

Министерство науки, высшей школы и технической политики
Российской Федерации
Кузбасский политехнический институт

С.В.Шаклеин

ПОСТРОЕНИЕ ГИПСОМЕТРИЧЕСКИХ ПЛАНОВ
УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Учебное пособие

Кемерово 1992

УДК 622.1.142.5:622.1:528.931(075.8)

Шаклеин С.В. Построение гипсометрических планов угольных пластов: Учеб.пособие / Кузбас. политехн. ин-т. - Кемерово, 1992. - 67 с.

ISBN 5-230-18877-4

Изложены принципы и методы построения гипсометрических планов пологих и наклонных угольных пластов. Рассмотрены методы оценки годности построений и измерений, используемых при геометризации формы пластов.

Пособие рекомендуется студентам, изучающим курс "Геометрия недр", и инженерным работникам маркшейдерско-геологических служб предприятий, занимающимся геометризацией угольных месторождений.

Библиогр. 5 назв. Ил. 46.

Рецензенты:

профессор кафедры геодезии и маркшейдерского дела Московского горного института, д-р техн. наук В.А.Букринский;
главный геолог треста "Кузбассурдразведка", канд. геол.-минер. наук А.И.Боев.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Кузбасского политехнического института.

ISBN 5-230-18877-4

© Кузбасский политехнический институт, 1992

ПРЕДИСЛОВИЕ

Программой изучения дисциплины "Геометрия недр" предусматривается, что студенты специальности "Маркшейдерское дело" должны обладать практическими навыками геометризации формы, условий залегания и качественных свойств угольных пластов, в том числе и методикой построения их гипсометрических планов. В современных учебниках [1,4], исходя из предъявляемых к ним требований и лимитирования их объема, рассматриваются только основные моменты этой методики.

Настоящее пособие посвящено практическим вопросам геометризации гипсометрии, конкретным методам и приемам построения гипсометрических планов.

В первой главе изложены правила чтения геологических разрезов, рассмотрены особенности инклинометрической съемки в современных условиях, методы ее обработки и оценки точности.

Вторая глава содержит конкретные приемы построения гипсометрических планов пластов, в том числе пораженных дизъюнктивными дислокациями. Причем большинство из них не рассматривалась ранее в учебной литературе. Изложены также методы оценки точности гипсометрических планов как по материалам горных, так и только разведочных работ.

В пособии не рассматриваются теоретические основы геометризации формы пластов, залежей, т. к. автор полагает, что до ознакомления с ним студент тщательно изучил основную учебную литературу по рассматриваемому вопросу [1, 4] .

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время маркшейдерско-геологическая служба угольные предприятия практически не занимается вопросами построения и корректировки гипсометрических планов пластов, что связано с тем, что они (в отличие, например, от планов изомощностей, изозольностей и т.д.) поступают на угольные предприятия из геологоразведочных организаций в виде готовых графических документов.

С происходящим поворотом к рыночным отношениям, к противозатратному производству ситуация в корне меняется. Современный маркшейдер обязан не просто уметь грамотно пользоваться уже готовыми гипсометрическими планами, а постоянно корректировать, перестраивать их, т.е. обеспечивать непрерывное горно-геометрическое сопровождение горных работ на основе учета всей дополнительной маркшейдерско-геологической информации, получаемой в ходе эксплуатации месторождения.

Если раньше производство требовало составления лишь более или менее приемлемого проекта ведения горных работ, учитывающего только основные особенности размещения угольного пласта в недрах, то в настоящее время необходим оптимальный проект, решения которого максимально соответствуют реальной горно-геологической обстановке.

В то же время к моменту проектирования имеется только горно-геометрическая модель природных условий (графическая, цифровая или аналитическая), лишь в той или иной степени отражающая имеющиеся в действительности реалии. Современному производству требуются модели повышенной точности, т.к. всякое расхождение между прогнозными и реальными условиями залегания полезного ископаемого уменьшает степень оптимальности проектных решений и наносит предприятию экономический ущерб.

Таким образом, современное горное производство требует, чтобы инженер-маркшейдер овладел не только принципами, но и профессиональными

приемами построения гипсометрических планов. Данное пособие призвало помочь ему в этом.

Необходимо подчеркнуть, что пособие сознательно ориентировано только на построение графической модели гипсометрии пластов. Внешне это выглядит несколько архаично, особенно учитывая то обстоятельство, что оптимизация планов развития горных работ возможна лишь на основе ЭВМ. Такой подход связан с тем, что реальная практика построения компьютерных моделей гипсометрии пластов идет в мире пока по направлению ручного или автоматического преобразования готовых гипсометрических графиков в цифровые модели (в качестве примера можно сослаться на опыт американской компании Маскингам Майнинг). В мире, к сожалению, пока не существует достаточно надежных методов автоматизированного создания цифровых моделей размещения рассматриваемого показателя, геополе которого обладает сильно выраженной анизотропией. Кроме того, мировой опыт убеждает, что попытки создания аналитических моделей гипсометрии пласта в целом оказались бесперспективными. Отсюда следует, что овладение студентом графическим моделированием не только не противоречит современным тенденциям компьютеризации, но и соответствует им как в плане обеспечения качественной маркшейдерской информации существующих и перспективных систем автоматического проектирования (САПР) угольной отрасли, так и при оценке постоянно предлагаемых новых методов собственно автоматизированного моделирования, весьма часто разрабатываемых, к сожалению, на низком профессиональном уровне. Прежде чем автоматизировать какой-либо процесс, необходимо детально изучить его не на формализованном уровне.

1. ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ К ПОСТРОЕНИЮ ГИПСОМЕТРИЧЕСКИХ ПЛАНОВ

1.1. Инклинометрическая съемка, скважин и ее обработка

Основным видом горно-геометрической информации, используемой при построении гипсометрических планов пластов, является совокупность данных о пространственных координатах точек пластоподсечений, т.е. точек встречи скважинами почвы изучаемого пласта. Эти данные используются как для предварительного построения на их основе геологических разрезов, так и непосредственно в ходе построений и корректировки положения изогипс.

Чрезвычайно важной является также информация об элементах залегания пласта в точках пластоподсечений, т.е. знание значений производных топофункции высотных отметок. Однако методы получения такой информации пока не получили практически значимого распространения как в силу своей дороговизны и нетехнологичности (ориентированный керн), так и в силу недостаточного аппаратного обеспечения производственных организаций (наклонометрия, фото- и телесъемка скважин). Поэтому вопрос об использовании при геометризации этого вида информации в данном пособии вообще не рассматривается.

Координаты пластоподсечений геологоразведкой непосредственно не устанавливаются, т.к. в ходе буровых и каротажных работ выявляется только глубина, на которой скважина подсекает почву пласта (так называемая осевая или стволовая глубина). Для расчета координат пластоподсечений необходимо, таким образом, еще и знание положения скважины в пространстве недр. Для этого производится инклинометрическая съемка скважин. Поскольку съемке подлежат не только геологоразведочные, но и технологические скважины, а сами координаты используются впоследствии не только при геометризации пластов, но и при построении опасных зон, то маркшейдер должен иметь представление о данном виде съемки, уметь контролировать ее результаты, а также выбранный метод ее обработки.

В ходе съемки с помощью специальных приборов (инклинометрических станций) в нескольких точках скважины определяются элементы залегания: зенитный угол Θ (угол между вертикалью и осью скважины) и дирекционный (азимутальный) угол направления погружения скважины α . Величина Θ определяется обычно с точностью до 15 минут, а α - до градусов. Точки съемки должны, согласно инструктивным требованиям, располагаться на оси скважины через 20 м. Однако на практике весьма распространены случаи нарушения инструкции. Обычно они характерны для неглубоких скважин (300-400 м). При этом производятся всего один-три реальных замера (в забое, середине скважины и устье), а промежуточные замеры "дописываются" как результат интерполяции или экстраполяции. Этим объясняется существенно различный характер зависимости значений азимутальных углов от осевой глубины для мелких (рис. 1.1) и глубоких скважин (1.2), где измерения производятся с большей тщательностью. В первом случае углы почти функционально зависят от глубины, изменяются плавно и в небольших пределах. Во втором случае зависимость от глубины имеет явно статистический характер. Таким образом, анализ зависимости азимутальных углов от глубины позволяет выделить скважины с "дописанными" замерами и с осторожностью относиться к данным по ним. Разумеется, опытный специалист в состоянии так "дописать" необходимые замеры, что они будут визуально соответствовать зависимости, характерной для реальных измерений. Однако в настоящее время подобной работой себя мало кто затрудняет. Надежным барьером для всякого рода "дописываний" может служить механизм экономической заинтересованности и ответственности за результаты инклинометрической съемки.

Обработка результатов съемки ведется несколькими способами. Наиболее популярными из них являются способы, при применении которых скважина рассматривается в виде ломаной прямой. При этом различают три методики расчетов. Рассмотрим заложенное в них идеи на основе описания процедуры построения разреза по скважине графическим способом.

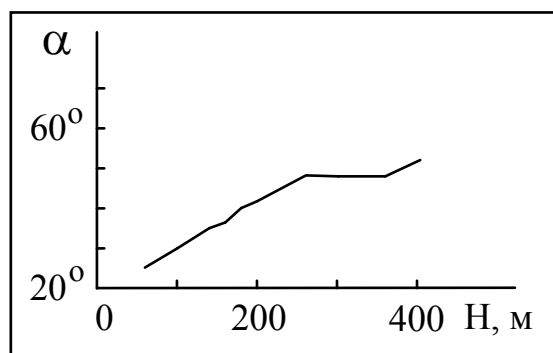


Рис. 1.1. Зависимость азимутальных углов (α) скважины глубиной 405 м от осевой глубины (H)

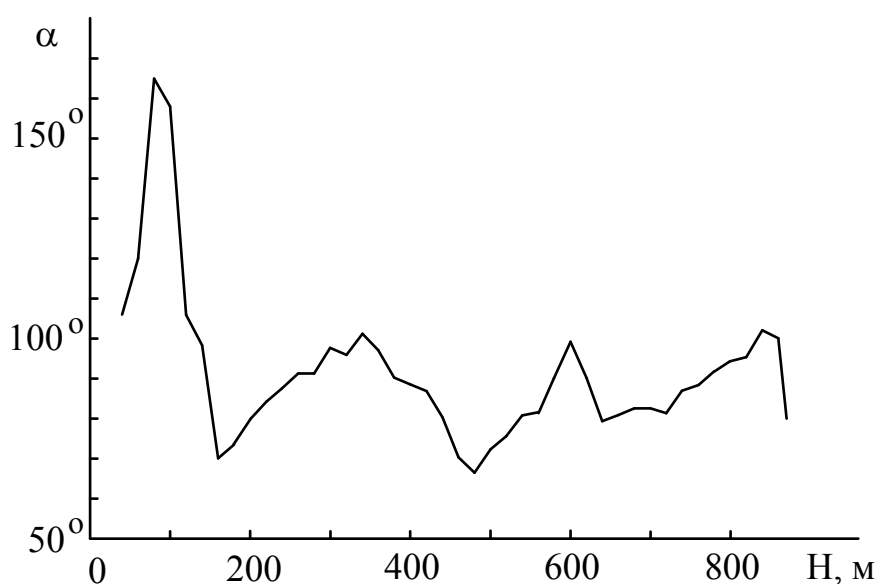


Рис. 1.2. Зависимость азимутальных углов (α) скважины глубиной 807 м от осевой глубины (H)

Первая методика состоит в том, что участок скважины между двумя замера, отстоящими друг от друга на величину L (измеренную вдоль оси криволинейной скважины), заменяется прямой длиной L , элементы залегания которой равны замеренным в верхней точке измерения. Пусть имеется вертикально заданная скважина (рис. 1.3), в точках **A**, **B** и **C** которой определены элементы ее залегания. Из точки **A** (устья) проводят под углом Θ_A к вертикали прямую **AB**, на которой откладывают от **A** расстояние **AB'** (измеренное по оси скважины) и получают точку **B'**. В свою очередь, из **B'** под измеренным в **B** углом Θ_B проводят **B'C'** (вдоль которой откладывают длину

BC и отмечают положение точки **C'** и т.д. Соединяя **A**, **B'**, **C'**,..., получают расчетное положение оси ствола скважины.

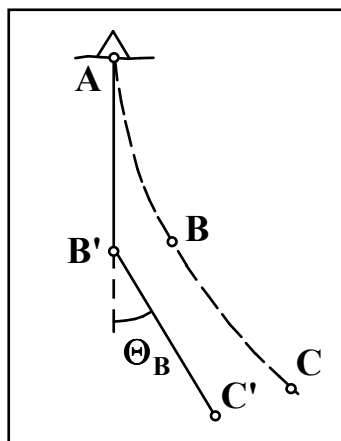


Рис.1.3. Расчет координат точек оси скважины путем распространения результата на весь интервал

При применении второй методики результаты каждого замера распространяются только на половину интервала между измерениями, вверх и вниз от него. Для этого (рис.1.4) из устья **A** под углом Θ_A проводят **AE**, длина которой равна $AB / 2$, а из **E** под углом Θ_B - **EF**. Причем **EB'** равна половине **AB**, а **B'F** - половине **BC**. Затем из **F** под углом Θ_C откладывается **FC'** и т.д. Естественно, что длина **AE** равна **EB'**, а длина **B'F** - **FC'**. Считается, что кривая, проходящая через точки **A**, **B'** и **C'**, описывает положение оси скважины.

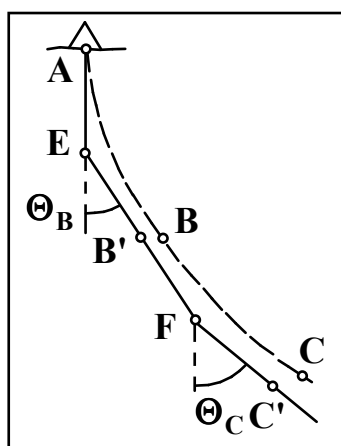


Рис.1.4. Расчет координат точек оси скважины путем распространения результата на половину интервала

Третья методика состоит в рассмотрении каждого интервала между замераами в виде прямой, имеющей элементы залегания, равные среднеарифметическим значениям углов, измеренных на его концах (рис.1.5). Для построения оси скважины $AB'C'$ из устья A под углом $\Theta = (\Theta_A + \Theta_B) / 2$ проводится прямая AB' длиной AB , а из B' , под углом $(\Theta_B + \Theta_C) / 2$ - $B'C'$ длиной BC .

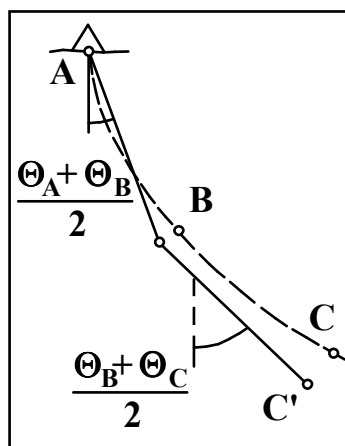


Рис.1.5. Расчет координат точек оси скважины путем распространения на интервал среднего из замеренных значений углов

Исследованиями Г.И.Вилесова, В.И.Кузьмина установлен факт равноточности второго и третьего методов обработки инклинометрии, а также то, что погрешность первого метода превышает погрешность двух других в несколько раз (в 19-180 раз в плане и в 4-155 раз по высоте [2]). На это следует обратить внимание в связи с тем, что в учебной литературе первый метод иногда рекомендуется к использованию.

Наиболее простым с позиции расчетов является третий метод. При его применении координаты каждой последней $i+1$ точки съемки определяются по формулам:

$$Z_{i+1} = Z_i - L_{i+1} \cdot \cos \frac{\Theta_i + \Theta_{i+1}}{2}; \quad (1.1)$$

$$X_{i+1} = X_i + L_{i+1} \cdot \sin \frac{\Theta_i + \Theta_{i+1}}{2} \cdot \cos \frac{\alpha_i + \alpha_{i+1}}{2}; \quad (1.2)$$

$$Y_{i+1} = Y_i + L_{i+1} \cdot \sin \frac{\Theta_i + \Theta_{i+1}}{2} \cdot \sin \frac{\alpha_i + \alpha_{i+1}}{2}, \quad (1.3)$$

где L_{i+1} - расстояние между i -м и $i+1$ -м замерами;

α_i, α_{i+1} - дирекционные углы направления погружения скважины в точках замеров.

Единственное, что необходимо учесть при расчетах, это немеханический характер определения средних значений дирекционных углов. Если один из углов равен, например, 16° , другой - 350° , то среднее значение будет равно 3° , а никак не 183° !

Координаты точки пластоподсечения P определяются на основе интерполяции между координатами ближайших к нец точек замеров. Одна из них (A) должна иметь меньшую (H_A), а другая (B) - большую (H_B) осевую глубину, чем глубина пластоподсечения (H_P). Тогда:

$$X_P = X_A + (X_B - X_A) \cdot t; \quad (1.4)$$

$$Y_P = Y_A + (Y_B - Y_A) \cdot t; \quad (1.5)$$

$$Z_P = Z_A + (Z_B - Z_A) \cdot t; \quad (1.6)$$

$$t = \frac{H_P - H_A}{H_B - H_A}. \quad (1.7)$$

Помимо рассмотренных, существуют методы, основанные на использовании статистических зависимостей между элементами залегания оси скважины и глубинами замеров.

Наиболее строгим и современным является метод, использующий сплайн-функцию. При его применении ось скважины представляется в виде непрерывной кривой, имеющей на заданных расстояниях вдоль нее элементы залегания, равные измеренным. Кроме того, предполагается, что буровая колонна стремилась в процессе работы занять в пространстве недр наивыгоднейшее положение. К сожалению, метод настолько сложен, что реализуется только на ЭВМ (например, программа "OIS" для персональных компьютеров).

1.2. Геологический разрез

Главнейшим исходным геологическим документом для построения гипсометрических планов является геологический разрез. Поэтому маркшейдер должен свободно читать размещенную на нем информацию. Следует иметь в виду, что условные обозначения, используемые на разрезах, не только не постоянны во времени, но и несколько различаются в различных разведочных организациях, что, впрочем, не противоречит ГОСТам, т.к. все обозначения выносятся на один из листов графической части геологического отчета.

Рассмотрим порядок чтения информации, размещенной на геологическом разрезе, на примере рис.1.6. Прежде всего на разрезе показываются проекции осей скважин. Если скважина наклонна, то помимо ее оси часто указывается (пунктиром) положение вертикальной линии, опущенной из ее устья (скважина 11711). Устье скважины отмечается треугольником, рядом с которым подписывается ее номер и отметка поверхности. С помощью условных обозначений показываются породы, встреченные скважиной, и в принятом масштабе их мощность. В ряде случаев, если породы часто перемежаются, а их мощности незначительны и не могут быть масштабно изображены, то наличие этого факта отображается с помощью схематического указания на него в виде штриховки (участок скважины 11748 в районе пласта Наджуринского). Если керн по интервалу скважины не был получен, а геофизические исследования не смогли восполнить этот пробел, то на данном интервале делается соответствующая пометка (обычно в виде текста 'н.к.' - "нет керна", см. скважину 11809). Рядом с каждым пластом проставляется осевая глубина встречи его почвы (например 125,80 м по пласту Журинскому по скважине 11748). Подписываются также глубины' выхода сквежин из наносов (46,00 м по скважине 11751) и глубины их забоев (154,20 м по скважине 11809). Положение забоя скважины отмечается короткой линией, перпендикулярной к ее оси.

Рядом с колонкой, напротив точек измерения, выписываются значения измеренных углов напластования пород (например 60° и 50° по скважине 11751), т.е. углов падения плоскостей контактов пород относительно оси керна. Следует иметь в виду, что эти углы далеко не всегда равны углам падения угольных пластов и, кроме того, не всегда известно пространственная ориентировка линий падения (т.е. данный угол может иметь в плоскости данного разреза совершенно иное значение). Однако углы являются ценной горно-геометрической информацией, используемой, например, при прогнозировании дизъюнктивных нарушений и нарушенных зон методом И.П.Жингеля. Поэтому при приемке документации от геологоразведочных организаций представителям маркшейдерско-геологических служб угольных предприятий следует контролировать полноту представления этих данных, поскольку в настоящее время сложилось правило помещения на разрезах только незначительной части результатов выполненных измерений. Мощности угольных пластов проставляются на разрезах вблизи точек плаstopодсечений. Если пласт простого строения, т.е. не имеет породных прослоев, то подписывается лишь одна цифра, равная его нормальной мощности (например, 0,49 м пласта Наджуринского по скважине 11809). При сложном строении пласта выписываются нормальные мощности всех пачек и породных прослоев. Например, запись по скважине 11748 у пласта Журинского 4,25(0,14)0,87 означает, что мощность его верхней (первой) пачки составляет 4,25 м, породного прослоя 0,14 м и нижней пачки 0,87 м. В некоторых случаях, когда на разрезе недостаточно места для подписей (см. пласт Поджуринский 1 по скважине 11748, в районе его расщепления), после перечисления мощностей, через тире, подписывается глубина его встречи. Иногда подписи выносятся вообще за пределы чертежа, и упомянутая запись могла бы иметь вид -11748 – гл. 150,15 - 1.26(0.19)0.29 (номер скважины - глубина -мощности).

На разрезах показываются также оси складок и разрывное нарушения, в том числе и в виде зон дробления. При пересечении зон дробления скважиной

встреченные породы могут не показываться. Рядом с линиями разрывов и осями складок обычно подписывается их номера или наименования.

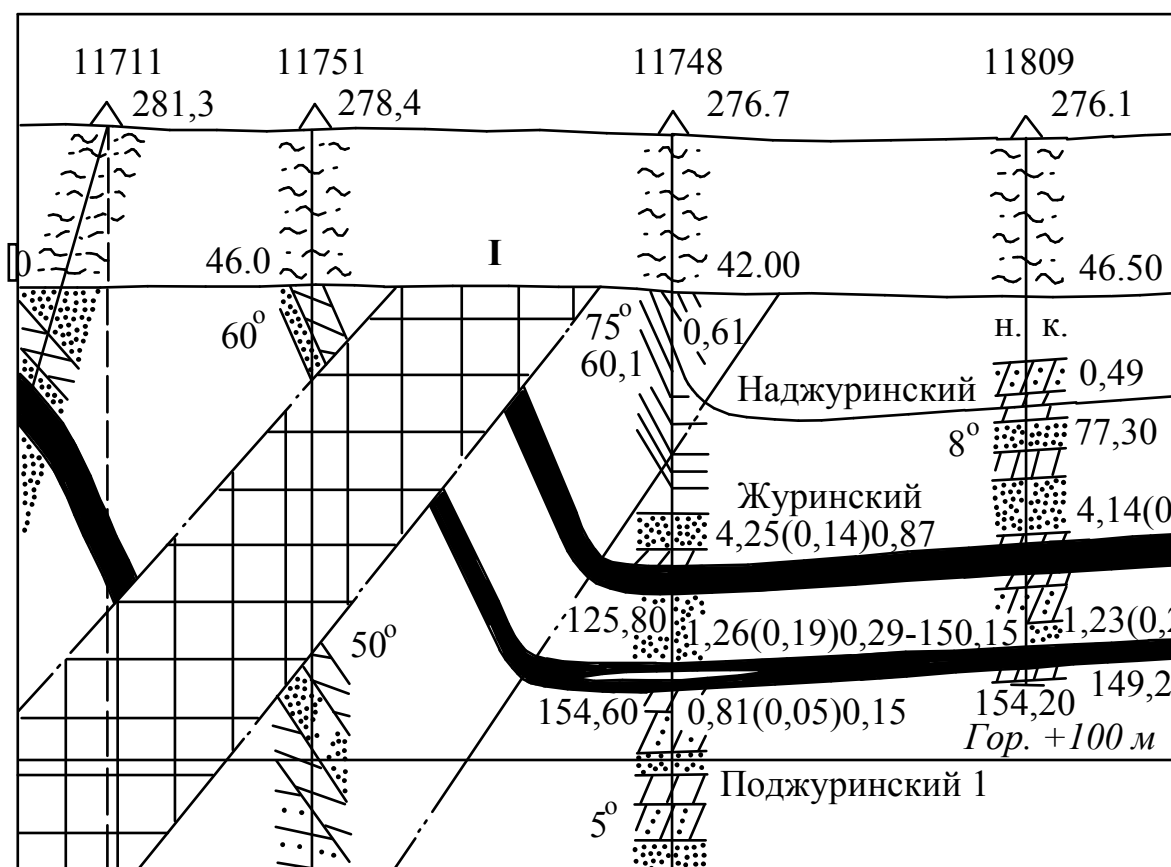


Рис. 1.6. Фрагмент геологического разреза

При искривлении скважин за пределами основного чертежа приводятся характеристики искривления в плане (см.рис.1.7). Ось "север-юг" помещается обычно на продолжении вертикали, опущенной из устья скважины. На таком вспомогательном рисунке показывается направление устье - забой и положение разведочной линии. Рядом выписываются дирекционные углы этих направлений и длина горизонтальной проекции линии устье-забой. Рядом с точкой, отмечающей положение забоя, часто подписывается номер произведенного в ней инклинометрического измерения. При сложном характере искривления проекция трассы может выглядеть в виде ломаной или кривой линии с нанесенным на нее точками измерений и их номерами.

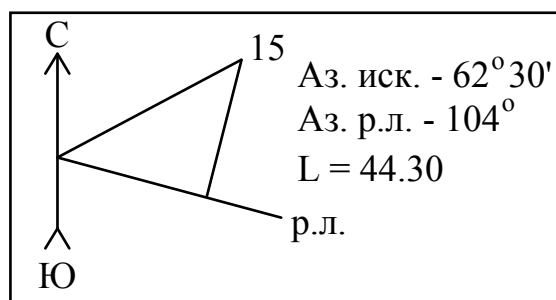


Рис.1.7. Дополнительная информация об искривлении скважин,
приводимая на разрезе

Нетрудно заметить, что при большом числе искривленных скважин геологический разрез теряет фактографический характер, т.к. требует осуществления пересчета фактических пространственных координат плаstopодсечений на плоскость разреза (используя предполагаемые элементы залегания пластов). Поскольку положение точек плаstopодсечений относительно плоскости разреза различно не только для всех скважин, но и в пределах одной скважины, то разрез превращается из экспериментально построенного сечения в предполагаемое - в сечение, которое должно было бы иметь место в случае, если бы точки плаstopодсечений находились в ее плоскости. Поэтому следует ожидать, что с переходом на большие глубины разведки при построении разрезов возникнут серьезные проблемы. Их разрешение возможно двумя путями.

Первый путь состоит в поддержании заданного положения скважины с недрах с помощью методов направленного бурения, что резко повысит стоимость буровых работ.

Второй путь состоит в изменении методики построения разрезов. На первом этапе работы независимо должны строиться разрезы для каждого пласта по линиям, проходящим через все его точки плаstopодсечений. На втором этапе, используя эти разрезы, отстраиваются гипсометрические планы. Они могут увязываться друг с другом и взаимно корректироваться. На третьем этапе, используя готовые гипсометрические планы, строится разрез по заданной линии, на котором показываются литотипы и мощности встреченных

вмещающих пород. И, наконец, на четвертом этапе проводится анализ построенного комплексного разреза, в результате которого в исходные разрезы по пластам могут быть внесены отдельные исправления.

Достоверность геологических разрезов во многом зависит от точности маркшейдерской съемки устьев разведочных скважин. К сожалению, среди специалистов до сих пор бытует мнение о допустимости низкой надежности выполнения таких работ. К чему ведет нарушение требований "Инструкции по производству маркшейдерских работ" можно проиллюстрировать рис.1.8. В результате разведки буровыми скважинами была выявлена аномалия в поведении одного из основных рабочих пластов шахты "Северная" – пласта Кумпановский. Поскольку она могла быть связана с тектоническим нарушением, осложняющим ведение горных работ, для заверки и уточнения размеров подсеченной аномалии было дополнительно пробурено пять разведочных скважин общей глубиной около полукилометра. Все они подтвердили наличие пликативной дислокации. Однако последующими горными работами аномалия подтверждена не была (пласт занимал положение, обозначенное пунктирной линией). Выяснилось, что появление аномалии было лишь результатом некачественной высотной привязки устьев группы разведочных скважин, которая привела к бесполезному увеличению объемов бурения, усложнила планирование и ведение горных работ.

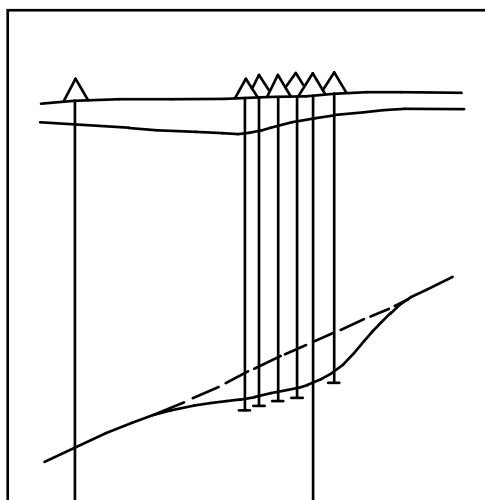


Рис.1.8. Фрагмент геологического разреза по VIII разведочной линии поля шахты "Северная" (Кемеровский район Кузбасса)

В отличие от многих других видов маркшейдерских съемочных работ привязка скважин требует кропотливой предварительной подготовки. Это связано с тем, что в пределах изучаемого участка находятся скважины различных стадий разведки, положение которых определялось в различных системах координат (особенно высотных), а сами скважины, как правило, утрачены. Для перевода координат в единую систему требуется не только сбор всех первичных материалов и заварочные съемки, но и хорошее знание истории маркшейдерско-геодезического освоения района.

1.3. Оценка точности координат пластоподсечений по данным горных работ

Знание погрешностей координат пластоподсечений позволяет учитывать их уровень при построении геологических разрезов и гипсометрических планов (не отстраивать местные аномалии в поведении изогипс пластов, объясняемые просто техническими погрешностями измерений), при планировании развития горных работ, построении аналитических моделей пластов, выборе оптимальных комплексов геолого-маркшейдерских наблюдений и т. п.

Наиболее надежным способом оценки точности координат является путь прямого сопоставления ожидаемых координат пластоподсечений с их фактическими значениями, установленными в результате подземных инструментальных наблюдений. В качестве итоговых показателей используются среднеквадратические разности координат, расстояния между фактическими и расчетными положениями пластоподсечений в плане.

Результатом таких исследований являются обычно зависимости величин указанных погрешностей от глубин пластоподсечений. Часто анализируются также выдержанность дирекционных углов направлений от расчетных к фактическим точкам подсечений. Выявление таких закономерностей позволяет уменьшить погрешности в исходных данных за счет введения соответствующих поправок. Однако нерегулярность съемок, направленных на определение фактических координат пластоподсечений, связанная с необязательностью и опасностью таких работ, не позволяет, как правило, получить необходимый для

анализа объем исходной информации. В этом случае рекомендуется упрощенный метод.

Его сущность состоит в следующем, Если на плане горных работ в ожидаемой точке плаstopодсечения определить отметку почвы пласта Z по материалам эксплуатации (путем интерполяции между точками маркшейдерских замеров с учетом фактической мощности пласта) и сравнить ее с отметкой по данным геологоразведки Z' , то между ними обнаружится разница

$$\Delta Z = |Z - Z'|. \quad (1.8)$$

Разность ΔZ вызвана двумя причинами. Во-первых она связана с собственно погрешностью определения высотной отметки m_z . Во-вторых, она обусловлена вторичной высотной погрешностью m_z^p возникающей в результате погрешности планового положения подсечения. Механизм появления этой погрешности иллюстрируется рис. 1.9. Если будет считаться, что действительная точка плаstopодсечения A находится, вследствие погрешности ее планового положения m_p , в точке B , то в этом случае отметка пласта в нанесенной на план точке B будет отличаться от действительной на величину m_z^p , равную $m_p \operatorname{tg} \alpha$.

Таким образом, абсолютное значение разности ΔZ теоретически может быть описано формулой:

$$\Delta Z = m_z + m_p \operatorname{tg} \alpha, \quad (1.9)$$

где α – угол падения пласта.

Линейный вид равенства (1.9) может быть заменен на квадратичный, однако эксперименты показали, что это не приводит, в данном случае, к росту точности описания и лишь усложняет вычислительные процедуры. Так как для отдельных интервалов глубин скважин зависимость между глубиной и погрешностями носит практически линейный характер, то справедливо равенство:

$$\Delta Z_i = H_i [m'_p \operatorname{tg} \alpha_i + m'_z], \quad (1.10)$$

где H_i - глубина плаstopодсечения;

m'_p, m'_z - погрешности планового и высотного положения подсечения, приходящиеся на 1 м глубины.

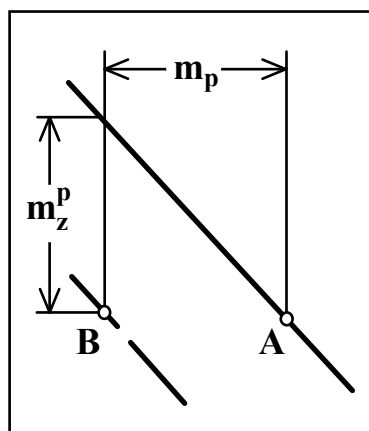


Рис.1.9. Вторичная высотная погрешность отметки плаstopодсечения

Имея n сопоставлений отметок, можно записать систему уравнений вида (1.10), решение которой производится по формулам:

$$m'_p = \frac{n \sum_{i=1}^n \operatorname{tg} \alpha_i \frac{\Delta Z_i}{H_i} - \sum_{i=1}^n \operatorname{tg} \alpha_i \sum_{i=1}^n \frac{\Delta Z_i}{H_i}}{n \sum_{i=1}^n \operatorname{tg}^2 \alpha_i - \left(\sum_{i=1}^n \operatorname{tg} \alpha_i \right)^2}, \quad (1.11)$$

$$m'_z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\Delta Z_i}{H_i} - m'_p \sum_{i=1}^n \operatorname{tg} \alpha_i}{n}. \quad (1.12)$$

Практически расчет погрешностей ведется отдельно для интервалов глубин, равных 300-500 м, что позволяет учесть реальную, хотя и слабую, нелинейность зависимости погрешностей от глубины. Следует заметить, что получаемая по формуле (1.11) величина m'_p характеризует не общую погрешность планового положения подсечения, а лишь ее проекцию на линию падения пласта. Однако с позиции геометризации именно эта составляющая и имеет практическое значение, поскольку перемещение точки вдоль простирания не оказывает никакого влияния на результаты построения геологического разреза и гипсометрического плана.

2. ПОСТРОЕНИЕ ИЗОЛИНИЙ ГИПСОМЕТРИИ ПЛАСТОВ

2.1. Построение изолиний методом ступенчатых отметок

Изогипсы пологих, наклонных и крутонаклонных пластов отстраиваются в проекции на горизонтальную плоскость методом ступенчатых отметок. В ряде случаев для этих целей может быть использован и метод многогранников. Однако его применение возможно только на отдельных участках выдержанных моноклиналов и требует специального обоснования. В силу этого, лучше всего или полностью отказаться от применения последнего метода или применять его только после накопления значительного личного опыта графического моделирования.

Сущность метода ступенчатых отметок состоит в следующем. Во-первых, выбираются наименования горизонтов, изогипсы которых предполагается отстраивать (некоторые практические аспекты решения данного вопроса будут изложены несколько позже). Во-вторых, на имеющихся геологических разрезах, специальных сечениях и т.д. проводятся линии этих горизонтов и находятся точки их пересечения с линией, описывающей положение почвы геометризиремого пласта. Например, пусть имеется два разреза I и II (рис.2.1 и 2.2) и требуется построить на плане изогипсы 100 м.

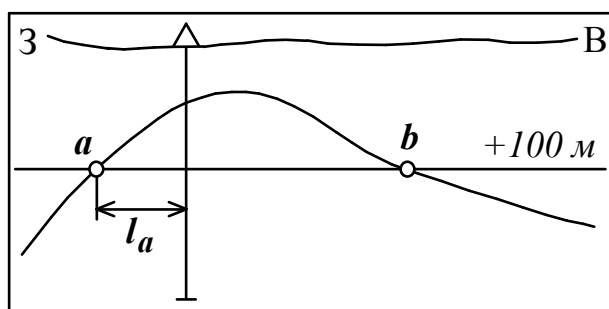


Рис. 2.1. Фрагмент разреза по I разведочной линии

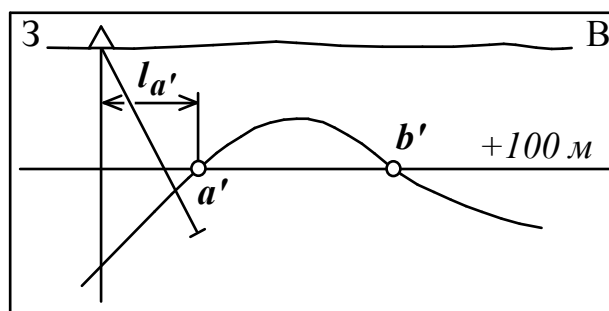


Рис. 2.2. Фрагмент разреза по II разведочной линии

В этом случае необходимо осуществить построение линий горизонта 100 м на каждом из разрезов и найти точки, соответственно a , b и a' , b' , пересечения этих горизонтов с почвой пласта. В-третьих, точки a , b и a' , b' должны быть перенесены на план. Перенос осуществляется следующим образом. На разрезе находится (с помощью циркуля-измерителя) горизонтальное расстояние от рассматриваемой точки (a на рис. 2.1 и a' на рис.2.2) до вертикальной линии, опущенной из устья ближайшей к ней скважины (l_a и $l_{a'}$). Это расстояние откладывается уже на плане (рис. 2.3) вдоль направления разведочной линии от устья этой же скважины. Разумеется, делается это с учетом ориентировки разреза (например на I р.л. оно откладывается на запад от устья скважины, а. на II р.л. - на восток). В результате на плане возникнут точки a , b и a' , b' , имеющие равные значения высотных отметок, т. е. принадлежащих одноименным изогипсам (естественно, что точки этого же типа будут встречаться на других разведочных линиях геометризируемого участка пласта). Соединив одноименные точки a , b и a' , b' главной кривой, получают плановое положение изогипс. В выполнении перечисленные действий и состоит в своей основе метод ступенчатых отметок.

Теперь остается разобраться, изогипсы каких именно отметок необходимо строить в каждом конкретном случае. Для того, чтобы понять сущность этой задачи, необходимо ответить на вопросы: зачем ведется построение изогипс, какие задачи и каким образом предстоит решать с их помощью?

Е восстанавливают перпендикуляр $ЕТ$ к $ЕЕ'$ и откладывают на нем длину $ЕТ$, равную в произвольное масштабе разности отметок двух рассматриваемых изогипс. Соединяя точки $Е'$ и $Т$, получают совмещенный разрез по пласту - линию $Е'Т$. Для определения отметки точки $А$ из нее восстанавливают перпендикуляр $АК$ и измеряют его длину. Эта длина, с учетом масштаба, принятого при задании длины $ЕТ$, является разностью между отметкой горизонта, за который была принята прямая $ЕЕ'$, и отметкой точки $А$ (ΔZ_A). Располагая этой информацией, несложно вычислить и саму отметку.

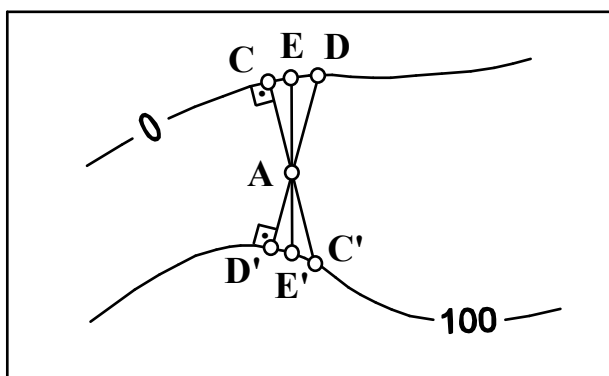


Рис.2.4. Построение линии интерполирования отметок для точки, лежащей между двумя изогипсами

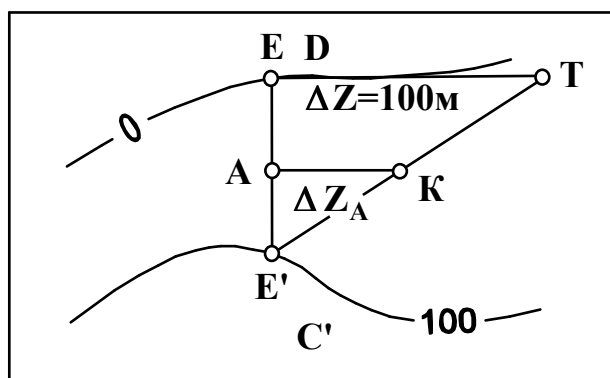


Рис.2.5. Интерполирование с помощью совмещенного разреза

Палетка изготавливается на прозрачной основе и представляет из себя систему параллельных прямых (рис. 2.6). Расстояние между ее крайними линиями выбирается для каждого случая индивидуально и принимается равным (или несколько меньшим) минимального расстояния между соседними

изогипсами рассматриваемого объекта. Крайним линиям палетки присваиваются значения 0 и Δh (величина сечения изолиний, м). Промежуточные линии палетки удалены друг от друга на расстояние l , определяемые по формуле:

$$l = \frac{n \cdot t \cdot L}{\Delta h}, \quad (2.1)$$

где t - требуемая точность определения высотных отметок (точность отсчитывания), м;

$n=1; 2; 3$ или, обычно, 4 .

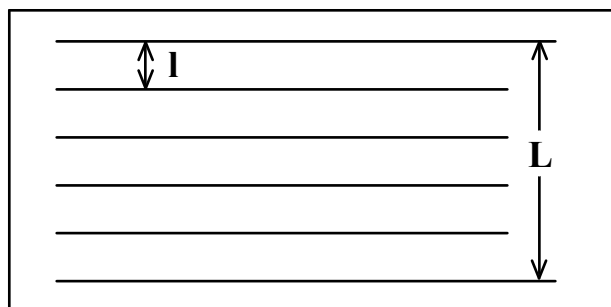


Рис. 2.6. Палетка для интерполирования

Пусть, например $L = 20$ мм, $\Delta h = 10$ м и $t = 1$ м. Приняв $n = 4$, получаем:

$$l = \frac{4 \cdot 1 \cdot 20}{10} = 8.0 \text{ мм.}$$

Известное расстояние l последовательно откладывается от крайней линии палетки с отметкой 0 м. Через полученную точку проводится промежуточная линия, которой присваивается отметка (4 м в примере). Далее, от последней линии вновь откладывается и отстраивается новая промежуточная линия, но уже имеющая отметку $2 \cdot t \cdot n$ и т.д. легко заметить, что расстояние между крайней линией палетки с отметкой Δh и последней промежуточной линией может быть меньше l (как на рис.2.7). Пользуются отстроенной палеткой следующим образом (рис. 2.7). Крайняя линия палетки с отметкой 0 совмещается с точкой E направления интерполирования (точка E принадлежит изогипсе, имеющей меньшую отметку). Затем, вращая палетку вокруг точки E , добиваются совпадения второй крайней линии палетки (с отметкой Δh) с точкой E' . После

этого, используя промежуточные линии палетки как шкалу, находят отсчет по ней, соответствующий положению определяемой точки **А** (для рис.2.7 он равен 5 м). Прибавив его к отметке изогипсы, на которой лежит **Е**, получают искомую отметку точки **А**.

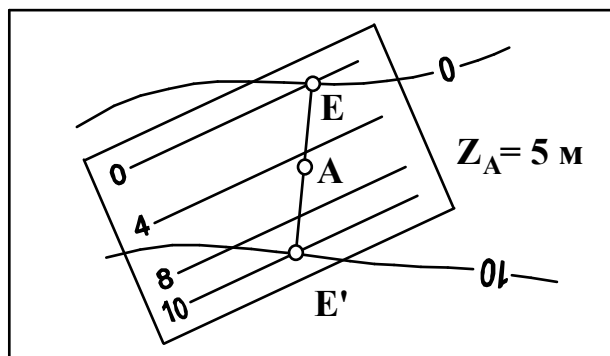


Рис. 2.7. Интерполирование с помощью палетки

Интерполирование "на глаз" является самым быстрым методом. Его применение возможно, если расстояние между изогипсами в плане не превышает 100-150мм. Пользователю с малым опытом работы не следует пользоваться данным методом, если расстояние между изогипсами превышает 40-50 мм. Метод особенно эффективен, если выбранное сечение изогипс ориентировано на его последующее применение.

Признаком такой ориентировки служит выполнение следующего соотношения между требуемой точностью отсчитывания t и сечением изогипс Δh :

$$\Delta h = t \cdot 2^k, \quad (2.2)$$

где k - произвольное целое число.

Например, при требуемой точности отсчитывания 2 м такими эффективными, с позиции рассматриваемого метода, будут сечения: 2 ($k = 0$); 4 ($k = 1$); ... 32 ($k = 4$); 64 ($k = 5$) м и т.д. Естественно, что такие сечения, с привычной нам позиции десятичного счисления, кажутся нелепыми, но они, действительно, более удобны, чем 5; 30; 50 м и т.д.

Собственно интерполирование "на глаз" выполняется следующим образом (рис.2.8). После того, как проведена линия интерполирования, она делится пополам ("на глаз") в точке **В**. Точка **А** находится на втором ее отрезке (в **Е'В**), следовательно, ее отметка больше 32 м (половина от 64 м). **Е'В** вновь делится пополам (точка **С**)- **А** находится на отрезке **ВС**, который опять делится на две равные части (точка **Д**). Т.к. **ВД** соответствует 8 м, то уже ясно, что отметка **А** больше 40 м. Длина **ДС**, внутри которой находится **А**, вновь делится пополам в точке **М** и можно заключить, что отметка **А** больше 44 м. Поскольку **А** лежит посередине участка **МС**, длина которого соответствует 4м, то итоговая отметка **А** равна 46 м. Таким образом, метод интерполирования "на глаз", в основе которого лежит идея постоянного деления отрезков на две равные части, позволяет с помощью простейших действий быстро определить высотную отметку пласта в любой его точке.

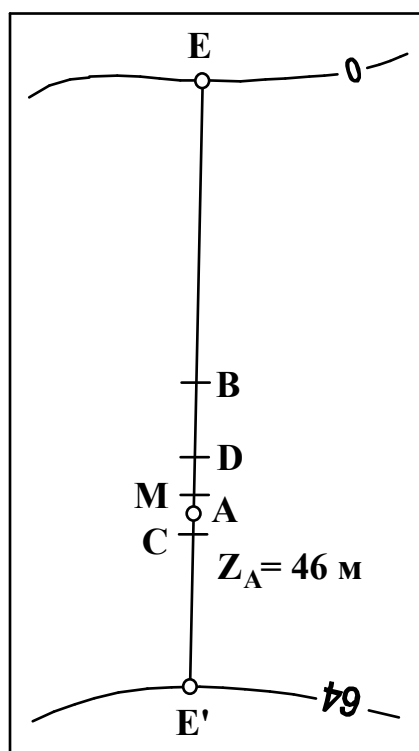


Рис. 2.8. Интерполирование на глаз

Рассматривая описанные методы использования гипсометрических планов для определения отметки пласта в любой его точке, легко прийти к выводу о том, что они применимы лишь в случае, когда плотность изогипс

(величина их сечения) обеспечивает возможность линейной интерполяции между ними. В случае, если сечение изогипс больше необходимого для линейной интерполяции, то пользователю необходимо или сгустить их, или всегда пользоваться приемом, применяемым для замковых частей складок пластов.

Этот прием состоит в следующем. Пусть требуется определить высотную отметку точки **A**, находящейся в замковой части брахиантклинальной складки (рис.2.9). Для этого через точку **A** проводится линия интерполирования **EK**, перпендикулярная оси складки, и находятся точки ее пересечения с двумя (лучше с тремя) парами изогипс **E, C, D, M, K** (на рис. 2.9). По линии **EK** строится совмещенный разрез, принимая отметку горизонта **EK** равной отметке одной из пересекаемых линий **EK** изогипс (обычно внутренней изогипсы участка). В данном примере (рис.2.9) отметка горизонта **EK** принята равной 50 м. Тогда точки **C** и **M** лежат на горизонте, точки **D** и **F** на 50 м выше, а точки **E** и **K** ниже его.

Отложив соответствующие величины $\Delta h = 50$ м, получают положение точек **E, D, F, K** в разрезе - точки **E', D', F'** и **K'**. Через **E', C, D'** и **K', M, F'** проводят плавные кривые - положение крыльев - пласта в разрезе, которые соединяют плавной кривой **D'N'F'** - положением замка складки. При проведении **D'N'F'** учитывают, что угол падения пласта в точке оси складки (**N**) должен быть равен нулю. Построив **D'N'F'**, из **A** восстанавливает перпендикуляр **AA'**, длина которого соответствует разности отметок точки **A** и горизонта линии **EK**. Нетрудно заметить, что данный способ определения отметки достаточно трудоемок и использовать его постоянно нерационально. Поэтому для замковых участков брахиморфных складок, расположенных выше или ниже последней изогипсы, на квалифицированно отстроенных гипсометрических планах, во-первых, вычерчиваются дополнительные изогипсы с уменьшенном сечением и, во-вторых, указывают на оси складок несколько ее отметок. Кроме того, поскольку описанный выше способ проведения линии интерполирования типа **EE'** (см. рис. 2.4) не совсем

корректен в условиях существования складок цилиндрического и конического типов, то для замковых участков складок между основными изогипсами также проводят дополнительные. Общий вид такого гипсометрического плана приведен на рис.2.10. Таким образом, несколько разобравшись с методикой работы с планами (которая в настоящее время используется при создании высококачественных цифровых компьютерных моделей гипсометрии), можно сделать вывод, что нет необходимости стремиться к постоянной величине сечения изогипс, можно и нужно варьировать ею, добиваясь удобства и надежности пользования планами.

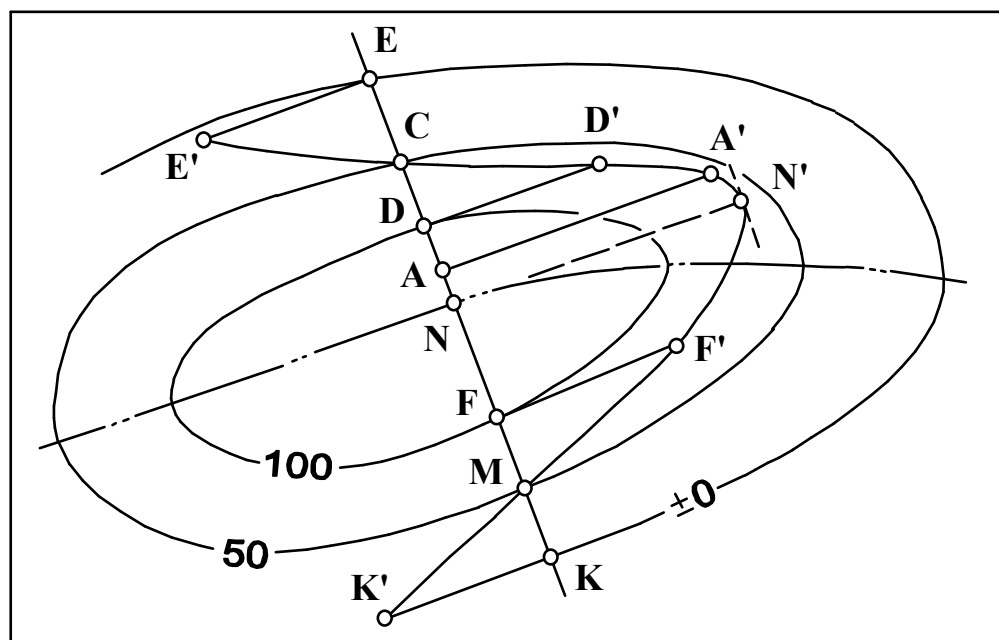


Рис. 2.9. Определение отметки пласта в замковых частях складок

Методика выбора сечений изогипс целиком вытекает из методики их практического использования. Принцип выбора, предлагаемый рекомендациями [3], состоит в следующем. Отстраиваются изогипсы пласта при их максимально возможном сечении (обычно около 100 м). Затем сечение уменьшают в два раза, отстраивают дополнительные изолинии и вновь уменьшают сечение еще в два раза и т. д. Если новые отстроенные дополнительные изолинии находятся на середине между ранее построенными, то, следовательно, они уже излишни, т. к. и без их построения было ясно, какие

именно значения имеют отметки пласта в их районе (это могло быть достигнуто путем линейной интерполяции отметок двух соседних, ранее построенных изогипс).

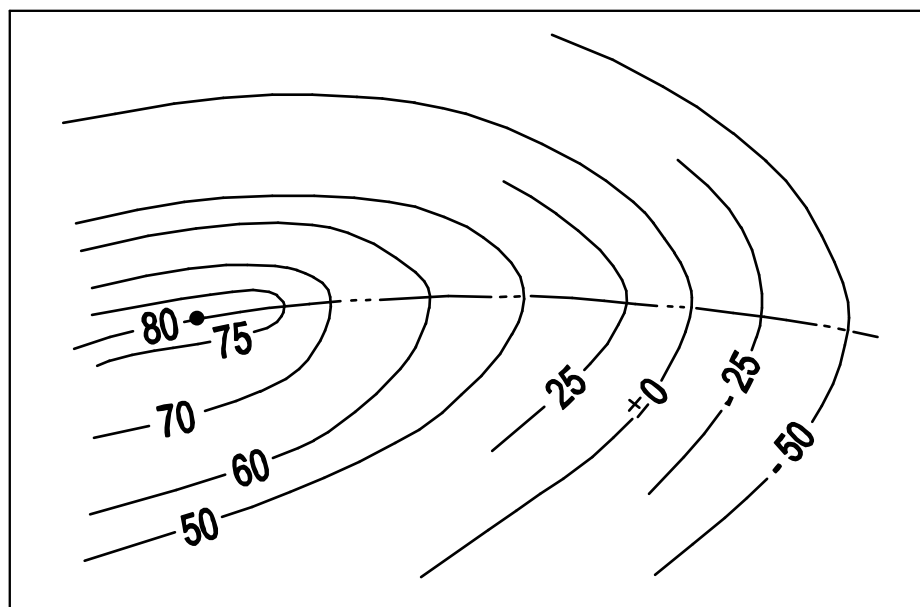


Рис.2.10. Пример гипсометрического плана, построенного с использованием вспомогательных изогипс (основные изогипсы: 50; 0; - 50 м)

Однако изогипсы, построенные при постоянном двукратном уменьшении их сечения, могут иметь довольно неудобные значения (например, если был использован ряд сечений: 50; 25; 12,5; 6,25 м). В этом случае "некратное" сечение заменяется на ближайшее (и меньше его) "кратное" (например 6,25 м на 5 м), и все построения повторяются вновь. Такой, весьма неприятной ситуации можно избежать, если изначально выбранное сечение изогипс отвечает условию уравнения (2.2). Это является еще одним аргументом в пользу практического отказа от традиционных десятичных сечений, единственным достоинством которых является возможность деления их величины на 5 или на 10 без остатка. При этом, правда, абсолютно не ясно, кому и для чего это нужно.

Значение рациональной величины сечения изогипс еще не дает ответ на вопрос: какие именно изолинии следует строить (какие их "имена")? В самом деле, при сечении в 20 м можно отстраивать изолинии 0; 20; 40; 60 м и т.д., а

можно и 5; 25; 45; 65 м и т.д. Для того, чтобы ответить на этот вопрос, необходимо иметь в виду, что изолинии служат двум различным целям. Одни изогипсы необходимы для того, чтобы графически изобразить топоповерхность отметок (именно о них и шла речь ранее). Другие изогипсы выполняют функции границ (например изогипсы, оконтуривающие рабочий горизонт, являющиеся технической границей шахтного поля и т.д.), т.е. разделяют пласт на какие-либо участки. Ясно, что такие изолинии-границы обязательно должны быть построены. В принципе оба эти типа изогипс могут строиться независимо друг от друга, однако на практике имена отстраиваемых изолиний выбираются таким образом, чтобы, по возможности, объединить их в одну группу. Пусть, например, с позиции технологии ведения горных работ необходимо знать положение горизонтов 100 м и - 10м, а рациональное сечение изогипс равно 20 м. В этом случае можно отстраивать изогипсы 100; 80; 60; 40; 20; -0; -20 м и т.д. при дополнительном построении изогипсы - 10 м или же - 10; 10; 30; 50; 70; 90; 110 и т.д. при дополнительном построении изогипсы 100 м.

2.2. Построение гипсометрических планов при отсутствии разрывных нарушений

Описанная ниже методика построения изогипс, не учитывающая влияние разрывных дислокаций, применяется не только в условиях их действительного отсутствия, но и в качестве составного элемента методики построения гипсометрии пласта, пораженного разрывными нарушениями.

Построение гипсометрических планов производится непосредственно на угольном предприятии в трех случаях:

- при изменении представлений о положении пласта в недрах, выявленных в ходе горно-эксплуатационных работ (изменение вида геологических разрезов в результате опыта эксплуатации вышележащих горизонтов);

- при нерациональном сечении изогипс планов, переданных предприятию геологоразведочной организацией;

- при появлении новых отдельных точечных и линейных измерений в пространстве между разведочными линиями (разведочные и технологические скважины, квершлагги, уклоны и т.д.).

Рассмотрение методики начнем с первого случая. Пусть на геометризируемом участке имеется серия откорректированных геологических разрезов (описание процесса корректировки разрезов не входит в задачи данного пособия). На первом этапе работы на разрезах находятся горизонты отстраиваемых изогипс и на план наносятся точки их встречи с геометризируемым пластом (точки типа *a*, *b*, *a'*, *b'* - см. рис. 2.1--2.3). Построения рекомендуется проводить вначале только для какой-либо одной изогипсы, горизонт которой прослеживается на максимальном числе имеющихся разведочных линий. В этом случае чертеж еще не загроможден построениями, в разрешив все вопросы, касающиеся ее положения, проще будет отстраивать другие изогипсы, во многом повторяющие характер ее поведения (она начинает выступать в качестве своего рода "направляющей" при построении других изогипс). Именно поэтому изогипсы строятся обычно "через одну" с последующим заполнением "пустот". Например, при сечении изогипс равном 20 м, на участке пласта, изменяющего свои отметки от -5 м до 110 м, вначале нужно отстроить изогипсу 60 м, затем 20 и 100 м, а лишь потом 0, 40 и 80 м. Установив положение на плане точек с равными отметками, требуется выделить в их среде одноименные точки, т.е. точки, принадлежащие к одной и той же изогипсе (на рис. 2.3 такими точками являются, например, точки *a* и *a'*). Соединив эти точки линией, получают положение изогипсы на плане. В случае геометризации моноклиналильного участка определение одноименных точек не вызывает затруднений, т.к. каждая разведочная линия обладает только одной точкой с рассматриваемой отметкой. Однако может возникнуть ситуация, когда на некоторой линии такая, ранее встречающаяся точка будет уже отсутствовать. Например, на рис.2.11 существуют точки **A**, **B**, **C** (разрезы I, II, III) с отметкой

100 м, а на разрезе VI такой точки уже нет, и все отметки пласта по этой линии меньше 100 м. Соединив А, В и С плавной линией (отстроив изогипсу 100 м между разведочными линиями I, II и III), можно предположить, что изогипса 100 м выходит за пределы участка между линиями III и VI (предполагаемое положение изогипсы - пунктирная линия). Уточнение положения изогипсы на этом участке можно производить двумя путями.

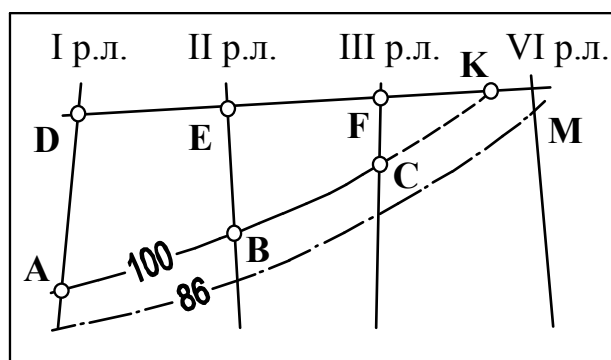


Рис. 2.11. Установление положение изогипсы моноклинального участка "исчезающей" между разведочными линиями

Первый путь состоит в том, что на линии VI выбирается точка с отметкой, максимально близкой к отметке обстраиваемой изогипсы (пусть она, например, равна 86 м). Через эту точку и одноименные ей точки других линий проводится вспомогательная изогипса (в данном случае 86 м - штрих пунктирная линия), которая не отображается на окончательном варианте гипсометрического плана. Если расстояние в плане (заложение) между отстраиваемой и вспомогательной изогипсами остается постоянным или закономерно изменяется на участке между I-III разведочными линиями, то на участке построения (линии III-VI) искомая изогипса отстраивается или параллельно вспомогательной (если заложения постоянны), или с учетом закономерных их изменений. В качестве вспомогательной изогипсы может быть использована ранее отстроенная основная изогипса пласта, проходящая через все разведочные линии. Однако, если ожидаемая кривизна изогипсы на отстраиваемом ее участке претерпевает значительные изменения, то применение описанного подхода становится рискованным и для построений

используется другой путь. Он состоит в построении дополнительного разреза, проходящего вблизи точки выхода отстраиваемой изогипсы за пределы участка, и нахождения на нем точки с отметкой, равной отметке искомой изогипсы.

Проведя линию вспомогательного разреза (**DM** на рис.2. 11), находят точки ее пересечения с разведочными линиями (обычно достаточно взять четыре линии) - точки **D**, **E**, **F** и **M**. Отметки точек определяются с помощью разрезов по разведочным линиям I, II, III, VI после перенесения их с плана на эти разрезы. По линии **DM** строится разрез, обычно совмещенный (линия **DM** рассматривается в качестве какого-либо горизонта, находятся и откладываются соответствующие значения ΔZ , проводится плавная линия, соединяющая точки на разрезе, т.е. выполняются действия, описанные в комментариях к рис. 2.9). На разрезе **DM** находится точка **K**, имеющая искомую отметку. Эта точка переносится на план и рассматривается в качестве точки, одноименной с **A**, **B** и **C**. При необходимости уточнения положения изолинии, помимо разреза **DM**, могут быть построены и другие дополнительные разрезы, т.е. между точками **K** и **C** можно получить еще несколько точек, принадлежащих отстраиваемой изогипсе.

Необходимо отметить, что построение дополнительных разрезов может выполняться и в целях уточнения положения изогипсы, проходящей между двумя сечениями. Например, требуется уточнить положение изогипсы ± 0 м в пространстве между разведочными линиями 3 и 5 (рис. 2.12). Для этого на линии ожидаемого положения изогипсы, проведенной через одноименные точки, находящиеся на разведочных линиях 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7, намечается точка **K**. Точка **K** выбирается произвольно, обычно ее располагают примерно на середине уточняемого участка, т.е. на середине расстояния между 3 и 5 разведочными линиями. Через точку **K** проводятся линии диагональных разрезов (**AB** и **CD**). Возможно построение только одного разреза, но желательно иметь их по меньшей мере два. Затем, установив с помощью разведочных линий отметки пласта, выполняют, обычно в совмещенном варианте, собственно построение

разрезов по линиям **AB** и **CD**, на которых находят положение точек **E** и **F**, имеющих отметку изучаемой изогипсы. После этого положение изогипсы корректируется таким образом, чтобы она проходила через точки **E** и **F** и одноименные точки соседних к ней разведочных линий (точечная линия на рис. 2.12). Необходимо иметь в виду, что если на геометризироваемом участке существуют скважины, находящиеся вне разведочных линий, и скважины с непосредственно измеренными элементами залегания пласта, то крайне желательно проводить диагональные разрезы таким образом, чтобы они проходили через точки пластоподсечения этих скважин. Делается это в целях повышения точности построения разрезов. Ясно, что с помощью описанной методики можно корректировать положение далеко не всех изогипс участка. Она пригодна только для изолиний, проходящих в его центральной части. Но именно такие изогипсы и отстраиваются в первую очередь, являясь, как уже говорилось, своего рода "проводниками" при проведении других изогипс на участке.

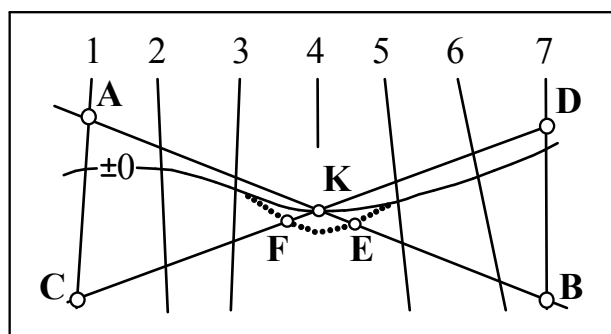


Рис.2.12. Корректировка положения изогипсы в пространстве между разведочными линиями

При геометризации пластов, имеющих складчатую структуру, установление одноименных точек представляет собой более сложную задачу. Дело в том, что на разрезе может находиться, в принципе, любое, как четное, так и нечетное число точек с равными отметками. Поэтому в данном случае на с основу гипсометрического плана с разрезов переносят положение всех инвариантных линий - осей складок. Следует иметь в виду, что при наклонном

залегании осевой поверхности отстраивают положение оси на различных горизонтах. Методика выноса осей на план близка к методике переноса на него точек типа *a* и *b*, иллюстрированной рис. 2.1-2.3. Для этого на разрезе проводится линия горизонта, для которого будет отстраиваться положение оси, и находятся точки ее пересечения с осью (точки **A** и **K** на рис. 2.13). Затем эти точки (с использованием, расстояний от ближайших и ним скважинам) переносятся на план (рис. 2.14) и через них проводится плавная линия - положение осевой поверхности в сечении по рассматриваемому горизонту (20 м на рис.2.13 и 2.14). Аналогично по другим точкам отстраиваются положения оси на других горизонтах (например, по точкам **FC** - на горизонте ± 0 м).

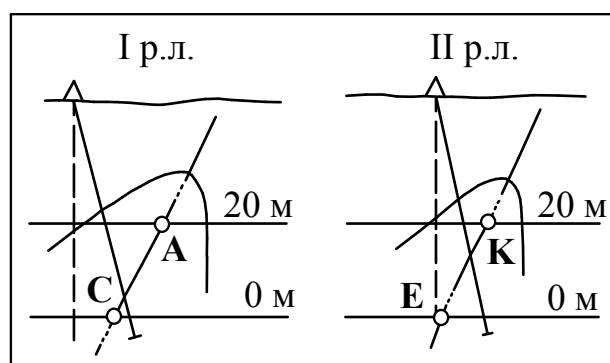


Рис.2.13. Определение положения оси складки на горизонте по геологическим разрезам

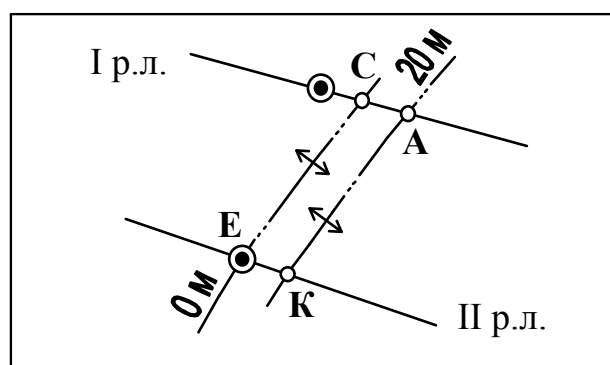


Рис.2.14. Построение оси складки в плане

Главная ошибка, которая может быть совершена при проведении инвариантных линий, состоит в построении оси по точкам типа **A** и **K**, принадлежащим в действительности различным складкам. Например, (рис.

2.15), пусть на плане на соседних разведочных линиях имеется по три точки (А, В, С и Е, F, К) с равными отметками осей складок. Причем А, С и Е, К принадлежат антиклиналям, а В и F - синклиналям. При взгляде на рисунок возникает искушение изобразить на плане три оси складки (рис. 2.15,а), но в действительности на участка может проходить и 5 осей (рис. 2.15,б). К вопросу построения инвариантных линий гипсометрии необходимо подходить очень серьезно, т.к. и это станет ясно позднее, ошибка их положения имеет фатальный характер. Однако при работе с современной геологической документацией угольных месторождений шахтная маркшейдерская служба практически не испытывает трудностей с прослеживанием складок от разреза к разрезу. Но, если такие трудности возникают, то проблема разрешается как с помощью геологических, так и горно-геометрических подходов (близость углов падения крыльев, угла и амплитуд одноименных складок на различных разрезах).

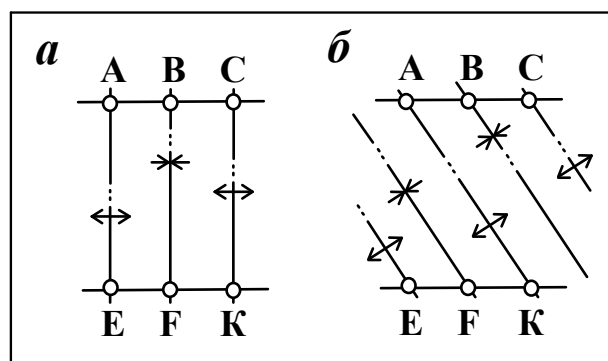


Рис.2.15. Пример основной ошибки, допускаемой при проведении инвариантных линий

После построения инвариантных линий приступают к определению на разрезах точек, имеющих отметки отстраиваемой изогипсы. Причем работу ведут по каждой складке (оси) отдельно. Пусть, например, работа идет по оси складки, показанной на рис.2.16 штрих пунктирной линией (оси остальных складок показаны пунктиром). Тогда на разрезах отыскивается точки, ближайšie к этой оси, лежащие по разные стороны от нее и не отделенные от рассматриваемой оси осями других складок. Такие точки принадлежат

изогипсам, описывающим рассматриваемую складку. На разрезе их может быть две, одна или ни одной. Эти точки, обозначенные на рисунке 2.16 буквами **Е**, **Е'** и **Г**, являются одноименными и могут быть разделены на "левые" и "правые" относительно оси (или восточные и западные, северные и южные и т.д.). Так, точка **Е'** является правой, **Е** и **Г** - левыми, а в нижнем фрагменте таких точек вообще нет.

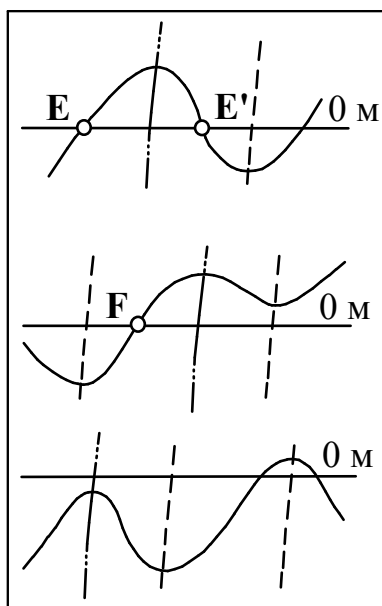


Рис. 2.16. "Левые" и "правые" одноименные точки складки

Рассмотрим порядок построения изогипсы при различном сочетании количеств ее одноименных точек на соседних разведочных линиях.

Если линии имеют по две точки, то строят две изогипсы, соединяя попарно плавными кривыми "левые" и "правые" одноименные точки так, чтобы отстраиваемые линии в целом повторяли положение оси и не пересекли ее. Например, на разведочных линиях 1 и 2 (рис.2.17) имеется по две одноименные точки горизонта ± 0 (две "левые" - **Е**, **Г** и две "правые" - **Е'**, **Г'**), положение которых на плане показано на рис. 2.18. Построив на плане положение оси на горизонте ± 0 - **АВ**, проведут изогипсы **ЕГ** и **Е'Г'** в виде плавных линий, повторяющих направление оси складки **АВ**.

Если одна из линий имеет две одноименные точки (линия 2 на рис. 2.17), а другая таких точек не имеет вообще (линия 3 на рис. 2.17), то это означает, что

в направлении от линии 2 к 3 происходит погружение или восстание оси складки. В этом случае две ранее отстроены изогипсы EF и $E'F'$ (рис. 2.18) должны замкнуться в виде кривой FTF' . Проблема построения состоит, таким образом, в определении положения точки T . Для этого существует два пути.

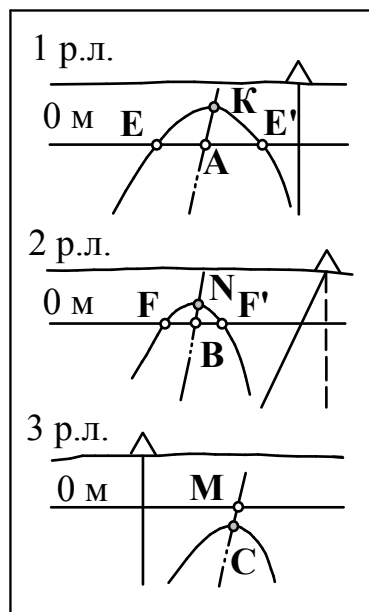


Рис. 2.17. Положение пласта в сечениях по разведочным линиям

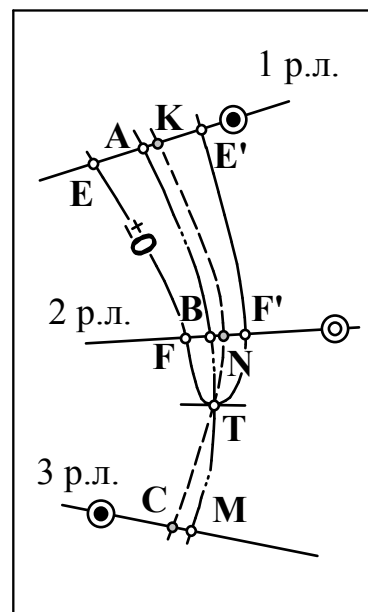


Рис. 2.18. Построение изогипсы при различном числе одноименных точек

Первый путь применим для складок с наклонным залеганием осевой поверхности и состоит в следующем. Отстраивается ось складки по рассматриваемому горизонту (ABC для горизонта ± 0 на рис. 2.18). Затем на разрезах определяется положение точек пересечения замка с осью - K , N , M (рис.2.17), эти точки переносятся на разрез, и отстраивается линия этих точек - KNM (рис.2.18). Точка переселения кривых ABC и KNM является искомой точкой T . Однако, в случае пересечения кривых под очень острым углом определение места положения точки T осуществляется с большой погрешностью, а при вертикальном залегании осевой поверхности применение описанного пути вообще невозможно, т.к. линии ABC и KNM сливаются в плане в одну кривую.

Второй путь состоит в построении разреза по линии **KNM**. Для этого, используя план, измеряют расстояния L_{NK} , L_{MN} между точками **N**, **K** и **M**. Причем эти расстояния измеряются вдоль кривой **KNM**, а не просто между точками. Затем строится разрез рис. 2.19). На нем проводится линия горизонта (**KM**), соответствующая отметке искомой точки **T**. Учитывая значения измеренных длин, показываются положения точек **K**, **N** и **M**. Сняв с геологических разрезов вертикальные расстояния от точек **K**, **N**, **M** до рассматриваемого горизонта (разность отметок), их откладывают на отстраиваемом разрезе. В результате получают точки **K'**, **N'** и **M'**. Через них проводится плавная кривая, пересекающаяся с горизонтом в точке **T**. Измерив расстояние L_{MT} , его откладывают на плане вдоль оси **KNM** (которая может совпадать с осью **ABC**) и получают положение точки **T**.

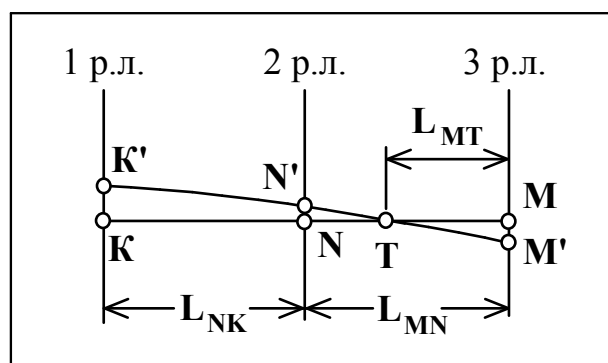


Рис. 2.19. Разрез по линии оси складки

Определив любым из описанных способов положение точки **T**, из нее проводят прямую, перпендикулярную оси **BM**, а затем изображают положение изогипсы, проводя плавную кривую **FTF'** таким образом, чтобы проведенная через **T** прямая явилась касательной к ней. Помимо точки **T** на рассматриваемом участке изогипсы могут быть определены дополнительные точки, полученные из построения диагональных разрезов (см. пояснения к рис. 2.12).

Необходимо заметить, что при выполнении "замыкания" изогипсы часто допускается ошибка, состоящая в том, что при этом отстраивается положение

оси только на одном горизонте, но все изогипсы в точке их разворота (точке типа **Т** на рис. 2.19) имеют касательные, ориентированные перпендикулярно ей. Но это может иметь место только в случае, если осевая поверхность вертикальна.

Еще одним, часто встречающимся случаем является сочетание пары одноименных точек на одной и единственной точки на другой линии (рис. 2.20). Этот случай наблюдается, как правило, при наличии двух смежных складок. Построения сводятся к проведению изогипсы через пару одноименных точек обоих разрезов ("левых" **С**, **Е**, как на рис. 2.20, или "правых"), прослеживание этой изогипсы на следующих линиях (на рисунке в виде "замыкания") и ее подходе ко второй, ранее не задействованной, одноименной точке разреза (точке **Е'**). На этом построения по данной складке (имеющей ось **А**) завершаются. Если точка **Е'** является одноименной точкой другой складки (как на рис. 2.20 - складки с осью **В**, имеющей пару точек **Е'** и **В**), то работа, по изложенным выше правилам, ведется уже по этой складке. Если смежная складка отсутствует, то построения ведутся по крылу складки как по моноклиналу в соответствии со схемой рис. 2.11.

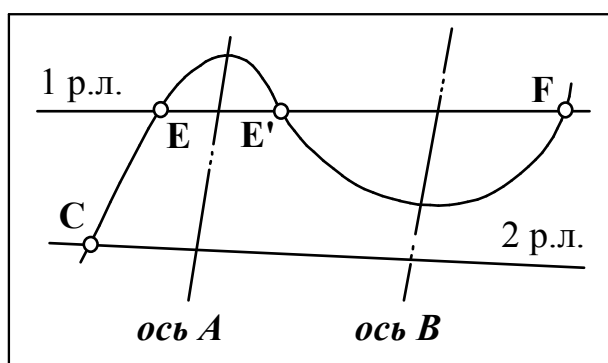


Рис. 2.20. Положение изогипсы двух смежных складок

При геометризации брахиморфных и куполовидных складок может возникать ситуация, когда изогипса муьды или седла (линия **ТК'С'Т'КС** на рис. 2.21) не пересекается ни одной из разведочных линий. Ее построение выполняется следующим образом. Во-первых, на разрезах устанавливается

положение точек пересечения оси складки с замком и по ним проводится линия **MN** (эквивалентная линии **KNM** на рис. 2.17). Во-вторых, уже описанным способом строится разрез по этой линии и находятся одноименные точки **T** и **T'**, имеющие отметки отстраиваемой изогипсы (разумеется, если они вообще существуют), и точку **A** с максимальной (для седла) или минимальной (для мульды) отметкой оси. Положение этой точки и ее отметка обычно показываются на плане. В-третьих, уточняется положение изогипсы путем определения дополнительных точек. Если на плане имеются другие изогипсы складки (как, например, изогипса ± 0 м на рис. 2.21), то через **A** перпендикулярно оси складки проводится линия разреза **FF'**. Зная отметки и положение точек пересечения линии разреза с изогипсами и точки **A**, строят сечение, на котором находят положение точек **C** и **C'**, имеющих заданные отметки. Если других изогипс у складки не существует, то проводится диагональный разрез **EE'**, который отстраивается по точкам его пересечения с разведочными линиями и точке **A**. С его помощью находят положение дополнительных точек **K** и **K'**. Ясно, что оба описанных подхода могут использоваться параллельно и с построением нескольких диагональных разрезов.

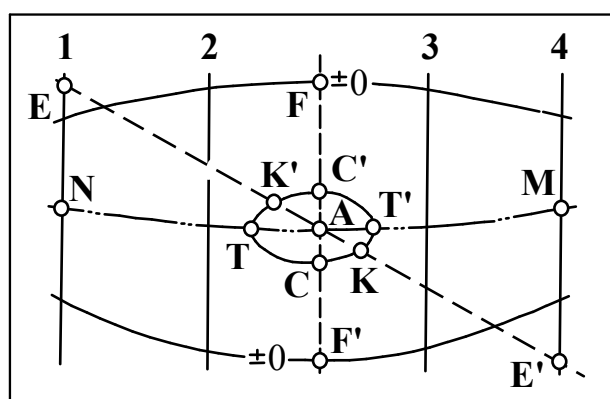


Рис.2.21. Построение изогипсы в центре брахиморфной или куполовидной складки

Естественно, что на практике могут возникать ситуации, когда построение изогипс выполняется с помощью комбинации описанных приемов. В любом случае необходимо предварительно наметить вероятный характер

поведения изогипсы и условно разделить ее на участки с различным подходом к порядку построения.

Как отмечалось в начале параграфа, вторым условием необходимости совершенствования имеющегося гипсометрического плана на угольном предприятии является нерациональное сечение его изогипс. Для того, чтобы оценить рациональность принятого геологоразведочной организацией сечения, поступают следующим образом. На участке выбирается 20-30 равномерно размещенных точек, находящихся, примерно, на середине расстояния между изогипсами. С помощью описанных в предыдущем параграфе методов линейного интерполирования между изогипсами, определяются высотные отметки этих точек. Эту же процедуру повторяют, используя специально построенные совмещенные разрезы (см. рис. 2.9), проходящие как через замковые, так и моноклиналильные участки. Находится среднеквадратическое значение разности вариантов отметок одних и тех же точек. Если эта разность соответствует требуемой точности считывания значений отметок с плана, то имеет место рациональность выбранного сечения, а если превышает ее, то требуется произвести уменьшение сечения. Часто для того, чтобы сократить объем работ по построению совмещенных разрезов, в виде части таких точек используются скважины, лежащие между изогипсами. Уровень требуемой точности считывания определяется характером технологических задач, которые должны будут решаться на основе гипсометрических планов. Не следует, однако, принимать ее меньшей суммарной погрешности определения отметок пласта по скважинам.

Сгущение изогипс производится с помощью серии совмещенных разрезов. Например, на участке (рис. 2.22) имеются изогипсы 0, 50 и 100 м. Требуется уменьшить сечение изогипс в два раза и отстроить изогипсы 25 и 75 м. Для этого на плане прочерчиваются линии разрезов (**МР** и **ЕК** на рисунке), расположенные, по возможности, вкрест изогипсам, вдоль осей складок и пересекающим, как минимум, три изолинии. Находятся точки пересечения каждой линии разреза с изогипсами (**Г**, **С** и **К** для сечения по **ЕК**) и строится

совмещенный разрез. Для этого **ЕК** рассматривается в качестве горизонта (± 0 м на рис. 2.22), и из точек пересечения с изогипсами откладываются перпендикуляры, длины которых соответствуют разности отметок этих точек и принятой отметки горизонта **ЕК**. Так, на рис. 2.22 длина **ЕЕ'** соответствует 100, а **СС'** - 50 м. Полученные точки **Е'**, **С'** и **К** соединяют плавной линией, описывающей положение пласта в сечении. Параллельно **ЕК** на расстояниях от нее, соответствующих отметкам дополнительных изогипс, проводят линии новых горизонтов (на рисунке расстояние **ВВ'** соответствует 25, а **FF'** - 75 м) и находят их точки пересечения с пластом **Е'** и **В'**. Эти точки проецируются на линию разреза **ЕК**. В результате на плане возникают точки **В** и **Е**, имеющие отметки дополнительных изогипс. Соединив плавными линиями эти точки с одноименными точками аналогично построенных других разрезов (**N** и **T** на сечении **MP**), получают искомые промежуточные изогипсы (пунктирные линии **NF** и **TB**). Число дополнительных сечений определяется изменчивостью в поведении основных изогипс, а их расположение не увязывается с положением геологических разрезов.

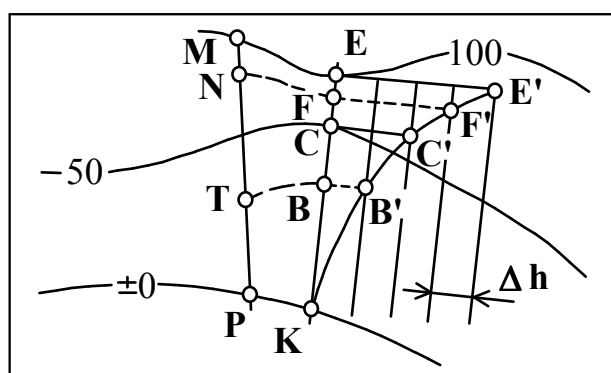


Рис. 2.22 .Построение промежуточных изогипс с помощью совмещенных разрезов

Необходимость в корректировке положения изогипс возникает на горном предприятии и по мере получения в процессе ведения горных работ дополнительной информации. Приемы корректировки весьма разнообразны и ниже будут рассмотрены лишь основные из них.

Обычно анализ опыта эксплуатации начинают с выяснения наличия систематических погрешностей в высотных отметках плаstopодсечений. При существовании таких погрешностей производят корректировку положения изогипс. Она сводится к простому переименованию изогипс. Например, пусть было установлено, что по данным разведки отметки пласта постоянно завышаются на 3 м. Тогда отстроенная изогипса 100 м переименовывается в изогипсу 97 м и т.д. При необходимости, используя вышеописанную методику (см. рис. 2.22), может быть построено новое положение изогипсы горизонта 100м.

Если систематическая погрешность не постоянна и зависит от глубины залегания пласта, то при спокойном рельефе земной поверхности каждое имя каждой изогипсы изменяется на свою величину, определяемую глубиной ее "залегания". Например, изогипса 100 превращается в изогипсу 97, 0 в 5, - 100 в - 93. При резкоизменчивом рельефе пласт разделяется на участки с примерно равной глубиной (границы участков показаны на рис. 2.23 пунктирной линией), для каждого участка производится переименование старых и осуществляется построение новых изогипс, имеющих одинаковые отметки. В результате по пласту будет получено несколько разорванных на границах участков изогипс (сплошные линии на рис. 2.23). Затем обеспечивается их плавный переход друг в друга (точечная линия на рисунке), в результате чего возникает окончательно откорректированный вариант положения изолиний. Аналогичной подход применяется в случае, если величина систематической погрешности зависит от плоских координат местоположения изогипс (например в случае, когда различные участки пласта были разведаны в различное время с применением отличных друг от друга комплексов геолого-геофизических исследований).

В ходе эксплуатации могут быть получены данные о значении отметок пласта вдоль какой-либо линии (в результате проведения уклона, бремсберга, серии технологических или дополнительных разведочных скважин и т.д. как по данному, так и по вышележащему согласно залегающему пласту). Пусть (рис. 2.24) по пласту пройдена выработка **AB**. Тогда через ее ось проводится линия

разреза **ВТ**, вдоль которой, используя только изогипсы, строится совмещенный разрез по пласту - линия **Т'С**. На этот же разрез наносится сечение пласта по выработке - **А'В'**. Далее, используя **А'В'**, отстраивается откорректированное сечение пласта на совмещенном разрезе - **В'А'Т'** (точечная линия на рисунке), в соответствии с которым изогипса 100 должна переместиться из точки **С** в **С'**, а 50 - из точки **Е** в **Е'**. Используя эту информацию, проводят новое положение изогипс (пунктирная линия на рисунке). Размер участка, в пределах которого осуществляется корректировка, зависит от длины известного сечения пласта, расстояния между разведочными линиями и т.д. Практически стремятся сделать его таких размеров, при которых обеспечивается плавный переход изогипсы от точного положения пласта к прогнозному, построенному только по данным разведочных работ.

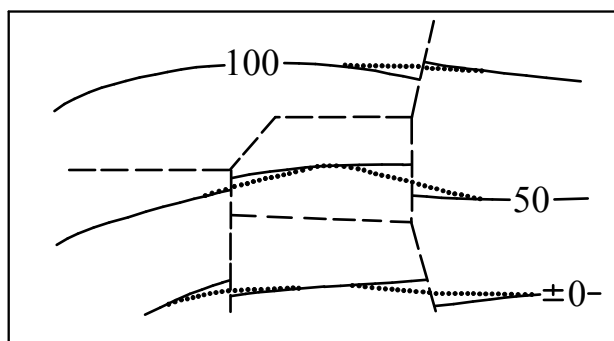


Рис. 2.23. Учет систематической погрешности отметок при корректировке положения изогипс в условиях сложного рельефа земной поверхности

Еще одной из причин исправления положения изогипс является появление между разведочными линиями отдельных замеров (обычно разведочных и технологических скважин). В этом случае наиболее простым вариантом действий является следующий (рис.2.25). Пусть между разведочными линиями 1 и 2 существует отдельный замер (точка **А**) с отметкой 42 м. Для учета этого обстоятельства с помощью геологических и совмещенных разрезов (последние применяются в случае, если линия разреза лежит на контуре горных работ) определяется положение точек **Е** и **Е'**, имеющих отметку **А**. Через них параллельно ранее отстроеным изогипсам проводится

изогипса этого горизонта (пунктирная линия на рисунке). Затем положение этой линии изменяется таким образом, чтобы она проходила через точку **A** (штрих пунктирная линия **AE**). Теперь эта линия рассматривается в виде своего рода проводника и остальные изогипсы преобразуются в параллельные ей. Обычно для этого через **A** вкрест линии **EAE'** проводится сечение, на котором измеряется расстояние **BA**. Откладывая это расстояние от точек пересечения ранее построенных изогипс с линией разреза **AC**, получают новые дополнительные их точки, через которые и проводятся плавные кривые их скорректированного положения (точечные линии на рисунке 2.25). Возможен и другой вариант корректировки, близкий к варианту, поясненному рис. 2.24. Он отличается от упомянутого только тем, что отстроенный по линии **AC** совмещенный разрез корректируется по положению точки **A**, а не по положению некоторого сечения пласта. Такую процедуру выполнить достаточно трудно, поэтому первый вариант корректировки представляется более предпочтительным.

Рис.2.24. Корректировка положения изогипс при наличии линии с известным положением пласта

При построении гипсометрических планов по данным разведки, включающим помимо разведочных линий отдельные скважины, работа

производится обычно в два этапа. На первом из них гипсометрия отстраивается только по разрезам, а на втором - корректируется с учетом имеющихся отдельных скважин.

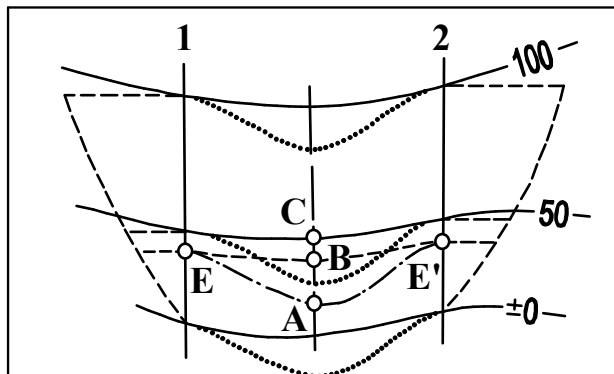


Рис.2.25.Корректировка положения изогипс при наличии дополнительного точечного замера

2.3. Построение гипсометрии с учетом выявленных разрывных нарушений

С позиции методики построения гипсометрических планов все разрывные нарушения пластов можно разделить на две группы:

- разрывные нарушения, подсеченные разведочными линиями;
- разрывные нарушения, не подсеченные разведочными линиями.

При геометризации гипсометрии пластов влияние первой группы нарушений учитывается уже в ходе построения изогипс. А при существовании второй группы нарушений (как правило, имеющих небольшие амплитуды) построения ведутся в два этапа. На первом из них изогипсы отстраиваются без учета известных нарушений по методике, описанной в предыдущем параграфе. На втором этапе положение корректируется с учетом разрывных дислокаций.

Пусть имеется несколько разведочных линий, на которых пласт поражен дизъюнктивным нарушением (рис. 2.26). В этом случае по каждой разведочной линии определяется положение одноименных точек пласта (для горизонта ± 0 м - С на 1 разведочной линии, Е и Н на 2 и М на 3) и точек обреза пласта нарушением (по висячему крылу - А, F, К, по лежащему - В, Т, Р). Используя

разрезы, определяются высотные отметки всех перечисленных точек обреза. Затем, используя устья ближайших скважин в виде ориентиров, одноименные точки и точки обреза переносятся на план с указанием их высотных отметок (рис. 2.27). Имея серию одноименных точек, по описанной ранее методике отстраиваются фрагменты изогипс обоих крыльев разрыва (участок **СЕ** и участок в районе точки **Н**). В результате соединения плавными кривыми точек обреза крыльев получают фрагменты линий обреза или скрещения. Так, например, на рис. 2.27 кривая **РВ** есть линия образа лежачего, а кривая **КА** - висячего крыла дизъюнктива. Линии скрещения должны сходиться друг с другом. Для установления точек выклинивания дизъюнктива (**S** и **R**) существует достаточно много различных методов. Поскольку этот вопрос выходит за пределы темы настоящего пособия, то мы укажем только на три простейших подхода к решению данной задачи. Первый из них принимается тогда, когда линии скрещения (**РВ** и **КА**) демонстрируют явное стремление к пересечению (сходятся). В этом случае линии продолжают, сохраняя выявленную ранее тенденцию их поведения, до их пересечения в точке **R**.

Второй подход применяется, когда тенденции к переселению линий обреза не наблюдается. При этом посередине между линией, пораженной нарушением (разведочная линия 3 на рис.2.27), и линией, где нарушение уже не проявляется (линия 4), проводят вспомогательную прямую (пунктир на рисунке). Предполагая, что точка выклинивания дизъюнктива (**S**) должна находиться на этой прямой, продлевают линии скрещения до их пересечения в ее районе. Если линия типа разведочной линии 4 не существует, то ее проводят условно, руководствуясь средним расстоянием между разведочными сечениями. Ясно, что описанный подход мало надежен. Поэтому в случае, если одна из точек выклинивания определена более надежно (первым способом, по материалам горных работ, по густой сетке разведочных сечений и т.д.), то вторую точку определяют, откладывая от первой длину нарушения (**SP**). Длина нарушения может быть рассчитана по известной его амплитуде с помощью

установленной по материалам горных зависимости между длинами линий скрещения и амплитудами.

После отрисовки линий скрещения приступают к окончательному построению изогипс. Для этого на линиях обреза висячего и лежащего крыльев находят точки (**D** и **N** соответственно), имеющие ту же отметку, что и отметка отстраиваемой изогипсы. Положение точек определяется с помощью разрезов вдоль линий скрещения. Их построение выполняется по методике, аналогичной методике построения разреза по оси складки (см. рис. 2.18 и 2.19). Найдя одноименные точки на линиях обреза **D** и **N** продлевают изогипсы в их направлении. Иногда, при выдержанном характере поведения изогипс, точки типа **D** и **N** не определяют, а изогипсы доводятся до нарушения просто по "анalogии". Однако и в данном случае необходимо использовать описанный метод построения, т.к. простая аналогия всегда рискованна, а расхождение между двумя вариантами положений точек типа **D** и **N** позволяет убедиться в надежности построений, выявить и исключить грубые ошибки.

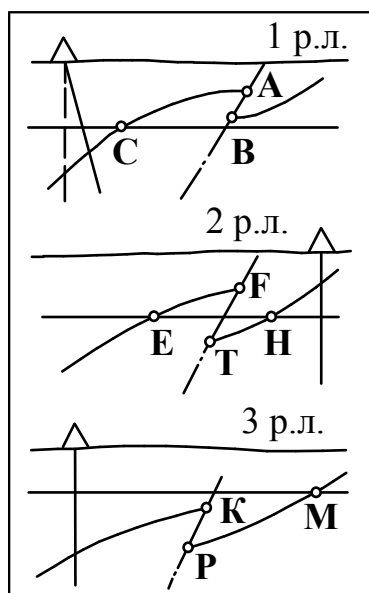


Рис. 2.26. Геологические разрезы по разведочным линиям

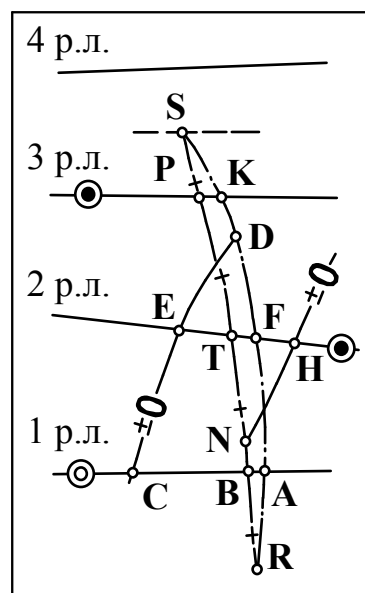


Рис. 2.27. Построение изогипс в районе нарушения, подсеченного разведочными линиями

Часто имеют место случаи, когда нарушение подсечено всего лишь одной разведочной линией. При этом следует иметь в виду, что элементы залегания сместителя можно предугадать, исходя из элементов залегания выявленных по полю систем дизъюнктивов. Очень часто наблюдаются также закономерности в ориентировке линий скрещения. Построения выполняются в данном случае следующим образом. Пусть (рис. 2.28) разведочная линия 2 (разрез по которой приведен на рис.2.26) подсекает нарушение (точки обреза **F** и **T**). После переноса точек **F** и **T** на план через точку, лежащую между ними (**H**), проводится ориентировочное положение линии скрещения - пунктир **RS**.

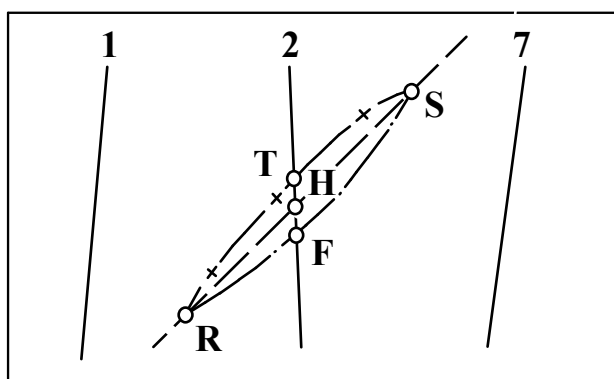


Рис. 2.28. Вариант построения линий скрещения дизъюнктива, подсеченного одной разведочной линией

Если существует преимущественная ориентировка линий скрещения для участка, то направление **RS** соответствует ей. Если известны элементы залегания сместителей систем дизъюнктивов, то **RS** получается как след пересечения поверхности пласта (по данным уже построенных изогипс) с плоскостью, проходящей через точку **H** и имеющей элементы залегания, равные установленным для систем нарушений. Последний подход более продуктивен, т. к. при наличии нескольких различных систем дизъюнктивов позволяет обоснованно выбрать ту из них, к которой предположительно относится рассматриваемая дислокация. Этот выбор осуществляется по близости друг к другу углов падения сместителя. Первый угол - это угол падения на разрезе. Второй угол - угол падения плоскости, имеющей элементы

залегания системы дизъюнктивов в направлении рассматриваемой разведочной линии. На линии **RS** устанавливается ожидаемое положение точек выклинивания **R** и **S** с помощью уже описанного способа проведения линий скрещения до середины расстояния между разведочными линиями или путем откладывания в обе стороны от точки **H** половины ожидаемой длины линии скрещения (рассчитанной по амплитуде нарушения, установленной на разведочной линии). Само построение изогипс ведется в данном случае способами, применяемыми для нарушений, неподсеченных разведочными линиями.

Появление изображений нарушений в пространстве между разведочными сечениями связано главным образом с применением различных методов прогнозирования, с экстраполяцией нарушений, вскрытых на вышележащих горизонтах (как в его простейшем "глазомерном", варианте, так и с помощью отстроенных эпюр нарушений), с подсечением скважинами сместителей в массиве вмещающих пород. В данном случае нарушения обычно показываются только в виде линий, соединяющих точки их выклинивания с приведением ожидаемых значений амплитуд. Кроме того, исходя из системного характера размещения нарушений, можно предположить для каждого сместителя значения элементов его залегания. Поэтому в случае, если на плане не имеется ожидаемых положений линий обреза нарушением крыльев пласта, построению изогипс предшествует построение линий скрещения. Выполняется это, как правило, довольно просто. Находят середину линии **BT** - точку **E** и из нее под дирекционным углом линии падения сместителя проводится линия **PF** (рис. 2.29). Строится дополнительный разрез и устанавливается расстояние между точками обреза крыльев нарушения вдоль прямой **PF** - длина **KM**. Для этого по вертикали откладывается величина ожидаемой вертикальной амплитуды дизъюнктива **H** (прямая **KC**), из точки **K** восстанавливается перпендикуляр **KM**, а из **C** под углом $90^\circ - \delta$ (где δ - угол падения сместителя) к **KC** проводится прямая **CM** до ее пересечения в точке **M** с **KM**. Затем из точки **E** в обе стороны от нее на прямой **PF** откладываются половины расстояния **KM** (т.е.

длина **PF** равна длине **KM**). В результате будут получены положения точек образа **P** и **F**. И, наконец, соединив плавными кривыми точки **TPB** и **TFB**, получают изображение искомых линий скрещения.

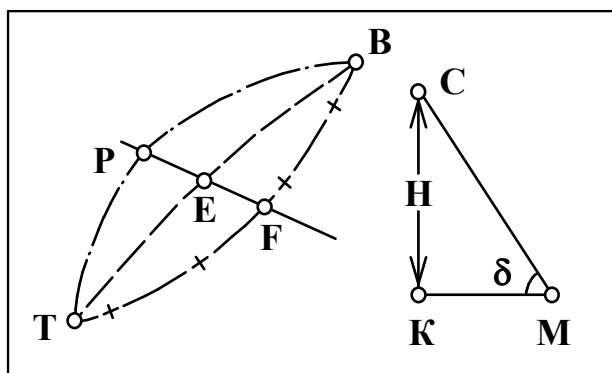
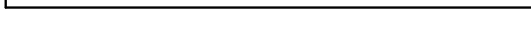


Рис. 2.29. Построение линий скрещения дизъюнктива

Часто построение линий обреза производят по аналогии с близкими по амплитуде известными нарушениями, принадлежащими к одной системе с отстраиваемым. В этом случае искомые линии проводят из точки **B** в точку **T**, сохраняя между ними расстояние, характерное для известного нарушения.

Само построение изогипс выполняется, как уже указывалось, в два этапа. Этап корректировки положения изогипс выполняется в зависимости от условий несколькими путями. Рассмотрим каждый из них в двух вариантах. Один из них применяется при выдержанных (примерно постоянных) элементах залегания сместителя, а второй - при относительно спокойном и закономерном изменении вертикальных амплитуд нарушения.

В случае, если дизъюнктив находится на середине между разведочными линиями (расстояние до наиболее удаленной разведочной линии обычно превышает расстояние до ближайшей не более чем в 2,5-3 раза), находится точка пересечения не откорректированной изогипсы (точечная линия на рис. 2.30) с линией **BT** (соединяющей точки выклинивания и проходящей между линиями скрещения). Через **E** под дирекционным углом линии простирания сместителя проводится прямая **MN** и находятся точки ее пересечения с обрезами - **H** и **M**. Изогипса перестраивается таким образом, чтобы, выходя из



В отличие от предыдущих исследований, в которых использовались данные из репрезентативных исследований,

При использовании вертикальных амплитуд описанным выше способом также отыскивается положение точки **Н** (рис. 2.33), затем устанавливается, большую или меньшую отметку имеет, исходя из характера дизъюнктива,

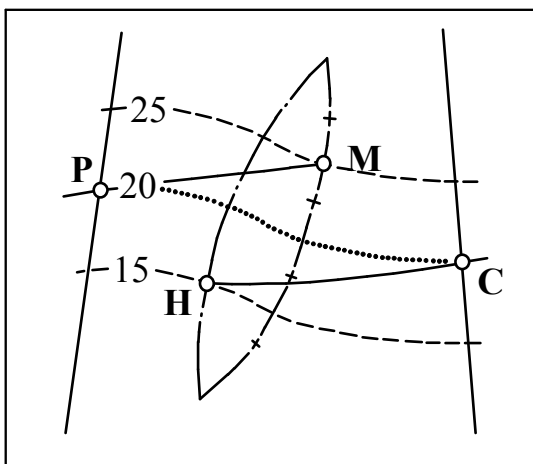


Рис.2.31. Построение изогипс по известной амплитуде дизъюнктива, расположенного на "середине" между разведочными сечениями

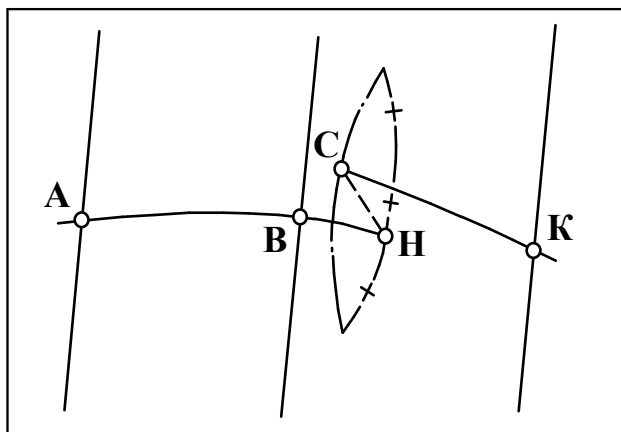


Рис. 2.32. Построение изогипс по известному простираению сместителя дизъюнктива, несимметрично расположенного между разведочными сечениями

При использовании вертикальных амплитуд описанным выше способом также отыскивается положение точки **Н** (рис. 2.33), затем устанавливается, большую или меньшую отметку имеет, исходя из характера дизъюнктива,

проекция этой точки на другом крыле и отстраивается дополнительная изогипса (пунктирная линия). Если отметка другого крыла больше отметки исходного, то отметка дополнительной изогипсы принимается меньше отметки основной на величину вертикальной амплитуды и наоборот (именно из этих соображений, считая амплитуду равной 20 м, на рис. 2.33 отстроена изогипса ± 0 м - кривая **РЕ**). Продолжив **РЕ** до пересечения с соответствующей линией обреза, получают точку **С**. Положение изогипсы другого крыла отрисовывают, проводя кривую из точки **К** в **С**.

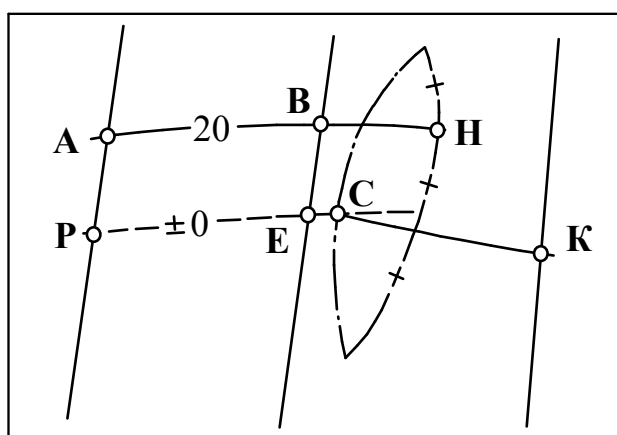


Рис. 2.33. Построение изогипс по известной амплитуде дизъюнктива, несимметрично расположенного между разведочными сечениями

В ряде случаев положение нарушения, расположенного между разведочными линиями, устанавливается методом структурных построений с помощью диагональных разрезов и разрезов по простираанию. При этом на линиях скрещения будет находиться несколько точек с известными отметками, что позволяет построить разрезы по каждой из них. С помощью таких разрезов на обрезах крыльев нарушения определяются положения точек, имеющих отметки отстраиваемых изогипс (точки типа **Н** и **С** на рис. 2.33), на которые они и выводятся.

2.4. Оценка точности гипсометрических планов по материалам горных работ

Результатом оценки точности является среднеквадратическая погрешность высотной отметки пласта, определенной в любой его точке путем интерполирования между изогипсами.

Оценка точности может выполняться в двух вариантах.

Первый вариант используется при производстве оценки в пределах небольших по площади контуров (выемочный столб, участок, ячейка разведочной сети и т.д.). При его производстве предварительно по результатам прямых шахтных наблюдений и измерений отстраиваются истинные изогипсы пласта. Затем на участок накладывается сетка узлов, обычно квадратной формы, и в каждом ее i -ом узле устанавливается значение высотной отметки пласта как с помощью истинных (Z_{Ni}), так и с помощью ранее построенных только по разведочным данным изогипс (Z_{Ri}). Для каждого узла рассчитывается разность отметок:

$$\Delta Z_i = Z_{Ri} - Z_{Ni} . \quad (2.3)$$

Среднеквадратическая погрешность гипсометрического плана определяется по формуле:

$$m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta Z_i^2}{n}} . \quad (2.4)$$

где n - общее число узлов сетки.

Установление оптимального размера сетки узлов осуществляется по одному из участков пласта (с наибольшей изменчивостью значений ΔZ_i), имевшего не менее 20 узлов.

Для этого на прозрачной основе вычерчивается несколько вариантов сетки узлов. Каждый вариант накладывается на изучаемый участок и в каждом узле сетки определяется значение ΔZ_i . По формуле 2.4 рассчитывается

погрешность гипсометрического плана. Затем вариант сетки узлов накладывается вновь, но со смещением относительно своего первого положения, и все расчеты повторяется и т.д. Всего обычно осуществляется порядка 5 наложений. Причем сдвиг сетки при каждом из них не должен носить закономерного характера (идет произвольный наброс сетки). После завершения работы с одним вариантом приступают к работе с другим и т.д. Результаты описанных действий отражаются на графике (рис. 2.34). Вертикальная ось графика соответствует значению погрешности m , а горизонтальная - длине стороны a . Краевые части поля точек описываются плавными кривыми - пунктирные линии на рисунке. Эти кривые образуют своего рода "воронку", сходящуюся в районе действительного значения погрешности $\bar{m}$. Оптимальным является такой размер сетки $a_{\text{опт}}$, при котором величина расстояния между границами воронки (двойная линия) составляет 20% от величины $\bar{m}$. При этом размере величина погрешности m , рассчитываемая по формуле 2.4, будет в среднем отличаться от истинной на 10%.

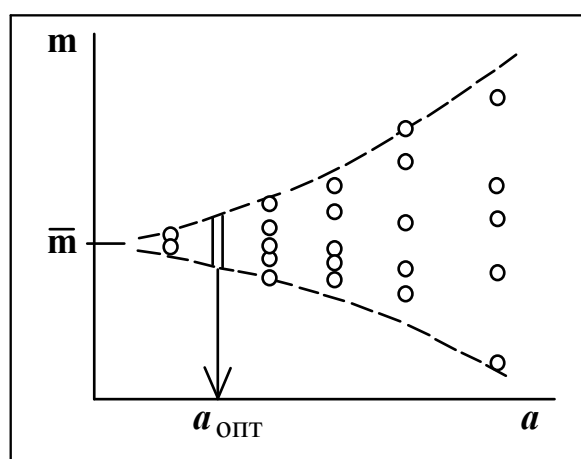


Рис. 2.34. Установление необходимого размера сетки узлов

При работе со значительными площадями вместо узлов используются обычно точки маркшейдерской опорной и съемочной сети. Причем отметки этих точек корректируются на величину расстояния от них до почвы пласта, т.к. изогипсы обычно отражают поведение почвы пласта, а маркшейдерские точки в основном расположены в кровле горных выработок.

В отдельных случаях изучается характер размещения погрешностей по отработанной части поля. Для этого она делится на систему пересекающихся друг друга окон (содержащих не менее 20 узлов или маркшейдерских точек). Для каждого окна рассчитывается погрешность m , приписывается его центру и по полученным значениям отстраняется изолинии погрешностей. Эти изолинии могут быть экстраполированы по методике В.А.Букринского [1] на неотработанную часть поля. При практическом постоянстве погрешностей m для различных участков, вычисляется их среднее значение для всего поля, которое рассматривается в качестве ожидаемой погрешности гипсометрического плана для неотработанной площади пласта.

Следует иметь в виду, что перед применением формулы 2.4, разности ΔZ_i анализируются по известным из теории погрешностей наблюдений методикам на присутствие в них систематической составляющей. Сама составляющая используется для корректировки положение изогипс пласта, а при расчетах по формуле 2.4 используются уже свободные от систематических погрешностей разности ΔZ_i .

2.5. Оценка точности гипсометрических планов по материалам разведочных работ

Основным методом прогноза ожидаемой погрешности гипсометрических планов участков пластов, не затронутых горными работами, является метод аналогии. Предполагается, что уровень погрешности, зафиксированный на отработанных площадях, распространим на неотработанные (разумеется, в сопоставимых геологических условиях и при одинаковой плотности сети первичных наблюдений). Однако всякая аналогия должна быть обоснована, в противном случае возможны самые грубые, неожиданные и серьезные по технико-экономическим последствиям ошибки. Если на прилежащих к контуру горных работ участках метод простой, интуитивно очевидной аналогии применим, то на удаленных участках, а тем более на ранее не отрабатываемых

пластах, он попросту опасен. Поэтому для оценки точности гипсометрических планов, построенных для указанных выше участков, необходим специальный критерий разведанности, использующий только данные разведки и применимый как самостоятельно, так и в качестве обоснования к применению метода аналогии.

Оценка точности основывается в конечном счете на сравнении результатов измерений какой-либо величины с ее истинным значением или значением, априорно более точным, чем оцениваемый результат. В предыдущем параграфе в качестве истинных отметок пласта выступили отметки, установленные в ходе эксплуатации. При оценке точности гипсометрических планов в неотработанных контурах истинные значения отметок пласта неизвестны и прямое решение задачи невозможно, т.к. требуется оценить отклонение отстроеной топоповерхности отметок от ее истинного положения в условиях, когда последнее неизвестно. В данном случае на помощь приходит постоянно подтверждаемая практикой на протяжении более полувека гипотеза геохимического поля П.К.Соболевского. В соответствии с ней геополе высотных отметок должно обладать однозначностью. Отсюда следует, что и горно-геометрическая модель этого поля также должна обладать ею, а если такой однозначности нет, то, следовательно, модель описывает это поле лишь приближенно. Чем выше неоднозначность модели, тем более приближенно она описывает реальный объект. Таким образом, в рассматриваемом случае оценка точности планов сводится к оценке степени их неоднозначности. Последняя процедура осуществляется путем расчета лямбда-критериев разведанности. Расчет критерия ведется в контуре выпуклого четырехугольника сети замеров (рис. 2.35). Вершины четырехугольника условно нумеруются цифрами от 1 до 4 (при обходе его контура по или против направления движения часовой стрелки). Затем строятся линии диагональных разрезов 1-3 и 2-4, пересекающиеся в общей точке **К**. Построив собственно разрезы, находят по каждому из них отметки точки **К**. Естественно, что эти отметки отличаются друг от друга и это

отличие, называемое ламбда-критерием, является оценкой степени однозначности горно-геометрической модели геопоя отметок пласта, т.е. критерием разведанности. Для формализации расчета ламбда-критерия используется кубическая сплайн-интерполяция, в соответствии с которой:

$$\lambda = |(F_1 T_1 - F_2 T_3) R_1 + (Z_3 - Z_1) F_3 + Z_1 - (F'_1 T_2 - F'_2 T_4) R_2 - (Z_4 - Z_2) F'_3 - Z_2|, \quad (2.5)$$

где R_1 и R_2 –соответственно, длина диагонали 1-3 и 2-4;

Z_i - высотная отметка i -го замера;

$$F_1 = (1 - x)^2 x; \quad F_2 = (1 - x) x^2; \quad F_3 = (3 - 2x) x^2;$$

$$x = r_1 / R_1; \quad x' = r_2 / R_2,$$

r_1, r_2 - соответственно расстояния от вершины 1 и 2 до точки пересечения диагоналей K .

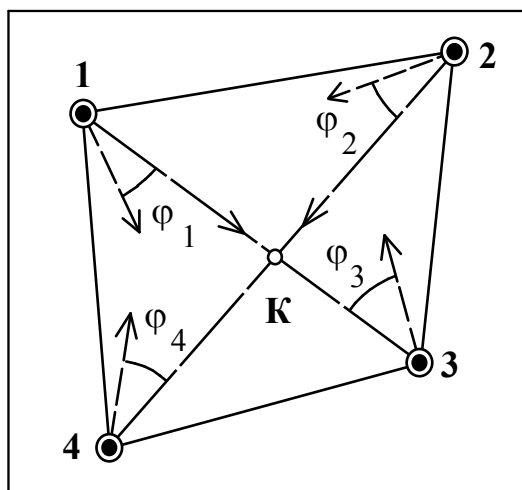


Рис. 2.35. К расчету ламбда-критерия

Функции F' рассчитываются по тем же формулам, что и F , при использовании x' вместо x .

Величины T_i , представляют собой тангенсы углов падения пласта в точках замеров в направлении проходящих через них диагоналей. Причем T_i имеет знак "минус", если направление диагонали (от замера с меньшим

условным номером к большему - показаны на рис.2.35 стрелками на диагоналях) согласно с направлением падения пласта (пунктирные стрелки на рисунке), и "плюс", если такой согласованности нет. Так, для рис.2.35 T_1 и T_2 отрицательны, а T_3 и T_4 положительны. Расчет собственно величин T_i осуществляется по формуле:

$$T_i = \operatorname{tg} \delta_i \cdot \cos \varphi_i, \quad (2.6)$$

где δ_i - угол падения пласта;

φ_i - острый угол между направлением падения и диагональю.

Проведение линии падения пласта осуществляется на гипсометрическом плане, имеющим рациональное сечение изогипс, путем проведения из рассматриваемого замера перпендикуляра к ближайшей изогипсе. Его построение производится обычно с помощью зеркала (рис. 2.36). Для этого зеркало вертикально устанавливают на центр рассматриваемого замера **А** и начинают вращать его вокруг этой точки, добиваясь того, чтобы в точке **Е** реальное и отраженное изображение изогипсы слились в одну плавную кривую, не имеющую в **Е** никакого излома. Это положение грани зеркала соответствует направлению линии падения, которую и прочерчивают, используя зеркало как линейку. Угол падения пласта определяется или по заложению между изогипсами вдоль линии падения или непосредственно измеряется на геологическом разрезе транспортиром и пересчитывается на направление падения по известным формулам или с помощью номограммы-палетки. Нетрудно заметить, что значение λ зависит от погрешностей исходных данных и точности построения разрезов, т.е. в конечном счете от сложности изучаемой топоповерхности в сочетании с плотностью сети измерений.

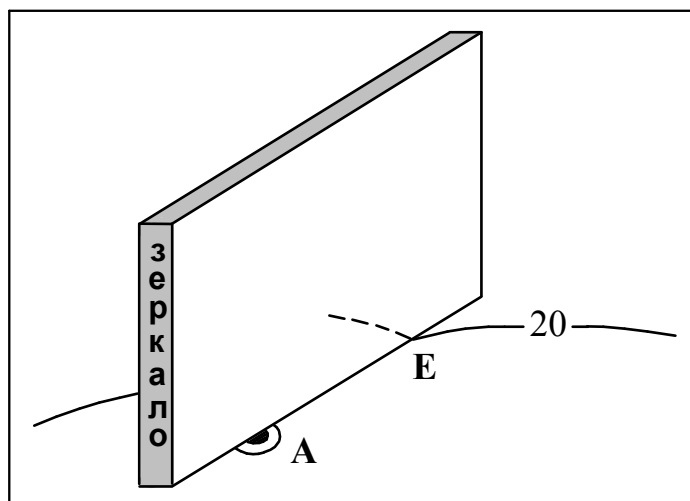


Рис. 2.36. Построение линии падения

Практическое использование критериев осуществляется двумя путями. Во-первых, с их помощью может быть обоснованно использоваться метод аналогии. Для этого на отработанных площадях рассчитывается для четырехугольных ячеек разведочной сети истинные погрешности гипсометрических планов m и соответствующие им λ . Затем формируются группы четырехугольников с примерно равными критериями (например λ от 0 до 5 м. от 5 до 10 м и т.д.), для каждой из которых находится среднее значение m . т.е. строится статистическая зависимость m от λ . С помощью этой зависимости, рассчитав λ по четырехугольникам сети замеров неотработанной части поля или нового пласта, можно рассчитать ожидаемую погрешность отстраиваемого гипсометрического плана.

Во-вторых, использование самих значений λ позволяет качественно (ранговым способом) оценивать точность изучения гипсометрии. Например, установлено, что при значениях критерия от 0 до 7 м точность плана изогипс соответствует требованиям запасов, категории А, от 7 до 13 м - В от 13 до 50 м - С₁. Отмечено также, что при отработке запасов в контурах со значениями λ от 0 до 7 м, комплексно-механизированные шахты, как правило, не встречали такого уровня расхождений в реальных и прогнозных условиях отработки (разумеется, по фактору гипсометрии пластов), который приводил бы и серьезным экономическим потерям.

Однако расчет лямбда-критериев разведанности имеет смысл производить только тогда, когда имеет место правомерность построения гипсометрических планов. Для того, чтобы убедиться в том, что такая возможность существует, поступают следующим образом. Производится расчет критериев по всем четырехугольным ячейкам сети замеров, находится среднее значение критерия по ним (λ') и средняя площадь проекции ячейки (S'). Затем сеть измерений дважды разрезается (при каждом из них площадь ячейки увеличивается, за счет исключения части замеров, примерно в два раза) и для каждого разрежения также находится среднее значение критерия и площади. Строится зависимость средней величины критерия от средней площади ячейки (рис.2.37). Если вид зависимости соответствует рис.2.37а, то делается вывод о повсеместной правомерности расчета критериев, если соответствует рис.2.37б, то критерии целесообразно рассчитывать только для ячеек с площадями, меньшими $S_{кр}$, а если - рис. 2.37в, то критерии рассчитывать просто бессмысленно, потому что их значения будут случайны, т. к. сеть наблюдений не позволяет вскрыть даже основных закономерностей размещения геополья высотных отметок и в данном случае явно требуется доразведка пласта.

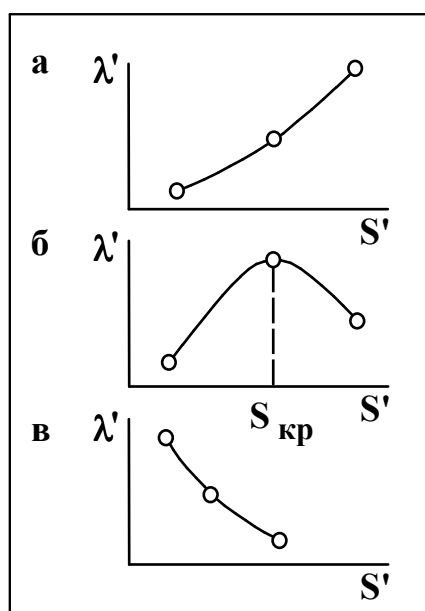


Рис. 2.37. Оценка надежности значений лямбда-критериев

Естественно, что расчет лямбда-критериев разведанности целесообразно осуществлять с помощью ЭВМ (например на персональных компьютерах по программе "PDP").

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем пособии рассмотрены основные методы построения гипсометрических планов пологих, наклонных и части крутонаклонных пластов. Разумеется, при практической геометризации месторождений часто возникают различные нештатные ситуации, выход из которых требует творческого, авторского подхода к ним. Поэтому не следует воспринимать изложенные приемы построений как догмы, необходимо смело комбинировать, модифицировать их, формируя из них, как из элементов своего рода конструктора, методику геометризации конкретного угольного пласта.

Нетрудно заметить, что в пособии совершенно не затрагивались вопросы автоматизации построений, этого современного и важного направления развития геометрии недр. Однако все рассмотренные методики являются формализованными, т.е. поддаются автоматизации с помощью современных средств вычислительной техники. По сути дела в пособии изложены алгоритм программ для ЭВМ которые могут быть реализованы в будущем, прежде всего в условиях ориентации на интерактивный режим обработки информации. К сожалению, большинство современных программ построения изогипс идут не от разрезов к планам, а наоборот, что ограничивает условия их применения лишь самыми простыми типами угольных залежей. Хотелось бы надеяться, что пособие может убедить скептиков в возможности создания надежных и эффективных программных средств геометризации гипсометрии любых пластов. Для участия в создании таких средств, их оценки и приемки в эксплуатацию маркшейдеру необходимо прежде всего знание методик и алгоритмов, условий их применения, достоинств и недостатков. Настоящее пособие подготавливалось именно с учетом этих требований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Букринский В.А. Геометрия недр. - 2-е изд., перераб. и доп.- Недра, 1985. - 526 с.
2. Кузьмин В.И. О точности существующих способов вычисления координат точек ствола искривленной скважины // Известия вузов. Геология и разведка. - 1968. - № 6. - С. 127-133.
3. Методические рекомендации по выбору сечений изогипс, изолиний мощностей и показателей качества при построении планов и разрезов угольных месторождений / Мингео СССР. Всесоюз. науч.-исслед. геол.-развед, ин-т угольных месторождений. – Ростов-на-Дону, 1989. - 12 с.
4. Ушаков И.Н. Горная геометрия. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1979. - 440 с.
5. Шаклеин С.В. Оценка достоверности разведанных запасов угля // Известия вузов. Горный журнал. - 1977. - № 10. -С. 46-47.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1. ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ К ПОСТРОЕНИЮ ГИПСОМЕТРИЧЕСКИХ ПЛАНОВ	6
1.1. Инклинометрическая съемка скважин и ее обработка.....	6
1.2. Геологический разрез.....	12
1.3. Оценка точности координат плаstopодсечений по данным горных работ.....	17
2. ПОСТРОЕНИЕ ИЗОЛИНИЙ ГИПСОМЕТРИИ ПЛАСТОВ.....	20
2.1. Построение изолиний методом ступенчатых отметок.....	20
2.2. Построение гипсометрических планов при отсутствии разрывных нарушений.....	30
2.3. Построение гипсометрии с учетом выявленных разрывных нарушений.....	47
2.4. Оценка точности гипсометрических планов по материалам горных работ.....	56
2.5. Оценка точности гипсометрических планов по материалам разведочных работ.....	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	65
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	66