подтвер-

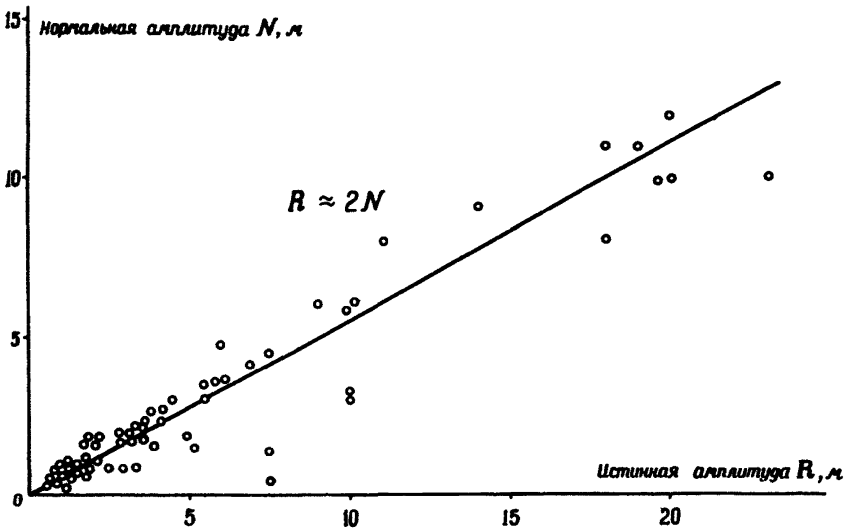


Рис.1.8

ждением этому могут служить и графики, приведенные выше (см.рис.1.4 и 1.5), на которых показана зависимость высоты и длины сместителя от нормальной амплитуды, выраженная уравнениями вида:

$$H \approx 40N \quad ; \qquad (1.6)$$

$$L \approx 120N \, . \qquad (1.7)$$

Наличие подобной корреляционной связи позволяет в соотношении (1.4) заменить полную амплитуду (R) на нормальную (N), в связи с чем оно примет вид:

$$N : H : L \approx 1 : 40 : 120 \qquad (1.8)$$

Указанные особенности строения и количественные соотношения между параметрами разрывных смещений дают возможность прогнозировать основные характеристики дизъюнктива, а также направление его развития или затухания.

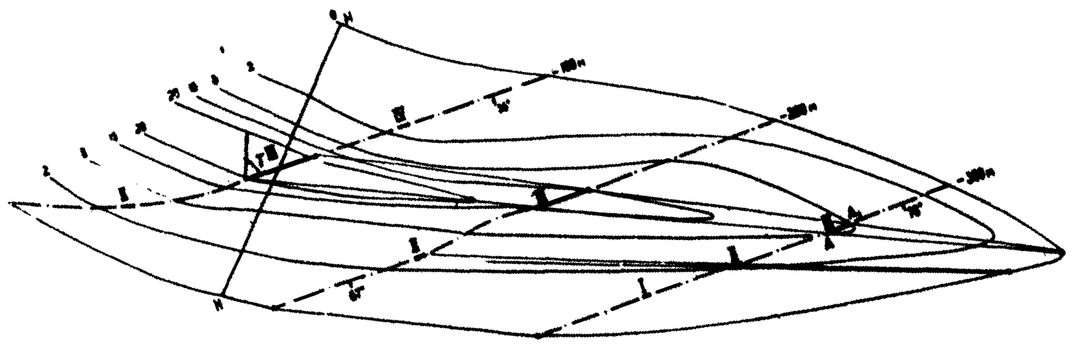
1.4. Примеры эпюр дизъюнктивов

Рассмотрим в качестве примера эпюры некоторых дизъюнктивов, смещающих как единичные пласты, так и свиты сближенных пластов с углами падения от 15 до 70°, на примере шахт Прокопьевского и Анжерского месторождений.

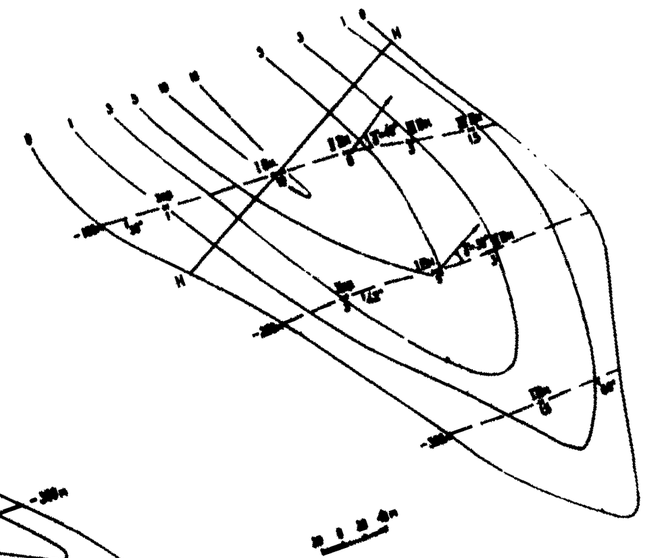
1.4.1. Прокопьевское месторождение

По шахте "Коксовая" приведено пять эпюр (рис.1.9), две из которых построены по данным отработки трех горизонтов, а три – по данным двух горизонтов. На рис.1.9,а приведена половина эпюры сместителя, вскрытого горными выработками по простиранию до выклинивания на гор.-100, -200 и -300 м. Максимальная полная амплитуда перемещения (R), равная 21,0 м, отмечена на гор.-100 м по пласту III Внутреннему. В направлении падения сместителя амплитуда постепенно уменьшается от 15,0 м на гор.-200 м (пласт III Внутренний) до 2,0 м на гор.-300 м (пласт II Внутренний). Угол γ (угол между направлением штрихов скольжения и простиранием сместителя) колеблется от +70 до +80°. Висячее крыло смещено по этому направлению вверх, образуя в плане и в разрезе вкрест простирания сместителя перекрытие пластов. По этим признакам дизъюнктив может быть отнесен к взбросу с активным перемещением висячего крыла вправо – вверх относительно простирания сместителя. По построенной половине эпюры дизъюнктива можно определить положение осей и размеры сместителя, а также сделать заключение о направлении его развития. Половина длины (1/2) сместителя, определенная по контуру нулевой изоамплитуды, равняется приблизительно 600 м, а высота H, совпадающая с направлением следов скольжения, равна 250 м. Направление длины сместителя почти совпадает с его простиранием (составляя угол в 25°), что обуславливает быстрое его затухание на нижележащих горизонтах. Максимальная амплитуда на гор.-300 м не превысит 5-7 м и будет отмечена при вскрытии пласта III Внутреннего в точках A-A' (см.рис.1.9,а), а полное его выкли-

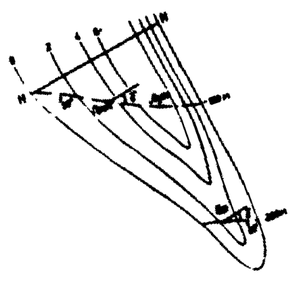
а.



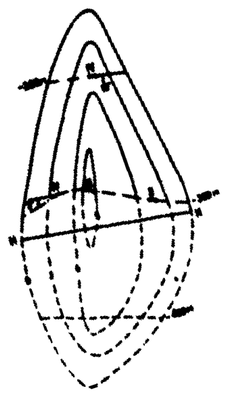
б.



в.



г.



д.

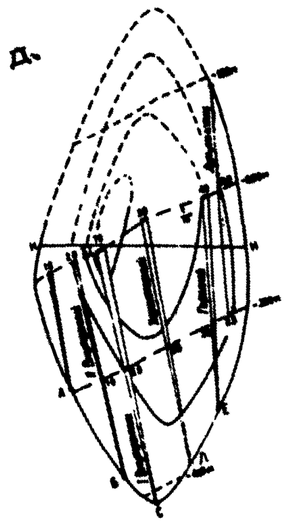


Рис. 1.9

нивание по пластам II и III Внутренний (с учетом увеличения угла падения сместителя от 56 до 78°) ожидается вблизи гор. -400 м.

Дизъюнктив, изображенный на рис.1.9,б половиной его эпюры, классифицируется как взбрососдвиг с относительным перемещением висячего крыла в направлении следов скольжения под углом γ, равным 30–40°. Размеры сместителя, определенные на половине эпюры, составляют: высота ~ 260 м, половина длины ~ 400 м при максимальной амплитуде перемещения в 10 м. Длинная ось сместителя располагается вблизи линии его падения (отклоняясь на угол, равный 30°), что обусловливает (при относительно небольшой амплитуде) развитие дизъюнктива на значительную глубину – до гор.-300 м, где амплитуда перемещения достигает 1,5 м. По мере углубления горных работ ожидается постепенное уменьшение амплитуды, и на горизонте с отметкой -400 м смещения пластов данным сместителем не предвидется.

На рис.1.9,в показана половина эпюры дизъюнктива взбрососдвигового типа, построенная по данным отработки пластов Характерного, Горелого, Лутугинского и Прокопьевского на горизонтах -100 и -200 м. Данный сместитель прослежен горными работами по простиранию до выклинивания на обоих горизонтах. Максимальная амплитуда перемещения (R), отмеченная на гор.-100 м по пласту Лутугинскому (7,5 м), постепенно уменьшается по мере углубления и достигает 2,5 м на гор.-200 м по пласту Горелому.

По замеренным штрихам скольжения (угол γ =+30–40°) и нулевой изоамплитуде сместителя можно определить положение его осей и размеры: высоту, равную 130 м, и половину длины, равную 220 м. По характеру изменения амплитуд и положению контура нулевой изоамплитуды можно сделать прогноз о том, что данный сместитель выклинится вблизи гор.-300 м.

На рис.1.9,г изображена половина эпюры дизъюнктива, построенная по данным отработки гор.-200 и -300 м. Максимальная истинная амплитуда перемещения в 9 м отмечена на гор. -300 м по пласту III Внутреннему, в направлении восстания сместителя она постепенно уменьшается от 5,0 м на гор.-200м до нуля на гор.-100 м. По простиранию на обоих горизонтах сместитель прослежен горными работами до выклинивания, что дает возможность с достаточной степенью достоверности оконтурить верхнюю половину сместителя изолинией нулевых амплитуд. По контуру нулевой изоамплитуды легко определяется положение и размеры короткой оси сместителя (высота H –H равна 150 м), направление которой совпадает с замеренными штрихами скольжения (угол γ =–160°). Перпендикулярно истинному направлению перемещения, т.е. высоте, располагается длинная ось, которая совпадает с линией падения смести-

теля. Учитывая крутое залегание сместителя (60-70°) и совпадение с его падением длинной оси, можно предположить развитие дизъюнктива и на более глубокие горизонты. Для определения истинных размеров сместителя необходимо достроить нижнюю половину эпюры дизъюнктива. Допустим, что на гор.-300 м сместитель имеет максимальные размеры, тогда, используя след сместителя, на этом горизонте как ось симметрии, достраиваем вторую половину эпюры (изоамплитуды на рис.1.9,г проведены пунктирными линиями). Из проведенного построения видно, что сместитель (при указанном выше допущении) будет иметь некоторое развитие на гор.-400 м и затухнет при приближении к горизонту с отметкой -500 м.

Эпюра дизъюнктива, приведенная на рис.1.9,д, построена по данным отработки гор.-200 и -300 м, в пределах которых сместитель прослеживается горными работами по простиранию до выклинивания. Максимальная амплитуда в 7,0 м отмечена по пласту 1 Внутреннему на гор.-200 м. По мере углубления горных работ амплитуда смещения по пластам постепенно уменьшается. Проведение линий скрещения одноименных пластов и установление точек их выклинивания А,Б,С,Д и Е соответственно для пластов III, II, 1 Внутренних, Характерного и Горелого дает возможность оконтурить сместитель нулевой изоамплитудой в направлении его падения, вблизи горизонта с отметкой -400 м. На гор.-100 м горные работы не велись, поэтому о характере распределения амплитуд в направлении восстания сместителя можно судить только предположительно, так как верхняя половина эпюры сместителя (от короткой оси Н-Н вверх) построена путем экстраполяции ее нижней части, где за ось симметрии принят след сместителя на гор.-200 м.Проведение нулевой изоамплитуды контура сместителя и наличие замеренных штрихов скольжения (угол γ =+145°) позволяет однозначно определить положение его осей и направление перемещения, показанного на рис.1.9,д линией Н-Н, по которой висячее крыло смещено влево-вверх под углом менее 45° относительно простирания сместителя. По этому признаку дизъюнктив может быть отнесен к взбрососдвигу, имеющему следующие размеры: высота - 180 м, длина - 480 м при максимальной полной амплитуде перемещения R в 7,0 м.

Все приведенные выше примеры построенных эпюр дизъюнктивов выполнены с учетом направления замеренных штрихов скольжения и по достаточно большому количеству точек (не менее 8), характеризующих изменение амплитуд сместителя от максимальной до нулевой в пределах двух или трех отработанных горизонтов, что позволяет оконтурить сместитель нулевой изоамплитудой, определить положение его осей и, следовательно, дать уверенный прогноз о развитии или затухании дизъюнктива на нижележащие горизонты. В четырех из пяти при-

веденных примеров (рис.1.9,а,б,в, и д) прогноз благоприятный, так как сместители при углублении горных работ выклинятся в пределах отрабатываемого или следующего нижележащего горизонта.

На шахте им.Ворошилова в качестве примера приведены три эпюры дизъюнктивов, две из которых построены по данным отработки двух и одна - трех горизонтов (рис.1.10).

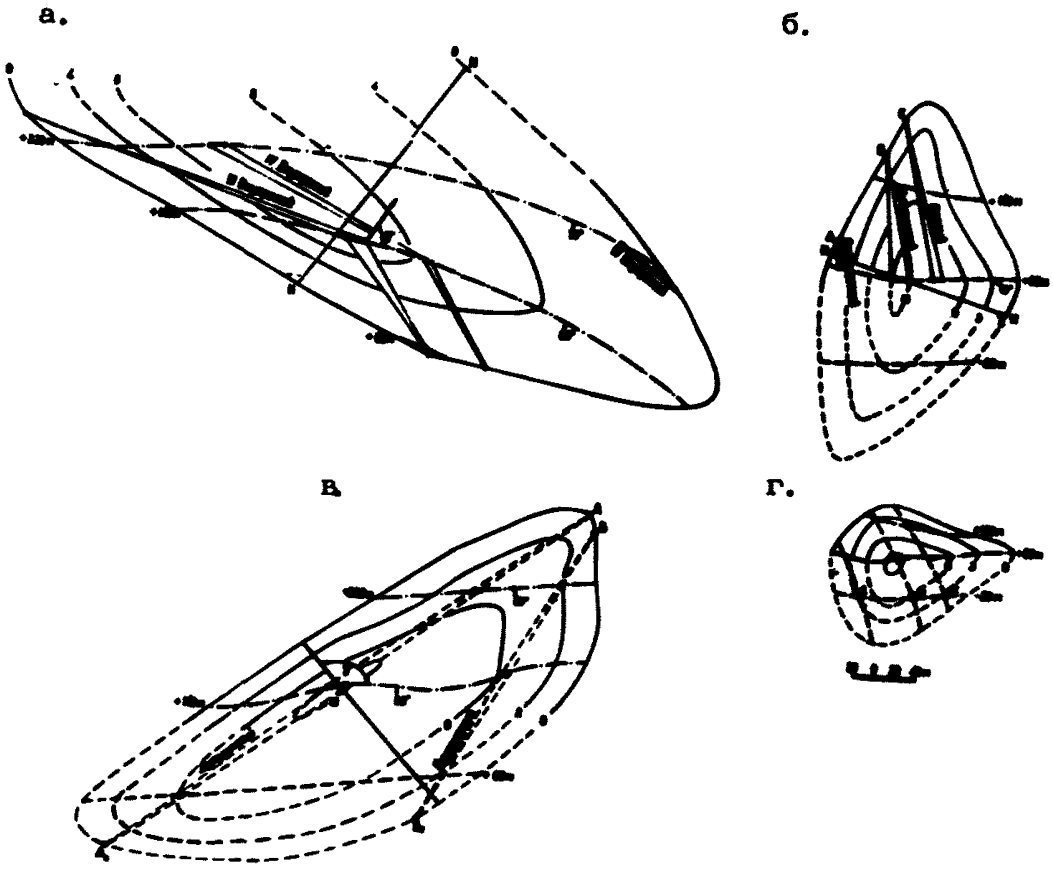


Рис.1.10

На рис.1.10,а приведена нижняя половина эпюры дизъюнктива, крутопадающий сместитель которого прослежен горными работами по простиранию до выклинивания на гор.+220, +140 и +60 м. Максимальная истинная амплитуда (R =14 м) отмечена на гор.+140 м по пласту III Внутреннему. В направлении восстания и падения сместителя она постепенно уменьшается до 12,0 и 1 м соответственно на гор.+220 и +60 м. Направление длинной оси, определенное в соответствии с положением замеренных штрихов скольжения (угол γ =+70°) и контура нулевой изоамплитуды, совпадает с простиранием

сместителя, что обуславливает быстрое его затухание и выклинивание в пределах отработанных горизонтов (гор.+220, +140 и +60 м). По направлению перемещения крыльев и знаку смещения (перекрытие) данный дизъюнктив близок к чистому взбросу, у которого висячее крыло перемещалось вправо вверх относительно простирания сместителя (на рис.1.10,а это направление показано стрелкой). Дизъюнктив имеет следующие размеры, определенные по половине эпюры: высота H – 280 м, длина – 350 м.

На рис.1.10,б изображена эпюра крутопадающего дизъюнктива, построенная по данным отработки гор.+140 и +60 м, в пределах которых сместитель прослежен горными работами до выклинивания. Максимальная амплитуда в 10 м отмечена по пласту Лутугинскому на гор.+60 м, на гор.+140 м максимальная амплитуда в 5 м отмечена на пласте Горелом, а на гор. +220 м она равна нулю, т.е. наблюдается постепенное уменьшение амплитуды в направлении восстания сместителя. По фактическому смещению пластов с учетом положения замеренных штрихов скольжения (угол γ =+150–160°) определяется, что висячее крыло перемещалось влево вверх относительно простирания сместителя. Если учесть, что вектор перемещения располагается в остром угле между линией скрещения и простиранием сместителя, то данный дизъюнктив может быть классифицирован как взбрососдвиг обратный, характеризующийся различным знаком смещения в разрезе и на плане (в первом случае перекрытие, во втором – зияние). Совпадение длинной оси сместителя с его падением дает основание предполагать значительное развитие дизъюнктива на более глубокие горизонты. Если принять, что след сместителя на гор.+60 м соответствует его максимальному развитию (амплитуде), то путем экстраполяции (используя след сместителя на этом горизонте как ось симметрии) можно достроить нижнюю половину эпюры и сделать прогноз о характере развития данного дизъюнктива на нижележащие горизонты. С учетом проведенных построений определены размеры сместителя: высота H – 180 м и длина – 400 м. Выклинивание данного сместителя ожидается вблизи горизонта с отметкой – 100 м. На гор.–20 м сместитель будет встречен при отработке пластов Прокопьевского, Лутугинского и Горелого в точках A, B и C с амплитудами перемещения соответственно в 3,5 и 3 м. Координаты точек A, B и C легко определяются при совмещении проекции эпюры дизъюнктива на горизонтальную плоскость (см.рис.1.10,г) с планами горных работ соответствующих горизонтов.

На рис.1.10,в в качестве примера рассматривается прогноз развития дизъюнктива на нижележащие горизонты по его эпюре, построенной по данным отработки пластов Лутугинского и Прокопьевского на гор.+220 и +140 м. Полная амплитуда пе-

ремещения для пласта Лутугинского изменяется от 10,0 м на гор.+140 м до 4,7 м на гор.+220 м, а для пласта Прокопьевского соответственно от 6,0 до 2,0 м. Продолжение линий скрещения (на рис.1.10,в, тонкие пунктирные линии) пластов со сместителем, проведенных по кровле смещенных частей пласта, в направлении восстания сместителя до их пересечения в точках А и Б, где амплитуда перемещения равна нулю, дает выклинивание сместителя. Приняв истинную амплитуду перемещения пласта Лутугинского на гор.+140 м, равную 10,0 м, за максимальную и проведя через точку линию, параллельную штрихам скольжения (замеренный угол $\gamma = +120^{\circ}$), определяют положение короткой оси сместителя, которая в то же время соответствует истинному направлению перемещения крыльев дизъюнктива (линия Н-Н). Используя высоту сместителя как ось симметрии, достраиваем вторую половину эпюры. По фактическому смещению пластов и направлению перемещения описываемый дизъюнктив может быть классифицирован как взбрососдвиг. В результате проведенных построений выявлен контур сместителя, ограниченный изолинией нулевых амплитуд с высотой - 200 м, и длиной - 600 м при принятой максимальной амплитуде в 10,0 м. Установив размеры сместителя и ориентировку его осей в пространстве, можно определить точки встречи изученного дизъюнктива и его примерную амплитуду на нижележащих горизонтах. В приведенном примере выклинивание сместителя ожидается между гор.+60 и -20 м. Амплитуда перемещения пластов Лутугинского и Прокопьевского на гор.+60 м составит соответственно -6,0 и 2,0 м.

Из трех приведенных примеров определения и прогноза размеров дизъюнктивов по их эпюрам в двух случаях можно ожидать дальнейшего развития их сместителей на более глубокие горизонты (см.рис.1.10,а и 1.10,б) и лишь в одном случае прогноз благоприятный - дизъюнктив быстро выклинится в пределах нижнего отрабатываемого горизонта (см.рис.1.10,а).

По шахте им.Калинина в качестве примера рассматривается эпюра сместителя (рис.1.11,а), построенная для крутопадающего дизъюнктива, заключенного между двумя крупными литерными нарушениями $Д_2$ и $Д_3$. Описываемый дизъюнктив вскрывается горными выработками, пройденными по пласту Горелому на двух горизонтах. Максимальная амплитуда в 10 м отмечена на гор.+220 м и по мере углубления горных работ постепенно уменьшается до 6,0 м на гор.140 м. Короткая ось сместителя, определенная по контуру нулевой амплитуды, совпадает с замеренным направлением штрихов скольжения (угол $\gamma = +135^{\circ}$, что в свою очередь предопределяет положение длинной оси, которая располагается диагонально по отношению к линии простирания сместителя).

Уменьшение амплитуды перемещения в направлении падения

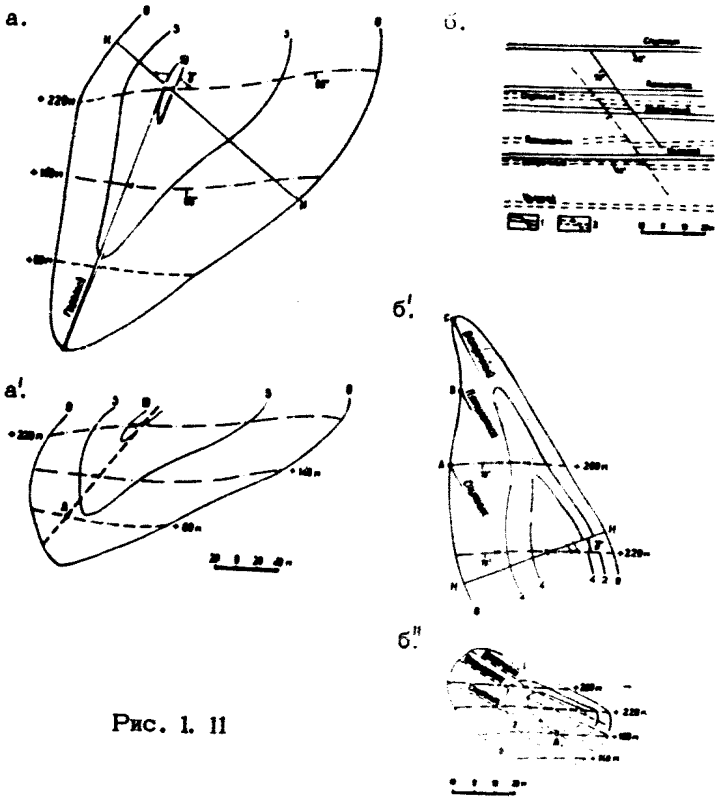


Рис. 1. 11

сместителя и диагональное относительно его простирания положение максимального размера (длины) делают благоприятным прогноз развития дизъюнктива на нижележащие горизонты. Выклинивание сместителя ожидается между гор.+60 и -20 м, амплитуды смещения по пласту Горелому в точке А (см.рис.1.11,а) на гор.+60 м не превысит 3-4 м. По фактическому смещению пластов (зияние) и вектору перемещения данный дизъюнктив классифицируется как взбрососдвиг и имеет следующие размеры, определенные по половине эпюры: высота - 220 м, длина - 550 м.

По шахте "Зенковская" приведена половина эпюры дизъюнктива, прослеженного горными выработками по простиранию до выклинивания на двух горизонтах (рис.1.11,б). На гор.+260 м сместитель вскрывается по двум пластам - Встречному и Пятилетка-с амплитудами перемещения, соответственно равными 3,0 и 1,5 м. На гор.+220 м сместитель смещает три пласта: Встречный, Пятилетка и Спутник с амплитудами перемещения соответственно в 4,5, 5,5 и 1,5 м. То есть по ме-

ре углубления горных работ размеры и амплитуда сместителя увеличиваются, что с учетом установленного положения осей (длинная ось совпадает с направлением его падения (см.рис. 1.11,б) делает прогноз развития дизъюнктива на нижележащие горизонты неблагоприятным для эксплуатации. Если принять размеры и амплитуду смещения на гор.+220 м за максимальные, то можно ожидать затухание данного дизъюнктива лишь где-то в районе горизонта с отметкой +140 м (см.рис. 1.11,б). По вектору перемещения, определенному по контуру сместителя и направлению штрихов скольжения (замеренный угол $\gamma = -20^{\circ}$), а также фактическому смещению пластов (зияние) дизъюнктив классифицируется как сбрососдвиг, размеры которого, определенные по построенной половине эпюры, составляют: высота - 75 м, длина - 250 м при максимальной амплитуде перемещения в 5,5 м.

1.4.2. Анжерское месторождение

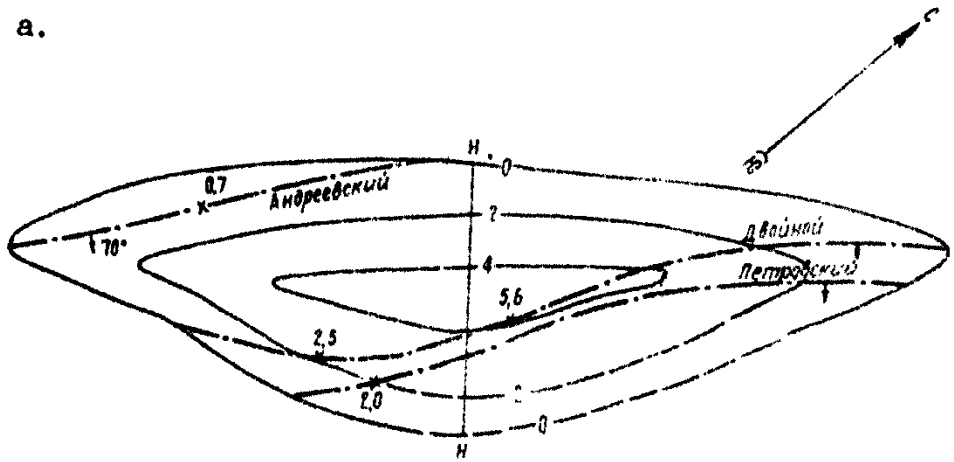
В качестве примера рассмотрим эпюры некоторых разрывных нарушений, полученных по шахтам "Судженская", "Анжерская", "Восход" и "Сибирская", отрабатывающих свиту пластов центральной группы с углами падения от 15 до 40°.

По шахте "Судженская" приведено две эпюры. В первом случае (рис.1.12,а) эпюра построена по данным отработки трех пластов - Андреевского, Двойного и Петровского, в пределах которых разрывное нарушение прослежено горными работами по простиранию до выклинивания. Максимальная амплитуда перемещения (R) в 5,6 м отмечена по пласту Двойному. В направлении падения и восстания сместителя амплитуда заметно уменьшается - от 2,0 м на пласте Петровском до 0,7 м по пласту Андреевскому. Наличие точек с нулевым смещением в пределах отрабатываемых пластов позволяет оконтурить площадь сместителя нулевой изоамплитудой и тем самым определить его размеры и ориентировку осей. Высота равна 60 м, а длина - 210 м. Совпадение длинной оси сместителя с его простиранием позволяет сделать заключение об уменьшении размеров и амплитуды дизъюнктива на следующих нижележащих пластах (Тонком и Коксовом).

По эпюре второго нарушения (рис.1.12,б), построенной по данным отработки четырех пластов (Двойного, Петровского, Тонкого и Коксового), имеется возможность определить размеры сместителя (высота - 80 м, длина - 350 м), установить тип дизъюнктива (по положению короткой оси - и фактическому смещению пластов - зияние) - сброс, а также сделать прогноз о том, что размеры и амплитуда нарушения по мере углубления горных работ будут уменьшаться постепенно.

Нарушение по шахте "Анжерская" (рис.1.13,а) в соответствии с направлением перемещения, определенном по положению

а.


С
Н
0
0,7
Андреевский
70°
2
Двойной
4
Петровский
5,6
2,5
2,0
0

б.

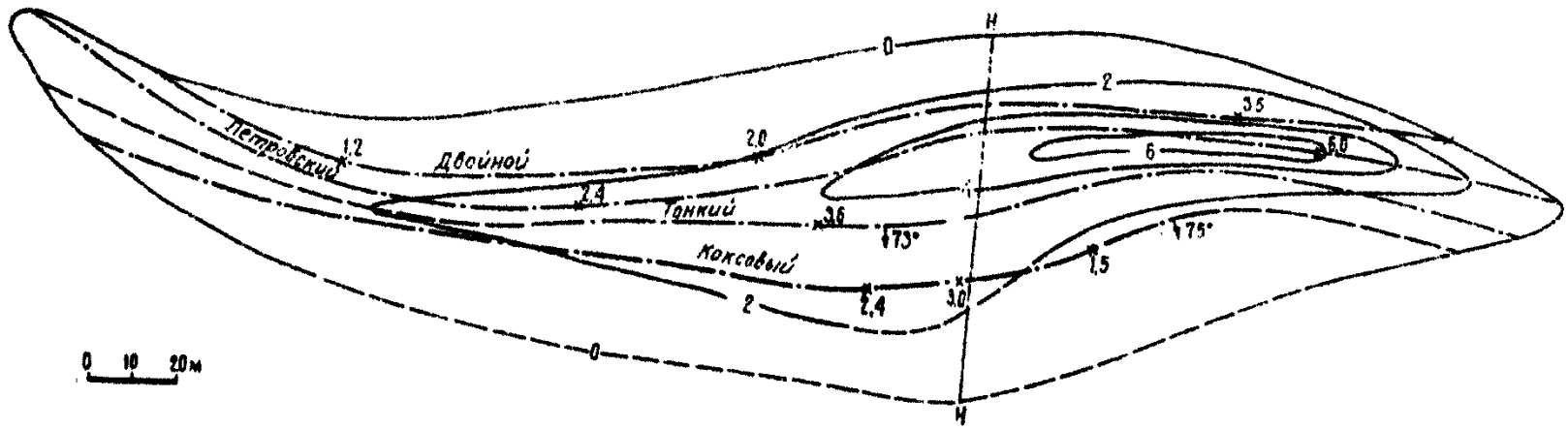

Н
0
2
3,5
6
5,0
Петровский
1,2
Двойной
2,0
2,4
Тонкий
3,6
73°
Коксовый
2
2,4
3,0
1,5
75°
0
0 10 20м
Н

Рис. 1.12

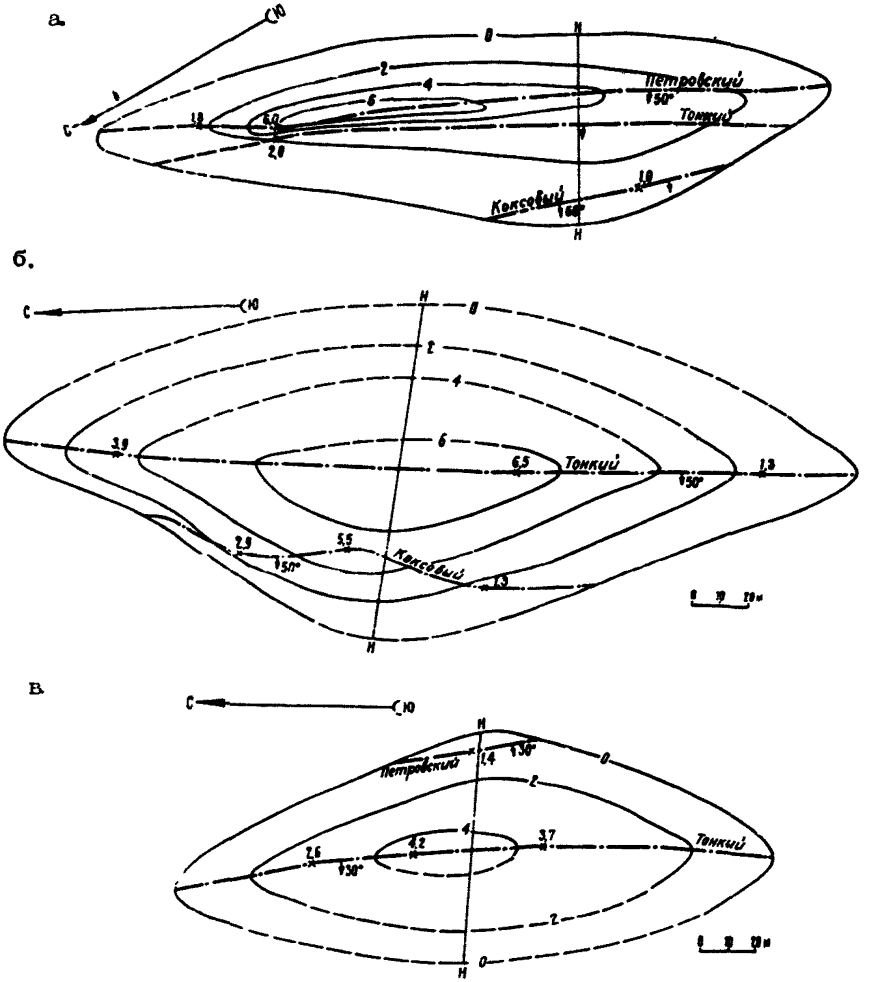


Рис. 3.13

короткой оси (угол $\gamma = 90^{\circ}$), и фактическому смещению крыльев (перекрытие), классифицируется как чистый взброс. Максимальная амплитуда (R), равная 6,0 м, отмечена по пласту Петровскому, в направлении падения-восстания сместителя амплитуда постепенно уменьшается от 1,0 м на пласте Коксовом до полного выклинивания вблизи пласта Андреевского. Наличие точек с нулевым смещением (3) и установленный характер изменения амплитуд позволяют достаточно точно оконтурить сместитель нулевой изоамплитудой и тем самым

определить ориентировку его осей и истинные размеры (высота - 70 м, длина - 270 м). Совпадение длинной оси сместителя с его простиранием делает прогноз развития нарушения на нижележащие пласты благоприятным - нарушение быстро выклинивается.

По шахте "Восход" (рис.1.13,б) приведена эпюра дизъюнктива, построенная по данным отработки пластов Тонкого и Коксового, в пределах которых сместитель прослежен по простиранию до выклинивания. Максимальная амплитуда (R) в 6,5 м отмечена по пласту Тонкому, в направлении падения сместителя она уменьшается, достигая 5,5 м на пласте Коксовом. Проведение нулевой изоамплитуды, достоверно оконтуривающей нижнюю половину эпюры, позволяет определить размеры сместителя (H =130 м, L =310 м) и сделать прогноз, что нарушение на нижележащих пластах быстро выклинивается.

По шахте "Сибирская" (рис.1.13,в) приведена эпюра дизъюнктива взбросового типа, построенная с учетом экстраполяции верхней половины сместителя. Прогноз размеров нарушения и характера его развития на нижележащие пласты неблагоприятный - возможно как дальнейшее увеличение амплитуды и размеров, так и их постепенное уменьшение.

Таким образом, построение эпюры дизъюнктива позволяет определить размеры сместителя, ориентировку его осей в пространстве, направление перемещения и тип дизъюнктива, характер распределения амплитуд и тем самым дать прогноз направления развития и затухания дизъюнктива относительно подготавливаемых к отработке участков.

ГЛАВА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСЕЙ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Ориентировка осей тектонических напряжений, действующих в массиве горных пород, в значительной мере определяет тектоническую структуру района, поскольку многократное перераспределение главных напряжений в ходе формирования района как самостоятельной структуры создает отличные от первоначальных направления деформаций.

От ориентировки осей напряжений по отношению к слоям горных пород зависит ориентировка разрывных и складчатых структур, тип дизъюнктивных нарушений, интенсивность проявления тектонической нарушенности, поэтому выявление осей тектонических напряжений в конкретном районе позволяет восстановить характер полей напряжений, обусловивших образование тех или иных структурных форм, развитых на исследуемой площади, а в ряде случаев и решать частные задачи, касающиеся диагностики разрывных смещений и тектонической трещиноватости, определения вектора перемещения крыльев дизъюнктива, прогноза ряда элементов его.

2.1. Определение ориентировки осей тектонических напряжений по содизъюнктивной трещиноватости

Определение расположения осей напряжений (σ_3 ; σ_2 ; σ_1) по содизъюнктивной [x] трещиноватости осуществляется путем построений на поперечной азимутальной сетке Каврайского. С помощью сетки на кальку наносятся полюсы содизъюнктивных трещин (рис.2.1) и меридиан (M), являющийся проекцией плоскости действия минимальных (σ_1) и максимальных (σ_3) тектонических напряжений. Из числа систем, полюсы которых лежат на меридиане M , выбираются две сопряженные (1а–1в), одна из которых (1а) представлена трещинами, параллельными сместителю /4/.

Как указывалось выше, ось максимальных главных напряжений (σ_3) находится в остром угле между плоскостями сопряженных трещин, поэтому на диаграмме ось σ_3 находится на биссектрисе тупого угла между полюсами этих трещин. Ось минимальных главных напряжений σ_1 располагается также на меридиане M и отстоит от оси σ_3 на 90°. Ось

---

x) Трещины, связанные с формированием дизъюнктива, т.е. с образованием сместителя и с перемещением крыльев, названы содизъюнктивными.

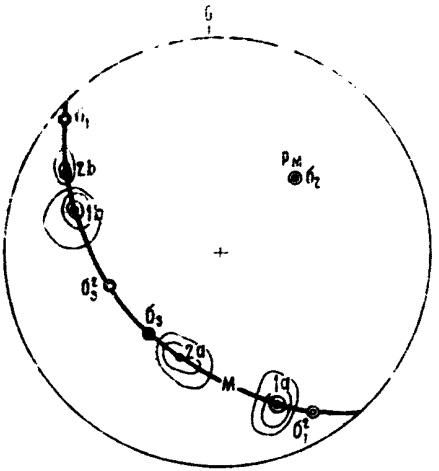


Рис. 2.1

средних по величине напряжений $б_2$ совпадает с полюсом меридиана М (P_M).

Аналогичным образом определяется положение осей напряжений, обусловивших деформации последующих порядков, при этом ось максимальных сжимающих усилий выявляется по сопряженным трещинам соответствующего порядка (на рис.2. 2а-2в - полюсы систем трещин второго порядка $б_3^2$ и $б_1^2$ оси напряжений, обусловивших образование этих трещин).

2.2. Определение ориентировки осей тектонических напряжений по известным элементам залегания сопряженных сместителей

Для решения этой задачи на сетке строятся проекции сопряженных сместителей 1 и 2 (см.рис.1.1). Линия скрещения этих плоскостей является осью средних по величине напряжений $б_2$. Плоскость, перпендикулярная линии скрещения (оси $б_2$), является плоскостью действия максимальных ($б_3$) и минимальных ($б_1$) напряжений. Для построения проекции этой плоскости (М) ось $б_2$ приводится на горизонтальный диаметр сетки и от оси $б_2$ отсчитывается угол 90°. Меридиан, проходящий через полученную точку, и является проекцией искомой плоскости (М). Угол между точками ($Г_1$ и $Г_2$)

пересечения проекций плоскостей сместителя (1 и 2) с дугой M (отсчитываемый на этой дуге) равен 2φ. На биссектрисе угла 2φ лежит ось σ_3. Для выявления положения оси σ_1 на дуге M откладывается угол 90° от оси σ_3.

2.3. Определение ориентировки осей тектонических напряжений по известным элементам залегания сместителя, штрихам скольжения и знаку смещения

Определение ориентировки осей напряжений для дизъюнктива, у которого известно положение смещенных частей пласта и величина вектора перемещения R. Задача решается следующим образом (рис.2.2). По известным элементам залегания

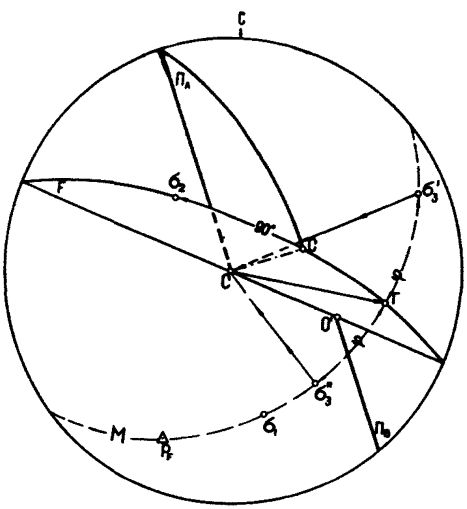


Рис.2.2

строим проекции плоскости сместителя (F) и полуплоскостей пласта в лежачем (Π_A) и висячем (Π_B) крыльях, отстоящих друг от друга на известную амплитуду (l). На дуге проекции сместителя откладываем угол γ, равный по условию задачи 30°, получаем точку Г (линия ГО – проекция линии перемещения). Далее, совместив линию простирания сместителя с вертикальным диаметром сетки, по дуге сместителя откладываем от точки Г 90° и получаем проекцию оси средних нормальных напряжений σ_2, которая, как известно, лежит в плоскости сместителя. Затем, установив ли-

нию проекции оси σ_2 на горизонтальный диаметр, проводим через точку проекции линии перемещения (точку Г) и полюс сместителя (точку P_F), перпендикулярную ей плоскость перемещения М, в которой находятся оси σ_3 и σ_1. Ось σ_3 может занимать одно из двух положений, на дуге сместителя М, отстоя от проекции линии перемещения ОГ на угол равный углу скалывания φ. Принимая величину угла скалывания $\varphi = 36^\circ$ x), откладываем на дуге плоскости перемещения М по обе стороны от точки два положения оси σ_3 : σ_3' и σ_3''. Учитывая, что сжимающие напряжения σ_3 направлены к центру О, определяем соответствие направления сжатия σ_3' и σ_3'' вектору перемещения и фактическому положению смещенных частей пласта в висячем и лежачем крыльях дизъюнктива. Как видно из рис.2.2, ось сжатия σ_3'' располагается в висячем крыле сместителя и должна смещать его по направлению ГО, т.е. вниз по падению сместителя. При этом лежачее крыло должно было бы перемещаться вверх, что привело бы к образованию сброса с перекрытием пласта (в плане). В действительности мы имеем зияние пласта, т.е. положение оси σ_3'' выбрано неправильно. Ось σ_3' находится в лежачем крыле сместителя и должна перемещать его вниз по направлению ГО. В этом случае висячее крыло должно перемещаться вверх, т.е. в направлении ОГ, что соответствует имеющемуся положению пласта. Таким образом, положение оси максимального сжатия соответствует направлению σ_3'. Зная, что ось максимальных сжимающих напряжений лежит в плоскости М и отстоит от оси σ_3' на 90°, откладываем точку проекции оси σ_1. Затем, совмещая горизонтальный диаметр сетки с линиями проекций осей главных нормальных напряжений, по окружности большего круга отсчитываем азимут, а по диаметру - угол восстания точек проекций осей σ_3', σ_2 и σ_1

В приведенном примере, оси тектонических напряжений имели следующие элементы залегания:

ось σ_3' - азимут восстания 65°, угол 10°,
ось σ_2 - азимут восстания 320°, угол 54°,
ось σ_1 - азимут восстания 165°, угол 33°.

---

x) Методика определения величины угла скалывания приводится ниже.

2.4. Определение ориентировки осей тектонических напряжений с помощью построения эпюры смесителя

В случае, когда не известна ориентировка штрихов скольжения на смесителе, положение осей напряжений ($\sigma_3 - \sigma_1$) может быть установлено с помощью построения эпюры смесителя (методику построения эпюры см.в 1.2).

Использование этого метода основано на том, что линия перемещения крыльев дизъюнктива совпадает с короткой осью эпюры, поэтому, имея эпюру всего смесителя или его части, можно получить ориентировку линии перемещения и построить на дуге-проекции смесителя точку Γ, характеризующую положение линии перемещения в пространстве.

Последующие построения на сетке полностью аналогичны приведенным в решении предыдущей задачи.

2.5. Угол скалывания

Как отмечалось выше, величина угла скалывания зависит от физико-механических свойств горных пород и величины главных нормальных напряжений.

Значения угла скалывания для конкретного геологического района или определенной разновидности горных пород могут быть определены лабораторными методами или путем анализа материалов натурных наблюдений за трещиноватостью или дизъюнктивами.

Последний способ более прост и доступен широкому кругу исследователей. Его основой является положение о том, что сопряженные поверхности скалывания располагаются по отношению друг к другу под углом 2φ поэтому необходимым условием определения величины φ является нахождение подобных поверхностей, проявляющихся в виде трещин или разрывных нарушений со смещением.

Как показала практика, при работе в условиях угольных месторождений наиболее простым является обнаружение подобных трещин в угле, вблизи дизъюнктивных нарушений, где резко увеличивается интенсивность трещиноватости и выявление сопряженных трещин не составляет большого труда.

Наиболее удобным способом их диагностики является массовый замер элементов залегания трещин (развитых в зоне влияния дизъюнктива) с последующей обработкой результатов наблюдений на стереографических сетках.

Построив круговую диаграмму трещиноватости и выявив системы содизъюнктивных трещин, находим проекцию плоскости перемещения (плоскости действия главных нормальных напряжений $\sigma_1 - \sigma_3$), на дуге которой лежат полюсы выявлен-

ных систем. Системы трещин, полосы которых лежат на этой дуге и отстоят друг от друга на угол 110-120° являются полюсами сопряженных трещин. Угол между плоскостями таких трещин (2φ) составит соответственно 80-70° (как дополнительный до 180°), а угол скалывания (φ) будет равен 40-35°.

При наличии штрихов скольжения на сместителях разрывных нарушений угол скалывания может быть определен на основе анализа их пространственной ориентировки. Суть этого метода состоит в выявлении сопряженных сместителей и измерении двугранного угла между ними.

Выявление сопряженных сместителей производится следующим образом. На кальке строятся круговые диаграммы, на которые наносятся проекции осей средних по величине тектонических напряжений (σ_2) и проекции линий перемещения крыльев дизъюнктивов (штрихов скольжения).

Участок концентрации точек - проекций осей σ_2 -совмещается с горизонтальным диаметром сетки и проводится меридиан, отстоящий на 90° от центра системы. Проекции линий перемещения сопряженных дизъюнктивов лежат на этом меридиане, а угол между ними равен φ.

Угол скалывания, определенный такими способами для вмещающих пород и углей, составляет 36° /3,4/.

ГЛАВА 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ПРОГНОЗ ЭЛЕМЕНТОВ И ПАРАМЕТРОВ ДИЗЪЮНКТИВА

3.1. Элементы залегания сместителя, линия скрещения

Поверхность, по которой происходит разрыв сплошности пород, называется сместителем. Поверхности сместителя имеют чаще всего изогнутую форму, но на небольшом протяжении ее можно принять за плоскую. Сместитель в пространстве может занимать наклонное, вертикальное и горизонтальное положение. По расположению горных пород относительно положения сместителя различают крылья: висячее, находящееся над сместителем, и лежачее, находящееся под сместителем.

Элементами, характеризующими положение сместителя в пространстве, являются: азимут простирания или падения и угол падения поверхности, условно принятой за плоскость.

Важным элементом, характеризующим дизъюнктив, является линия скрещения, которой называется линия пересечения поверхности сместителя с плоскостью пласта. При пересечении сместителя с пластом большой мощности, выделяют линию скрещения с почвой или кровлей пласта. Различают линии скрещения в висячем и лежачем крыльях нарушения.

Можно рассматривать положение линии скрещения относительно простирания пласта или сместителя, при этом определяется взаимоположение их в вертикальном или горизонтальном сечениях.

По положению линии скрещения относительно простирания пласта разрывные нарушения в горизонтальном сечении делятся на продольные, поперечные и диагональные. Диагональные нарушения называются правыми, если они направлены вправо от падения пород, и левыми, если направлены влево.

Скрещение (взаимное расположение сместителя и пласта) в вертикальном сечении определяется величиной угла, заключенного между сместителем и висячим крылом пласта (V). Величина этого угла может меняться от 0 до 180°.

По положению линии скрещения на плоскости пласта можно выделить несколько видов скрещений. Характерными точками, по которым можно определить изменение вида скрещения, являются направления падения сместителя (C) и пласта ($П_д$), направление простирания сместителя (при угле падения в 90°), пересечение пласта и сместителя с образованием двугранного угла в 90°.

Скрещения бывают (рис.3.1): остроугольное согласное, если линия скрещения располагается между простиранием пласта и направлением падения сместителя (I); согласное особое – между линиями падения пласта и сместителя (II); соглас-

ное тупоугольное – от направления падения пласта до направления простирания сместителя (Ш); несогласные остроугольные – от простирания сместителя до линии скрещения со сместителем, образующим с плоскостью пласта двугранный угол 90° (1У); несогласные тупоугольные – от линии скрещения – перпендикулярных плоскостей до простирания пласта (У).

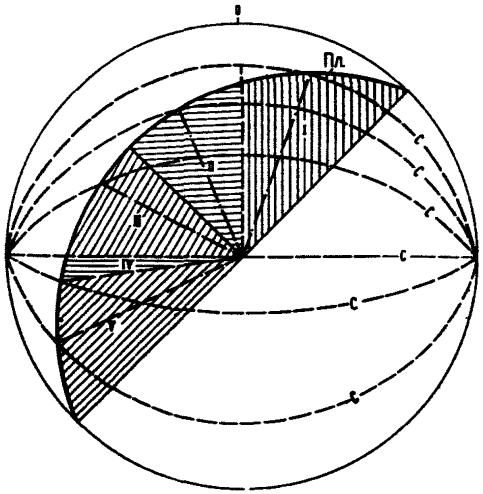


Рис.3.1

Для определения вида скрещения необходимо знать положение линии скрещения на плоскости пласта, а, следовательно, элементы залегания сместителя и пласта и, естественно, линии скрещения.

Определение элементов залегания сместителя и линии скрещения возможно непосредственно в натуре или с помощью геометрических построений (в случае, когда непосредственные замеры произвести не удается).

Замеры элементов залегания непосредственно в натуре производятся компасом. Измерение элементов залегания сместителя или линии скрещения в участках с магнитными помехами производят способом подмеров от точки, положение которой известно относительно маркшейдерской точки. С помощью рулетки по стенкам выработки измеряем расстояние до 2 точек сместителя, расположенных на одном горизонте. Угол падения измеряется угломером. В камеральных условиях вычерчивается контур выработки, по замеренным расстояниям наносят положение точек сместителя, соединяют их и определяют азимут простирания сместителя или направление линии скрещения.

В случаях, когда непосредственное определение элементов залегания сместителя или линии скрещения невозможно, то используют геометрические построения, которые целесообразно производить на стереографических сетках или способом числовых отметок.

Ниже даны примеры определения элементов залегания сместителя и положение линии скрещения.

1. Определить элементы залегания сместителя, если известно, что в северной стенке штрека он падает на восток под углом 31°, а в восточной – на север под углом 42° .

Строим в выбранном масштабе график заложений, для чего проводим две параллельные прямые. В произвольно выбранной точке О откладываем углы 31° и 42° и проводим прямые ОГ и ОВ . Получаем заложения для сместителя в двух взаимно перпендикулярных сечениях (рис.3.2,а). Затем наносим

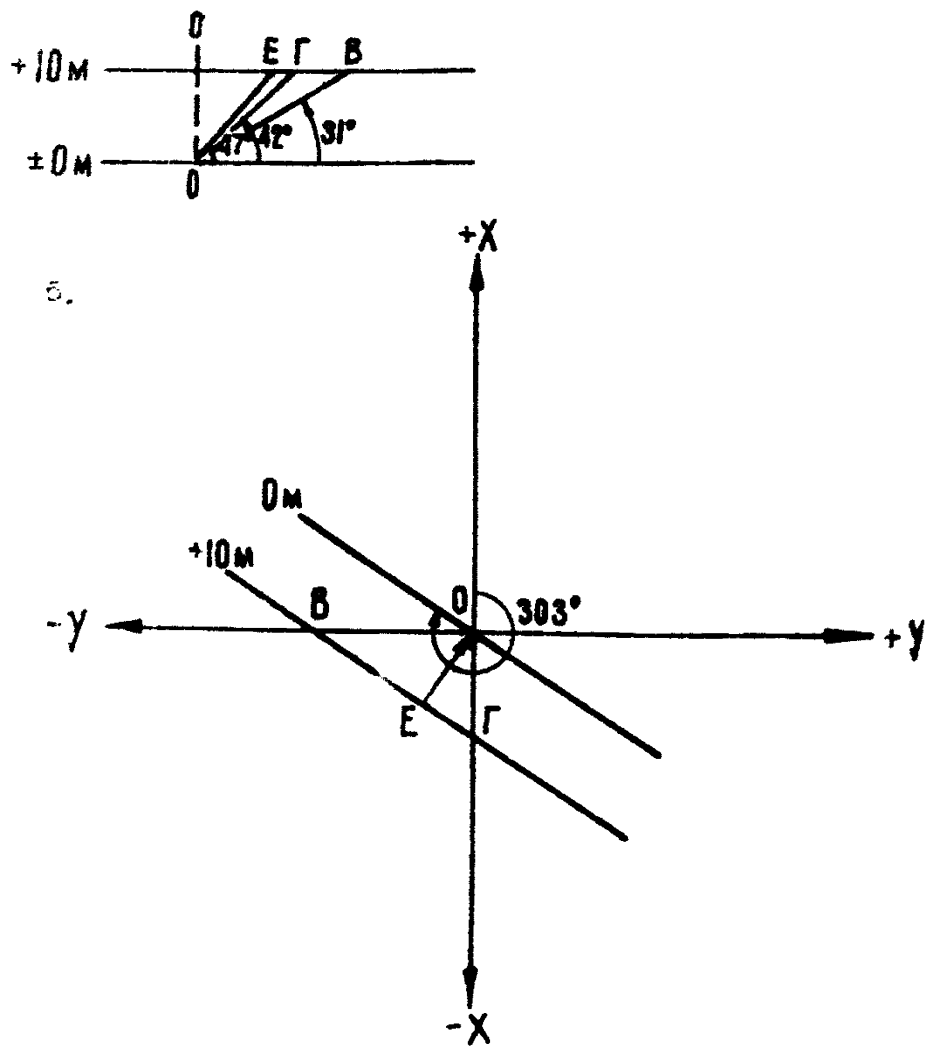


Рис.3.2

линии простирания стенок выработки, которые в данном случае совпадают с направлением системы координат (рис.3.2,б). По направлению стенок выработки строим заложение сместителя по данному сечению. Через точки одинаковых отметок проводим линию простирания сместителя. Транспортиром относительно системы координат определяем азимут простирания, а по заложению между горизонталями вкрест простирания сместителя определяем угол падения.

Для решения задачи с помощью азимутальных проекций (рис.3.3), наносим положение сместителя по северной стенке

шурфа (прямая Оа) и по восточной стенке (прямая Об). Вращая чертеж на сетке, находим такое положение, при котором точки а и б будут находиться на одном меридиане, который и является проекцией плоскости сместителя. Копируем меридиан. Определяем азимут и угол падения сместителя – аз.пад.33°,∠47°.

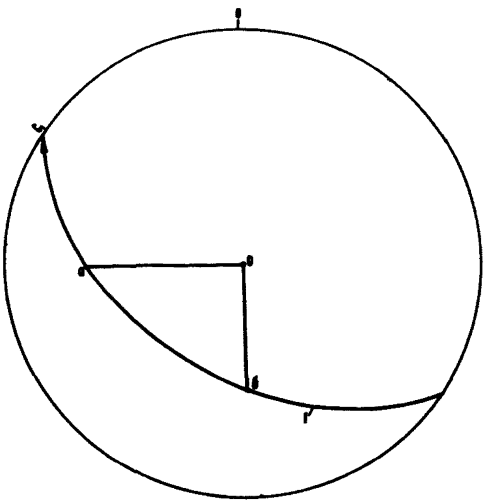


Рис. 3.3

2. Определить угол падения сместителя, если известно его простирание (20°), элементы залегания секущего им пласта (аз.пад.310°, ∠ 50°) и азимут линии скрещения-(296°).

По заложению ОВ (рис.3.4,а) и азимуту простирания строим плоскость пласта, наносим линию обреза пласта, отмечаем точки пересечения горизонталей пласта с линией обреза, являющейся линией пресечения пласта со сместителем (рис.3.4,б). По азимуту простирания в 20° проводим нулевую горизонталь сместителя. Через точку С (пересечение горизонтали +10 м пласта с линией обреза) проводим горизонталь сместителя +10м параллельно нулевой горизонтали. Расстояние ОГ между горизонталями является заложением сместителя. Наносим его на разрез (рис.3.4,а) и определяем угол падения сместителя -15°.

Способом азимутальных проекций определение угла падения сместителя производится следующим образом (рис.3.5). На кальку, наложенную на сетку, наносим по элементам залегания плоскость пласта, линию скрещения, направление простирания сместителя. Пересечение дуги пласта с линией скрещения обозначим буквой К. Ставим вертикальный диаметр сетки по простиранию сместителя и через точку К проводим меридиан, являющийся проекцией сместителя. По горизонтальному диаметру определяем угол падения сместителя -15°.

3. Определить элементы залегания сместителя, если известны элементы залегания пласта (аз.пр.50° ∠ 60°), угол наклона сместителя в разрезе вкрест простирания пласта (38°), угол между простиранием пласта и проекцией линии скрещения на вертикальную плоскость (131°).

По заложению (рис.3.6,а) строим проекцию пласта на горизонтальной плоскости. Перпендикулярно простиранию пласта от-

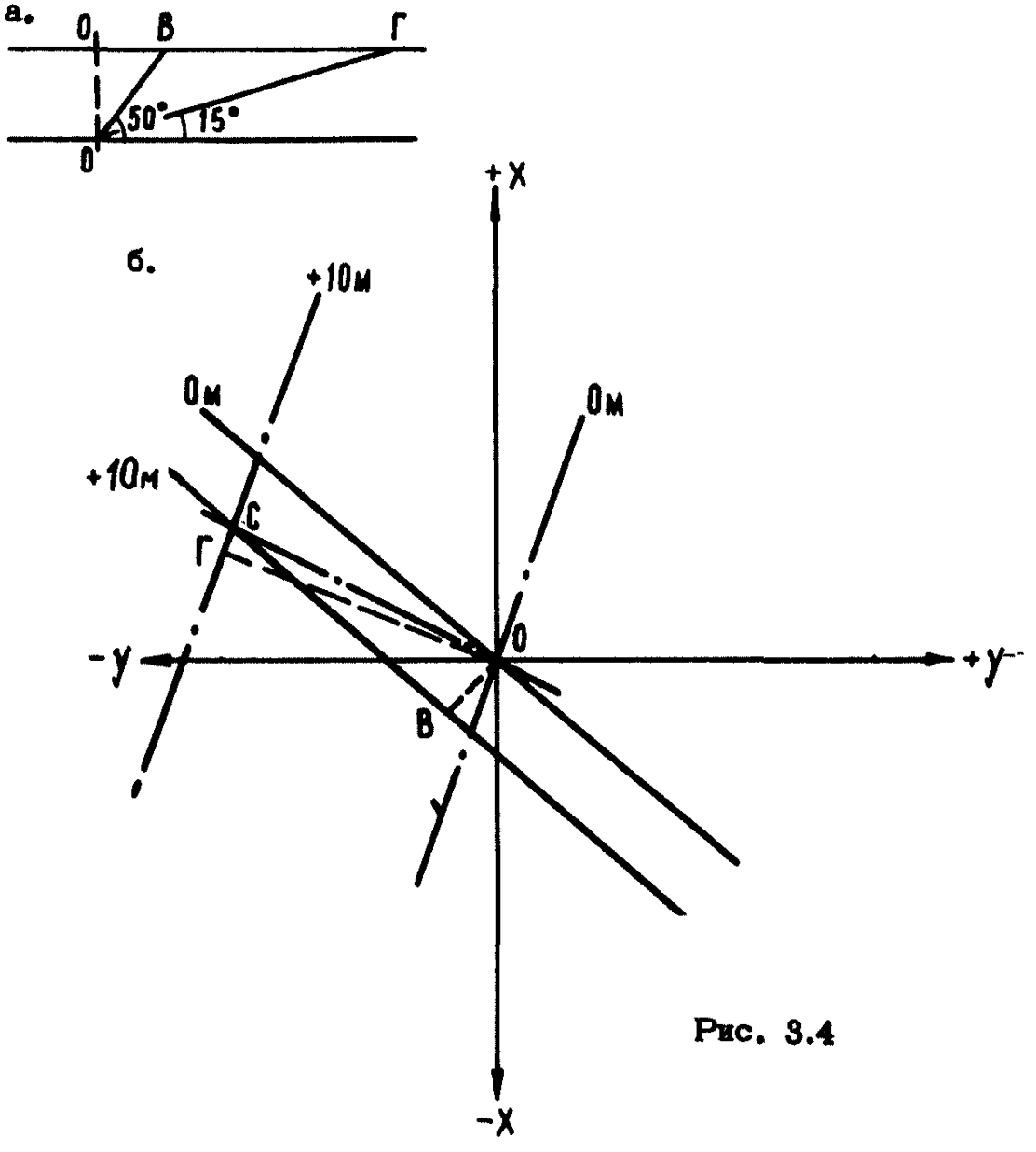


Рис. 3.4

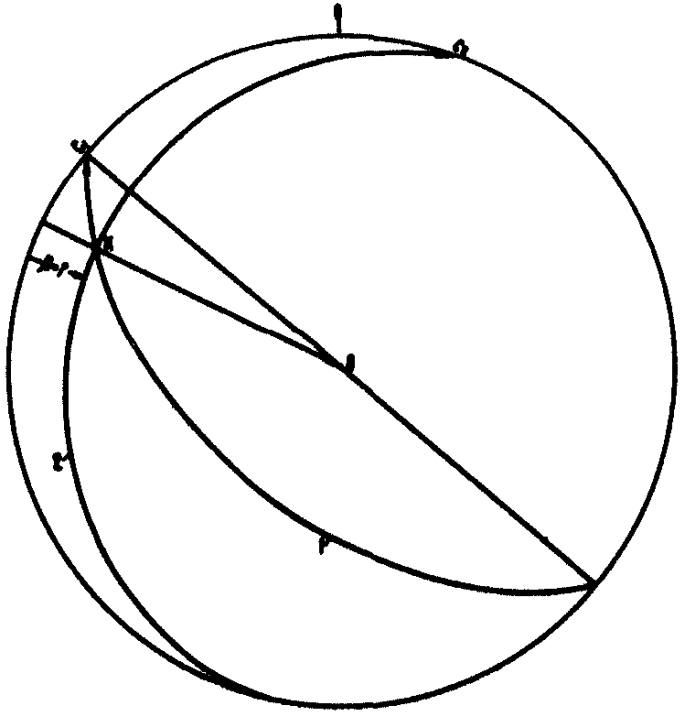


Рис. 3.5

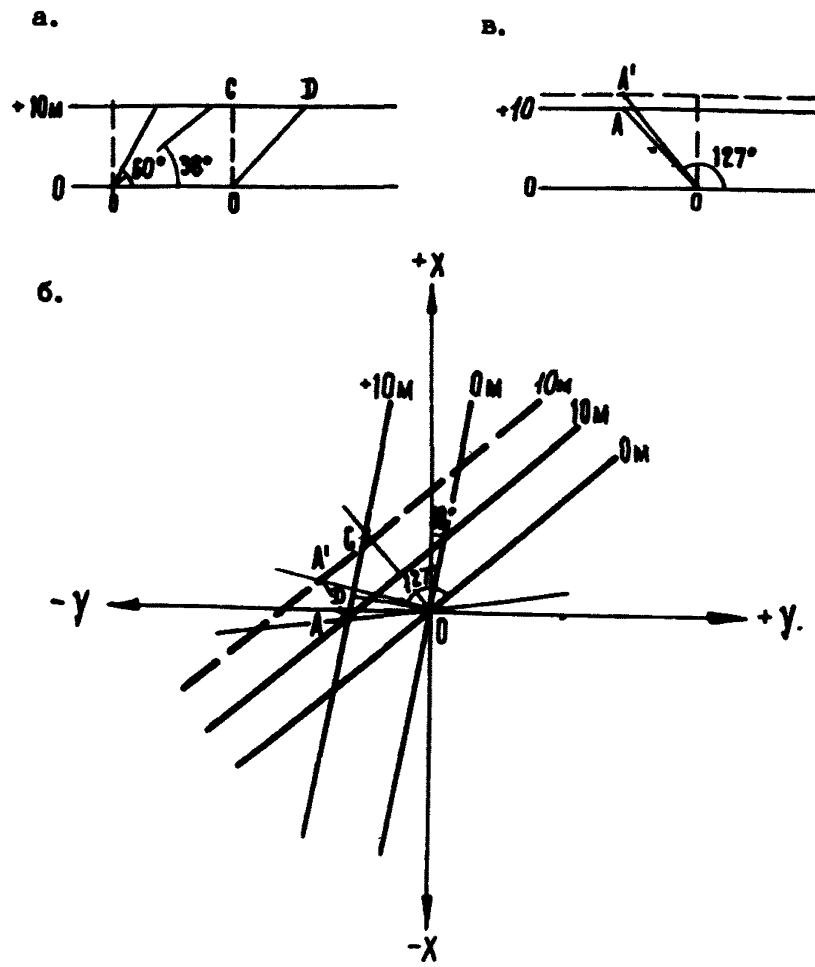


Рис.3.6

мечаем точку С, лежащую на горизонтале сместителя с отметкой +10 м, через точку 0 проходит горизонталь сместителя с отметкой 0м (рис.3.6,б).

На вертикальной проекции (рис.3.6,в) по простиранию пласта откладываем угол до проекции линии скрещения (0A), совмещаем плоскость пласта с вертикальной плоскостью, при этом точка A займет положение A', а прямая $0A'$ является линией скрещения в плоскости пласта. Определяем угол между линией скрещения и простиранием пласта.

Наносим линию скрещения на пласт, совмещенный с горизонтальной плоскостью (рис.3.6,б), приводим вращением вокруг горизонтали 0м плоскость пласта в наклонное положение, точка A' линии скрещения займет положение точки A, линия

скрещения займет положение OA . Через точки A и C проводим горизонталь сместителя с отметкой +10 м, через точку O параллельно проводим горизонталь Oм . Определяем азимут простирания сместителя (10°), по заложению OD на вертикальной проекции определяем угол наклона 47°.

Для определения положения сместителя с помощью азимутальных проекций (рис.3.7) на кальку, наложенную на сетку, наносим по исходным данным проекцию пласта (1). Проводим проекцию вертикальной плоскости, перпендикулярной пласту, и наносим проекцию линии пересечения ее со сместителем OE отложив угол 38°, совмещаем направление простирания пласта с вертикальным диаметром сетки и откладываем угол η =131° (точка M). Затем, совместив простирание пласта с горизонтальным диаметром сетки, проводим меридиан через точку M , пересечение меридиана с проекцией пласта (точка K) является линией скрещения пласта и сместителя. Вращаем сетку до того момента, когда точки K и E попадут на один меридиан, проводим его. Этот меридиан и является искомой плоскостью сместителя (C_2). Определяем элементы его залегания. Аз.пр.10°, ∠ 47°.

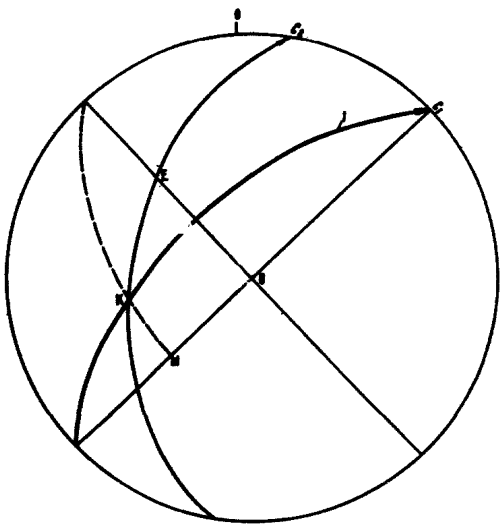


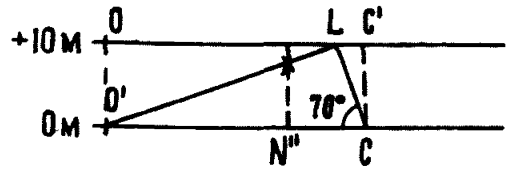
Рис. 3.7

4. Определить угол падения сместителя, если азимут простирания его 250°, горизонтальная скважина, пробуренная по азимуту 180°, пересекла сместитель под углом 62°.

На горизонтальную плоскость (рис.3.8,б) относительно системы координат xy наносят линию простирания сместителя OM и перпендикуляр к плоскости сместителя ON , проводим направление пробуренной скважины OP . При совмещении плоскости, проведенной через скважину и перпендикуляр к сместителю, с горизонтальной плоскостью, перпендикуляр ON займет положение OK , которое составляет с осью скважины угол 90° − 62° = 28°.

Построим заложение для перпендикуляра к сместителю. Поскольку вращение производится относительно горизонтали OP , то перпендикулярно к ней проведена линия 1–1, при этом

а.



б.

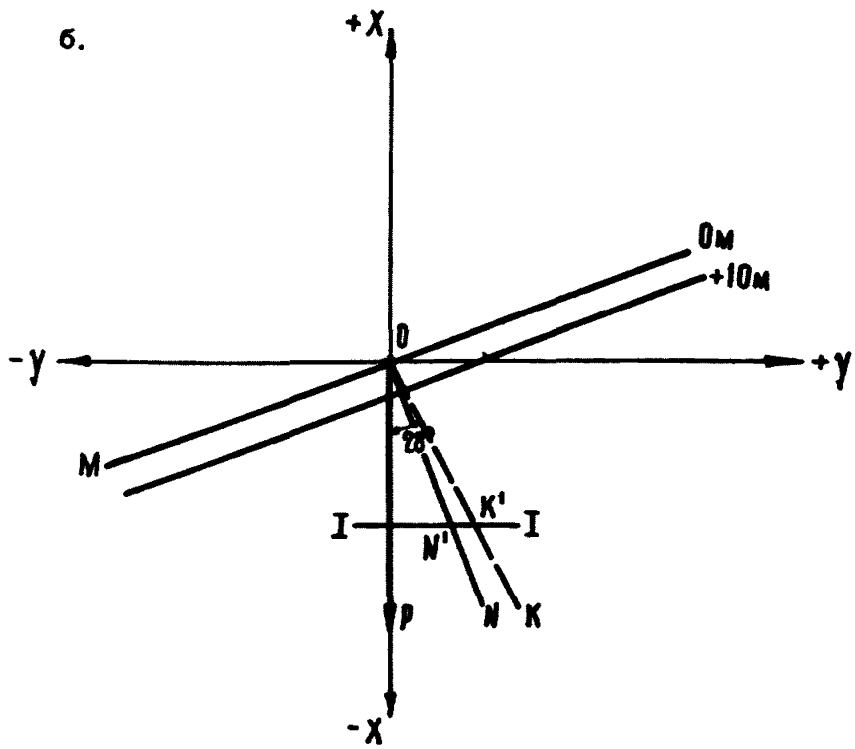


Рис.3.8

$0N'$ является горизонтальным заложением на горизонте X а $0K'$ – истинной величиной на том же горизонте. Для определения угла на рис.3.8,а из точки $0'$ (гор. 0м) раствором циркуля $0N'$ делаем засечку $0N''$ и проводим перпендикуляр, раствором циркуля $0K'$ делаем засечку на перпендикуляре. Через точку пересечения из $0'$ (гор. 0м) проводим прямую, которая пересекается с горизонталью +10м в точке L , величина $0'L$ будет являться заложением перпендикуляра к плоскости сместителя для принятого интервала сечений в 10 м, проводим перпендикуляр LC и определяем угол наклона сместителя в 70°. По заложению LC' строим горизонталь сместителя +10 м.

В решении подобных задач способом числовых отметок могут быть ошибки порядка $\pm 5^{\circ}$, обусловленные неточностью построения. Гораздо точнее и быстрее эта задача решается с помощью стереографических проекций.

Определение угла падения сместителя с помощью азимутальных проекций менее сложно (рис.3.9).

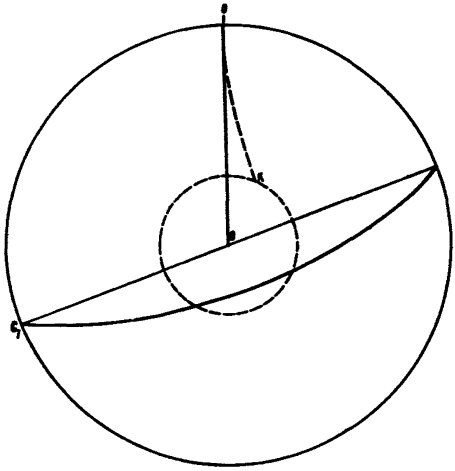


Рис. 3.9

На кальку, наложенную на сетку, наносим направление простирания сместителя C_1 и направление горизонтально пробуренной скважины 00 Вращением сместителя вокруг простирания приводим его в горизонтальное положение. При этом горизонтальная скважина переместится на окружность с радиусом $90^{\circ} - 62^{\circ}$ и займет положение в точке K . Угловое расстояние, на которое переместится скважина, равно углу падения сместителя, в нашем случае оно равно 70°.

Определение положения линии скрещения является достаточно простым при наличии элементов залегания пласта и сместителя. Независимо от того, согласно или несогласнопадающими являются плоскости пласта и сместителя, линия скрещения в проекции с числовыми отметками определяется однотипно, а именно, линия, соединяющая пересечение одноименных горизонталей.

5. Определить элементы залегания линии скрещения, положение ее на плане и вертикальной проекции, если аз.пр.пласта $20^{\circ} \angle 40^{\circ}$, а сместителя - $330^{\circ} \angle 70^{\circ}$.

Определяем горизонтальное заложение для плоскости пласта и сместителя (рис.3.10,а). Строим плоскости по известным элементам залегания и заложению в принятом масштабе относительно системы координат xy . Точки пересечения одноименных горизонталей M и O соединяем прямой, определяем азимут погружения линии скрещения - 134° (рис.3.10,б). Заложение OM откладываем на вертикальный разрез и определяем угол погружения линии скрещения - 37°.

Азимут погружения характеризует положение линии скрещения на плане.

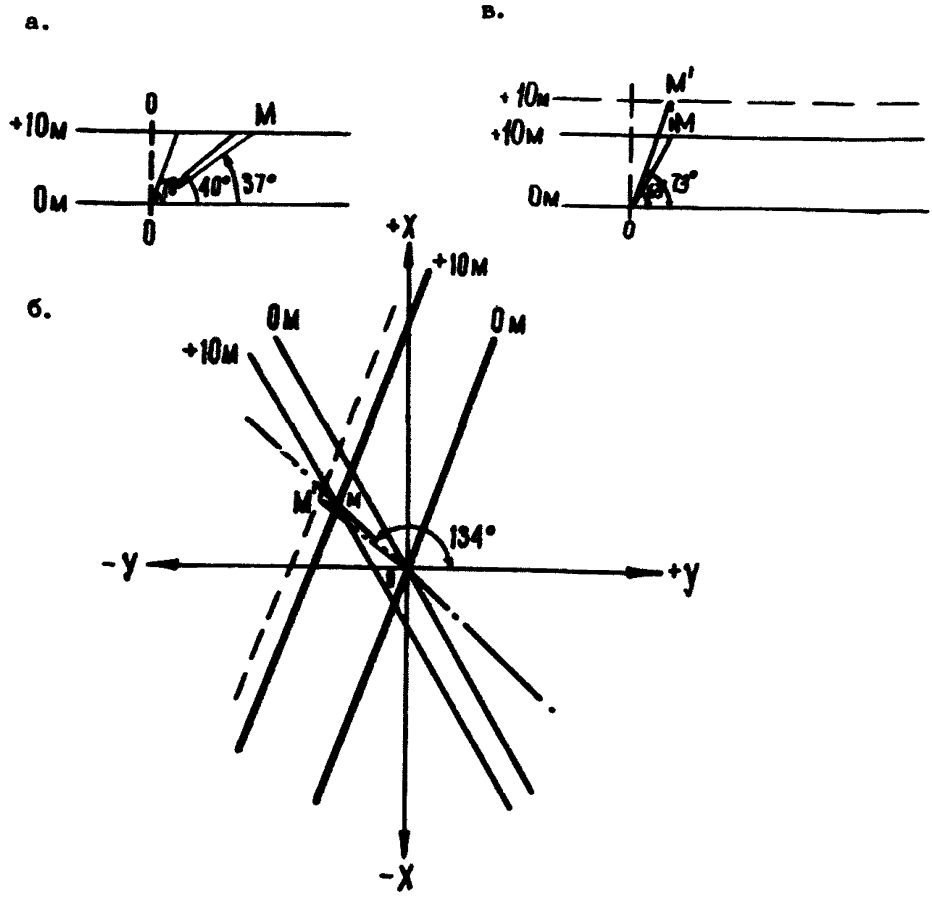


Рис.3.10

Для определения положения линии скрещения на вертикальной проекции необходимо определить угол между простиранием пласта и линией скрещения в плоскости пласта. Совмещаем плоскость пласта с горизонтальной плоскостью (рис.3.10,б) вращением вокруг нулевой горизонтали. Точка М линии скрещения займет положение М' . Направление 0М' и будет являться линией скрещения в плоскости пласта. Определяем угол от простирания пласта до линии 0М' - 73°. Совмещаем плоскость с вертикальной плоскостью (рис.3.10,в) вращением вокруг нулевой горизонтали, при этом горизонталь +10 м займет новое положение (штриховая линия). В плоскости пласта откладываем угол 73° и проводим линию скрещения в плоскости пласта (0М'). При возвращении плоскости пласта в исходное положение точка М' займет на вертикальной проекции новое

положение - M . Линия OM будет являться проекцией линии скрещения на вертикальную плоскость. Определяем угол между простиранием пласта и линией скрещения на вертикальной проекции - 63°.

Наносим на кальку, наложенную на сетку (рис.3.11), по элементам залегания проекцию пласта (дуга 1) и сместителя (дуга 2). Точка K , пересечение этих дуг, является проекцией линии скрещения. Точку K помещаем на горизонтальный диаметр и по нему определяем угловое расстояние до точки K, соответствующее углу наклона линии скрещения - 37°, отметка на внешнем круге сетки у конца горизонтального диаметра показывает направление падения линии скрещения - 134°.

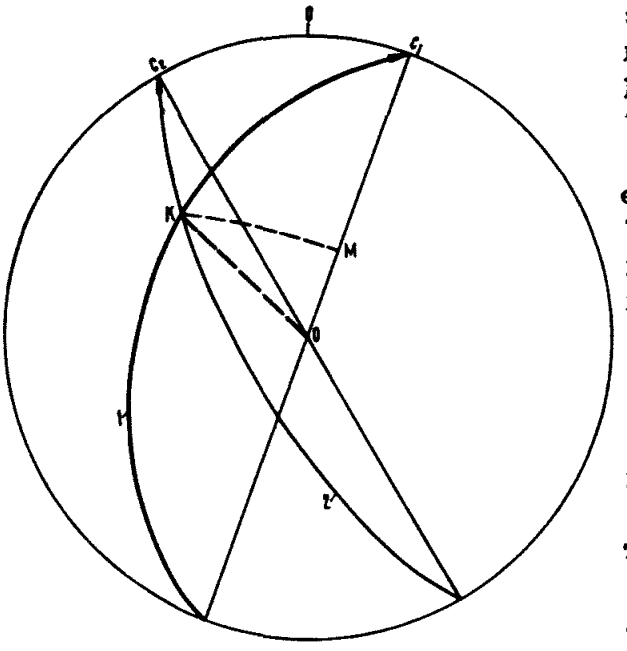


Рис.3.11

Совмещаем проекцию пласта с горизонтальным диаметром сетки. По меридиану, проходящему через точку K , спроектируем ее на диаметр сетки (точка M), являющейся проекцией линии скрещения на вертикальной проекции. Угол от простирания пласта до точки M будет характеризовать положение линии скрещения на вертикальной проекции - 63°.

6. Определить угол наклона линии скрещения и ее расположение в плане, если известны элементы залегания пласта (аз.пр.50°, ∠ 60°), угол между простиранием пласта и сместителя 340° и угол на вертикальной проекции от простирания пласта до линии скрещения - 120°.

На вертикальной проекции определяем угол наклона линии скрещения в проекции пласта (AO). Для этого совмещаем плоскость пласта (AO) с вертикальной плоскостью вокруг горизонтали ±0 м (рис.3.12,а), точка O займет положение O' . Соединяем точки O' и A , получим искомый угол, который равен 116°.

Строим проекцию пласта на горизонтальную плоскость, для построения определяем заложение (рис.3.12,б), проводим направление простирания сместителя. На плоскость пласта, совмещенного с горизонтальной плоскостью, наносим линию скрещения OA' (рис.3.12,в) по углу 116° от направления прости-

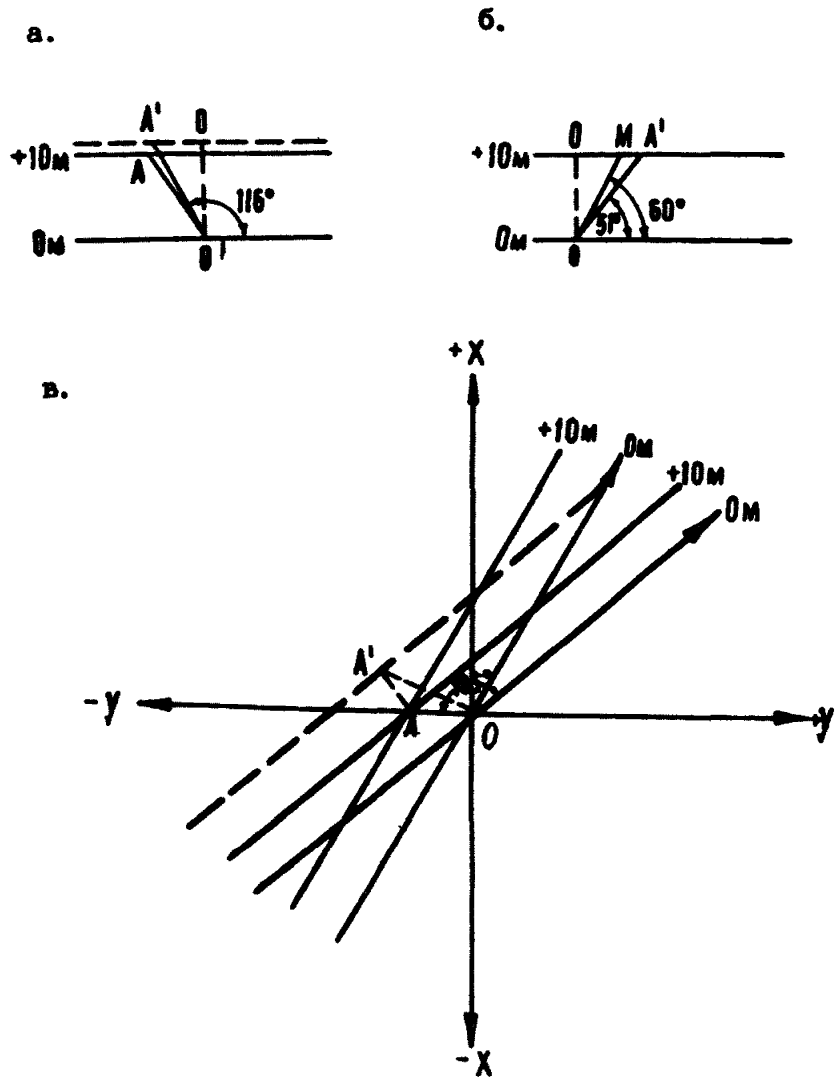


Рис. 3.12

рания. Переносим линию скрещения на проекцию пласта на горизонтальную плоскость. Приводим плоскость в наклонное положение вращением вокруг горизонтали с отметкой ±0 м, при этом точка 0 не изменит своего положения, а точка A' переместится в точку A . Линия скрещения в плане займет положение 0A , измеряем угол от простирания пласта до восстания линии скрещения (135°). По заложению 0A' определяем угол наклона линии скрещения - 51°. Зная положение линии скрещения и направление простирания сместителя, можно определить его угол падения.

При решении задачи способом азимутальных проекций (рис.3.13) построения производят на кальке, наложенной на сетку. По исходным данным наносим проекцию пласта (дуга 1).

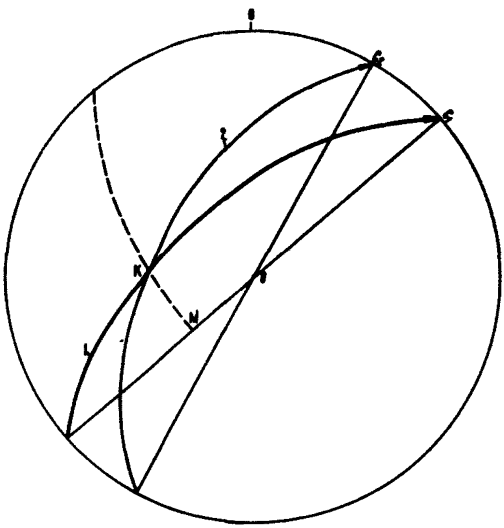


Рис. 3.13

Совмещаем простирание пласта с горизонтальным диаметром и по нему от направления простирания откладываем угол 120° (до линии скрещения на вертикальной проекции). Через полученную точку M проводим меридиан, пересечение которого с проекцией пласта в точке K обозначит положение линии скрещения. Расположим точку K на горизонтальном диаметре и от его начала определим угол погружения линии скрещения – 51°, и азимут погружения – 94°. Зная положение линии скрещения, на направление простирания сместителя, наносим проекцию его на кальку (дуга 2) и определяем элементы залегания сместителя. Аз.пр.30°, ∠53°.

3.2. Амплитуды смещения

Амплитудой смещения называется расстояние между разъединенными разрывным нарушением частями одного и того же структурного элемента горных пород, в частности угольного пласта. В практике разработки тектонически нарушенных угольных месторождений с величиной смещения угольного пласта связано решение целого ряда горнотехнических вопросов (объем выработок при выходе на смещенную часть пласта, выбор систем и средств разработки и т.д.), что позволяет считать амплитуду одним из основных параметров дизъюнктива, определение и прогноз которого являются необходимой задачей при анализе разрывных нарушений.

В разных сечениях и проекциях разрывное нарушение имеет различные амплитуды смещения, которые определяются в зависимости от конкретной решаемой задачи. При этом выделяют следующие виды амплитуд смещения (рис.3.14): в сечении вкрест простирания сместителя – по сместителю h, по вертикали H, по горизонтали b; в сечении вкрест простирания пласта – по горизонтали l, по вертикали z, по нормали к плоскости пласта N; в горизонтальном сечении – по сместителю L; в плоскости сместителя – полная амплитуда перемещения R, и амплитуда a, измеря-

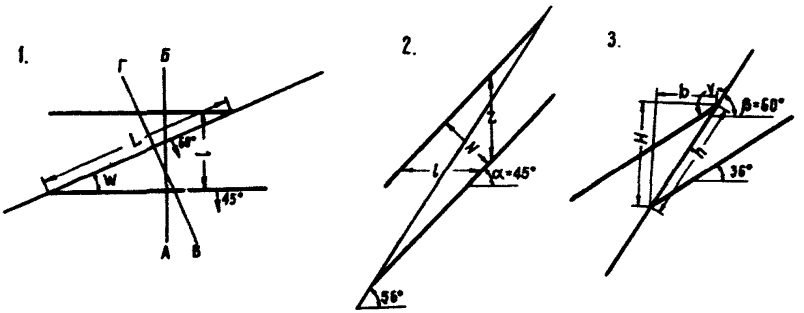


Рис.3.14

емая по перпендикуляру между линиями скрещения висячего и лежачего крыла. Непосредственный замер в выработке одной из амплитуд при данных об углах падения пласта и сместителя, угла между их линиями простирания позволяет, используя известные аналитические формулы, определить другие виды амплитуды / 2 /. С этой целью применяются также геометрические методы. В частности, в работе /1/ приводится решение ряда практических задач по определению амплитуды с помощью равнопромежуточной проекции Каврайского. В качестве примера приведем одну из них.

Определить величину смещения по основным направлениям, если известно горизонтальное смещение L вдоль сместителя (50 м), аз.простирания пласта 0°, ∠40°, аз.пр.сместителя 30°, ∠70° (рис.3.15).

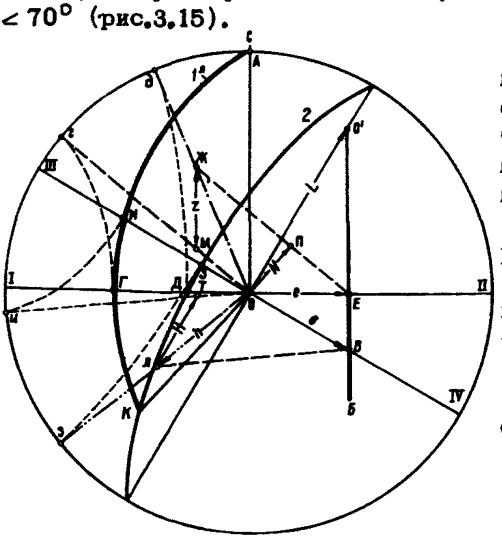


Рис. 3.15

Основными направлениями можно считать следующие: l - горизонтальное вкрест простирания пласта, N -нормальное к плоскости пласта, Z - вертикальное в разрезе вкрест простирания пласта, B-горизонтальное вкрест простирания сместителя, h -по восстанию сместителя, H-вертикальное вкрест простирания сместителя.

Величины l и B измеряются непосредственно на чертеже разрывного нарушения, первая

(0Е) по направлению вкрест простирания пласта, вторая (0В) - сместителя. Для определения N и z необходимо построить разрез вкрест простирания пласта. Для этого проводим линию разреза 1-11, отмечаем точки Г и Д пересечения проекций пласта и сместителя плоскостью разреза. Совмещаем линию разреза с вертикальным диаметром и переносим точки Г и Д по параллелям на окружность сетки - точки г и д. Ориентируем чертеж так, чтобы линия 1-11 была горизонтальной. Прямая д0 является следом сместителя, а г0 -следом пласта в лежачем крыле сместителя. След пласта в висячем крыле сместителя получаем, прочертив через точку Е прямую ЕЖ, параллельную г0. Расстояние между прямыми г0 и ЕЖ является искомой величиной N. Для определения вертикального смещения z измеряем длину отрезка ЖМ. Величины h и H находятся в разрезе вкрест простирания сместителя. Для его составления прочерчиваем линию разреза Ш-1У, отмечаем точки З и И пересечения проекций сместителя и пласта плоскостью разреза. Перемещаем по параллелям отмеченные точки на окружность сетки в точки З и И. Поворачиваем чертеж так, чтобы линия Ш-1У была горизонтальной. Прямая З0 является следом сместитедя, а прямая и0 - следом пласта в лежачем крыле сместителя. Для изображения следа пласта в висячем крыле проводим через точку В прямую ВЛ, параллельную и0. Величина смещения измеряется как длина отрезка ЛТ.

Таким образом, с помощью геометрического метода на сетке легко определяются линейные величины смещений в любом направлении.

Решение в проекции с числовыми отметками вышеприведенной задачи производится следующим образом (рис.3.16). По заложению 0А и 0М строим проекцию сместителя и пласта в лежачем крыле сместителя. Откладываем горизонтальное смещение вдоль сместителя +L по нулевой горизонтали и строим пласт в висячем крыле сместителя. Для определения смещения по основным направлениям строим разрезы вкрест простирания пласта и сместителя. На разрезах показываем основные направления смещения.

Значение амплитуды характеризует размеры разрывного смещения. Для систематизации выявленных дизъюнктивов целесообразно разделять их по величине вертикальной амплитуды на очень мелкие $H < 0{,}3$ м, мелкие $0{,}3$ м $\leq H < 3{,}0$ м, средние $3{,}0$ м $\leq H < 30$ м, крупные 30 м $\leq H < 300$ м, очень крупные $H \geq 300$ м /3/.

Крупные и очень крупные разрывные нарушения, как правило, отчетливо прослеживаются при геологическом картировании или по данным буровых работ. Дизъюнктивы первых двух

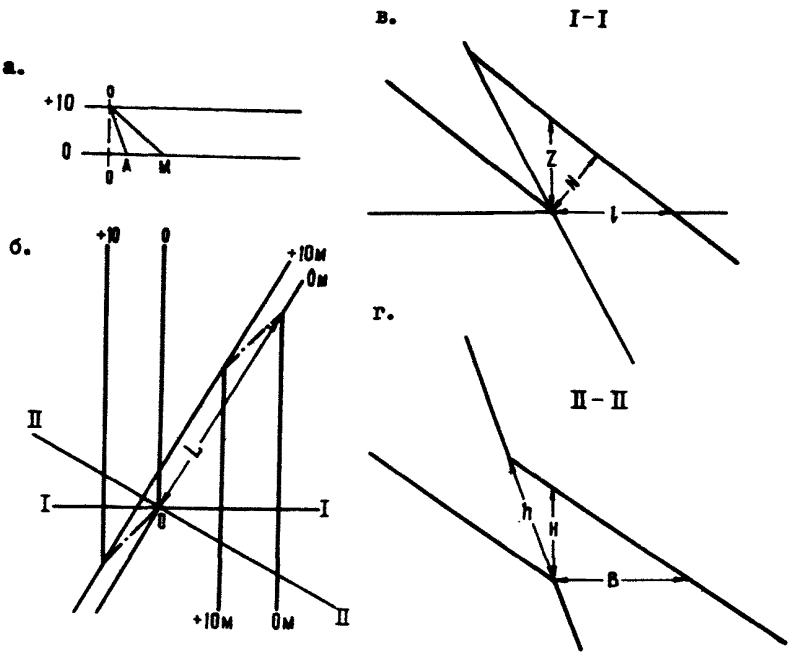


Рис. 3.16

групп вскрываются только горными выработками, в которых производится определение амплитуды смещения.

Однако не всегда представляется возможность непосредственного замера амплитуды в горной выработке или требуется определить амплитуду невскрытого сместителя.

В этих случаях большое значение приобретают методы прогнозной оценки амплитуд по другим показателям и факторам, связанным определенной зависимостью с амплитудой смещения. Такая возможность оценки амплитуды смещения установлена на основании исследования характера изменения трещиноватости и крепости угля около разрывных нарушений на месторождениях Кузбасса. Появление зон повышенной трещиноватости, выражающейся в увеличении количества систем и интенсивности трещин, и пониженной крепости угля, связано с формированием дизъюнктива, а размеры их обнаруживают зависимость от амплитуды смещения /4/.

Характер зависимости полной и нормальной амплитуды перемещения (R, N) и ширины зоны интенсивной трещиноватости, приведенной к направлению, нормальному плоскости

сместителя, графически отражен на рис.3.17 и выражен количественно формулами:

$$b = 6{,}8R \quad ; \qquad (3.1)$$

$$b = 10N \quad ; \qquad (3.2)$$

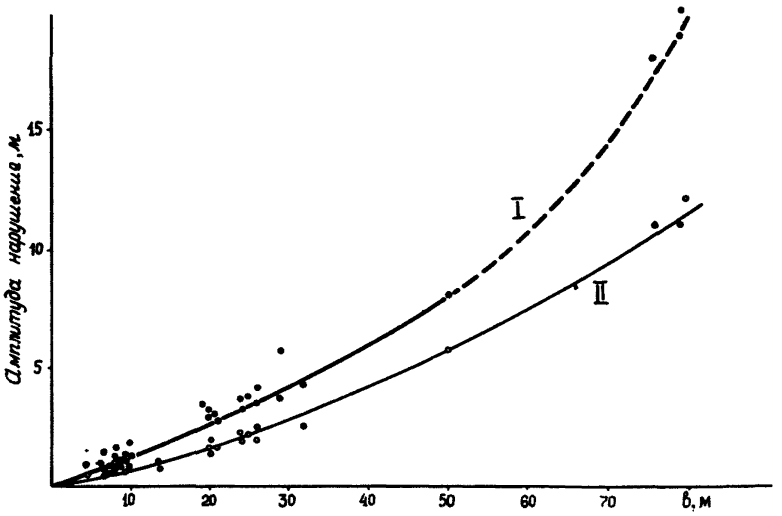


Рис.3.17

зависимость зоны пониженной крепости угля от амплитуды выражается формулой

$$L = 6\sqrt{N} \quad . \qquad (3.3)$$

Таким образом, определив ширину зон повышенной трещиноватости или пониженной крепости угля у нарушения, вскрытого горной выработкой, по указанным зависимостям можно провести прогнозную оценку амплитуды смещения дизъюнктива.

Значение выявленных закономерностей не исчерпывается решением приведенной задачи. Комплексное использование полученных зависимостей позволяет дать количественный прогноз амплитуды дизъюнктива, невскрытого горными выработками.

Как показано ранее, зоны влияния дизъюнктива, характеризующиеся повышенной трещиноватостью и пониженными значениями крепости угля, имеют различную протяженность. Имея зависимости ширины каждой зоны от амплитуды, из формул

(3.2; 3.3) находим, что разность в ширине этих зон равна

$$b - L = 10N - 6\sqrt{N} \qquad (3.4)$$

Разность ($b - L$) представляет собой интервал между пунктами, характеризующими начало зон трещиноватости и пониженной крепости угля. Эти пункты могут быть выявлены в горной выработке по мере приближения ее к разрывному нарушению. Расстояние между установленными точками подставляется в приведенную выше формулу 3.4, и находится амплитуда дизъюнктива. Для этой цели можно также использовать график (рис.3.18), отражающий зависимость разности $b - L$ от амплитуды.

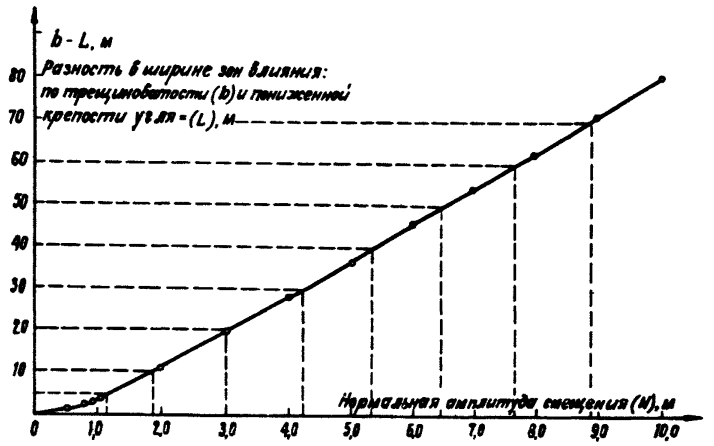


Рис.3.18

Более точная прогнозная оценка амплитуды разрывного нарушения, невскрытого горной выработкой, производится графическим методом. С этой целью построены графики (рис.3.19), отражающие зависимость ширины зон влияния, выделяемых по трещиноватости - I, по пониженной крепости - II, по контрастным значениям крепости - III, от нормальной амплитуды смещения разрыва. Расстояние по горизонтали между любой парой кривых соответствует разности зон влияния по соответствующим факторам. Отрезок, характеризующий истинную величину разности зон, взятый в масштабе графика, помещается между кривыми (в приведенном случае между кривыми I и II на рис.3.19) так, чтобы его концы лишь касались соответствующих кривых. Проекции точек касания отсекут от линии абсцисс отрезки, характеризующие полную ширину зон влияния, а проекция на ось ординат дает нормальную амплитуду дизъюнктива.

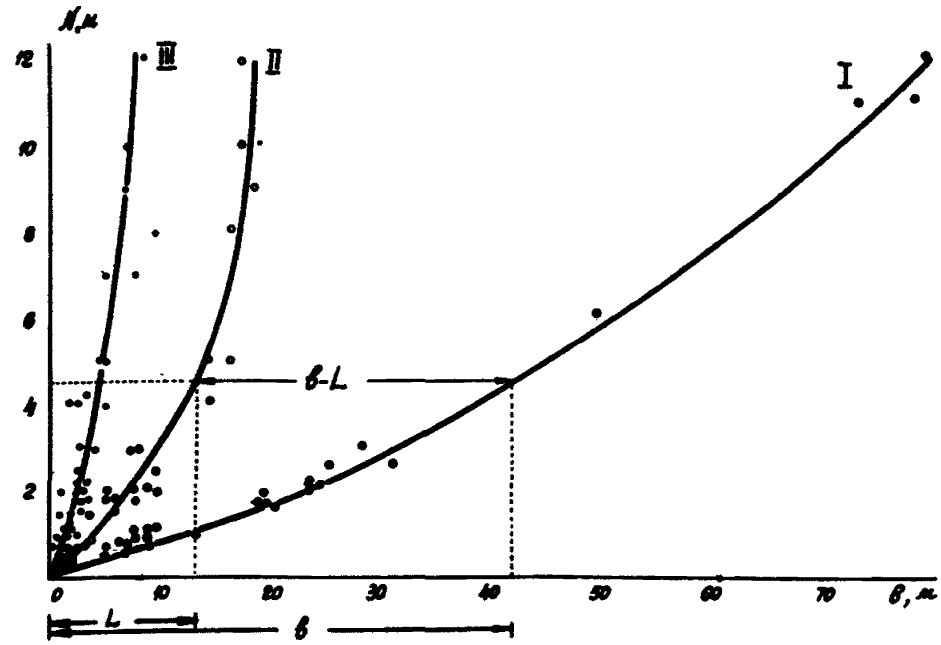


Рис.3.19

П р и м е р. Истинное расстояние, т.е. расстояние, приведенное по нормали к сместителю, между точками начала зоны трещиноватости и пониженной крепости (т.е. разность b-L) равно 29 м. Взяв отрезок 29 м в масштабе оси абсцисс, раствором циркуля помещаем его между кривыми I и II, как показано на рис.3.19. Продолжение отрезка до оси ординат показывает величину амплитуды N =4,5-м.

Установленные количественные соотношения размеров зон влияния и амплитуды дизъюнктива позволяют также определить расстояние до разрывного нарушения, невскрытого горной выработкой.

Определение расстояния до невскрытого дизъюнктива фактически сводится к определению амплитуды смещения крыльев. Известная амплитуда дизъюнктива позволяет определить ширину зоны его влияния по формулам или графически (зону повышенной трещиноватости или зону пониженной крепости угля). Зная расстояние от заданной точки до начала любой из зон, легко определить и расстояние от этой точки до сместителя, которое выражается разностью отрезков, характеризующих ширину зоны влияния, и расстояние до пункта начала зоны влияния (рис.3.19).

3.3. Следы и направление перемещения

Прогноз направления перемещения является необходимой составной частью задачи определения положения смещенной части угольного пласта относительно горной выработки, встретившей разрывное нарушение.

Образование трещины-сместителя и последующее перемещение по ней разъединенных частей угольных пластов и пород сопровождается изменением строения, залегания, физико-механических свойств, трещиноватости около дизъюнктивов, т.е. формируются признаки на самом сместителе, в зоне дробления, в крыльях, примыкающих к разрыву, изучение которых позволяет использовать их для определения направления перемещения /2/.

Известны следующие признаки на сместителе дизъюнктива, указывающие направление перемещения соседнего крыла: 1) ступенчатость стенки сместителя по направлению вглубь породы, 2) уменьшение ширины и глубины борозд по направлению движения рассматриваемого крыла, образующихся при истирании обломков зоны разрыва, 3) изменение очертаний зерен мягких минералов (кальцит, каолинит), которые в результате перемещения имеют с одной стороны прямоугольное, а с другой - волнистое очертание. В сторону волнистого края высота зерен уменьшается. Считается, что в этом направлении происходило перемещение рассматриваемого крыла.

Описанные признаки перемещения на сместителе выражаются четкими штрихами или следами скольжения. Несмотря на то, что штрихи часто не позволяют судить однозначно о направлении перемещения, а лишь показывают линию перемещения, они являются важным элементом строения дизъюнктива, документация которого обязательна. Наблюдения за штриховкой, проведенные на шахтах Кузнецкого бассейна, указывают на выдержанность ее ориентировки на поверхности сместителя. Например, на ш. "Коксовая" комбината Прокопьевскуголь на одном сместителе было сделано семь замеров штриховки, отклонения между которыми составили 10-15°. Этот факт указывает на устойчивость и выдержанность следов скольжения и позволяет использовать штриховку при диагностике и типизации дизъюнктивов. В частности, при встрече выработкой разрывного нарушения штриховку следует использовать как дополнительный признак (кроме элементов залегания и типа нарушения) для выяснения, подсечено ли ранее известное нарушение или встречено новое. Кроме этого, данные о следах скольжения позволяют определить положение осей тектонических напряжений, ориентировку осей сместителя и тем самым судить о направлении развития и затухания дизъюнктива.

Документация следов скольжения (штриховки) не представ-

ляет трудоемкой операции и производится на стенке сместителя, представленной породой. Положение штрихов характеризуется углом γ, измеряемым транспортиром от направления простирания сместителя до восстания следов скольжения. Угол γ изменяется от 0 до 180°. Если имеется возможность определить направление движения вдоль следов скольжения, то при перемещении висячего крыла вверх ему придается знак (+), если вниз - знак (-) (рис.3.20).

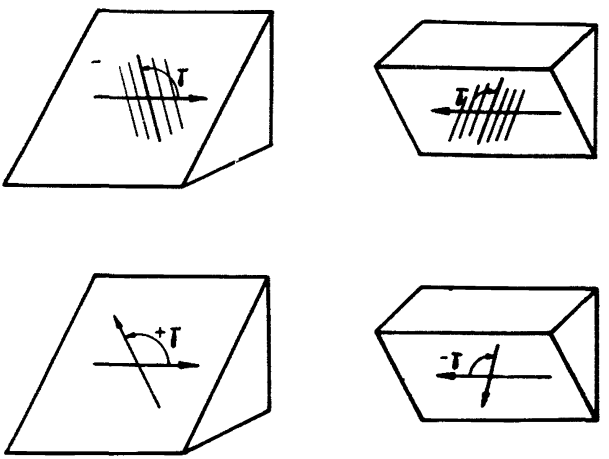


Рис. 3.20

В некоторых случаях в зоне разрыва наблюдается "проводник" угля (рис.3.21). Проводник угля располагается только по одну сторону угольного пласта и указывает направление, в котором смещен пласт в другом крыле.

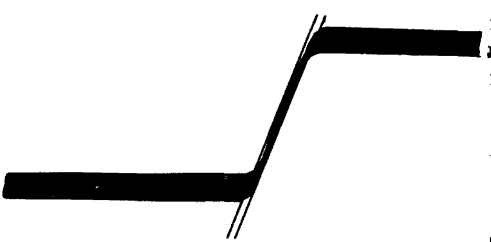


Рис.3.21

При хорошо выраженном тектоническом шве разрывного нарушения достаточно точные результаты определения направления перемещения дает метод, основанный на количественной оценке изменения зольности материала перетертых пород ("тектонической глинки"), заполняющего трещину смещения /2/. При перемещении угольного пласта происходит затягивание в шов разрыва углистого материала,

который по пути движения пласта рассеивается в "тектонической глинке". Для изучения закономерности изменения концентрации углистого вещества производится опробование "тектонической глинки" из шва разрыва. Пробы перетертого материала весом 100–150 г каждая отбираются за пределами кровли и почвы пласта и без всякой предварительной обработки анализируются на зольность в лабораториях ОТК шахт. Это дает возможность оценить, в каком направлении развивается угольный ореол пласта, и, следовательно, определить положение смещенных его частей. На рис.3.22 приведена документация вы-

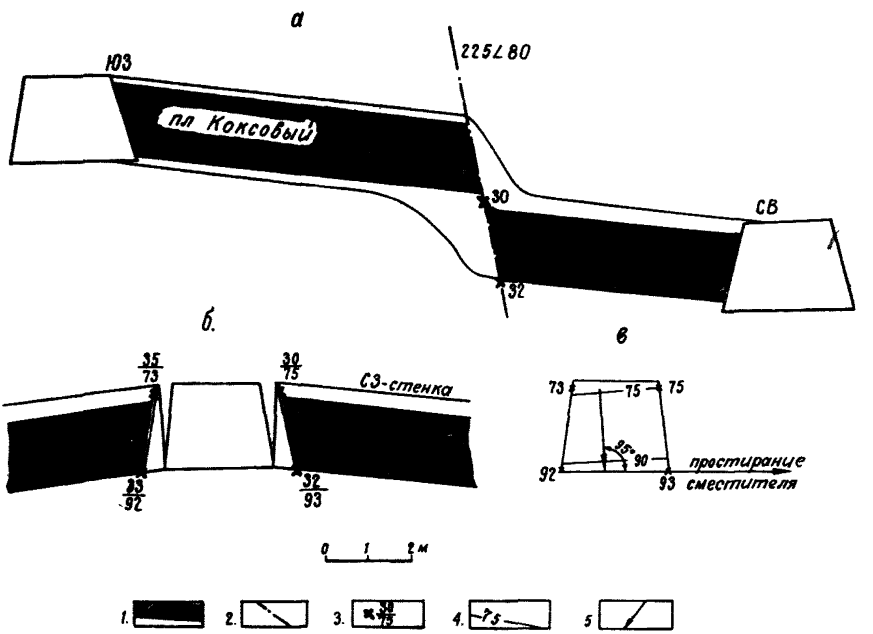


Рис. 3.22

работки, встретившей сброс с амплитудой смещения больше мощности пласта. Опробование шва разрыва проведено в его висячем крыле по стенкам сбойки за пределами почвы и кровли пласта (рис.3.22,б). Характер изменения зольности отчетливо выявляется с помощью построения изолиний на развертке сместителя, ограниченного контуром выработки (рис.3.22,в). Как видно из рисунка, значения зольности увеличиваются в направлении падения сместителя, что отвечает положению смещенной части угольного пласта в висячем крыле разрывного нарушения.

Одним из характерных признаков перемещения крыльев дизъюнктива являются подвороты пласта или так называемые, изгибы волочения. Подвороты лучше всего проявляются в угле и глинистых породах в одном или обоих крыльях. Наиболее отчетливо изгибы волочения наблюдаются у надвигов (рис.3.23,а).

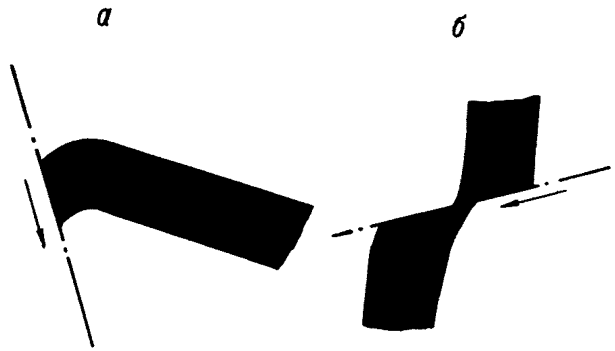


Рис. 3.23

У отдвиговых разрывных нарушений изгибы волочения небольшой кривизны (рис.3.23,б). У этого типа нарушений часто наблюдаются изгибы пласта, направленные в сторону, противоположную смещенному пласту.

Сведения о направлении перемещения можно получить при изучении трещин, оперяющих дизъюнктив. Напряжения, возникающие при смещении пород по сместителю, вызывают образование двух систем скалывания и одной системы отрыва, расположенных определенным образом относительно направления движения крыльев. Особенно характерными являются трещины отрыва, которые диагносцируются по морфологическим признакам и минеральным выполнениям (кальцит, кварц). Они располагаются вблизи стенки сместителя и образуют с ней угол, вершина которого обращена по направлению перемещения крыла, в котором обнаружены эти трещины.

Более точно задача определения направления перемещения при известном положении трещины отрыва решается геометрическим способом на сетке Каврайского. Решение задачи основано на использовании установленных угловых соотношений между осями главных нормальных напряжений, сместителем и оперяющими трещинами отрыва.

Исходными угловыми величинами являются элементы залегания сместителя и оперяющих трещин отрыва. Элементы залегания трещин отрыва - аз.пад.170°, уг.пад.45°; сместителя - аз.пад.130°, уг.пад.60°. По элементам залегания на сетке строим проекции плоскостей сместителя F и трещины отрыва Т.О.

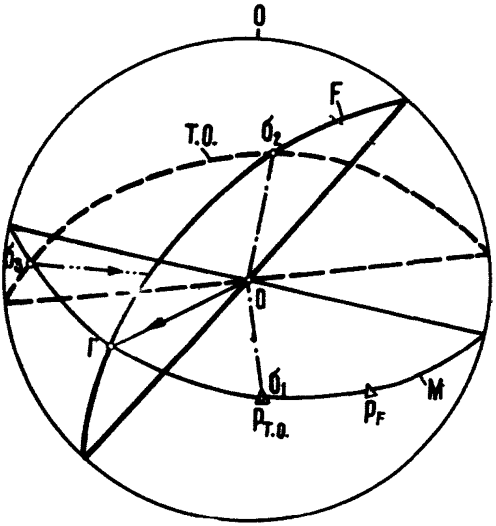


Рис. 3.24

(рис.3.24). Линия пересечения этих плоскостей дает проекцию оси средних нормальных напряжений (σ_2), а полюс плоскости трещины отрыва ($P_{т.0.}$) отвечает положению оси минимальных нормальных напряжений (σ_1). Совместив проекцию оси σ_2 с горизонтальным диаметром сетки, проводим перпендикулярно ей плоскость M , являющуюся плоскостью перемещения, в которой лежат оси σ_3 и σ_1 . Учитывая, что оси нормальных напряжений взаимно-перпендикулярны, по дуге плоскости M от полюса $P_{т.0.}$ (σ_1) откладываем угол 90° и получаем проекцию оси σ_3 – максимальных сжимающих напряжений, которая совпадает с проекцией линии пересечения плоскости M и плоскости трещин отрыва. Проекцию линии перемещения 0Г получаем при пересечении плоскости смесителя F с плоскостью перемещения M . Для определения направления перемещения висячего крыла относительно лежачего проводим прямую $\sigma_3$0 и отмечаем на ней стрелкой направление действия максимальных напряжений σ_3 – всегда по направлению к центру чертежа 0 . Учитывая, что направление действия σ_3 расположено со стороны лежачего крыла, перемещение висячего крыла дизъюнктива происходит в направлении, обратном перемещению лежачего крыла, т.е. от точки 0 к точке Г . Кроме направления перемещения, в данном случае можно установить и тип дизъюнктива, являющегося в нашем примере взбрососдвигом.

Обоснованным и практически применимым является определение направления перемещения по всей совокупности трещин,

сопровождающих образование и развитие разрывного нарушения, которое основано на установленных /4/ закономерностях расположения систем содизъюнктивных трещин относительно сместителя. Решение задачи базируется на результатах замера трещиноватости в зоне дизъюнктива. Последующая диагностика трещин, выделение систем содизъюнктивных трещин и геометрические построения проводятся на сетке Каврайского /1/.

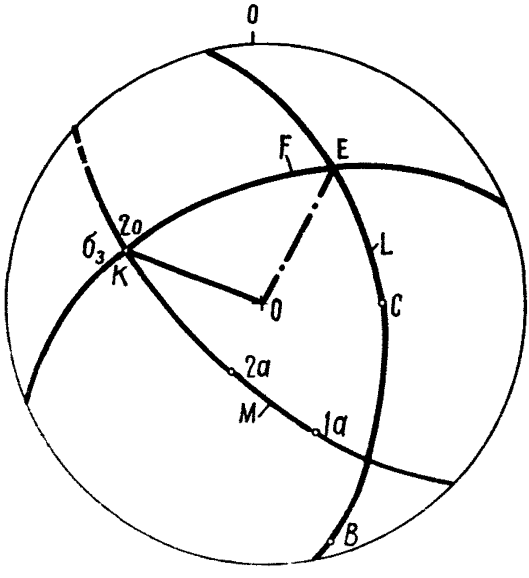


Рис.3.25

Из массы зафиксированных трещин выделяются системы, связанные с разрывным нарушением, т.е. те, полюса которых лежат на одном меридиане (M) (рис.3.25). Меридиан M , проходящий через максимальное число полюсов и полюс сместителя P , является проекцией плоскости перемещения ($б_3$ $б_1$), линия пересечения которой с плоскостью сместителя (дуга F) является искомой линией перемещения (линия 0K). Для окончательного определения направления перемещения и типа дизъюнктива необходимо определить положение оси $б_3$. Подробнее об этом см.ниже.

3.4. Расстояние до смещенной части пласта

Задача определения расстояния до смещенной части пласта может быть однозначно решена с помощью одного из следующих методов.

3.4.1. Стратиграфический метод

В горной выработке или разведочной скважине, пересекающих породы, расположенные за встреченным сместителем, могут быть опознаны слои, положение которых известно в стратиграфическом разрезе шахтного поля. Например, слой угля с включениями конкреций, известняка с остатками фауны, гравелита, конгломерата и др., т.е. слой, имеющий особые характерные только для него состав и свойства. Это дает возмож-

ность выяснить расположение искомого угольного пласта относительно опознанного слоя, что позволяет определить как направление на смещенный пласт, так и расстояние до него. Так, например, в штреке, идущем на север (рис.3.26) по пласту 1,

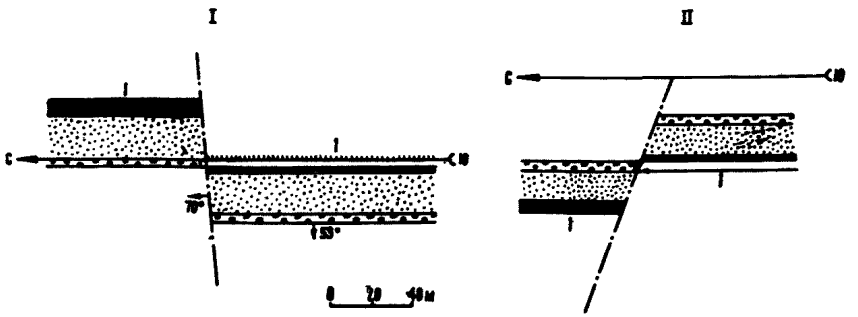


Рис.3.26

имеющему падение на запад под углом 53^{D}, встречено поперечное разрывное нарушение, за сместителем которого обнаружен слой гравелита, являющегося для данного месторождения маркирующим. Пользуясь стратиграфическим разрезом, определяем, что пласт 1 расположен ниже слоя гравелита на 20 м. Это позволяет сделать заключение о том, что смещенная часть пласта 1 расположена к востоку от выработки (см.рис.3.26-1) на расстоянии 25 м$\left(\frac{20}{\sin 53^{\circ}}\right)$.

Наиболее распространенным случаем использования стратиграфического метода для определения положения смещенной части пласта является сравнение нормального разреза пород, вскрытых за сместителем, с разрезом пород по квершлагу, который пройден до сместителя и включает интересующий нас пласт. При сравнении разрезов следует обращать внимание на сходство литологического состава слоев, их мощности и последовательности залегания. Полезно проводить непосредственное сравнение образцов пород из предполагаемых одноименных слоев. После сравнения и увязки разреза пород, встреченных в смещенном крыле с разрезом пород квершлага, легко определить местоположение и расстояние до смещенной части угольного пласта.

3.4.2. По данным разведочных выработок

При разведке смещенной части пласта производится проверка прогноза направления перемещения и уточнение или определение амплитуды разрывного нарушения. В том случае, если

имеется уверенность в правильном определении направления перемещения и ожидается небольшая амплитуда разрыва, разведка ведется горной выработкой. В случае, когда ожидается значительная амплитуда смещения или нет возможности определить знак смещения, разведка проводится буровыми скважинами.

При проведении разведочного бурения рекомендуется учитывать следующие положения:

а) скважину следует бурить из части выработки, вошедшей в породы смещенного крыла;

б) разведку пластов крутого залегания целесообразно вести горизонтальными скважинами. При ожидаемом перекрытии пласта – вкрест простирания пласта (рис.3.27-1), при растягивании

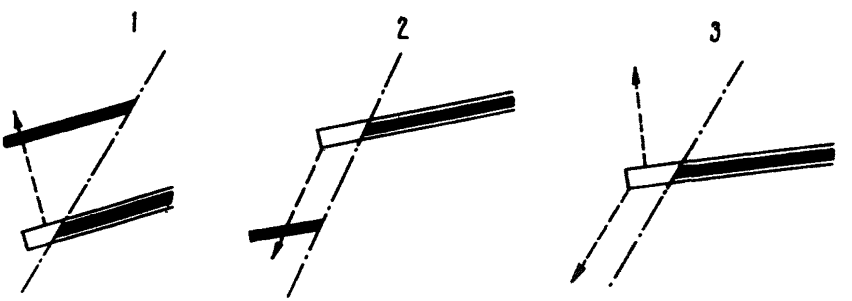


Рис.3.27

(зиянии) пласта – в направлении, параллельном сместителю рис.3.27-2);

в) разведку пластов пологого и наклонного залегания следует проводить наклонными скважинами, которые задаются в вертикальном сечении вкрест простирания линии скрещения. При ожидаемом перекрытии пласта скважину целесообразно бурить по нормали к следу пласта, при растягивании пласта – параллельно следу сместителя;

г) при неизвестном знаке смещения бурение скважин следует производить последовательно – сначала в сторону перекрытия, затем (если пласт не подсечен) в сторону зияния пласта (рис.3.27);

д) глубина скважин определяется с учетом ожидаемой амплитуды смещения и мощности междупластий соседних угольных пластов;

е) разрез пород по скважине необходимо сравнить с разрезом по ближайшим вскрывающим выработкам, чтобы определить стратиграфическое положение встреченных скважиной пород и угольных пластов. Это важно для решения вопроса о продолжении бурения и для опознания встреченных пластов угля.

Помимо установления направления и величины смещения разъединенных частей пласта, немаловажное значение в практике шахтной геологии имеет вопрос определения наикратчайшего расстояния до смещенной части пласта. Эта задача может быть решена графическим, с помощью азимутальных сеток или проекций с числовыми отметками, и аналитическим способами, путем пересчета любой видимой амплитуды смещения с помощью соответствующих формул.

Рассмотрим в качестве примера определение направления оси и длины наиболее короткой выработки на смещенную часть пласта для случая, когда пласт, имеющий аз.простирания 350° и угол падения 60°, пересечен разрывным нарушением с аз. пр.145°, угол 70°, сместившем пласт на величину L =+50 м (L - амплитуда смещения по сместителю в горизонтальном сечении).

Решение задачи в стереографической проекции с помощью азимутальных сеток (рис.3.28). Строим проекции плоскости сместителя 2, полуплоскости пласта 1 и его полюс Рп в лежачем крыле дизъюнктива. По сместителю откладываем амплитуду горизонтального смещения + L = 50 м (отрезок 00_1) и определяем положение пласта $0_1Б$ в висячем крыле. Учитывая, что данное нарушение с перекрытием пласта, проектируем одну из наиболее коротких выработок по нормали к плоскости пласта. Направление оси выработки определяется положением полюса пласта Рп, т.е. азимутом падения пласта и углом (90°- α), где α - угол падения пласта.Совместив полюс пласта Рп с одним из диаметров сетки,проводим прямую $С_1Е$, направление которой определяет, что выработка с пласта в висячем крыле должна идти на пласт в лежачем крыле по азимуту 80° под углом 30°. Для определения длины этой выработки необходимо определить величину смещения N , измеряемую по нормали к пласту. Для перехода к N от известной амплитуды L =50 м нужно определить горизонтальное смещение l , измеряемое вкрест простирания пласта.

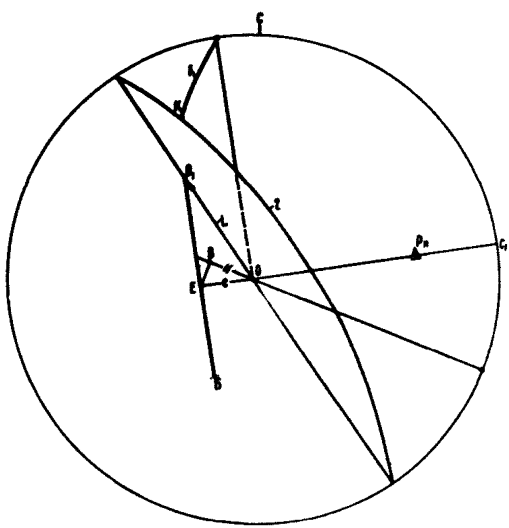


Рис.3.28

Для этого, спроектировав L на линию EC_1, перпендикулярную простиранию пласта, получим l_1 =21 м. Затем построим разрез вкрест простирания пласта. Для этого совместим точку Рп (полюс пласта) с вертикальным диаметром сетки и переместим ее по параллели на окружность сетки в точку Р. Продолжим прямую РО до следа пласта в висячем крыле 0_1Б и опустим на нее из точки Е, конца отрезка l_1, перпендикуляр ЕВ, отрезок ВО и является искомой величиной N =18,5 м. Таким образом, длина кратчайшей выработки на смещенную часть пласта равна 18,5 м.

Решение задач в проекции с числовыми отметками производится следующим образом. Строим плоскости сместителя 1 и пласта в лежачем и висячем крыльях (рис.3.29,а). Кратчайшим расстоянием между плоскостями пласта является перпендикуляр между ними. Проводим перпендикуляр MM' и определяем его азимут в направлении от висячего к лежачему крылу (80°). На горизонтальном заложении (рис.3.29,б) восстанавливаем перпендикуляр к плоскости пласта OM, получаем угол наклона выработки, равный 30°. Величину отрезка MM' из горизонтальной проекции (рис. 3.29,а) переносим на горизонталь -10 (рис.3.29,б) и из точки M' восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с прямой направления выработки, отмечаем точку пересечения N, величина отрезка MN и является кратчайшим расстоянием выработки, равным 18,5 м.

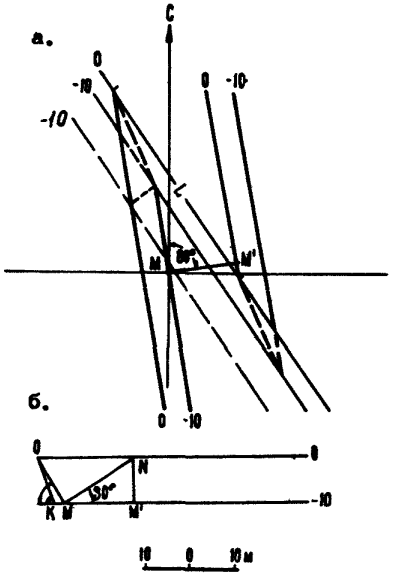


Рис. 3.29

Аналитический способ. Направление и угол наклона кратчайшей выработки, заданной в сторону смещенной части пласта в лежачем крыле нарушения, определяются соответственно азимутом падения пласта и углом $90^\circ - \alpha$, где α – угол падения пласта. Согласно условию задачи (см.стр. 57) выработка должна идти по азимуту 80° под углом 30°. Длина этой выработки соответствует величине смещения по нормали к пласту, которая может быть измерена по разрезу или вычислена с помощью известных формул /2/ по любой видимой амплитуде смещения. В нашем примере, где известна величина

L = 80 м, для перехода от L к N необходимо определить еще величину горизонтального смещения вкрест простирания пласта. Эта величина измеряется либо по плану горных работ, либо вычисляется по формуле $l = L \cdot \sin\Delta$, где Δ – угол встречи, угол между линиями простирания пласта и сместителя, измеряемый в горизонтальном сечении. Отсюда $N = l \cdot \cos(90^\circ - \alpha)$. Для нашего случая $\Delta = 25^\circ$, $l = 21{,}1$ м и $N = 18{,}6$ м.

3.5. Вектор перемещения (полная амплитуда)

Перемещение висячего крыла относительно лежачего представляется в виде вектора R, лежащего в плоскости сместителя и характеризующего перемещение какой-либо точки на линии скрещения пласта и сместителя в лежачем крыле до ее положения на линии скрещения висячего крыла. Положение вектора перемещения на плоскости сместителя определяется углом $\pm\gamma$, а длина отрезка R дает полную амплитуду перемещения.

Полная или истинная амплитуда в большей степени, чем какая-либо другая, характеризует величину напряжений, вызвавших образование дизъюнктива, и поэтому с ней тесно связаны величина зоны содизъюнктивной трещиноватости, зоны изменения физико-механических и технологических свойств угля, истинные размеры дизъюнктива (длина, высота, площадь), определение которых по установленным количественным соотношениям их с полной амплитудой имеет важное практическое значение.

Для определения полной амплитуды необходимо иметь данные о направлении истинного перемещения крыльев дизъюнктива и величину любой из измеренных видимых амплитуд смещения. В практике шахтной геологии обычно измеряются амплитуды по сместителю в горизонтальной плоскости (l) и в разрезе по нормали к пласту (N). Выбор вида амплитуды определяется удобствами ее измерения и работы с ней в зависимости от конкретных геологических условий.

Метод определения полной амплитуды с помощью сетки Каврайского покажем на конкретном примере.

Дизъюнктив вскрыт на поле шахты "Коксовая" Прокопьевско-Киселевского месторождения. Измеренная в выработке горизонтальная амплитуда (l) составляет 10 м. Азимут падения сместителя дизъюнктива 200°, уг.пад.70°; замеренное направление штрихов скольжения на поверхности сместителя (угол γ) равняется 30°. Аз.пад.пласта 250°, уг.пад.60°.

По известным элементам залегания строим проекции плоскости сместителя (F) и полуплоскости пласта в лежачем

крыле (Пл) и проводим линию скрещения ОС. (Рис.3.30). Затем, положив линию простирания сместителя на вертикальный диаметр сетки, отложим по дуге сместителя от точки В (конец линии простирания) угол γ ,равный 30°, и, соединив полученную точку Г с центром сетки О, найдем проекцию линии пересечения ОГ.Для определения линейных величин необходимо плоскость сместителя совместить с горизонтальной плоскостью. Для этого повернем плоскость сместителя (F) вокруг вертикального диаметра в направлении восстания. При этом проекция линии скрещения ОС займет положение ОС' , а проекция линии перемещения ОГ - положение ОГ' . Затем на линии простирания сместителя (ОВ), в масштабе плана горных работ (в данном случае масштаб 1:2000) в направлении смещенной части пласта откладываем амплитуду λ =10 м (отрезок ОО') и проводим линию простирания висячего крыла дизъюнктива О'Пв. После этого из точки О' параллельно линии скрещения пласта в лежачем крыле ОС' проводим линию скрещения пласта в висячем крыле сместителя О'К. Точка пересечения прямых ОГ' и О'К является концом вектора перемещения $\bar{R}$, а отрезок ОК равняется полной амплитуде перемещения, которая в соответствии с принятым масштабом составляет 15 м.

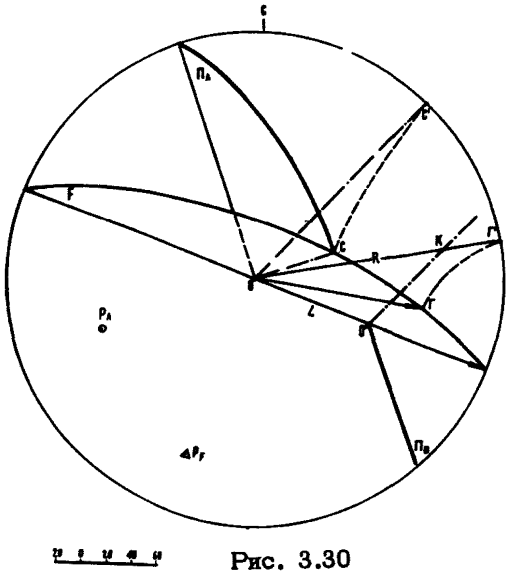


Рис. 3.30

Решение этой задачи в проекции с числовыми отметками производится следующим образом.

По элементам залегания и заложению строим проекцию плоскости сместителя и пласта в лежачем крыле сместителя (рис.3.31). Для определения направления перемещения висячего крыла совмещаем плоскость сместителя с горизонтальной плоскостью вращением вокруг горизонта с отметкой ОМ.При этом точка А займет положение A_2,а линия скрещения - положение OA_2. От направления простирания сместителя откладываем угол γ =30° и проводим направление перемещения. От точки О в сторону направления перемещения откладываем амплитуду смещения по сместителю λ =10 м, получаем точку Г, от которой идет ± 0 горизонталь пласта в висячем кры-

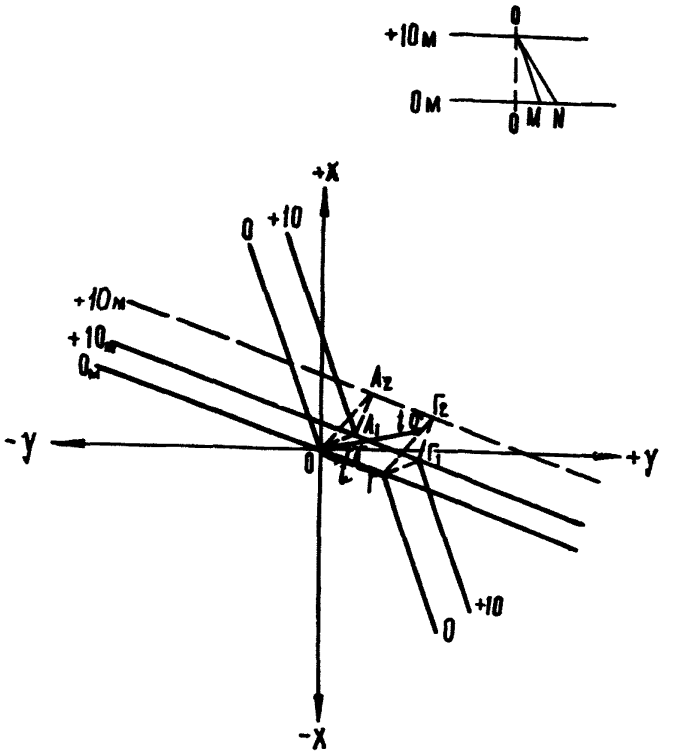


Рис. 3.31

ле смесителя. Проводим линию скрещения $Г Г_2$ пласта в висячем крыле смесителя параллельно $0A_2$. Отрезок 00_1, по направлению перемещения до линии скрещения является величиной истинной амплитуды. В нашем случае она равна 15 м.

Для оценки истинной амплитуды можно также использовать установленное выше (см.рис.1.8) количественное соотношение ее с нормальной амплитудой.

3.6. Знак и форма смещения

Одним из важных признаков смещений, является знак смещения, который характеризуется наличием перекрытия пласта (знак +) или зияния пласта (знак -). Определение перекрытия пласта производится по направлению нормальному к плоскости пласта. Знак смещения зависит от двух факторов: величины

двугранного угла V между плоскостями пласта и сместителя, характеризующего скрещение в вертикальном сечении, и от расположения вектора перемещения относительно линии скрещения. Эта зависимость отражена в табл.3.1.

Таблица 3.1

Двугранный угол V	Вектор перемещения	
	выше линии скрещения	ниже линии скрещения
$>90^{\circ}$	+	-
$\leqslant 90^{\circ}$	-	+

Из выделенных выше (3.1) видов скрещений тупоугольные скрещения (с углом $V > 90^{\circ}$) в вертикальных сечениях вкрест простирания пласта и вкрест простирания сместителя при перемещении висячего крыла вверх образуют разрывные смещения с перекрытием пласта (+), а при перемещении висячего крыла вниз образуются смещения без перекрытия пласта (-).

Остроугольные скрещения, согласные и несогласные (с углом $V \leqslant 90^{\circ}$), в тех же вертикальных сечениях при перемещении висячего крыла вверх образуют смещения с зиянием пласта (-), при перемещении висячего крыла вниз - смещения с перекрытием пласта (+).

Выделенное тупоугольное согласное особое скрещение в вертикальном разрезе вкрест простирания пласта образует форму дизъюнктива с видимым смещением висячего крыла, противоположным действительному перемещению этого крыла.

Кроме знака смещения, форма разрывного нарушения характеризуется геометрическими особенностями скрещения, определяющимися соотношением углов W , ξ и V /3/. На основе анализа различных видов скрещений в зависимости от сочетания указанных углов, как показано выше, выделяется пять видов скрещений. Исходя из этих видов скрещений, в разрезе вкрест простирания пласта имеется десять форм дизъюнктивов, а в разрезе вкрест простирания сместителя восемь, т.к. скрещения, тупоугольное согласное и тупоугольное согласное особое, в этом сечении имеют одинаковую форму.

Формы разрывных смещений представлены на рис.3.32.

3.7. Тип дизъюнктива

В основе представлений о типе разрывных нарушений лежат сведения о направлении перемещения. Относительное перемещение висячего крыла изображается в виде вектора R , лежащего в плоскости сместителя и соединяющего исходное положение какой-либо точки, находящейся на линии скрещения

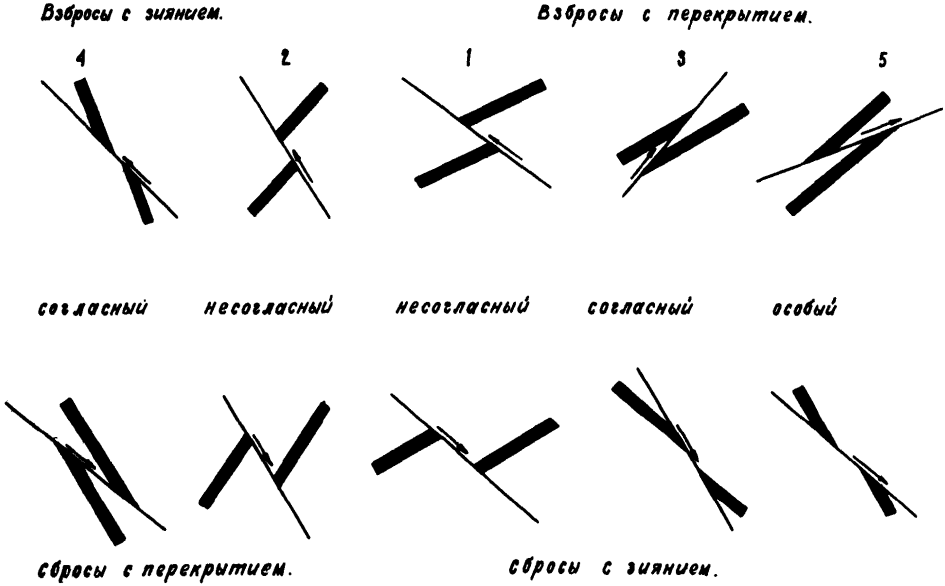
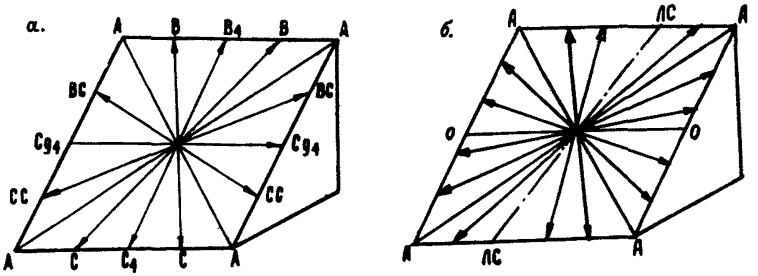

Взбросы с зиянием.
Взбросы с перекрытием.
4
2
1
3
5
согласный
несогласный
несогласный
согласный
особый
сбросы с перекрытием.
сбросы с зиянием.

Рис. 3.32

лежачего крыла, с конечным положением ее на линии скрещения висячего крыла. Длина отрезка R характеризует полную амплитуду перемещения, а угол $\pm\ \gamma$ – направление перемещения.

В зависимости от направления перемещения выделяют следующие типы дизъюнктивов (рис.3.33,а):



$C_4(B_4)$ – сброс (взброс) чистый
Cg_4 – сдвиг чистый
C (B) – сброс (взброс)
CC (BC) – сброс (взброс) сдвиг

Рис. 3.33

1) чистые взбросы, при $\gamma = +90$;
2) чистые сбросы, при $\gamma = -90$;
3) взбросы (сбросы) при $+45 < \gamma < \pm 90$; или $\pm 90 < \gamma < \pm 135$;
4) взбрососдвиги (сбрососдвиги) при $0 < \gamma < \pm 45$ или $\pm 135 < \gamma < \pm 180$;
5) чистые сдвиги, при угле $\gamma = 0^\circ$ или 180°.

Однако при анализе разрывных нарушений, кроме направления перемещения, следует учитывать взаимное положение вектора перемещения и линии скрещения пласта и сместителя, т.к. с этим связано возникающее в некоторых случаях, несоответствие между типом и формой дизъюнктива. Например, когда одному типу отвечает то перекрытие, то зияние пласта. В данном случае определяющее значение имеет расположение вектора перемещения относительно линии скрещения. Как показано на рис.3.33,б дизъюнктивы, вектора перемещения которых лежат по одну сторону линии скрещения (ЛС), имеют один знак, а с векторами по другую сторону линии скрещения имеют противоположный знак смещения.

С расположением вектора перемещения относительно линии скрещения связано появление так называемых ложных сбросов и ложных взбросов, когда видимое смещение крыльев противоположно их действительному перемещению. А.С.Забродиным установлено, что вектор перемещения в этом случае располо-

жен в остром угле, образованном линией скрещения и линией простирания сместителя /2,3/.

Положение линии скрещения и направления перемещения характеризуется углами ε (угол скрещения) и Γ (угол перемещения, измеряемый от следа сместителя до вектора перемещения в направлении отсчета угла W). Величина углов ε и Γ и их соотношение определяют тип дизъюнктива и знак смещения. При $\varepsilon > 90^{\circ}$ соотношение $+\Gamma < \varepsilon$ характеризует взбросовые смещения с перекрытием пласта в плане, соотношение $-\Gamma < \varepsilon$ – сбросовые смещения с зиянием пласта, соотношения $+\Gamma > \varepsilon$ и $-\Gamma > \varepsilon$ определяют ложные сбросы и ложные взбросы, соответственно с зиянием и перекрытием пласта в плане. При $\varepsilon < 90^{\circ}$ соотношение углов Γ и ε также однозначно определяют свойства дизъюнктивов. На основании этой закономерной связи геометрических элементов дизъюнктива и их свойств построен график с координатами ε и Γ для определения типа и знака смещения дизъюнктива (рис. 3.34). В верхнем квадрате располагаются дизъюнктивы с направлением перемещения вверх от линии горизонта, в нижнем квадрате – с направлением перемещения вниз от линии горизонта. Знак смещения (+ или –) относится к большим треугольникам графика. На площади трапеций располагаются точки дизъюнктивов, у которых видимое перемещение крыльев соответствует действительному перемещению висячего крыла относительно лежачего крыла. На площади малых треугольников располагаются точки "ложных" дизъюнктивов, у которых видимое перемещение крыльев противоположно действительному.

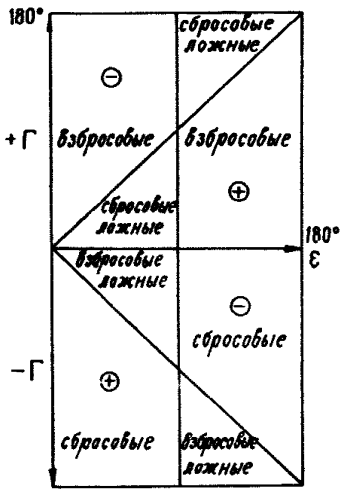


Рис. 3.34

Таким образом, для получения полной характеристики дизъюнктива, определения его типа и формы необходимы данные, отражающие геометрические особенности скрещения (расположения пласта и сместителя) и направления перемещения висячего крыла относительно лежачего.

Пример определения знака смещения, формы и типа дизъюнктива показывается на конкретном примере.

Определить знак смещения и тип нарушения, если известны элементы залегания пласта (аз.пад.140°, уг.пад.70°), сместителя (аз.пад.240°, уг. пад.50°), а также направление перемещения (γ = +30°), рис.3.35.

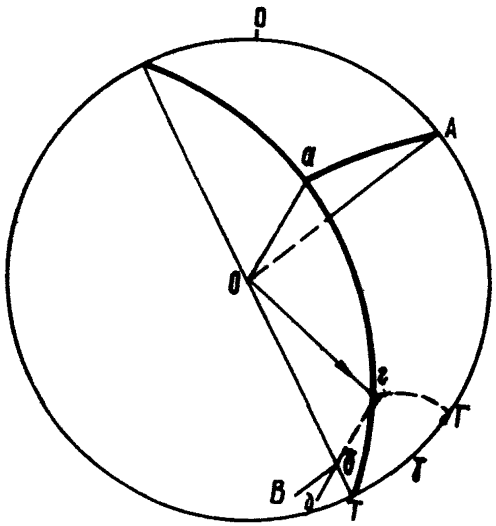


Рис. 3.35

Строим проекцию плоскости сместителя и плоскости пласта в лежачем крыле. Соединив точку a пересечения дуг плоскостей с центром 0, получаем проекцию линии скрещения лежачего крыла $a0$. Совмещаем линию простирания сместителя с вертикальным диаметром сетки и от точки $Т$ по дуге большого круга откладываем угол γ, получаем точку $Г$. По параллели 30° переносим точку $Г$ на дугу сместителя и отмечаем точку $г$. Соединив точку $г$ с центром 0 и отметив стрелкой направление перемещения висячего крыла, получаем проекцию вектора перемещения $0г$. Затем из конца проекции вектора перемещения $г$ проводим параллельно $a0$ проекцию линии скрещения висячего крыла $гд$. Из точки $б$, в которой пересекаются линия $гд$ и линия простирания сместителя, проводим параллельно простиранию известной части пласта $A0$ (лежачего крыла) след смещенной части пласта $бВ$. В результате имеем зияние смещенных частей пласта (знак смещения –). А так как угол $\gamma = +30^{\circ}$, то, следовательно, разрывное нарушение является взбрососдвигом с зиянием пласта.

Как указывалось выше, при объемном напряженном состоянии образуются две системы поверхностей скольжения (скалывания), которые пересекаются по прямым, параллельным оси средних главных напряжений σ_2, а оси главных напряжений σ_3 и σ_1 являются биссектрисами углов, образуемых этими плоскостями, т.е. поверхности скалывания, по которым развиваются дизъюнктивы, определенным образом расположены относительно осей тектонических напряжений. Исходя из этого положения при известных характерных положениях осей главных тектонических напряжений, можно представить форму дизъюнктива. При вертикальном положении оси σ_3 (радиальные тектонические усилия) образуются дизъюнктивы с углом падения более 45°, у которых висячее крыло перемещается вниз относительно лежачего, образуя таким образом сброс.

При горизонтальном положении оси σ_3 (тангенциальные тектонические усилия) и горизонтальной оси σ_2 образуются дизъюнктивы со сместителями с углом падения менее 45° и перемещением висячих крыльев вверх (надвиги), и в случае вертикального расположения оси σ_2 образуются дизъюнктивы с вертикальными сместителями и перемещением вдоль линий их простирания (сдвиги) /3/.

Приведенные общие положения подтверждаются исследованиями по определению положения осей главных тектонических напряжений и соответствующих им типов разрывных нарушений, которые были проведены в Прокопьевско-Киселевском месторождении Кузбасса.

Установленные на основании закономерностей строения дизъюнктива оси максимальных и средних главных тектонических напряжений (σ_3 и σ_2') по положению относительно складчатой структуры разделены на 4 группы, которым соответствуют определенные типы дизъюнктивов (табл.3.2).

Таблица 3.2

Группа	Положение осей напряжений в складчатой структуре		Тип дизъюнктива, знак смещения, ориентировка
	σ_3	σ_2	
I	2	3	4
I	Горизонтальная, действует в плоскости нормальной складчатости	Вертикальна, круче пласта	Сдвиги с зиянием пласта, диагональные, крутопадающие
II	Совпадает с полосом крыла складки	I.Горизонтальная, совпадает с простиранием пород	Взбросы с перекрытием, продольные крутопадающие
		2.Наклонна, совпадает с линией падения крыльев складки	Сбрососдвиги с зиянием, диагональные крутопадающие
III	Совпадает с линией падения, восстания крыла складки	I.Горизонтальна, совпадает с простиранием пород	Сбросы с перекрытием продольные согласные и несогласные круто и наклонно-падающие
		2.Наклонна, совпадает с полосом	
IУ	Горизонтальна, действует по линии простирания оси складки	Располагается в плоскости нормальной складчатости и наклонена под углом более 45°	Сдвиги, сбросо и взбрососдвиги с перекрытием, диагональные крутопадающие

Причем большинство дизъюнктивов Прокопьевско-Киселевского месторождения (около 80%) образовались в результате действия осей главных тектонических напряжений, отнесенных к I, II и III группам в табл.3.2, т.е. когда максимальные тектонические напряжения располагаются в плоскости, перпендику-

лярной к простиранию основных складчатых структур.

Таким образом, сведения о положении относительно структуры осей главных тектонических напряжений являются необходимой предпосылкой для прогнозирования формы и типа разрывного нарушения.

Определить знак и тип разрывного нарушения, если известно расположение осей главных тектонических напряжений.

На пласте с аз.пр.325°, ∠ 60° встречено нарушение с аз. пр.26° ∠ 50°. Сместитель вскрыт со стороны лежачего крыла. Необходимо определить относительное положение пласта в висячем крыле и тип разрывного нарушения (рис.3.36).На данном месторождении установлено, что ось $б_3$ (максимальных напряжений) чаще всего располагается около полюса пласта, а ось $б_1$ вдоль оси складки. Учитывая это, строим проекции плоскостей пласта,сместителя, осевой плоскости складки и полюс пласта. Расположив оси тектонических напряжений в указанных точках, проводим плоскость $б_3 б_1$ и отмечаем точку Г ее пересечения с дугой сместителя. Линия пересечения этих плоскостей ОГ является линией перемещения. Для определения направления перемещения висячего крыла вдоль этой линии рассматриваем действие сжимающих напряжений $б_3$. Последние располагаются в висячем крыле нарушения и обуславливают перемещение этого крыла вниз по направлению ГО. Продолжив линию ГО за линию простирания сместителя, проводим прямую ОБ - след пласта на горизонтальной плоскости в висячем крыле нарушения. Из чертежа очевидно, что в данном случае имеется смещение с зиянием пласта, т.е. со знаком (-). Учитывая, что угол γ (отрезок дуги сместителя ВГ) равен - 10°разрывное нарушение по типу относится к сбрососдвигам.

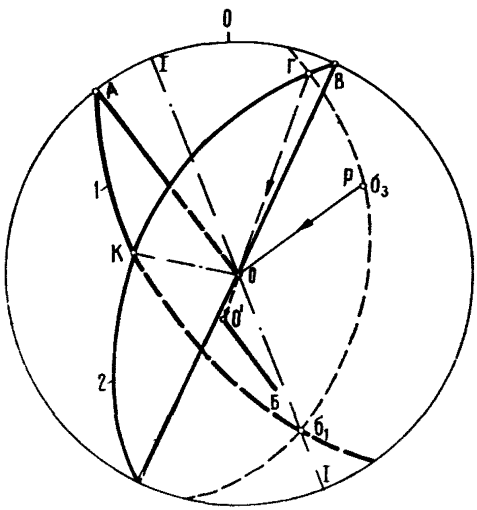


Рис.3.36

3.8. Размеры дизъюнктива

Попытки определения истинных размеров дизъюнктива и установления точных соотношений между его протяженностью

и амплитудой предпринимались неоднократно многими исследователями. При этом всеми за максимальный размер дизъюнктива принимается линия простирания сместителя, измеряемая на планах горных работ. Однако, данный размер дизъюнктива является случайным горизонтальным сечением сместителя, определенным образом ориентированного в пространстве. С максимальным размером дизъюнктива (длиной) эта величина совпадает только в тех случаях, когда она проходит через центр эпюры чистого сброса или взброса, у которых длинная ось,как это было показано выше (см.гл.1), ориентирована параллельно простиранию сместителя. Подавляющее же большинство дизъюнктивов относится к сбросо- и взбрососдвигам, что обуславливает промежуточное положение длинной оси относительно простирания сместителя. Поэтому протяженность дизъюнктива, измеренная на планах горных работ, в общем случае всегда меньше его истинной длины, то же самое можно сказать и в отношении амплитуды, когда за максимальный ее размер вместо полной амплитуды перемещения принимается случайная видимая амплитуда смещения.

Поэтому определение и, тем более, прогноз истинных размеров разрывного нарушения возможен только на основе построения эпюры (или ее части) дизъюнктива с учетом ориентировки осей и выведенных соотношений (см.гл.1) между максимальной амплитудой, высотой и длиной сместителя.

Важное значение при определении и прогнозе размеров дизъюнктива представляет вопрос изучения закономерностей в характере изменения амплитуд по поверхности сместителя, выявление которых зависит от степени разведанности разрывного нарушения, т.е. количества точек вскрытия его горными выработками.

3.9. Направление развития и затухания дизъюнктива

Определение и прогноз направления развития и затухания дизъюнктива основывается на выявлении ориентировки осей сместителя, установлении его контура, ограниченного изолинией нулевых амплитуд,и использовании соотношений между максимальной амплитудой и осями сместителя. Точность такого прогноза зависит от степени вскрытия разрывного нарушения горными выработками. При этом возможно большое количество вариантов, которые могут быть ограничены тремя, наиболее показательными для условий Кузбасса случаями:

1. Сместитель встречен горной выработкой впервые,неожиданно.

2. Сместитель прослежен горными работами по простиранию до выклинивания в пределах одного рабочего горизонта

(или пласта).

3. Сместитель вскрыт горными выработками по падению не менее, чем на двух горизонтах (пластах) и по простиранию прослежен до выклинивания в пределах хотя бы одного горизонта (пласта).

При первой неожиданной встрече дизъюнктива горной выработкой определение и, тем более, прогноз размеров сместителя, т.е. направление его развития или затухания, носит весьма приближенный характер, поскольку такое определение основывается на выведенных соотношениях (1.4 и 1.8) между максимальной амплитудой, высотой и длиной. Это объясняется тем, что при единичном вскрытии дизъюнктива, нет уверенности, что выявленная амплитуда (R или N) является максимальной для данного разрывного нарушения. Вместе с тем, по положению следов скольжения (штриховки), выявляемых при документации сместителя, можно с уверенностью судить об ориентировке его осей, и, следовательно, говорить о направлении максимального размера (длины сместителя), вычисленного для данной амплитуды. Таким образом, при единичном вскрытии разрывного нарушения уверенно можно говорить лишь о направлении осей сместителя (по следам скольжения) и приблизительно оценить его размеры, вычисленные для данной амплитуды.

В случае, когда разрывное нарушение прослежено горными работами по простиранию до выклинивания, прогноз направления его развития или затухания более точен, так как основывается на вычисленном положении осей сместителя и характере изменения амплитуд (от максимального до нулевого значения) в пределах одного горизонта (или пласта), что позволяет частично оконтурить сместитель нулевой изоамплитудой. Если при отработке горизонта (пласта) установлен тип вскрытого дизъюнктива (по признакам, указанным в § 3.7), то при наличии чистого сброса или взброса, его длинная ось ориентирована параллельно линии простирания сместителя и, следовательно, на плане горных работ мы имеем его максимальный размер (длину). Поэтому можно ожидать, что для данной максимальной амплитуды размер сместителя в направлении его падения (т.е. половина высоты), в соответствии с уравнениями (1.4 и 1.8) не превысит 1/6 его длины. В случае, когда мы имеем дело с чистым сдвигом, т.е. с простиранием сместителя совпадает его короткая ось (высота), можно предположить, что минимальный его размер (для данной амплитуды) в направлении падения сместителя составит, в соответствии с положением длинной оси, не менее 3/2 его высоты (следа или линии скрещения сместителя на плане горных работ). Однако следует отметить, что подавляющее большинство дизъюнктивов относится к сбросо- и взбрососдвигам, что обуславливает диагональное относительно

простирания сместителя, расположение его осей. Поэтому прогноз направления развития и затухания разрывного нарушения во многом зависит от точности определения ориентировки осей сместителя.

Наиболее благоприятным для прогноза направления развития и затухания дизъюнктива и определения его размеров, представляется случай, когда сместитель прослежен горными выработками до выклинивания (как по простиранию, так и по падению) на нескольких горизонтах или пластах. Детальная разведанность разрывного нарушения позволяет установить характер изменения амплитуд по сместителю (от максимального до нулевого значения) и построить эпюру дизъюнктива, или, что бывает значительно чаще, ее половину. При этом замыкание контура сместителя, ограниченного нулевой изоамплитудой, может носить двоякий характер. В первом случае построена нижняя половина эпюры дизъюнктива (см.рис.1.9,а-в), т.е. выклинивание сместителя идет в направлении его падения от верхних горизонтов (или вышележащих пластов) к нижним. По эпюре такого нарушения можно сделать заключение об уменьшении протяженности и амплитуды дизъюнктива на следующем нижележащем горизонте (пласте). Во-втором случае построена верхняя половина эпюры дизъюнктива (см.рис.1.10,б,в; 1.11,б), т.е. сместитель на нижнем рабочем горизонте (пласте) имеет максимальные размеры и амплитуду. О затухании такого дизъюнктива можно судить лишь на основе экстраполяции верхней половины эпюры в направлении падения сместителя. При этом прогноз о характере развития нарушения на нижележащие горизонты (пласты) неоднозначен - возможно как дальнейшее увеличение амплитуды и размеров сместителя, так и его постепенное затухание. В этом случае с уверенностью можно говорить лишь о том, что характер нарушения (размеры амплитуды) в направлении падения, сохранится еще как минимум на расстояние, равное, примерно, площади верхней половины эпюры дизъюнктива.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящие "Указания" содержат решения ряда задач, необходимых при изучении дизъюнктивов и трещиноватости шахтных полей, в том числе и с целью получения важных практических результатов.

На основании установленных связей между содизъюнктивной трещиноватостью или изменением физико-механических свойств пород (углей) и типом и размером дизъюнктива, имеется возможность прогноза невстреченного дизъюнктива и определения его основных свойств. На основании геометризации сместителя (построения эпюры дизъюнктива) в известной его части появляется возможность выявления параметров дизъюнктива: его длины, высоты, максимальной амплитуды, а также прогноз затухания или развития дизъюнктива в интересующем нас направлении. Связь между расположением осей тектонических напряжений, положением сопряженных сместителей, следами перемещения на них и углом скалывания является основой для выявления типа дизъюнктива и пространственного расположения структурных элементов. Используя эти связи и графические методы решения (особенно с использованием азимутальных сеток), имеется возможность решать практические задачи шахтной геологии, связанные с определением типа дизъюнктива, его формы, с отысканием смещенной части угольного пласта и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Забродин А.С. Указания по решению шахтно-геологических задач с помощью азимутальных сеток. Изд.ВНИМИ, Л., 1973.

2. Забродин А.С. и др. Руководство по изучению геологического строения шахтных полей при подземной разработке угольных месторождений. Изд.ВНИМИ, Л., 1967.

3. Забродин А.С. Методические указания по классификации, номенклатуре и графическому изображению разрывных нарушений на угольных шахтах. Изд.ВНИМИ, Л.,1970.

4. Забродин А.С., Любич Г.А., Дупак Ю.Н. Прогноз элементов разрывных смещений на основе анализа круговых диаграмм трещиноватости и геометризации сместителей (методические указания). Изд.ВНИМИ, Л., 1970.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Глава 1. МЕТОДИКА ГЕОМЕТРИЗАЦИИ ДИЗЪЮНКТИВОВ 3

1.1. Образование и строение дизъюнктива. 3
1.2. Построение эпюры дизъюнктива 4
1.2.1. Построение эпюры сместителя на основе погоризонтных планов и вертикальных проекций. 5
1.2.2. Построение эпюры сместителя на основе горизонтальных проекций 7
1.3. Соотношение между основными параметрами дизъюнктива 8
1.4. Примеры эпюр дизъюнктивов. 12
1.4.1. Прокопьевское месторождение 12
1.4.2. Анжерское месторождение 20

Глава 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСЕЙ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ 24

2.1. Определение ориентировки осей тектонических напряжений по содизъюнктивной трещиноватости. 24
2.2. Определение ориентировки осей тектонических напряжений по известным элементам залегания сопряженных сместителей 25
2.3. Определение ориентировки осей тектонических напряжений по известным элементам залегания сместителя, штрихам скольжения и знаку смещения 26
2.4. Определение ориентировки осей тектонических напряжений с помощью построения эпюры сместителя 28
2.5. Угол скалывания 28

Глава 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ПРОГНОЗ ЭЛЕМЕНТОВ И ПАРАМЕТРОВ ДИЗЪЮНКТИВА 30

3.1. Элементы залегания сместителя, линия скрещения 30
3.2. Амплитуда смещения 42
3.3. Следы и направление перемещения 49
3.4. Расстояние до смещенной части пласта . . . 54
3.4.1. Стратиграфический метод 54
3.4.2. По данным разведочных выработок . . 55
3.5. Вектор перемещения (полная амплитуда). . . 59
3.6. Знак и форма смещения 61

3.7. Тип дизъюнктива 62
3.8. Размеры дизъюнктива 68
3.9. Направление развития и затухания дизъюнктива. 69

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 72

ЛИТЕРАТУРА 73

Печатный цех ВНИИМИ Заказ № 70 Тираж 600 2/XI-73 г.
М-07712 Объем 6 п.л. Цена 73 коп.

gost.e-ecolog.ru