



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Институт повышения квалификации  
и переподготовки

Кафедра «Нефтегазоразработка и гидронефтематика»

**О. К. Абрамович**

## **ИНЖЕНЕРНАЯ ГОРНАЯ ГРАФИКА**

### **ПОСОБИЕ**

для слушателей специальности переподготовки  
**9-09-0724-01 «Разработка и эксплуатация  
нефтяных и газовых месторождений»**  
заочной формы обучения

Гомель 2024

УДК 622.1:258.94(075.8)  
ББК 22.151я73  
А16

*Рекомендовано кафедрой «Нефтегазозаготовка  
и гидроневмоавтоматика» ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 11 от 11.05.2024 г.)*

Рецензент: доцент кафедры переподготовки и повышения квалификации  
ГГУ им. Ф. Скорины *О. В. Шеринёв*

**Абрамович, О. К.**

А16

Инженерная горная графика : пособие для слушателей специальности переподготовки 9-09-0724-01 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» заоч. формы обучения / О. К. Абрамович. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 125 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Инженерная горная графика – дисциплина, которая является необходимым элементом профессиональной подготовки горного инженера в нефтеперерабатывающей отрасли. В пособии описаны современные методы построения графической документации в нефтегазозаготовке и чтения технических и геологических чертежей.

Для слушателей специальности переподготовки 9-09-0724-01 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» ИПКиП.

УДК 622.1:258.94(075.8)  
ББК 22.151я73

© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2024

## Содержание

Введение.....	4
Тема 1. Единая система конструкторской документации в горном деле.....	7
Тема2. Методы проецирования.....	15
Тема3. Инженерно-геологическая графика.....	35
Тема 4. Горно-инженерная графика.....	59
Тема 5. Использование аксонометрических проекций при геометризации недр и составления технических чертежей.....	68
Тема 6. Графическое представление и интерпретация пространственного положения оси кважины.....	72
Тема 7. Элементы инженерной графики в горной документации.....	84
Тема 8. Компьютерная графика в горной практике.....	116
Литература.....	125

## Введение

Целью освоения теоретического и практического курса дисциплины «Инженерная горная графика» является получение знаний по теории и практике горно-геометрического моделирования месторождений полезных ископаемых.

Дисциплина формирует теоретические знания, вырабатывает компетенции, которые дают возможность выполнять следующие виды профессиональной деятельности: производственно-технологическую; проектную; организационно-управленческую.

В области производственно-технологической деятельности целью дисциплины является обеспечение выполнения требований технической документации на производство работ, норм, правил и стандартов в области горно-геометрического обеспечения эксплуатационной разведки и добычи полезных ископаемых.

В области проектной деятельности целью дисциплины является моделирование и горно-геометрическое обеспечение разработки проектной и технической документации в составе творческих коллективов.

В области организационно-управленческой деятельности целью дисциплины является обеспечение подразделений предприятия горно-геометрическими данными и моделями. Дисциплина формирует у слушателя теоретические представления об основах горно-геометрического моделирования месторождений полезных ископаемых, технологии его выполнения и решаемых на его основе технологических задач. Изучение дисциплины направлено на решение практических задач обеспечения эффективного и рационального освоения недр, постановку эксплуатационно-разведочных работ и управление качеством продукции.

Сегодня различают 2d и 3d технологии компьютерного проектирования, моделирования и построения чертежа. По 2d технологии проектирование объекта осуществляется посредством построения чертежа. Компьютер выполняет лишь роль электронного кульмана. Пространственная модель присутствует виртуально «в голове проектировщика» и реализуется на завершающей стадии проектирования при создании макета объекта или его изготовлении. Современным и активно развивающимся направлением является 3d технология проектирования. В ней первоначально создается

виртуальная реалистичная компьютерная модель объекта. Построение чертежа выполняется на основе созданной 3d модели на завершающей стадии проектирования и в значительной мере автоматизировано. Возможно использовать ряд графических пакетов.

Задачи инженерно-геологической графики необходимо решать на всех этапах разработки нефтяных и газовых месторождений. Решение каждой задачи инженерно-геологической графики обычно состоит из двух этапов – решение в пространстве и выполнение ее на чертеже. При этом полезно прибегать к моделированию изучаемых геометрических форм простейшими средствами. Приступая к решению задачи, следует составить сначала ясный план решения в пространстве, а затем уже осуществить его выполнение на чертеже. Для решения некоторых наиболее трудных задач вместе с условием дается алгоритм, который необходимо записать с помощью условных обозначений на чертеже данной задачи. Для успешного решения задач от слушателя требуются знания основных теорем элементарной геометрии – планиметрии и стереометрии. При графических решениях задачи точность ответа зависит не только от выбора правильного пути ее решения, но и от точности геометрических построений. Поэтому, решая задачу, необходимо пользоваться качественным инструментом и аккуратно выполнять все геометрические построения. *Основными целями изучения практической части учебной дисциплины* являются: формирование у слушателей теоретических знаний основ геометрического черчения и начертательной геометрии, технического черчения, технического рисования, практических умений и навыков в чтении и выполнении технических чертежей и схем, в пользовании государственными стандартами, единой системой конструкторской и проектной документации в горном деле (ЕСКД), справочными материалами и технической литературой.

*Задачами практической части учебной дисциплины являются:* – формирование и развитие практических умений и навыков в построении изображений пространственных форм на плоскости в ортогональных и аксонометрических проекциях;  
– применение условных графических изображений и обозначений на чертежах, оформления чертежей и схем в соответствии с требованиями стандартов;  
– совершенствование техники черчения;

– формирование умений и навыков применять полученные знания при решении конкретных задач в самостоятельной работе горного инженера. Творческая деятельность горного инженера тесно связана с самыми разнообразными видами чертежно-графических работ – различными типами чертежей, графиками, эскизами, схемами и т.д. Изображение должно быть геометрически равноценно изображенному объекту, то есть, построено по определенному геометрическому закону, на основании проекционных связей. Поэтому значительную долю выполняемых инженером чертежей составляют проекционные чертежи. Все они выполняются с помощью методов и приемов начертательной геометрии.

Одна из задач, которую решает инженерная горная графика при обучении слушателей – развитие навыков пространственного мышления. Это качество особенно важно для инженеров горно-геологического профиля.

## Тема 1 Единая система конструкторской документации в горном деле

### *Особенности инженерно-геологической графики*

Инженер-геолог должен уметь не только представлять себе положение горно-геологических объектов в пространстве, но и при отображении их на бумаге упрощать, моделировать, приводить к более или менее простым геометрическим телам, не внося существенных изменений в форму и размеры изображаемых объектов. Значительную долю выполняемых инженером чертежей составляют так называемые *проекционные чертежи*. Все они выполняются с помощью методов и приемов начертательной геометрии. Дисциплина, изучающая теоретические основы, методы и приемы построения изображений и выполнения чертежно-графических работ применительно к задачам геологии, горного и геологоразведочного производства, носит название *инженерной горной графики* и является частью начертательной геометрии применительно к решению геологических и горно-геологических задач. К числу дисциплин, формирующих общеинженерное и общенаучное мышление специалиста, с полным основанием может быть отнесена инженерно-геологическая графика. Эта дисциплина не только прививает навыки построения изображений различных материальных объектов, в том числе горно-геологических, но и является исходной базой для изучения других общеинженерных (например, геодезии, технической и прикладной механики), а также специальных дисциплин.

Среди методов начертательной геометрии основным, важнейшим для инженерной горной графики является *метод проецирования*, т.е. метод построения проекций пространственных объектов, тел, предметов на плоскости. В начертательной геометрии выделяют *два основных класса задач: позиционные* (рисунок 1.1) и *метрические* (рисунок 1.2). *Позиционными* называются задачи установления взаимного расположения и принадлежности геометрических элементов. К их числу, например, относятся задачи определения по чертежу взаимного положения в пространстве двух или нескольких тел, построение линии взаимного пересечения двух фигур, установление положения точки пересечения заданной прямой с поверхностью и т. д. На рисунке 1.1 показано построение наложенного профиля на топографическую карту.

*Метрические* – это задачи определения по чертежу натуральных (истинных) величин отрезков (расстояний), углов, площадей и других размеров (рисунок 1.2). У инженеров-геологов наиболее применяемым методом считается метод проекций с числовыми отметками, который обеспечивает наглядность и удобство измерений при простоте построений.

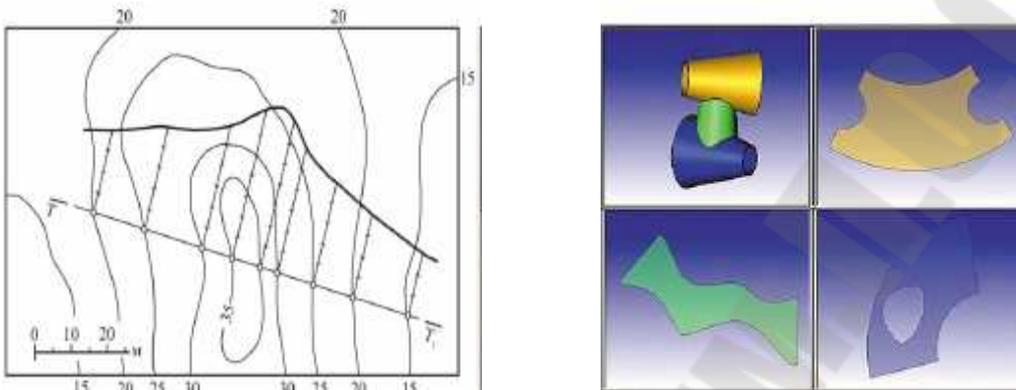


Рис. 1.1. Наложенный профиль Рис. 1.2. Метрический чертёж

Вопросы изучения различных геологических структур и геологических тел, а также разведки и разработки месторождений полезных ископаемых по присущим им особенностям и приемам решения задач носят четко выраженный пространственный графический характер. Практика показывает, что графические методы решения геологических задач зачастую являются целесообразными и даже единственно возможными средствами получить удовлетворительное решение. К числу таких задач относятся определение элементов залегания слоев, жил и других геологических тел, построение линий выхода слоев на земную поверхность, изучение формы и пространственных элементов залегания полезного ископаемого. Инженер геолог должен владеть методами создания геометрических моделей, разрезов участков земной коры, тектонических и структурных карт, построением линий выхода пластов и слоев на дневную поверхность. Горно-геологические объекты (геологические тела, горные выработки, буровые скважины) имеют сложнейшее пространственное строение. Поэтому точно отобразить их на чертеже со всеми особенностями невозможно. Горный инженер должен уметь представлять себе их положение в пространстве, а при отображении на бумаге упрощать, моделировать,

приводить к простым геометрическим телам, не внося изменения в форму и размеры изображаемого объекта.

#### *Виды чертежей в инженерной практике*

Творческая деятельность инженера, в том числе геологического профиля, тесно связана с самыми разнообразными видами чертежно-графических работ – различными типами чертежей, графиками, эскизами, схемами. Для того, чтобы отобразить на чертеже какой-либо предмет, геологическое тело или горную выработку, а тем более для проектирования машин, горных объектов или буровых скважин, необходимо мысленно (в своем воображении) представить форму, размеры и положение этих объектов в пространстве. Без этого качества – умения мыслить пространственно – работа инженера любого профиля, а тем более горно-геологического, будет затруднена или невозможна. Особенностью изображения является то, что объемный материальный объект представляется в виде аналога, размещенного в одной плоскости. В зависимости от характера объекта, можно выделить следующие аналоги:

*Чертеж* – документ, содержащий контурное изображение изделия и другие данные, необходимые для изготовления, контроля и идентификации изделия. На чертежах, отображаются горные и разведочные выработки, форма, условия залегания и качество полезного ископаемого, а также рельеф и ситуация земной поверхности территории деятельности горного предприятия. Правила графического отображения чертежей вырабатывались не один год и правила оформления, установившиеся сейчас практически идентичные для всех стран. Современным информационным системам для обработки графической информации чертежи не нужны – они работают с математическими моделями объектов. При этом легко прослеживается связь – образец (эталон) – математическая модель – воспроизведение ее.

*Эскиз* – быстро выполняемый свободный рисунок, предварительный набросок, не предполагаемый как готовая работа, часто состоит их множества перекрывающихся линий. Предназначен эскиз для временного использования в производстве, выполненный от руки, в глазомерном масштабе, с соблюдением пропорций изображаемого предмета или объекта. Если эскиз предполагается использовать многократно, то по нему выполняют чертеж.

*План* – чертеж, изображающий на плоскости местность, предмет или сооружение методом прямой горизонтальной проекции.

*Геологическая карта* – это графическое изображение на топографической основе в определенном масштабе геологического строения какого-либо участка земной коры с нанесенными на нем границами выходов различных геологических образований. Геологические карты составляют в ходе полевых съёмок и камеральными методами с широким привлечением данных бурения, геофизических материалов, результатов аэрокосмического зондирования.

*По характеру выполнения чертежи подразделяются на:*

– *проекционные*, т. е. построенные на основе законов и методов проецирования; – *схематические*, выполняемые без учета проекционных связей, в том числе с помощью условных знаков; и выполненные в форме графиков, отображающих количественные связи параметров каких-либо процессов и явлений.

*По целевому назначению можно выделить следующие чертежи:*

– *технические*, т. е. содержащие информацию о конструкции, размерах и других данных, необходимых для изготовления технических изделий и различных сооружений.

– *технологические*, в которых содержится информация о технологии производства. Этот тип чертежей выполняется в соответствии со строительными, горными, геологоразведочными и другими отраслевыми стандартами и нормативами.

– *иллюстративные*, отображающие в графической форме содержание какого-либо устройства, изделия, системы горных или геологоразведочных выработок, буровых скважин, диаграмм содержания полезного компонента, диаграмм трещиноватости горных пород и т. д. За исключением шрифтов, толщины линий выполнение данного вида чертежей не регламентировано.

*В зависимости от сферы инженерной деятельности чертежи бывают:*

– *машиностроительные*, к ним относятся чертежи машин, механизмов, деталей и т. д. Машиностроительное черчение базируется на теоретических основах начертательной геометрии и проекционного черчения, регламентируются во всех частях;

– *строительные*.

*Строительными* чертежами называют документы, которые содержат проекционные и иные изображения различного рода

генеральных планов, зданий и сооружений, необходимых для его возведения и сопутствующих технологических операций.

*Строительные чертежи подразделяются на:*

– инженерно-строительные, к ним относятся графическая документация, по которой строятся мосты, плотины, тоннели, дороги, и т.п.;

– архитектурно-строительные графические чертежи, которые используются при возведении зданий, а так же промышленных и гражданских сооружений.

*Топографические чертежи (планы)* представляют собой крупномасштабный чертеж, изображающий в условных знаках на плоскости небольшой участок земной поверхности, построенный без учета кривизны поверхности и сохраняющий постоянный масштаб в любой точке и по всем направлениям.

*На горных чертежах* изображаются объекты или элементы горных работ – залежи полезных ископаемых и вмещающих пород, горные выработки, подземные и поверхностные сооружения технологического комплекса горного предприятия, а также графики, характеризующие процессы и явления, происходящие при добыче полезных ископаемых.

Есть чертежи *специального назначения*, например:

– *электро-, радио- и электронно-технические*, которые содержат графические изображения, чертежи, схемы соответствующих устройств.

– *геологические*, в основном это геологические карты, планы, схемы, разрезы, профили различного наполнения и назначения. Отмечается большое разнообразие типов чертежей, применяемых в инженерной практике. Некоторые из них содержат большое количество легенд и других пояснительных надписей.

*Производственное значение и подразделение методики геометризации месторождений*

Высокие темпы роста горнодобывающей промышленности требуют ускоренного развития минерально-сырьевой базы. Для опережающего роста разведанных запасов полезных ископаемых необходимо не только ускорение темпов разведочных работ, но также повышение достоверности данных, получаемых геологами. Существенную в этом смысле роль играет геометрия недр, позволяющая оперативно, с большой наглядностью и достоверностью представлять исходную геолого-маркшейдерскую информацию.

*Геометрия недр или горная геометрия* является разделом маркшейдерской науки, в которой рассматриваются:

- пространственное положение в недрах Земли залежей полезного ископаемого и условия их залегания;
- методы изображения на маркшейдерской графике форм залежей и условий их залегания;
- состояние в недрах запасов полезного ископаемого;
- способы подсчетов запасов полезного ископаемого;
- методы геометрического решения различных задач горного и геологоразведочного дела.

*Главной задачей геометрии недр* является геометризация месторождений полезных ископаемых, для выполнения которой используются *метод изолиний, метод разрезов и профилей, метод объемных графиков и метод математического моделирования.*

*Теоретической основой методики и методов геометризации* служит учение о геохимическом поле, согласно которому месторождения полезных ископаемых обладают рядом физических, геохимических и других свойств, каждое из которых может быть определено в той или иной точке. Число, выражающее какое-то свойство залежи в данной точке, называется *показателем или признаком* месторождения. Для горной практики большой интерес представляет изучение закономерностей размещения показателей залежей, выражаемое в аналитическом виде, в виде массива цифр или в виде геометрических графиков.

В зависимости от конкретных задач геометризации и необходимой степени детализации описания исследуемого объекта различают следующие *виды геометризации*:– *региональная*, выполняемая с целью составления структурно-геометрических карт отдельных регионов в масштабах 1:500000 – 1:10000. В результате этого вида работ выясняются общие положения геологического строения региона, позволяющие решать вопросы, связанные с изучением крупных массивов горных пород, глобальных закономерностей в строении Земли;

- *детально-разведочная* геометризация, проводимая на основе разведки, горно-подготовительных и очистных работ и геологической съемки. Данные детально-разведочной геометризации используют при проектировании горных предприятий, при их строительстве, а также при проектировании выработок уточняющей разведки.

Детально-разведочная геометризация выполняется при проведении разведочных работ на геометрических графиках масштабов 1:10000 – 1:1000. В результате строятся структурно-геометрические карты, планы и разрезы месторождения полезного ископаемого, используемые для проектирования геологоразведочных выработок и скважин;

– *эксплуатационная геометризация* позволяет получить изображение структуры месторождения и форм залежей, условий их залегания и распределения минерализации и служит для проектирования и проведения подготовительных, очистных и разведочных работ.

Модели месторождений, создаваемые в результате эксплуатационной разведки, отличаются многообразием изображаемых элементов исследуемого месторождения и используются:

- для вскрытия месторождений;
- выбора систем разработки;
- определения порядка отработки залежей и блоков, очередности добычи из блоков и т. п.

Эксплуатационная геометризация выполняется, главным образом, в масштабах 1:1000 – 1:500, возможны также случаи геометризации отдельных добычных блоков и участков в масштабе 1:200, 1:100.

#### *Геометрический анализ геохимического поля и топографическая поверхность*

Числовое значение некоторого свойства в пространстве недр можно рассматривать как функцию от пространственного положения точки или центра элементарного объема и времени  $t$ :

$$P = f(x, y, z, t). \quad (1.1)$$

В явном виде эта функция в большинстве случаев не может быть выражена. Однако если в пределах рассматриваемого пространства недр она удовлетворяет условиям *конечности, однозначности, непрерывности и плавности*, то по отдельным измерениям и числовым значениям при соответствующей их математической обработке закономерность изменения этого свойства может быть выявлена и выражена геометрически системой изолиний.

Первые два условия – конечность и однозначность – очевидны и не вызывают сомнений. Иного порядка свойство непрерывности и плавности изменения функции, особенно 3-го рода. Конкретные данные реальных наблюдений на первый взгляд противоречит этому (рисунок 1.3).

Однако это кажущееся противоречие устраняется правильной обработкой результатов измерений показателей методами математической статистики и теории случайных функций.

Пусть имеется план месторождения, на котором у большинства точек сплошного опробования выписаны числовые значения содержания какого-нибудь компонента и по ним построена поверхность (рисунок 1.3, а). На первый взгляд по мелкосопочной, прерывистой поверхности какой-либо плавности и непрерывности в изменении содержания компонента не замечается. Но если на план наложить лист с вырезанным небольшим отверстием – окном, вычислить среднее содержание компонента из значений, попавших в пределы окна, и отнести это среднее к центру окна, то обнаруживается, что при плавном перемещении окна по плану (скользящее окно) также плавно изменяется среднее содержание компонента (рисунок 1.3, б).

Метод обработки данных опробования, заключающийся в применении *скользящего статического окна*, позволяет с определенной средней погрешностью перейти от хаотической многогранной пирамидальной поверхности сначала к призматической, а затем к некоторой плавной топографической поверхности, выражающей в изолиниях наиболее вероятную закономерность размещения средних значений показателя (рисунок 1.3, в).

Если из уравнения (1.1) исключить время  $t$ , считая, что за период изучения свойство объекта практически не изменится, то для некоторого плоского сечения, имеющего постоянную отметку  $z$ , численные значения функции будут зависеть от изменения аргументов  $x$  и  $y$  и выражаться функцией топографического порядка:

$$P_z = F(x, y) \quad (1.2)$$

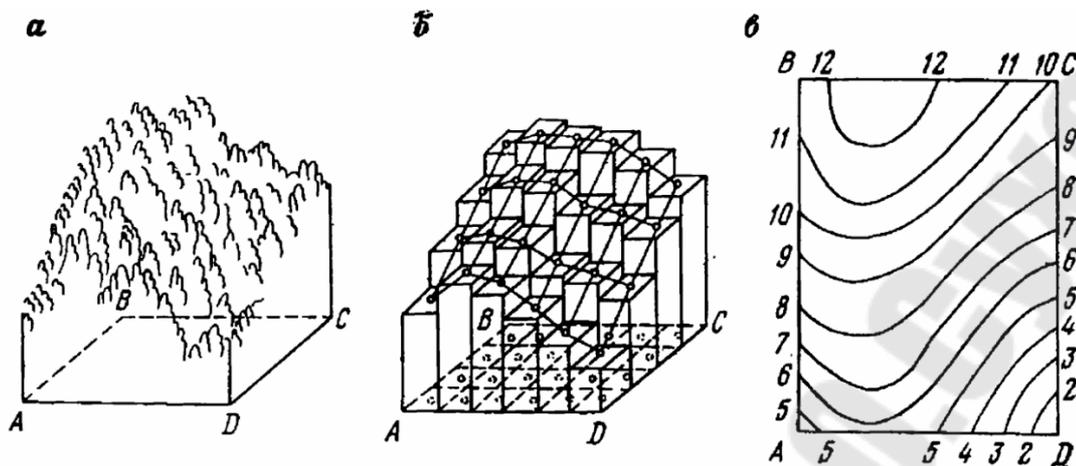


Рис. 1.3. Геометрическая интерпретация размещения геохимического поля  
 Отсюда любое свойство геохимического поля в любом плоском сечении (слое) геометрически выражается системой непересекающихся изолиний, так же как системой изолиний на плане изображается поверхность рельефа местности, кровли и почвы залежи.

## Тема 2 Методы проецирования

### *Методы проектирования точек, прямых и плоскостей в проекции с числовыми отметками*

При создании геометрической модели залежи применяются различные способы изображения, особенно широко используются проекции с числовыми отметками, в которых характерные точки изучаемых (изображаемых) пространственных объектов ортогонально проецируют на основную плоскость проекций. В качестве последней в маркшейдерской практике чаще всего выбирают горизонтальную плоскость, совпадающую по высоте со средним уровнем океана (моря). Таким образом, положение некоторых точек  $A$  и  $B$  в плоскости проекций определится положением точек пересечения перпендикуляров, опущенных из точек  $A$  и  $B$  (рисунок 2.1), и отстоянием точек  $A$  и  $B$  от плоскости проекций (координата  $z$ ), т. е. числовой отметкой проекций точек. В тех случаях, когда рассматриваемые точки расположены выше плоскости проекций, их отметки принято считать положительными (точка  $A$ ), если расположены ниже – отрицательными (точка  $B$ ).

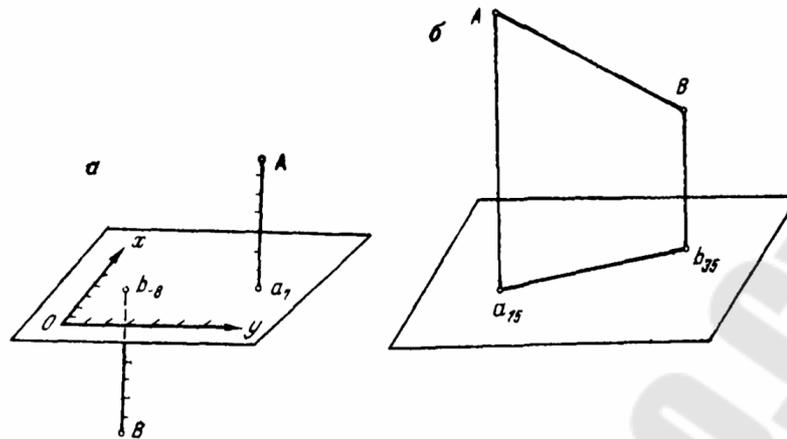


Рис. 2.1. Схемы определения положения в проекции с числовыми отметками точки (а) и прямой (б)

Прямая в проекции с числовыми отметками изображается или проекцией ее двух точек (рисунок 2.1, б), или своей проекцией с числовой отметкой какой-нибудь точки и углом ее наклона к горизонту; однако, чаще всего на плане прямая изображается в целочисленных (градуированных) отметках, для этого на проекции прямой отмечают точки, кратные выбранному сечению. Разность двух соседних целочисленных отметок градуированной прямой принято называть *высотой сечения прямой*. Расстояние между проекциями двух точек, разность отметок которых равна высоте сечения, называется *заложением прямой*.

В горной практике возникают задачи, когда необходимо знание взаимного положения двух прямых, которые могут быть параллельными, пересекающимися и скрещивающимися. Две прямые считаются *параллельными*, если параллельны их проекции, заложения равны и падение направлено в одну сторону. Равенство заложений предопределяет равенство углов наклона прямых к плоскости проекций. *Пересекающиеся* прямые имеют общую точку, следовательно, их проекции на плане пересекаются, и также имеют общую точку. Частным случаем пересекающихся прямых являются взаимоперпендикулярные прямые. Если обе перпендикулярные прямые  $AB$  и  $BC$  параллельны плоскости проекции (рисунок 2.2) или одна из них  $BC$  параллельна, а вторая  $BD$  не параллельна плоскости проекций, то прямой угол, образованный этими прямыми, проецируется без искажений.

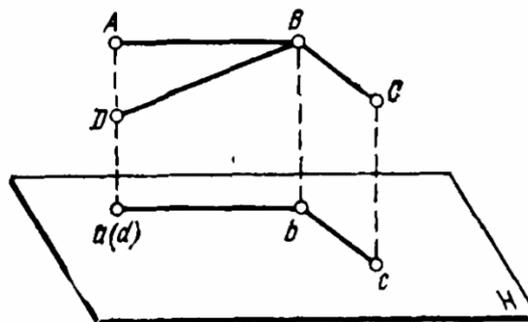


Рис. 2.2. Перпендикулярные прямые

Для *скрещивания* прямых возможны два случая:

- проекции прямых пересекаются, но точка пересечения не имеет общей отметки;
- проекции прямых параллельны, но или углы их наклона направлены в разные стороны, или не равны заложения прямых.

*Плоскость* в общем случае может быть задана:

- тремя точками, не лежащими на одной прямой;
- прямой и точкой, не лежащей на этой прямой;
- двумя параллельными или двумя пересекающимися линиями, принадлежащими данной плоскости.

В проекции с числовыми отметками плоскость чаще всего изображается с помощью *горизонталей*, представляющих собой линии плоскости, расположенные параллельно плоскости проекций. Горизонтали плоскости 0–0; 1–1; 2–2; 3–3 (рисунок 2.3) проводят обычно через один и тот же интервал по высоте, называемый *высотой сечения плоскости*.

Проекции горизонталей на плоскости проекций 0–0; 1'–1'; 2'–2'; 3'–3' параллельны и отстоят друг от друга на одинаковом расстоянии 0–1'; 1'–2'; 2'–3', называемом *заложением горизонталей*.

В общем случае плоскость может быть наклонной, вертикальной и горизонтальной. Горизонтальная плоскость параллельна плоскости проекций, поэтому все фигуры, лежащие в ней, проецируются в натуральную величину.

Вертикальная плоскость является перпендикулярной к плоскости проекций, ее проекция на план изображается прямой линией. При решении некоторых практических задач геологоразведочного и горного дела, поверхности, ограничивающие слои горных пород, залежей, разрывных нарушений, принимают за плоскости, ориентировку которых в пространстве определяют или

дирекционным углом (азимутом) линии простирания плоскости и углом ее падения, или дирекционным углом (азимутом) линии падения и углом падения.

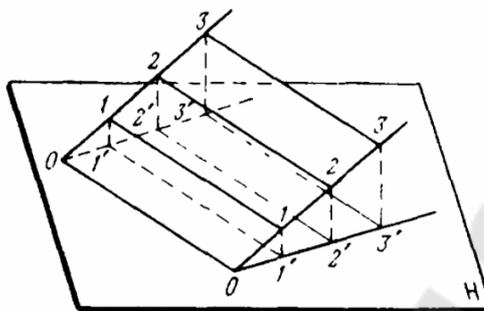


Рис. 2.3. Плоскость в проекции с числовыми отметками

В горной графике направление горизонталей плоскости выбирают, руководствуясь следующим правилом «если встать по направлению горизонтали, то падение должно находиться справа от наблюдателя».

*Плоскость и прямая могут иметь следующее взаимное положение:*

- прямая *лежит* в плоскости, если хотя бы две ее точки совпадают с плоскостью;

- прямая *пересекает* плоскость, если прямая имеет только одну общую точку с плоскостью. Факт пересечения прямой и плоскости проверяется при помощи профильной плоскости, т. е. плоскости, перпендикулярной к плоскости проекции и проходящей через данную прямую;

- прямая *параллельна* плоскости, если на плоскости возможно найти прямую, параллельную данной;

- прямая *перпендикулярна* к плоскости, если ее проекция перпендикулярна к проекции горизонталей плоскости, направление падения плоскости обратно падению прямой, и между заложениями прямой  $l_{пр}$  и плоскости  $l_{пл}$  и высотой их сечения  $h$  существует зависимость  $h^2 = l_{пр}l_{пл}$ .

Плоскости в пространстве могут располагаться либо параллельно друг другу, либо пересекаться (рисунок 2.4).

Плоскости считаются *параллельными*, если параллельны их горизонталы, заложения плоскостей равны, и падение плоскостей направлено в одну и ту же сторону. В геологии поверхности,

ограничивающие слой какой-либо породы, в определенных пределах можно рассматривать как две параллельные плоскости.

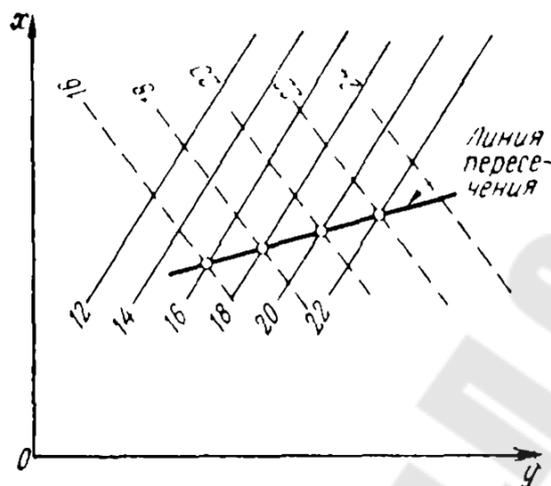


Рис. 2.4. Плоскости с пересекающимися горизонталями

Плоскости *пересекаются*, если:

а) горизонтالي плоскостей пересекаются; линией пересечения плоскостей в данном случае является линия, соединяющая точки пересечения одноименных горизонталей (рисунок 2.4);

б) горизонтали плоскостей параллельны, но имеют неодинаковое заложение;

в) горизонтали плоскостей параллельны, заложения равны, но падение плоскостей направлено в разные стороны.

#### *Способы изображения топографических поверхностей*

Для скрытых, невидимых или условных поверхностей построение изолинии на плане не всегда является простой задачей. Чтобы *изолинии правильно отражали изучаемый конкретный показатель*, требуется при их построении учитывать геологические условия и другие факторы, влияющие на характер изменения показателя, принимать во внимание соподчиненность в залегании горных пород и пр.

В зависимости от исходных данных, их расположения и характера изучаемого показателя построение изолиний производят вручную или с помощью соответствующих приставок к ЭВМ – графопостроителей методами: *инвариантных линий, многогранника, профилей, статистического окна, косвенным.*

*Метод инвариантных линий* состоит в следующем. На план в соответствующем масштабе по координатам наносят точки, в которых определены (замерены) значения изображаемого показателя;

около каждой точки выписывают значение показателя в виде числа (отметки) (рисунок 2.5, а), в результате геометрического анализа выписанных отметок намечают ориентировочное положение инвариантных линий изображаемой поверхности (рисунок 2.5, б), учитывая при этом геолого-структурные данные о месторождении и пр.

Различают отрицательную (синюю) и положительную (красную) инвариантные линии.

*Отрицательной* инвариантной линией является геометрическое место минимумов высот данной поверхности – тальвеги или русла рек с системой притоков (пунктирная линия на рисунок 2.5, б).

*Положительной* инвариантной линией является линия водоразделов (сплошная линия на рисунок 2.5, б). Место пересечения инвариантных линий является инвариантной (седловидной) площадкой.

*Инвариантные линии и площадки* являются своего рода остовом данной поверхности и имеют большое значение в анализе точности ее изображения с помощью изогипс. Достаточно точную модель можно построить тогда, когда выявлено необходимое и достаточное число точек, для каждой из положительных и отрицательных инвариантных линий и для каждой из инвариантных площадок, а также необходимое и достаточное число скатов и число точек на них. Относительно инвариантных линий между точками намечают линии скатов, по которым линейным интерполированием, задавшись величиной сечения, находят ступенчатые отметки (рисунок 2.5, в). Соединяя точки с одинаковыми отметками плавными кривыми, получают на плане изображение искомой поверхности в изолиниях (рисунок 2.5, г).

*Метод многогранника* применяют тогда, когда затруднительно наметить инвариантные линии или когда в отдельных точках поверхности замерены ее элементы залегания азимут линии падения и угол падения (рисунок 2.6).

В первом случае поверхность представляется многогранником, каждая грань которого – треугольник с вершинами в близлежащих точках с числовыми отметками. Задавсь сечением, между ближайшими точками производят *интерполирование*.

Точки с одинаковыми отметками соединяют вначале ломаными, а затем плавными сглаженными кривыми. В результате получают план поверхности в изолиниях. Изображение поверхности считается

точным, если уклонения любой ломаной линии, построенной по точкам, от соответствующей ей кривой поверхностей не превышают допустимой величины.

*Построение изолиний этим методом, как и другими, начинают с более детально изученных участков изображаемой поверхности, переходя постепенно к менее изученным с большим расстоянием между точками.*

Во втором случае точки, в которых определены элементы залегания поверхности, по координатам наносят на план, подписывают около них числовые отметки. По дирекционному углу через каждую точку проводят проекцию линии падения. Задав сечение, аналитически или графически с учетом угла падения, на линиях наносят ступенчатые отметки, через которые проводят изолинии по нормали к линиям падения.

Учитывая кривизну поверхности по ряду других факторов, изолинии с одинаковыми отметками соединяют плавными кривыми.

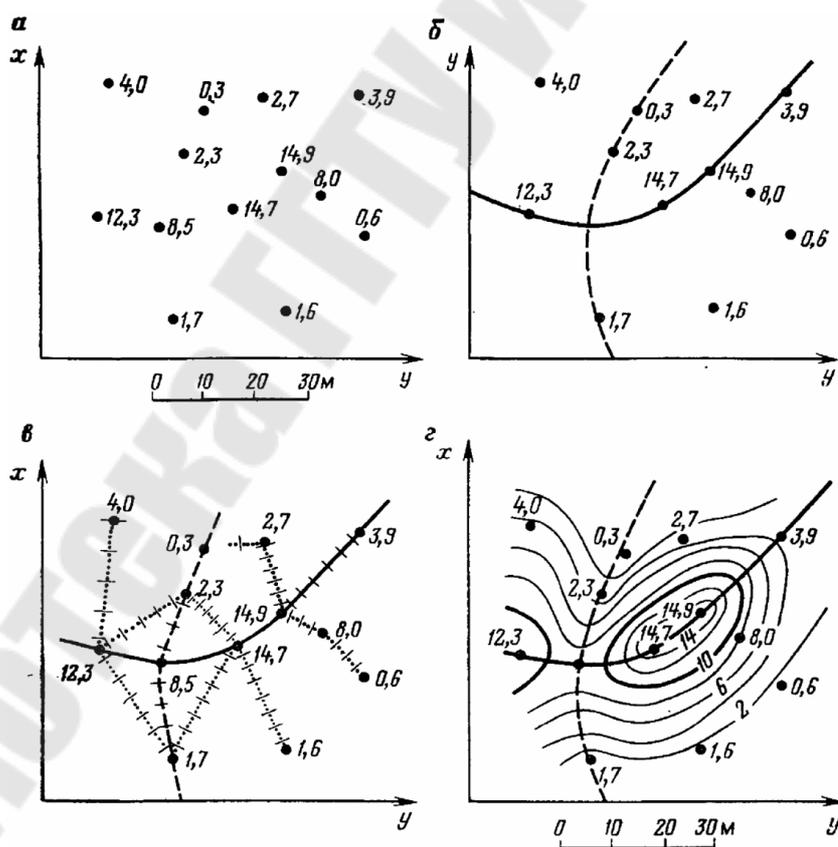


Рис. 2.5. Последовательность построения на плане изолиний топографической поверхности методом инвариантных линий

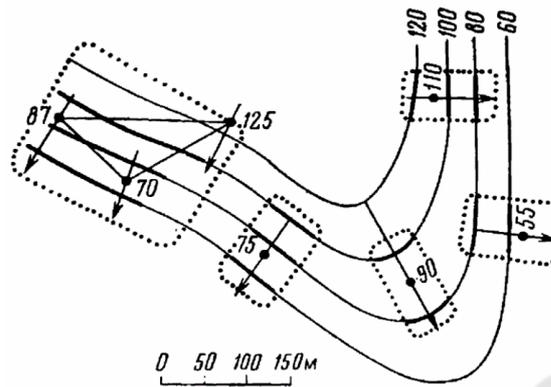


Рис. 2.6. Схема построения изолиний поверхности методом многогранника

В результате получают план поверхности в изолиниях более точный, чем план, построенный по отметкам точек без учета элементов залегания поверхности.

Метод профилей применяют при наличии нескольких профилей или сечений изучаемой поверхности, расположенных как параллельно, так и различно ориентированных одно к другому (рисунок 2.7).

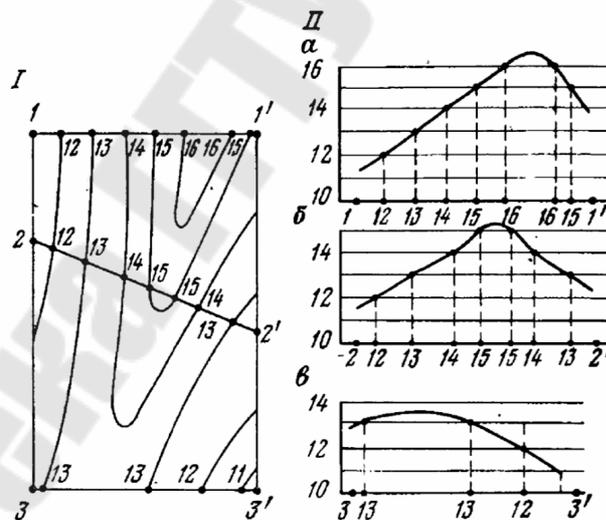


Рис. 2.7. К построению изолиний поверхности I методом профилей II по линиям а – 1–1'; б– 2–2'; в – 3–3'

Сущность метода состоит в следующем. На план наносят проекции профилей по координатам исходных точек на них: 1,1'; 2,2'; 3,3'. На профилях (рисунок 2.7) проводят высотную сетку – серию параллельных основанию профиля линий на расстоянии, равном сечению поверхности. Точки пересечения линий высотной сетки с

профилем поверхности изображаемого показателя проектируют сначала на основание профиля, а затем относительно исходных точек переносят на план линии профиля, подписывая около них соответствующие отметки. Соединяя на плане одноименные точки плавными кривыми, получают искомую поверхность в изолиниях.

Построение изолиний поверхности с помощью профилей применяют при разведке или опробовании месторождений по разведочным линиям.

Так как расстояния между скважинами или точками опробования по разведочной линии (Р.Л.1; Р.Л.2; Р.Л.3) гораздо меньше расстояний между разведочными линиями, то и детальность выявления поверхности по линии большая, чем между линиями.

Для поверхностей с относительно одинаковой изменчивостью по всем направлениям (рисунок 2.8 а) формальное применение метода профилей при построении поверхности в изолиниях из-за разного уровня сведений в сечениях и между ними может привести к искусственному ее искажению – одностороннему вытягиванию изолиний между сечениями, как это показано на рисунке 2.8 б, и последующему ложному толкованию изменения размещения изображаемого показателя.

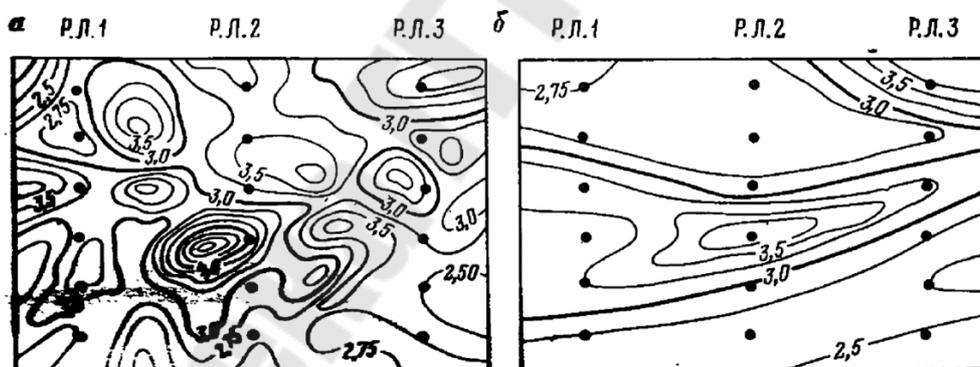


Рис. 2.8. К построению изолиний поверхности по профилям:  
 а – фактическая поверхность в ее реализации по разведочным линиям;  
 б – искажение (вытянутость) поверхности, построенной по профилям

Построение изолинии поверхностей с помощью относительно удаленных друг от друга профилей следует производить на месторождениях с заранее известным «вытянутым» характером изменения геологического показателя, например, поверхности кровли пластов на крыльях складки, как правило, вытянутой по простиранию,

размещения компонентов, рассеянных в виде вытянутых ореолов на россыпных месторождениях и т. п.

*Метод статистического окна*, или площадное сглаживание, применяют при большом числе точек с числовыми отметками показателя на плане. Если проводить изолинии с использованием всех имеющихся числовых отметок, то, помимо большой затраты времени на это, получается так называемый мелкосопочный рельеф (рисунок 2.9, а). По такому изображению трудно находить закономерности изменения показателя, делать какие-либо выводы и заключения и использовать эти поверхности для практических целей. *Статистический метод* заключается в построении изолиний поверхности по средним групповым отметкам. Для этого на план участка с большим числом точек наносят квадратную или прямоугольную сетку со сторонами  $a$  и  $b$ . Величину сторон сетки выбирают в зависимости от масштаба плана, изменчивости показателя, расстояния между точками, общего падения поверхности и т. п. В каждой ячейке сетки или статистическом окне определяют среднее арифметическое значение отметок всех попавших в нее точек и подписывают это среднее в центре статистического окна. Окно перемещают на половину своего размера сначала по одной оси, а затем по другой (рисунок 2.9, б), или на полный его размер (рисунок 2.9, в).

Окно перемещают на половину своего размера сначала по одной оси, а затем по другой (рисунок 2.9, б), или на полный его размер (рисунок 2.9, в). Если точки группируются в одной какой-либо части ячейки, то среднее подписывается в их геометрическом центре. Пограничные точки учитываются в обоих соседних окнах. Затем, задавшись сечением, по отметкам *средних* строят изолинии. В результате получают сглаженную поверхность, характеризующую основные изменения изображаемого показателя. Этот метод широко используется при построении изолиний по данным массовых замеров, определений, проб изучаемых свойств залежей, характеризующихся своей изменчивостью.

*Косвенный метод* применяют тогда, когда искомая поверхность является функцией некоторой данной в изолиниях поверхности или когда даны две поверхности своими изолиниями, а искомая поверхность является их производной и определяется соответствующими математическими действиями между данными поверхностями.

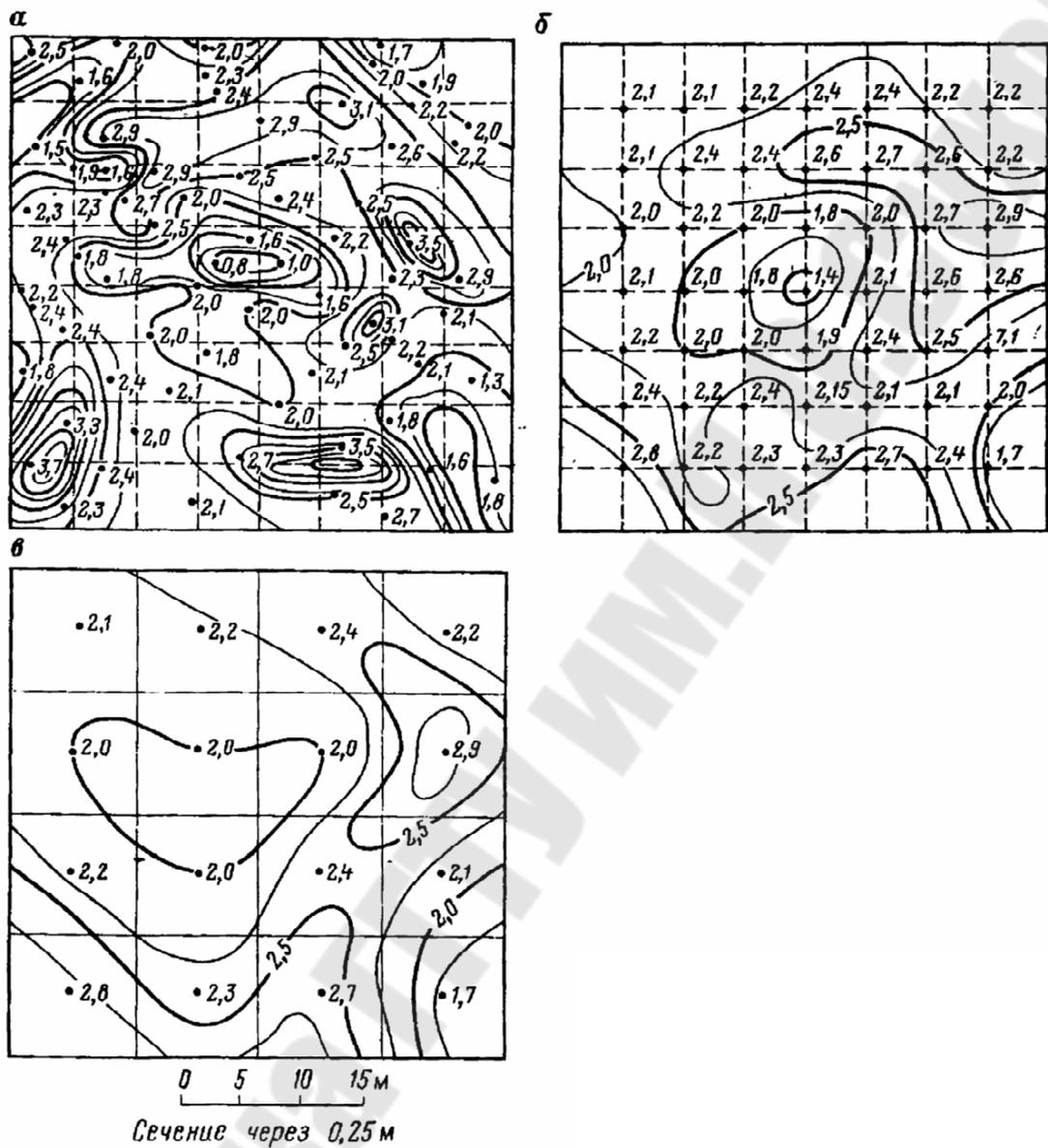


Рис. 2.9. Построение изолиний поверхности по точкам с индивидуальными (а) и средними значениями признака (б, в)

### Элементы залегания плоскости

Осадочные и метаморфические горные породы залегают обычно в виде слоев или пластов, ограниченных приблизительно параллельными поверхностями. Осадочные породы при ненарушенном первоначальном их залегании располагаются почти горизонтально, реже они имеют первичный наклон в одну сторону или изгибы, обусловленные рельефом той поверхности, на которой отлагались.

При решении практических задач геологоразведочного производства поверхности, ограничивающие слои горных пород, рудных тел, разрывных нарушений приравнивают к плоскостям, которые необходимо позиционировать относительно частей света и горизонта. Пространственное положение каждой плоскости пласта производят путем определения трех угловых величин: азимутом линии простирания ( $\gamma$ ), азимутом линии падения ( $\alpha$ ) и углом падения ( $\beta$ ). В геологии эти угловые величины носят название «элементов залегания» (рисунок 2.10).

*Линией простирания* (рисунок 2.10) называют линию пересечения горизонтальной плоскости с наклонной или вертикальной поверхностью пласта, жилы, разрыва, дайки и т.д. Направление простирания *выражается азимутом простирания* и определяется с помощью горного компаса или устанавливают по геологической карте.

*Азимутом простирания  $\gamma$* , называют азимут линии пересечения плоскости напластования и горизонтальной плоскости. Данный угол является угол между меридианом, на котором находится точка наблюдения, и линией простирания пласта любого геологического тела. Определяется при помощи горного компаса. Простирание пласта может определяться двумя азимутами, отличающимися на  $180^\circ$ , на практике обычно указывают только один из них.

*Азимутом линии простирания называют правый угол  $\gamma$* , образованный плане северным направлением меридиана и одним из направлений простирания плоскости. *Линией падения называют линию в плоскости пласта, слоя (или др. геологического тела),* проведённую перпендикулярно к простиранию в направлении наклона слоя (линия наибольшего ската). Ориентировка линии падения определяется её азимутом и углом падения. Азимут измеряется по проекции линии падения на горизонтальную плоскость; *угол падения* заключён между линией падения и её горизонтальной проекцией. *Азимут падения  $\alpha$*  – азимут линии максимального наклона плоскости напластования к горизонту. Образует угол между меридианом, на котором находится точка наблюдения, и линией падения пласта (слоя, толщи, крыла складки, плоскости трещины, жилы). Определяется при помощи горного компаса. В отличие от азимута простирания он имеет лишь одно определение; поэтому при геологической съемке записывается только азимут падения, отличающийся от азимута простирания на  $90^\circ$

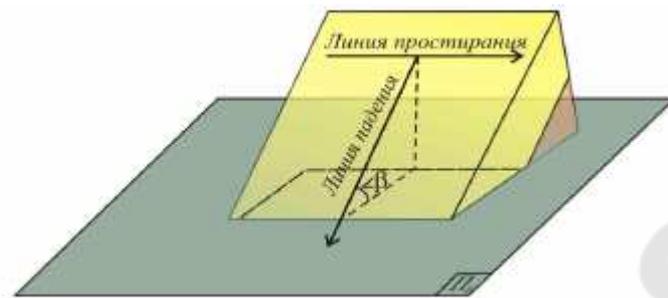


Рис. 2.10. Основные линии плоскости

Азимутом линии падения называют правый угол  $\alpha$ , составленный северным направлением меридиана и направлением падения плоскости. Линии простирания и падения взаимно перпендикулярны, соответственно, их азимуты отличаются друг от друга на  $90^\circ$  (рисунок 2.11).

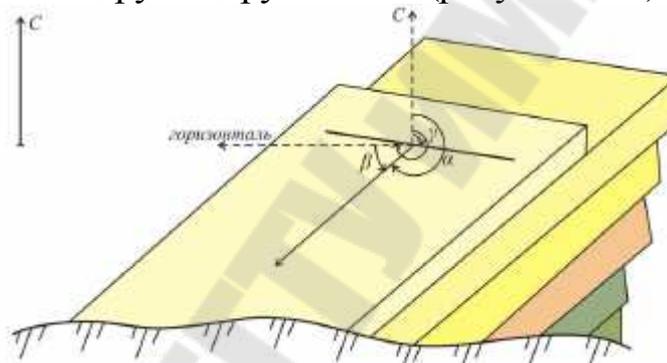


Рис. 2.11. Элементы залегания плоскости

Угол падения  $\beta$  – двугранный угол между плоскостью слоя и горизонтальной плоскостью (угол между линией падения и проекцией ее на горизонтальную поверхность). Выражается углом от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ . При углах, близких к  $90^\circ$ , говорят об *субвертикальном* залегании, при углах, близких к  $0^\circ$  – *субгоризонтальном* залегании.

Иногда выделяют еще и угол восстания – противоположный азимуту падения.

Угол падения  $\beta$  определяют с помощью отвеса горного компаса, прикладывая компас к пласту или методом визирования: отойдя от обнажения как минимум на несколько шагов, держа компас на вытянутой руке так, чтобы его край совпадал с измеряемой поверхностью слоя. Азимут и угол падения записывают на левой

стороне полевого дневника, например, аз. пад. СВ 15 $\angle$ 25 (это значит,

что азимут линии падения северо-восток 15°, а угол падения 25°). Поскольку азимут простирания отличается от азимута падения на 90°, то для наклонных пластов обычно определяют только азимут падения, а для залегающих вертикально можно измерить только азимут простирания.

Элементы залегания измеряют не только горным компасом, но и устанавливают по геологической карте, разрезам, буровым скважинам, горным выработкам, геофизическим данным и по изображениям слоев на аэрофотоснимках.

*Пример:* Необходимо определить элементы залегания поверхности горных пород (пересеченной тремя разведочными скважинами), при невозможности замера их горным компасом. Для определения необходимо прибегнуть к графическому способу определения элементов залегания (рисунок 2.12).

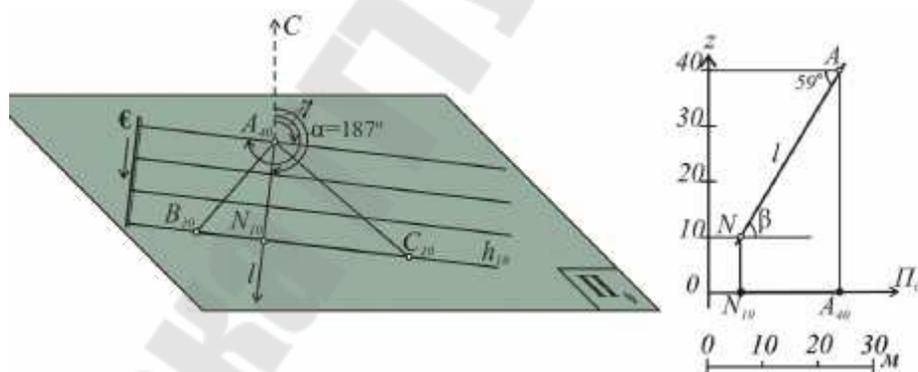


Рис. 2.12. Определение элементов залегания плоскости

- 1) поверхность, ограничивающую слой горной породы, приравниваем к плоскости и задаем на плане точками  $A_{40}$ ,  $B_{10}$  и  $C_{10}$ ;
- 2) строим проекцию горизонтали плоскости –  $h$  ( $F_{20}$   $C_{20}$ ), которая определяет направление простирания плоскости и замеряем азимут простирания;
- 3) перпендикулярно к проекции линии простирания на плане строим линию падения –  $l$  ( $A_{40}$   $N_{10}$ ).

Отрезки  $AB_{10}$  и  $A_{40}C_{10}$  можно определить как видимое падение плоскости. Видимым падением слоя называется падение поверхности слоя в любом направлении, не совпадающем с направлением наибольшего наклона.

#### *Заложение плоскости*

*Масштаб заложения* представляет собой градуированную проекцию линии наибольшего ската плоскости (линии падения). Проекции линии ската

однозначно определяют положение плоскости и могут быть в любом удобном месте для построения плана. На плане масштаб заложения обозначают двумя параллельными линиями: сплошной основной и сплошной тонкой, на которые нанесены деления, соответствующие высотным отметкам. У конечной точки масштаба заложения проставляется буквенное обозначение плоскости и параллельно масштабу заложения стрелкой указывают направление падения плоскости (рисунок 2.14).

*Заложение плоскости ( $l$ )* – это кратчайшее расстояние между двумя соседними горизонталями на плане.

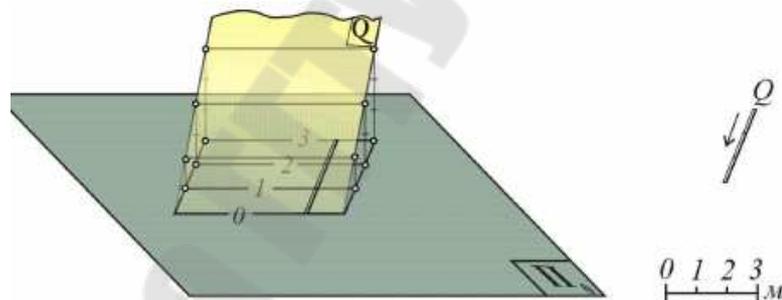


Рис. 2.13. Заложение плоскости

Чем больше наклон плоскости к плоскости проекции, тем меньше расстояние между проекциями ее горизонталей, чем меньше наклон плоскости, тем больше расстояние между горизонталями, т.е. с увеличением угла наклона заложение уменьшается, а с уменьшением – увеличивается (рисунок 2.14).

Прямая  $a$ , лежащая в плоскости  $v$  перпендикулярно к ее горизонталям, называется *линией падения плоскости*. Проекция линии падения перпендикулярна к проекции горизонталей. В геологии линией падения определяют направление и угол падения слоев горных пород. Две плоскости в пространстве либо параллельны, либо

пересекаются по прямой, образуя двухгранный угол. Примеры в окружающем пространстве найти легко.

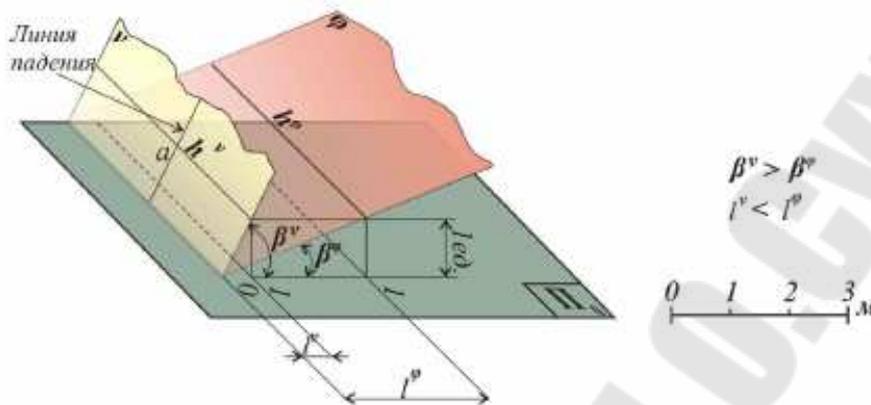


Рис. 2.14. Зависимость заложения от угла падения

В качестве двух параллельных плоскостей мы можем рассматривать, например, кровлю и подошву слоя горных пород, взятого на относительно небольшой протяженности, получая при этом геометрическую модель двух параллельных наклонных плоскостей.

*Под слоем* в геологии понимают плоское тело, сложенное той или иной горной породой. Слой ограничен двумя структурными плоскостями, верхнюю называют *кровлей*, а нижнюю – *подошвой*. Если слой горной породы небольшой протяженности и не деформирован, то кровлю и почву приравнивают к плоскостям, получая в пространстве геометрическую модель двух параллельных наклонных плоскостей.

*Истинной мощностью* называется кратчайшее расстояние между кровлей и подошвой слоя. Помимо истинной мощности, в геологии используют и другие параметры слоя горной породы: *вертикальная мощность* – это расстояние от кровли до подошвы слоя, измеренное по вертикали. *Горизонтальная мощность* слоя есть кратчайшее расстояние между кровлей и подошвой, измеренное в горизонтальном направлении. *Видимая мощность* – кратчайшее расстояние между видимым падением кровли и подошвы. Видимым падением называют прямолинейное направление на структурной плоскости, т.е. прямую, принадлежащую плоскости. Таким образом, *видимая мощность всегда больше истинной*. Уточним, что у *горизонтально залегающих слоев* истинная мощность, вертикальная и видимая *совпадают*.

### Практическая часть

Чтобы изобразить точку, прямую или любой объект по их координатам, необходимо на плоскость проекции нанести систему координат и указать масштаб изображения.

Определение положения прямых в пространстве непосредственно связано с решением прямой и обратной геодезических задач, которые в геометризации недр рассматриваются в трехмерном пространстве координат  $x$ ,  $y$ ,  $z$ .

*Прямая задача.* Даны координаты  $x_N$ ,  $y_N$ ,  $z_N$  начала вектора  $NK$ , направление  $\alpha(NK)$ , угол наклона  $\delta(NK)$  к горизонту и длина вектора  $NK = L$ . Требуется определить координаты  $x_K$ ,  $y_K$ ,  $z_K$  конца вектора.

$$x_K = x_N + L \cdot \cos \delta \cdot \cos \alpha \quad (2.1)$$

$$y_K = y_N + L \cdot \cos \delta \cdot \sin \alpha \quad (2.2)$$

$$z_K = z_N - L \cdot \sin \delta \quad (2.3)$$

*Обратная задача.* Даны координаты начала  $x_N$ ,  $y_N$ ,  $z_N$  и конца  $x_K$ ,  $y_K$ ,  $z_K$  вектора  $NK$ . Требуется определять направление вектора  $\alpha$ , угол наклона  $\delta$ , горизонтальное проложение  $l$  и длину  $NK = L$ .

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_K - y_N}{x_K - x_N}; \quad (2.4)$$

$$l = \frac{\Delta x}{\cos \alpha} = \frac{\Delta y}{\sin \alpha} = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}; \quad (2.5)$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\Delta z}{l} = \frac{z_K - z_N}{l}; \quad (2.6)$$

$$L = \frac{l}{\cos \delta} = \frac{\Delta z}{\sin \delta} = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2}. \quad (2.7)$$

*Проекции точек, прямых и их взаимное положение.* Прямую на плане (графике) изображают в градуированных отметках. Градуированием прямой называют нахождение на проекции прямой точек с целочисленными отметками, кратными выбранному сечению.

Точки с целочисленными отметками на проекции прямой есть проекции точек пересечения прямой с плоскостями, параллельными плоскости проекции и отстоящими друг от друга на расстоянии, равном высоте сечения.

Разность целочисленных отметок двух соседних точек градуированной проекции прямой называют высотой сечения или сечением прямой ( $h$ ).

Длину проекции отрезка прямой, разность отметок на концах которого равна единице сечения, называют заложением прямой ( $a$ ).

Уклоном ( $i$ ) прямой линии называют тангенс угла наклона прямой к плоскости проекции

$$i = \operatorname{tg} \delta = \frac{h}{a}. \quad (2.8)$$

При данном сечении уклон прямой есть величина, обратная заложению.

*Взаимное положение прямой и точки.* Чтобы по плану определить кратчайшее расстояние между прямой и точкой вне прямой необходимо через точку и прямую провести плоскость. Найти совмещение, т.е. параллельное плоскости проекции положение этой плоскости, повернув ее вокруг одной из ее горизонталей. Измерить расстояние от точки до прямой по нормали (опустить из точки перпендикуляр на совмещенную прямую) в масштабе графика.

Если проекция точки совпадает с проекцией прямой, то непосредственно по плану можно определять лишь расстояние по вертикали между ними, равное разности отметок совпадающих проекций.

*Взаимное положение прямых*

У параллельных прямых проекции параллельны, заложения равны, направление возрастания отметок одинаково.

Пересекающиеся в пространстве прямые изображаются пересекающимися проекциями. Точка пересечения прямых имеет одну общую для обеих прямых отметку.

Если пересекающиеся прямые лежат в одной профильной плоскости, то проекции прямых сливаются.

Прямые в пространстве скрещиваются, если проекции прямых пересекаются, но в точке пересечения имеют разные отметки; если проекции прямых параллельны, но имеют разные заложения, или имеют одинаковое заложение, но возрастание отметок идет в разные стороны.

Определение истинных расстояний между параллельными прямыми и истинных углов между пересекающимися прямыми производят на плоскости, которую проводят через них и совмещают ее с плоскостью проекции или параллельной ей.

*Решить следующие задачи в проекциях с числовыми отметками:*

*Задача 1.* Даны две точки:

A (30; 25; 82) и B (50; 65; 115),

принадлежащие одной прямой.

Требуется: 1) изобразить прямую на плане в выбранном масштабе в проекции с числовыми отметками; 2) проградировать прямую аналитическим методом, выбрав высоту сечения.

*Задача 2.* Изобразить на плане в выбранном масштабе в проекции с числовыми отметками отрезок прямой АВ, если координаты его конечных точек, следующие:

$$x_a = 230, y_a = 32, z_a = 145,3$$

$$x_b = 150, y_b = 350, z_b = 225$$

Прямую проградировать графическим методом.

*Задача 3.* Даны координаты двух маркшейдерских точек наклонной горной выработки:

$$x_1 = 915, y_1 = 102, z_1 = -17;$$

$$x_2 = 971, y_2 = 149, z_2 = +9$$

Определить: 1) горизонтальную проекцию наклонной выработки ( $l$ ); 2) длину наклонной выработки в метрах ( $L$ ); 3) уклон выработки ( $i$ ); 4) угол наклона ее к горизонту ( $\delta$ ) аналитически и графически.

*Задача 4.* Наклонная буровая скважина имеет координаты устья:

$$x = 520 \text{ м}, y = 335 \text{ м}, z = 243 \text{ м};$$

координаты забоя скважины:

$$x_I = 585 \text{ м}, y_I = 360 \text{ м}, z_I = 80 \text{ м}.$$

Требуется, приняв ось скважины за прямую линию, нанести на план в масштабе 1:1000 ось скважины в проекциях с числовыми отметками и определять: 1) величину вертикальной проекции ( $h$  в метрах); 2) длину скважины ( $L$ ); 3) угол наклона ( $\delta$ ) оси скважины к горизонту; 4) дирекционный угол ( $\alpha$ ) оси скважины.

*Задача 5.* В точке  $O$  (1215, 624, 378) на земной поверхности пробурена наклонная скважина длиной 156 м, под углом наклона  $65^\circ$  и азимутом  $30^\circ$ .

Требуется, приняв ось скважины за прямую линию: 1) нанести на план в масштабе 1:2000 ось скважины в проекции с числовыми отметками; 2) определить графически координаты ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) забоя скважины, если известно, что магнитное склонение является восточным и составляет  $9^\circ$ .

*Задача 6.* Три маркшейдерские точки, закрепленные в выработках в кровле пласта, имеют следующие координаты:

I ( $x_1 = 101,75$ ;  $y_1 = 152,30$ ;  $z_1 = +58,15$ );  
II ( $x_2 = 250,32$ ;  $y_2 = 101,12$ ;  $z_2 = 42,30$ );  
III ( $x_3 = 172,40$ ;  $y_3 = 303,23$ ;  $z_3 = +62,10$ ).

Приняв поверхность кровли пласта в пределах данных точек за плоскость, определить элементы залегания плоскости – дирекционный угол линии простирания ( $\alpha$ ) и угол падения ( $\delta$ ).

Плоскость изобразить на плане в выбранном масштабе в горизонталях с выбранным сечением.

*Задача 7.* Пласт полезного ископаемого разведан двумя вертикальными буровыми скважинами (А и В) и третьей наклонной скважиной (С). Координаты устья скважин:

А (100, 100, +350);  
В (350, 200, +355);  
С (75, 350, +371).

Наклонная скважина пробурена с земной поверхности под дирекционным углом  $\alpha_c = 296^\circ$  и углом наклона к горизонту  $\delta_c = 67^\circ$ .

Скважиной А пласт полезного ископаемого встречен на глубине 160 м, скважиной В – на глубине 157 м, скважиной С – на расстоянии 260 м от земной поверхности по скважине.

Требуется: 1) изобразить на плане в выбранном масштабе устья

скважин и точки пересечения осей скважин с пластом; 2) построить плоскость пласта по трем точкам в горизонталях сечением через 20 м; 3) определить дирекционный угол направления линии простирания пласта ( $\alpha$ ) и угол падения пласта ( $\delta$ ).

### Тема 3 Инженерно-геологическая графика

#### *Построение гипсометрического плана по координатам точек на поверхности залежи*

Форма залежи полезного ископаемого в недрах определяется поверхностями раздела полезного ископаемого от вмещающих его боковых горных пород – поверхностью лежачего и висячего бока, поверхностью тектонических разрывов или поверхностью с минимальным промышленным содержанием компонентов для тех случаев, когда полезное ископаемое постепенно переходит в боковые породы.

В общем случае эти поверхности являются поверхностями топографического порядка. На плане они изображаются изогипсами или горизонталями. Геометрические графики называют *гипсометрическими* или *структурными* планами (картами). Построение гипсометрических планов по данным разведки производят непосредственным и косвенным способами.

Месторождения платформенного типа со слабо наклонным или почти горизонтальным залеганием разведуют обычно сетью вертикальных разведочных скважин, располагаемых более или менее равномерно по площади участка – в ряде случаев по геометрической сетке (квадратной, прямоугольной, ромбической). Гипсометрические планы в этом случае *строят непосредственно по данным разведочных скважин* – абсолютным или относительным отметкам почвы и кровли залежи. Изолинии строят по методу многогранника или с использованием инвариантных линий.

Если по одним и тем же исходным данным можно построить системы горизонталей, значительно отличающиеся одна от другой, и исходные показатели являются к моменту составления графика окончательными, то горизонтали рекомендуется проводить с учетом характера изменения других показателей, с которыми изображаемый показатель связан зависимостью.

*Построение гипсометрических планов почвы (кровли) по группе точек, имеющих высотные отметки.*

В этом случае гипсометрический план почвы (кровли) строят следующим образом:

1. На план выбранного масштаба по координатам наносят устья разведочных скважин, точки входа скважин в пласт при построении плана кровли, точки выхода скважин (для плана изогипс почвы), а также все другие точки, например точки горных выработок, в которых были определены высотные отметки поверхности пласта.

2. Возле этих точек, входа или выхода, выписывают на плане высоту точек поверхности пласта (залежи) в виде числовых отметок.

3. Проанализировав выписанные числовые отметки поверхности пласта, намечают на плане так называемые инвариантные линии — скелет поверхности пласта. К инвариантным линиям относят оси синклинальных и антиклинальных складок. К этим линиям будут приурочены повороты и изгибы изогипс на плане.

4. Выбрав высоту сечения изогипс, выполняют прямолинейное интерполирование по линиям скатов между точек с высотными отметками и находят на плане так называемые ступенчатые отметки, которые кратны выбранному сечению.

5. Соединив одноименные ступенчатые отметки плавными кривыми, получают изогипсы поверхности (кровли, почвы пласта). Построение изогипс залежи (пласта) рекомендуется начинать с наиболее изученной части поля. Если на некоторых участках месторождения можно провести изогипсы залежи по-разному, то данных для построения плана изогипс недостаточно и требуются дополнительные сведения.

*Построение гипсометрического плана кровли малоразведанного пласта по плану хорошо разведанного пласта путем вычитания поверхностей (способ карт схождения)*

При разведке свиты пластов иногда возникает задача построения гипсометрического плана кровли малоразведанного и глубокозалегающего пласта на основе имеющегося гипсометрического плана хорошо разведанного пласта (маркирующего горизонта), но залегающего выше. В свое время проф. П. К. Соболевский предложил решать эту задачу путем *вычитания поверхностей*, полагая, что в толще осадочных отложений действует закон соподчинения.

*Построение гипсометрического плана при помощи вертикальных разрезов*

Месторождения с наклонным и крутым залеганием разведуют по разведочным линиям, которые располагают обычно вкрест простирания залежи. Гипсометрические планы в этом случае строят или непосредственно по отметкам скважин, или косвенно, используя геологические разрезы (профили) залежей по разведочным линиям.

Наносят координатную сетку, разведочные линии, все разведочные скважины с отметками поверхностей напластования и мощности залежи, линию выхода залежи на поверхность (или под наносы), границу или контур залежи в недрах. Контур залежи на плане проводят посередине между сухими и результативными скважинами или по изолинии нулевой мощности залежи. В ряде случаев нулевой контур залежи вначале определяют на профилях или вертикальных разрезах по разведочным линиям, а затем переносят его на план (рисунок 3.1).

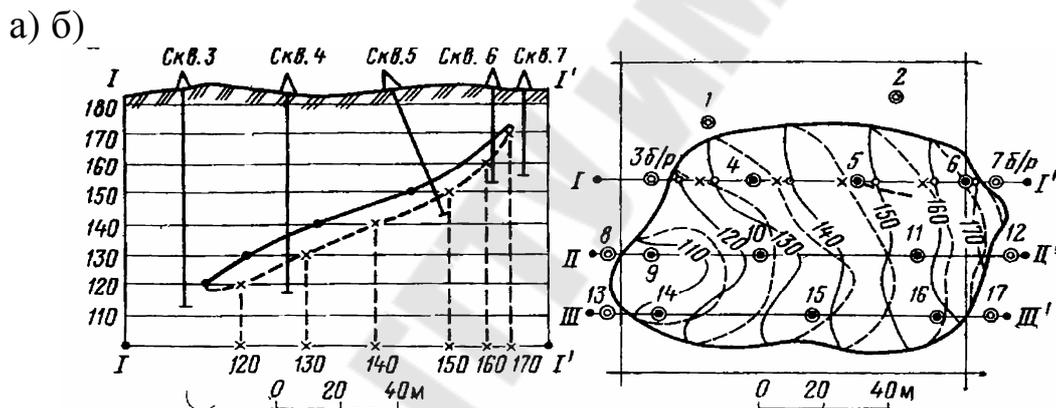


Рис. 3.1. Построения профиля и гипсометрического плана залежи:  
а) разрез по линии; б) план поверхности кровли и почвы залежи

На геологических разрезах или профилях залежи точки пересечения линий высотной сетки с профилем поверхности залежи проектируют на одну из линий сетки и подписывают соответствующие отметки. С разрезов эти точки переносят на план по соответствующим разведочным линиям. На рисунке 3.1, а эти точки нанесены лишь по разведочной линии I-I'.

Соединяя точки с одинаковыми отметками плавными кривыми, проводят горизонталы поверхности залежи, при этом учитывают характер залегания. На рисунке 3.1, б сплошными изолиниями изображена поверхность кровли, а пунктирными – поверхность почвы земли. На контурной линии изолинии поверхности кровли переходят в одноименные изолинии поверхности почвы залежи. Контур,

составленный изолиниями кровли и почвы с одинаковой отметкой, представляет на плане горизонтальное сечение залежи на данном горизонте. Если на участке между разведочными линиями имеются отдельные разведочные выработки, то горизонталь поверхности залежи проводят с учетом отметок этих выработок. Для уточнения положения горизонталей изображаемой поверхности между разрезами (разведочными линиями) дополнительно строят иногда разрезы профили пластов по способу нормалей.

Так как обычно разведочные колонковые скважины располагаются по разведочным линиям, то по этим линиям, как правило, строят вертикальные геологические разрезы. Имея на вертикальном разрезе шкалу глубин и проведя горизонтально секущие линии, можно найти на поверхности почвы пласта (кровли) ступенчатые отметки, кратные принятому сечению.

Использование вертикальных разрезов при построении гипсометрических планов исключает весьма кропотливую операцию – интерполирование отметок на плане, поэтому данный способ широко применяется при геометризации недр. Построение графиков изогипс поверхности размыва древних пород под наносы, водоупорных горизонтов, поверхности уровня подземных вод (гидропьезоизогипс) и поверхностей тектонических нарушений производят на основе соответствующих точек наблюдений, используя общие принципы.

#### *Построение структурных карт в нефтяной геологии*

Пусть для примера на рисунке 3.2 дан вертикальный геологический разрез по разведочной линии I–I, на котором видно, что пласт *K* разведан большим числом скважин, а маркирующий горизонт (или пласт *M*), залегающий на большей глубине, разведан меньшим количеством глубоких скважин (всего четыре скважины). Пусть разрезов по разведочным линиям имеется несколько. Чтобы построить гипсометрию кровли малоразведанного пласта *M*, поступают следующим образом:

– строят гипсометрический план кровли детально разведанного пласта *K* (рисунок 3.3, *a*);

– зная вертикальные мощности между пластами *K* и *M* по глубоким скважинам, строят график изолиний мощности пород между пластами (рисунок 3.3, *б*);

– если теперь из гипсометрии пласта *K* вычесть график изолиний мощности, то получится план (рисунок 3.3, *в*), который будет представлять собой поверхность маркирующего горизонта

(пласта)  $M$  в изогипсах или план гипсометрии кровли малоразведанного пласта  $M$  (в стратоизогипсах).

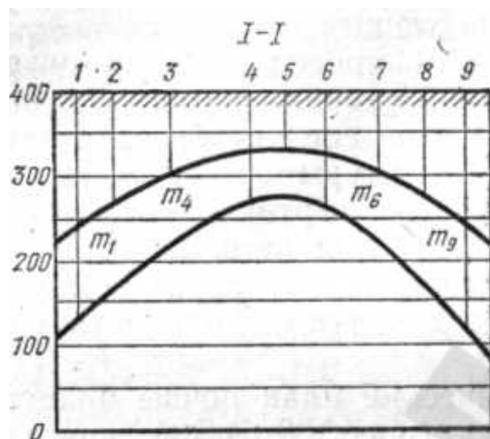


Рис. 3.2. Геологический разрез по линии I-I

Описанный прием получения гипсометрических планов (структурных карт) применяется в нефтяной геологии. По американской терминологии график (рисунок 3.3, б) называется картой схождения, а отсюда и название – способ карт схождения.

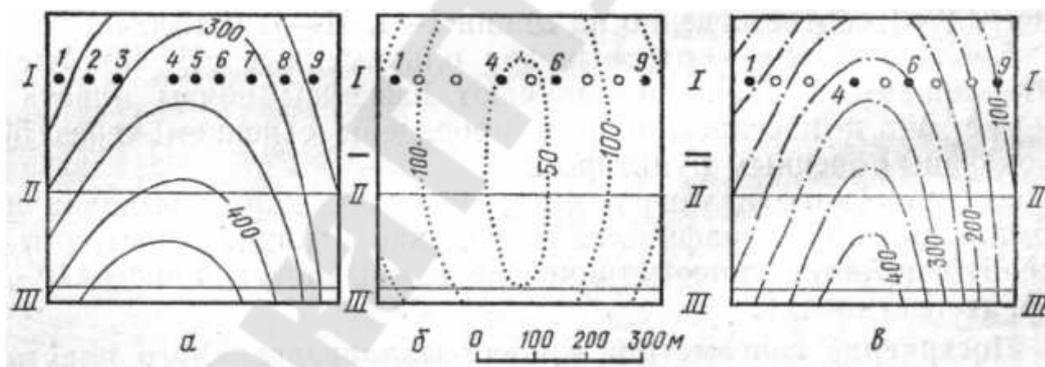


Рис. 3.3. Получение гипсометрического плана малоразведанного пласта при помощи вычитания поверхностей, а – гипсометрический план пласта  $K$ , б – изолиний мощности пород между пластами; в – гипсометрический план пласта  $M$

Для характеристики геологического строения и гидрогеологических условий разработки будущего месторождения при разведке нередко строят графики изогипс поверхности размыва древних коренных пород (карты древнего размыва), поверхности коренных пород россыпных месторождений (изогипсы постели россыпи), изогипсы поверхности водоупорного горизонта подземных вод,

изогипсы поверхности уровня подземных вод (карты гидроизогипс) и графики изогипс поверхностей – тектонических нарушений, которые составляют на основе разведочных данных и наблюдений, используя при этом общие принципы методики геометризации недр.

*Построение структурных карт по кровле и подошве продуктивного пласта и составление карты эффективных нефтегазонасыщенных толщин залежи*

*Структурная карта* представляет изображение подземного рельефа какой-либо реперной поверхности, например, кровли или подошвы пласта, в проекции на плоскость, как правило, горизонтальную. Структурная карта является одним из основных геологических документов, так как дает наглядное представление о строении недр и позволяет решить многие геолого-промысловые задачи:

- детальное изучение структурных особенностей залегания продуктивных

- пластов, положения разрывных нарушений, углов падения пород, характера выклинивания пород-коллекторов;

- определение границ залежей нефти и газа;

- определение местоположения и проектной глубины разведочных и эксплуатационных скважин;

- подсчет запасов нефти и газа и др.

На основе структурах карт составляют различные специальные карты, используемые при проектировании, контроле, анализе и регулировании разработки нефтяных и газовых месторождений. Структурные карты составляют для каждого продуктивного пласта на основе данных, полученных в результате применения комплекса различных методов изучения бурящихся и законченные бурением скважин. Подземный рельеф картируемой поверхности на таких картах изображается в виде системы линий, равноудаленных от принятой плоскости отсчета. В качестве базисной плоскости отсчета используют, как правило, уровень моря, а линии равных абсолютных отметок, отсчитываемых от уровня моря, называют изогипсами (рисунок 3.4). Пласты, залегающие ниже уровня моря, имеют отметки кровли и подошвы со знаком минус, а залегающие выше уровня моря со знаком плюс. Интервал по высоте между изогипсами называется сечением изогипс. Сечение изогипс выбирается в зависимости от масштаба карты и угла наклона картируемой поверхности. Изогипсы должны достаточно полно характеризовать рельеф изображаемой

поверхности и при этом не загромождать карту.

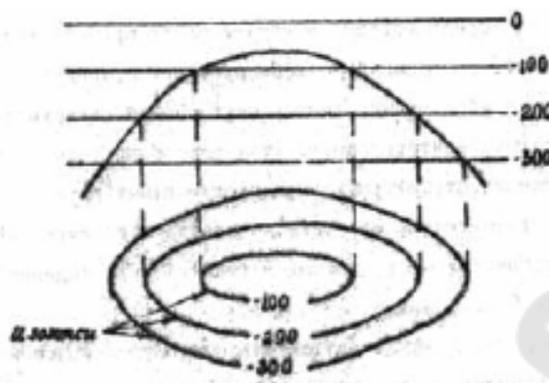


Рис. 3.4. Подземный рельеф картируемой поверхности

В общем случае, чем мельче масштаб карты, больше углы падения картируемой поверхности, тем больше сечение изогипс. Обычно при составлении структурных карт по кровле или подошве продуктивных пластов нефтяных и газовых месторождений используют следующие сечения изогипс; 5, 10, 20, 25, 50, 100, 200 метров. Масштаб структурной карты выбирается в зависимости от размеров структуры и требуемой точности построения. Наиболее часто используют масштабы 1 : 5000, 1 : 10000, 1 : 25000, 1 : 50000 и 1 : 500000, 1 : 200000.

Существуют различные способы графического построения структурных карт, среди которых наиболее часто применяется способ треугольников, основанный на использовании процедуры нахождения промежуточных абсолютных отметок картируемой поверхности между двумя скважинами – интерполяции. Этот способ наиболее эффективен при составлении структурах карт продуктивных пластов на месторождениях сравнительно простого геологического строения, не осложнённых тектоническими разрывами и имеющих углы падения пород, не превышающих 60°. Исходными данными для составления структурной карты способом треугольников по результатам бурения и изучения скважин являются:

1. План расположения скважин (координаты устьев скважин);
2. Глубина вскрытия картируемой поверхности в скважинах;
3. Альтитуда устьев скважин;
4. Удлинение стволов скважин за счет их искривления;
5. Результирующие азимуты и величина горизонтального смещения стволов скважин от устья до точки вскрытия картируемой

поверхности.

Под картой толщины понимают графическое изображение на горизонтальной

плоскости толщины пласта (горизонта) посредством изопахит.

*Изопахита* – это линия, соединяющая точки с одинаковым значением толщины пласта. Различают общую ( $h_0$ ), эффективную ( $h_e$ ) и нефте(газо)насыщенную ( $h_n$ )

толщину (рисунок 3.5).

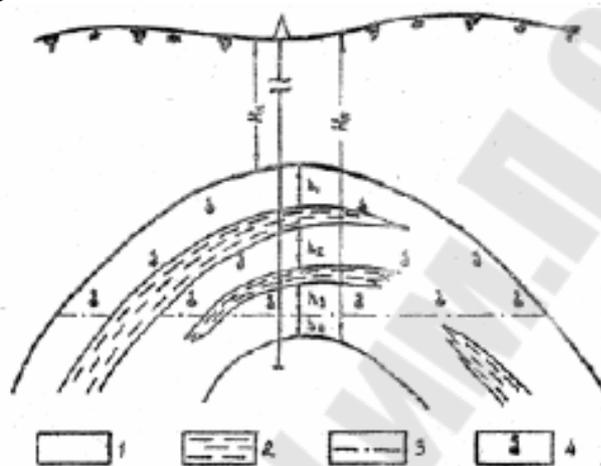


Рис. 3.5. Схема нефтяной залежи и виды толщины пласта:  
1 – пронумерованные прослои; 2 – непровонированные прослои;  
3 – линия водонефтяного контакта; 4 – нефтенасыщенность

*Общая толщина* – это разность между глубинами залегания подошвы ( $H_n$ ) и кровли ( $H_k$ ) пласта. *Эффективной толщиной* называют суммарную толщину пронумерованных прослоев, по которым возможно движение флюидов в пласте. *Нефте(газо)насыщенная толщина* – это суммарная толщина пронумерованных прослоев, заполненных нефтью (газом). Для ее определения необходимо знать положение водонефтяного (газоводяного) контакта. В зависимости от ориентации линии замера мощности в пространстве и относительно кровли (подошвы) пласта различают видимую ( $h_b$ ) и истинную ( $h_n$ ) толщины (рисунок 3.6). *Видимая толщина ( $h_b$ )* – это расстояние между кровлей и подошвой пласта, измеренное по линии, произвольно ориентированной в пространстве к простиранию пласта. Частным случаем видимой мощности является вертикальная толщина ( $h_b^*$ ), представляющая собой расстояние между кровлей и подошвой пласта, замеренное по вертикали.

*Истинная (нормальная) толщина ( $h_n$ )* есть кратчайшее (по

перпендикуляр) расстояние между кровлей и подошвой пласта. Для изучения характера изменения толщины пласта в пределах площади (залежи) составляют карты толщин, которые называют такие картами *изопакит*. При решении практических задач используют, как правило, карты истинных толщин.

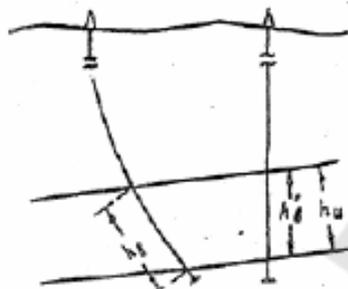


Рис. 3.6. Определение толщины пласта в скважине

#### *Практическая значимость гипсометрических планов*

Гипсометрические планы, построенные по данным горных работ, проведенным по полезному ископаемому, более точно отображают поверхность залежи, чем планы, построенные ранее по данным разведки, и используются при прогнозировании показателей залежи и решении текущих задач по разработке соседних участков.

*Гипсометрический план* – это чертеж поверхности напластования (маркирующего горизонта) в уменьшенном виде (в определенном масштабе), изображенной с помощью изогипс. *Изогипса* – линия равных высот точек кровли или почвы залежи. Гипсометрические планы составляют в крупных масштабах; аналогичные графики в изогипсах (стратоезогипсах), составляемые в мелких масштабах, называют *структурными картами*. *Гипсометрические планы* дают пространственное представление о форме залежи и условиях ее залегания в недрах. Такие планы используют для проектирования горных выработок, подсчета запасов полезного ископаемого в недрах и других целей. Гипсометрический план кровли (почвы) иногда называют *графиком рельефа пласта*. В ряде случаев строят график погребенного рельефа коренных пород, когда на размытой поверхности этих пород залегают рыхлые отложения. Во всех случаях для построения гипсометрического плана необходимо знать положение точек поверхностей пласта и их высотные отметки. Важным условием построения гипсометрического

плана является правильный выбор сечения изогипс. Профессор Г.И. Вилесов рекомендует выбирать величину сечения изогипс в зависимости от численного масштаба гипсометрического плана и преобладающего угла падения пласта. При построении гипсометрических планов более крупного масштаба (1:500 и 1:1000) сечение изогипс принимают меньшим, руководствуясь наглядностью изображений. Гипсометрические планы необходимы как для производства последующей детальной разведки, так и для разработки месторождения. Гипсометрические планы дают возможность читать элементы залегания пласта в любой его точке. Они необходимы при составлении проекта вскрытия месторождения и, особенно, при выборе направления капитальных, подготовительных и очистных выработок. Объем горной массы при перспективном и текущем планировании горных работ также определяют по гипсометрическим планам с учетом других показателей залежи.

*Задачи, решаемые по гипсометрическим планам*

Гипсометрические планы наилучшим образом характеризуют пространственное положение и элементы залегания залежи. Пользуясь гипсометрическим планом, можно решать *следующие задачи*:

1. Изогипсы дают четкую качественную характеристику изменения простирания поверхности залежи. Дирекционный угол  $\alpha$  простирания залежи в любой точке  $A$  на ее поверхности равен дирекционному углу направления касательной к изогипсе, проходящей через данную точку. Угол  $\alpha$  может быть измерен графически по плану.

2. С помощью изогипс графически можно определить угол падения поверхности залежи в любой ее точке.

3. На совмещенном гипсометрическом плане можно определить вертикальную и горизонтальную мощности залежи в любой ее точке. Вертикальная мощность залежи в заданной точке плана равна разности гипсометрических отметок данной точки на висячей и лежащей поверхностях залежи. Горизонтальная мощность залежи в данной точке поверхности висячего бока в заданном направлении равна расстоянию от этой точки по заданному направлению до точки его пересечения с одноименной изогипсой поверхности лежащего бока.

4. Совместив гипсометрический и топографический планы, можно определить глубину залегания любой точки залежи из

выражения

$$h = z_n - z_r, \quad (3.1)$$

где  $z_n$  – отметка этой точки на поверхности земли;  $z_r$  – гипсометрическая отметка той же точки на поверхности висячего бока залежи.

5. По гипсометрическому плану можно построить вертикальные разрезы залежи в любом направлении. Замкнутые изогипсы висячего и лежащего боков залежи представляют собой линии горизонтальных сечений залежи.

6. Гипсометрические планы используются для рационального проектирования детально-разведочных работ, а также при подсчете запасов месторождений полезных ископаемых.

7. Гипсометрические планы используются для определения рационального места закладки шахтных стволов и определения планового положения проектируемых штреков, проводимых по пласту.

8. Гипсометрические планы дают наглядное представление о характере и форме имеющихся на данном участке тектонических нарушений залежи. По ним определяются направление и длина выработки на смежную – смещенную часть залежи, а также составляются прогнозы распространения нарушения на соседние пласты и т. д.

#### *Понятие залежи и её геометризация*

*Залежью полезного ископаемого* называется тело, размещенное в массиве горных пород, с промышленным содержанием полезных компонентов. Тело залежи ограничено поверхностями раздела (контактами), которые могут быть *действительными или условными*.

*Действительными* поверхностями раздела залежи, или поверхностями контакта с вмещающими породами являются, например, поверхности стратиграфических напластований, поверхности магматических внедрений или поверхности разрывных нарушений.

*Условные* поверхности раздела устанавливаются для вкрапленных руд и россыпных месторождений, когда оруденение не имеет четких границ и содержание полезного компонента в руде по краям залежи постепенно уменьшается. Для таких залежей на основании данных опробований проводят условные поверхности раздела залежи по точкам с заданным бортовым содержанием полезного компонента в руде.

По своей форме залежи подразделяются на *простые и сложные*.

К *простым* относятся пласты, пластообразные, простые жильные и линзообразные залежи, у которых поверхности раздела для ограниченных участков близки к плоскостям.

К *сложным* залежам относятся неправильные жилы, штоки, штокверки, сложные линзы, карманы и т. д.

*Элементы залегания залежи*

Основное понятие горной геометрии – *идеальный пласт (слой)* – часть пространства, ограниченная двумя параллельными плоскостями. Из них верхняя называется *кровлей*, нижняя – *подошвой* (рисунок 3.7). Это понятие может быть применено к разным реальным геологическим объектам плоской формы: пластам осадочных пород, покровам вулканических пород, пластовым интрузиям и дайкам, контактовым зонам интрузий, жильным образованиям, разрывным нарушениям и др.

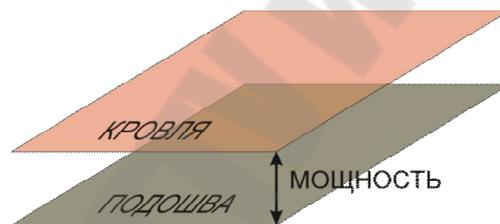


Рис. 3.7. Идеальный пласт

*Элементы залегания* – угловые величины, характеризующие положение пласта в пространстве – азимут простирания, азимут падения и угол падения. *Линия простирания (а-а)* – линия пересечения поверхности пласта горизонтальной плоскостью (рисунок 3.8), *линия падения (б-б)* (рисунок 3.8), перпендикулярна линии простирания и проходит по поверхности пласта сверху вниз. *Угол падения ( $\alpha$ )* (рисунок 3.8) – угол между линией падения и ее проекцией на горизонтальную плоскость. *Азимут простирания* (рисунок 3.9, а) – угол между направлением на север и линией простирания. *Азимут падения* (рисунок 3.9, б) – угол между направлением на север и проекцией линии падения на горизонтальную плоскость. Азимуты измеряются по часовой стрелке. При горизонтальном залегании нет ни угла падения, ни азимуты простирания и падения. Поэтому записывается просто:

«Залегание горизонтальное». При вертикальном залегании нет азимута падения. Поэтому записывается азимут простирания.

«При наклонном залегании» записываются азимут простирания, азимут и угол падения. На практике обычно ограничиваются записью азимута и угла падения, т. к. азимут простирания легко вычислить. Для измерения элементов залегания используют горный компас.

Определение элементов залегания по трем обнажениям, не лежащим на одной прямой. Вначале нужно определить высотные отметки обнажений (рисунок 3.10).



Рис. 3.8. Элементы залегания, определяемые в натуре

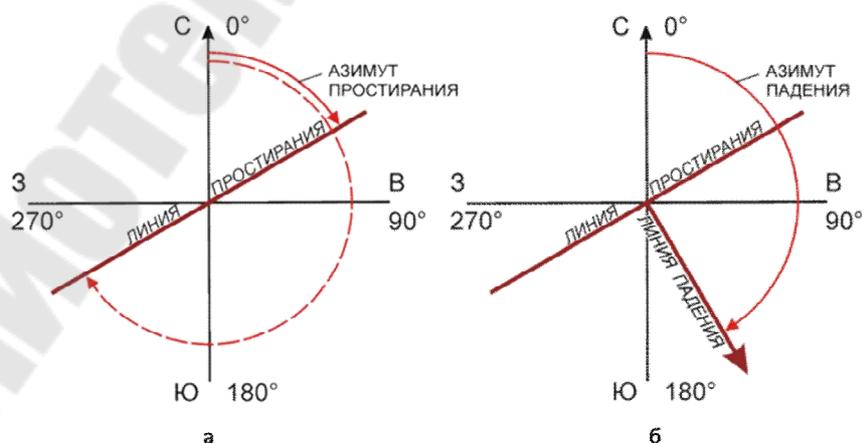


Рис. 3.9. Элементы залегания:  
а – азимут простирания, б – азимут падения

Самое высокое (3) и самое низкое (1) обнажения соединяются отрезком прямой. На этом отрезке находится точка с такой же отметкой, как и у оставшегося обнажения (2). Через эту точку и обнажения 2 проводится прямая, которая является линией простирания. Из обнажения 3 на нее опускается перпендикуляр, который является проекцией линии падения на горизонтальную плоскость. От точки пересечения этого перпендикуляра с линией простирания откладывается отрезок  $h$ , равный превышению обнажения 3 над обнажением 2, выраженному в масштабе карты. Конец этого отрезка соединяется с обнажением 3. Получаем угол падения ( $\alpha$ ).

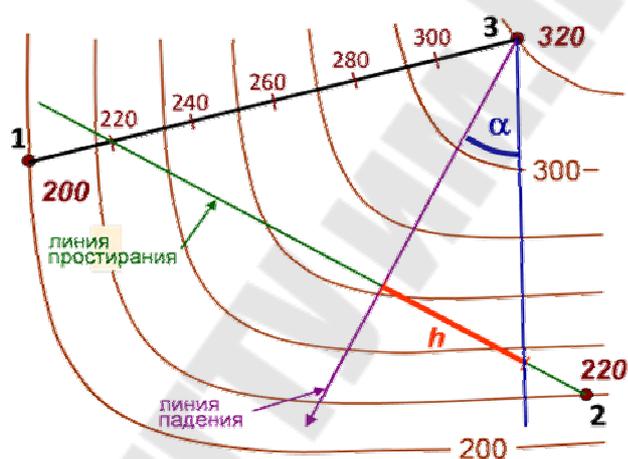


Рис. 3.10. Определение элементов залегания по трем обнажениям, не лежащим на одной прямой

*Определение элементов залегания по двум косым сечениям.* Вначале строят схематическую блок-диаграмму (рисунок 3.11, а), на которой:  $\beta_1, \beta_2$  – азимуты косых сечений;  $\alpha_1, \alpha_2$  – углы видимых падений в косых сечениях;  $\beta$  – азимут падения;  $\alpha$  – угол падения.  $BC$  – линия простирания;  $AD$  – линия падения,  $OD$  – ее проекция на горизонтальную плоскость. Далее изобразим эту блок-диаграмму в виде развёртки на горизонтальную плоскость. Само построение выполняется так (рисунок 3.12, б): из некоторой произвольно выбранной точки  $O$  проводятся два луча по направлениям косых сечений  $\beta_1$  и  $\beta_2$ . При точке  $O$  в вершине угла восстанавливаются перпендикуляры к обоим направлениям и на них откладываются отрезки  $OA_1$  и  $OA_2$  произвольной, но равной длины.

При конце перпендикуляра к первому направлению видимого падения (точке  $A_1$ ) строится угол, дополнительный к углу видимого падения по этому направлению, т. е.  $90^\circ - \alpha_1$ . При конце второго перпендикуляра (точке  $A_2$ ) строится угол, дополнительный к углу видимого падения по второму направлению, т. е.  $90^\circ - \alpha_2$ . Стороны этих углов продолжают до пересечения с направлениями видимых падений в точках  $B$  и  $C$ . Через эти точки проводится прямая – линия простирания. Из точки  $O$  на линию простирания опускается перпендикуляр  $OD$  – направление падения ( $\beta$ ). Из точки  $O$  восстанавливается перпендикуляр к направлению падения и на нем откладывается отрезок  $OA_3$ , равный отрезкам  $OA_1$  и  $OA_2$ . Точка  $A_3$  соединяется с точкой  $D$  отрезком прямой. Полученный угол  $A_3DO$  и является искомым углом падения ( $\alpha$ ).

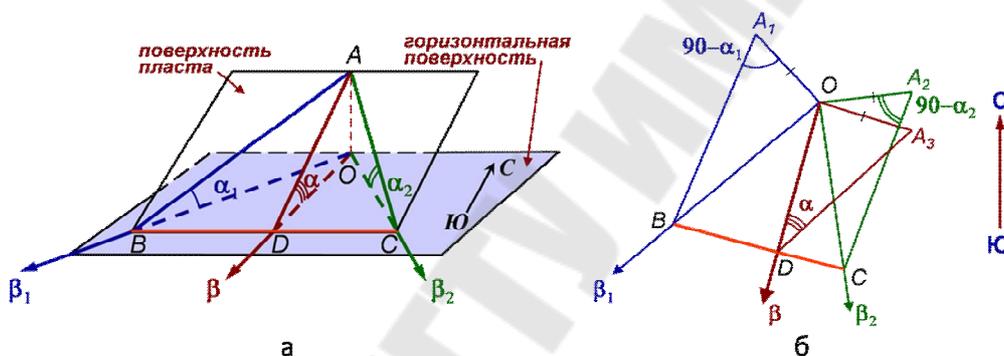


Рис. 3.11. Определение элементов залегания по двум косым сечениям:  
 а – изображение в виде блок-диаграммы;  
 б – развертка блок-диаграммы на горизонтальную плоскость

*Построение выхода на поверхность наклонного пласта.* Чтобы построить выход поверхности (подошвы или кровли) наклонного пласта на карте местности с расчлененным рельефом, нужно изобразить эту поверхность в стратоизогипсах с тем же сечением, что и у горизонталей рельефа (рисунок 3.12). Для этого нужно знать элементы залегания пласта и его отметку хотя бы в одной точке.

Заложение стратоизогипс определяется исходя из угла падения и масштаба карты, графическим способом или по формуле

$$d = h \cdot \operatorname{ctg} \alpha, \quad (3.2)$$

где  $d$  – заложение стратоизогипс, выраженное в масштабе карты,  $h$  – сечение горизонталей и стратоизогипс, выраженное в масштабе карты,  $\alpha$  – угол падения.

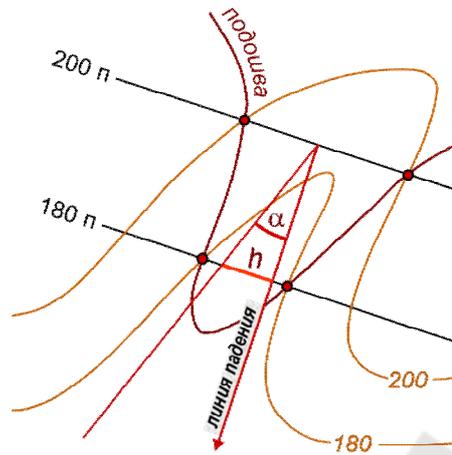


Рис. 3.12. Построение выхода на поверхность наклонного пласта

Затем нужно найти точки пересечения стратоизогипс и горизонталей с одинаковыми отметками и соединить эти точки плавной кривой. Эта кривая не должна пересекать ни горизонтали, ни стратоизогипсы в других местах, кроме найденных точек (рисунок 3.13). В зависимости от соотношения между направлением и углом падения пласта и направлением и углом наклона рельефа местности выход наклонного пласта имеет различную форму в плане.

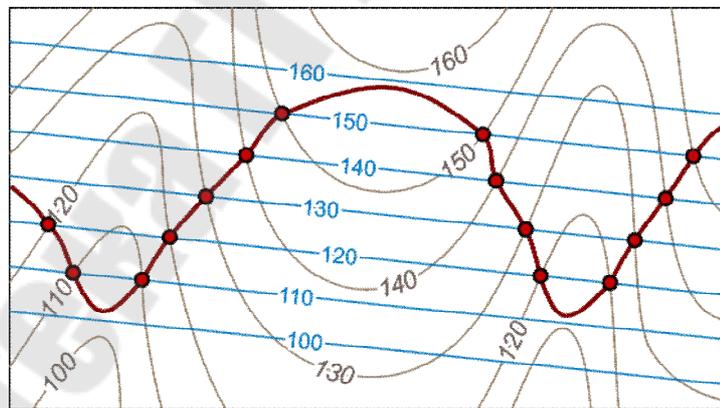


Рис. 3.13. Построение выхода наклонного пласта на карте местности с расчлененным рельефом с помощью стратоизогипс

Здесь возможны *три основных случая*:

1) если направление падения пласта совпадает с направлением склона рельефа, а угол падения больше, чем угол склона, то выход пласта образует изгиб в сторону, противоположную изгибу горизонталей рельефа (рисунок 3.14, а);

2) если направление падения пласта противоположно направлению склона рельефа, то выход пласта образует изгиб, направленный в ту же сторону, что и у горизонталей рельефа, но более плавный, чем изгиб горизонталей (рисунок 3.14, б);

3) Если направление падения пласта совпадает с направлением склона рельефа, а угол падения меньше, чем угол склона, то выход пласта образует изгиб, направленный в ту же сторону, что и у горизонталей рельефа, но более резкий, чем изгиб горизонталей (рисунок 3.14, в).

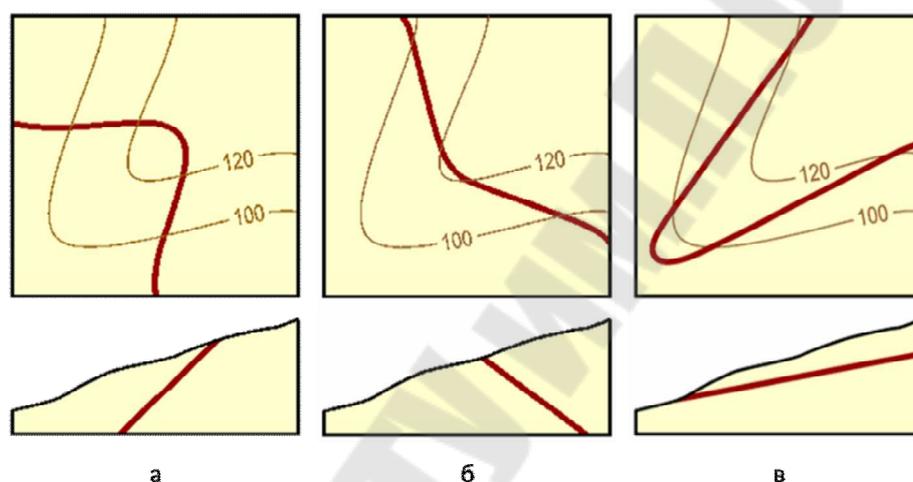


Рис. 3.14. Три основных случая выхода наклонного пласта в расчлененном рельефе

### ***Точность определения параметров залежей нефти и газа***

Сущность объемного метода при подсчете запасов, который считается основным, заключается в определении массы нефти или объема свободного газа, приведенных к стандартным условиям, в насыщенных ими объемах пустотного пространства пород-коллекторов залежей нефти и газа или их частей.

Величину этих объемов получают путем умножения горизонтальной проекции площади залежей нефти на среднее значение вертикальной эффективной нефтенасыщенной толщины пласта, на среднее значение коэффициента открытой пористости и на среднее значение коэффициента нефтенасыщенности. Площадь нефтеносности для каждой залежи определяется исходя из принятых отметок ВНК на подсчетных планах, совмещенных со структурными картами по кровле коллекторов соответствующих пластов. Структурные карты по кровле коллекторов составлены в масштабе

1:25000, исходя из отметок кровли верхнего и подошвы нижнего проницаемых прослоев продуктивных пластов. При структурных построениях учитываются все скважины, числящиеся на балансе месторождения, а также могут привлекаться скважины, расположенные за пределами границ лицензионного участка и числящиеся на соседних месторождениях. Границы залежи в приконтурных скважинах проводятся с учетом характера насыщения конкретно по каждой скважине. Достоверность определения площадей нефтеносности для залежей определяется, прежде всего, достоверностью структурных карт по кровле (подошве) коллекторов, а для залежей с литологическим экраном – от достоверности этого экрана. Внешние и внутренние контуры нефтеносности проводятся на структурных картах соответственно по кровле и подошве коллекторов, исходя из принятых при подсчете запасов положений ВНК по ближайшим скважинам. Замеры площадей проводятся раздельно по зонам (нефтяная, водонефтяная), по участкам с запасами разных категорий (С1, С2), с учетом карты водоохраных зон. Выделение эффективных и нефтенасыщенных толщин продуктивных пластов проводится с использованием всего комплекса геолого-геофизической информации, проведенного для каждой скважины на отдельном планшете с увязкой по глубинам в масштабе 1:200. Там же, кроме диаграмм ГИС, приводятся результаты испытания скважин, вынесенный керн, согласно описанию, и средние значения открытой пористости по данным лабораторного исследования керна. После нанесения керна и первичному описанию проводится увязка его с каротажными диаграммами с целью определения его истинного положения в разрезе. В качестве количественных критериев разделения пород на коллекторы и неколлекторы используются критические (граничные) величины фильтрационно-емкостных свойств. При увязке керна с каротажом учитываются и другие лабораторные определения, выполненные на образцах керна: остаточная водонасыщенность, карбонатность и гранулометрический состав. Все определения физических свойств, сделанные на образце керна, характеризующие проницаемые разности и вошедшие в выделенные интервалы коллекторов, используются при оценке средних значений параметров продуктивных пластов. Отбивка границ проницаемых прослоев производится на геолого-геофизических разрезах с точностью  $\pm 0,2$  м. В соответствии с этим выделяются все проницаемые прослои толщиной 0,4 м и более. Отнесение

выделенных эффективных толщин к нефтенасыщенным проводится с учетом всех имеющихся данных, прежде всего количественной интерпретации ГИС и опробования. В случаях, когда установление характера насыщения по этим данным было невозможно из-за малой толщины, нефтенасыщенными считались проницаемые прослойки, залегающие выше ВНК, принятого по данному объекту. По результатам определения суммарной толщины в скважинах по каждому подсчетному объекту строятся карты эффективных нефтенасыщенных толщин с сечением изопахит чаще всего через 1 м, 2 м или 4 м.

#### *Виды мощностей залежи и их взаимосвязь*

Расстояние между подошвой и кровлей называется *мощностью* пласта.

##### *Виды мощностей:*

– кратчайшее расстояние от подошвы до кровли пласта – по перпендикуляру – называется *истинной мощностью* ( $M_n$ ),

– расстояние в горизонтальной плоскости – *горизонтальной мощностью* ( $M_r$ ),

– расстояние по вертикальной линии – *вертикальной мощностью* ( $M_v$ ).

– расстояние вдоль земной поверхности – *видимая мощность* ( $M_{\text{вид}}$ ) – зависит от соотношения между падением пласта и уклоном земной поверхности. Расстояние между подошвой и кровлей на карте – *проекция видимой мощности на горизонтальную плоскость* – может принимать любые значения. *Неполная мощность* наблюдается в том случае, когда отсутствует одна из поверхностей пласта (или обе):

– *сохранившаяся мощность* ( $M_{\text{сохр}}$ ) – расстояние от земной поверхности до подошвы пласта, кровля которого разрушена;

– *вскрытая мощность* ( $M_{\text{вскр}}$ ) – расстояние от земной поверхности до кровли пласта, подошва которого находится на глубине (рисунок 3.15).

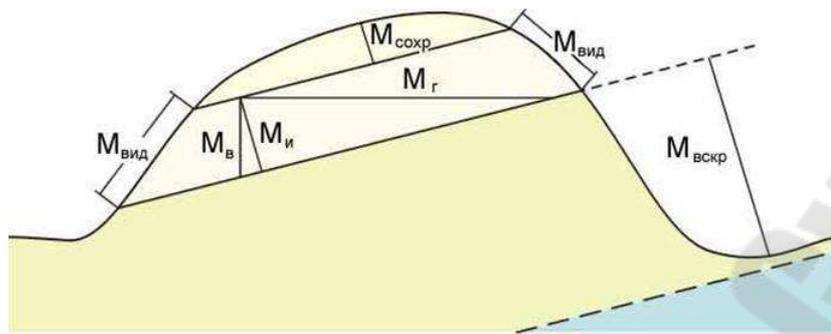


Рис. 3.15. Виды мощностей залежи

Для определения мощности используются две линии выхода (подошва и кровля) и одна горизонталь рельефа, которая пересекает линии выхода в двух точках каждую (рисунок 3.16).

Отложив определенный ранее угол падения пласта ( $\alpha$ ), строим так называемый треугольник мощностей, второй катет в котором – вертикальная мощность ( $M_B$ ), а высота, опущенная на гипотенузу – истинная мощность ( $M_{и}$ ).

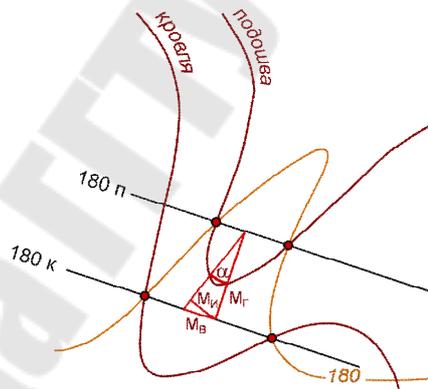


Рис. 3.16. Определение мощности с помощью стратозигогипс

### Практическая часть

1. Задание 1. Определение элементов залегания по трем точкам по данным бурения

Исходные данные к заданию 1 представлены на рисунке 3.17.

Точками могут быть три скважины, три шурфа, три обнажения горных пород, три пересечения геологической границы с горизонталями рельефа и др.

1. Рассмотрим выполнение работы на примере со следующими исходными данными:

Точка 1 –  $1 = 340^\circ$ ;  $L_1 = 400$  м; Абс. отм.= 400 м

Точка 2 –  $2 = 200^\circ$ ;  $L_2 = 300$  м; Абс. отм.= 300 м

Точка 3 –  $3 = 55^\circ$ ;  $L_3 = 550$  м, Абс. отм.= 350 м,

Для данной работы при выполнении ее на листе формата А4 удобен масштаб 1:10000 или 1:20000.

Номер варианта	Точка 1			Точка 2			Точка 3		
	$\beta$ , град	L, м	Абс. отм., м	$\beta$ , град	L, м	Абс. отм., м	$\beta$ , град	L, м	Абс. отм., м
1	20	100	-20	180	250	90	270	80	50
2	30	150	-5	170	300	50	280	70	100
3	40	200	-10	180	175	90	290	60	15
4	50	250	100	150	100	-30	300	50	5
5	60	100	80	140	175	-20	310	100	45
6	70	130	-5	130	100	50	320	150	100
7	80	120	-10	120	120	90	330	200	40
8	90	50	-5	110	225	70	340	140	45
9	100	100	100	20	150	-5	350	130	30
10	110	200	75	30	130	-25	0	20	55
11	120	250	-5	40	300	50	270	30	25
12	130	100	-25	50	120	5	280	130	50
13	140	150	50	60	50	25	290	250	-5
14	150	80	-10	20	100	40	300	300	100
15	160	70	100	30	100	-10	310	50	40

Рис. 3.17. Исходные данные для выполнения задания 1

2. Нанесение на чертеж положений устьев скважин (исходные данные для этой работы предусматривают работу в полярных координатах). Для нанесения устьев скважин необходимо:

– ориентировать чертеж по странам света, указав на нем стрелкой произвольно направление севера (по умолчанию – север помещают наверху чертежа);

– в центральной части чертежа произвольно отметить положение опорной точки 0;

– с помощью транспортира из точки 0 от северного направления по часовой стрелке отложить угол 1, соответствующий заданному азимуту к скважине, а вдоль полученного направления в выбранном масштабе расстояние  $L_1$ , которое даст местоположение скв.1. Точно так же следует нанести положения скважин 2 и 3, соответственно их положению на местности. Рядом с точками

проставить абсолютные значения отметок кровли пласта в скважинах (рисунок 3.18). После этого лучи O1, O2 и O3 можно убрать.

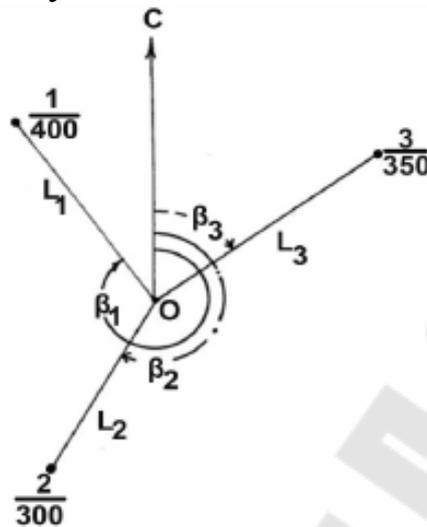


Рис. 3.18. Нанесение на чертеж положения скважин

3. Определение азимута простирания пласта. Точки, в которых пласт имеет максимальную и минимальную абсолютные отметки (1 и 2 – в нашем примере) соединить отрезком прямой (рисунок 3.19).

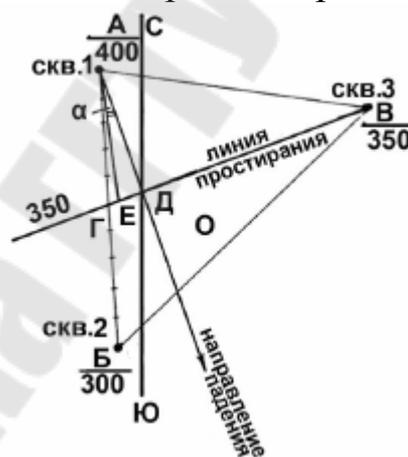


Рис. 3.19. Определение элементов залегания пласта по трем скважинам

Вдоль проведенного отрезка пласт меняет свою высоту от 300 до 400 м, где-то принимая и значение 350 м, – равное абсолютной отметке пласта в скважине 3 (B) – ее промежуточному значению. Проекция этой точки на горизонтальную плоскость – Г (рисунок 3.19).

Положение точки Г можно рассчитать из соотношения:

$$AG / (H_{\max} - H_{\text{пром.}}) = AB / (H_{\max} - H_{\min.}), \quad (3.3)$$

где  $N_{\max}$ ,  $N_{\text{пром}}$  и  $N_{\min}$  – значения абсолютных отметок пласта в скважинах (максимальное, промежуточное и минимальное соответственно). Расстояние  $AB$  можно измерить линейкой на чертеже. Вычисленное расстояние  $AG$  отложить на чертеже с помощью линейки. Точка  $G$  лежит в плоскости пласта и имеет такую же абсолютную отметку, как и точка  $B$ . Следовательно, линия  $GB$  горизонтальна и поэтому является простиранием данного пласта. Её азимут следует измерить с помощью транспортира.

4. Определение азимута падения пласта. Падение перпендикулярно простиранию и направлено в сторону скважины с минимальной абсолютной отметкой, поэтому для определения линии падения надо восстановить перпендикуляр от линии простирания к скважине с минимальной или максимальной отметкой ( $DA$ ). Вектор, направленный в сторону меньшей абсолютной отметки будет проекцией линии падения на горизонтальную плоскость (направлением падения), и его азимут также измеряется транспортиром. Измеренное значение азимута падения должно на  $90^\circ$  или  $270^\circ$  отличаться от значения азимута линии простирания.

5. Определение угла падения. Чтобы найти угол падения, нужно из точки  $D$  (рисунок 3.19) в масштабе чертежа отложить вправо или влево по линии  $VG$  отрезок, равный разнице между максимальным и промежуточным (высотной отметкой в точке  $A$  и отметкой в точке  $B$ ) значениями абсолютных отметок пласта и соединить полученный отрезок с точкой  $A$ . В нашем примере – это отрезок, равный  $(400 - 350 = 50 \text{ м})$ . Тогда угол  $EAD$  будет углом падения пласта и его можно измерить транспортиром.

*Задание 2. Определение элементов залегания по трем точкам по структурной карте*

При определении элементов залегания по структурной карте, полученные значения усредняются по площади не между тремя, а только между двумя точками – кратчайшему расстоянию между соседними стратоизогипсами. На структурной карте простиранием пласта в данной точке считается касательная к стратоизогипсе в данной точке.

Порядок выполнения работы рассмотрим на примере, приведенном на рисунке 3.20, на котором изображен фрагмент структурной карты антиклинальной складки. Необходимо определить элементы залегания этой границы в точке  $D$ . Мы предполагаем, что в окрестностях точки  $D$  пласт можно аппроксимировать наклонной плоскостью.

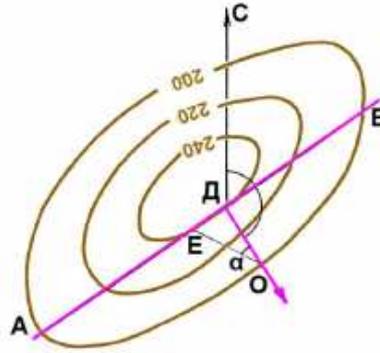


Рис. 3.20. Определение элементов залегания по структурной карте

Для определения элементов залегания необходимо:

- построить касательную АБ из точки Д. Это – линия простирания, и ее азимут можно измерить транспортиром.

- Восстановить перпендикуляр из точки Д к линии простирания в сторону меньших значений стратоизогипс (отрезок ДО) до пересечения до какой-либо из следующих стратоизогипс. Это направление линии падения и ее азимут (угол СДО) можно измерить транспортиром. На линии простирания из точки Д отложить в масштабе отрезок ДЕ, равный разности абсолютных отметок между точками Д и О (в нашем случае, это  $(240-200 = 40 \text{ м})$ , и соединить с точкой О. Угол ДОЕ – угол падения пласта. Его можно измерить транспортиром.

Исходные данные к заданию 2 для 15 вариантов представлены на рисунке 3.21.

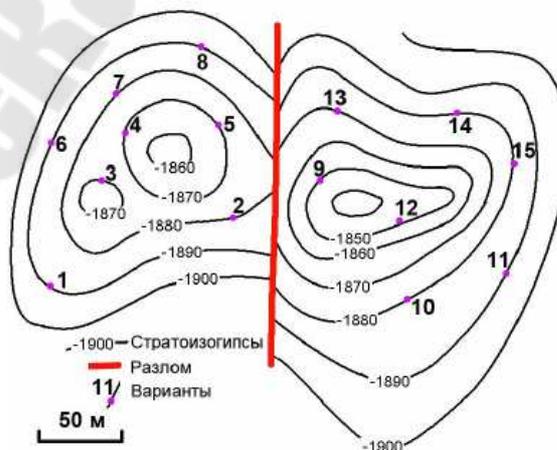


Рис. 3.21. Исходные данные к заданию 2 – определение элементов залегания по структурной карте

## Тема 4 Горно-инженерная графика

### Метод проекций

Изображение пространственных форм и фигур трехмерного пространства на плоском чертеже получается методом проекций, для этого каждую фигуру необходимо рассматривать как множество составляющих её точек, которые могут быть спроецированы на плоскость. Проекция точек в этом случае формируют плоское изображение объекта. Проекцией точки  $A$  на плоскость проекций  $\Pi_1$  называется точка  $A'$  – точка пересечения прямой  $a$ , проходящей через точку  $A$  из центра проекции  $S$  с плоскостью  $\Pi_1$  (рисунок 4.1)

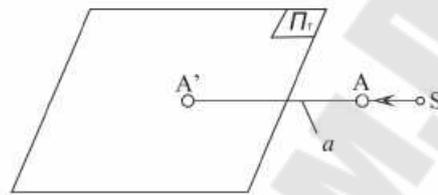


Рис. 4.1. Проекция точки на плоскость

Основными методами проецирования являются метод центрального и параллельного проецирования.

### Метод центрального проецирования

Метод центрального проецирования иначе называют – *линейная перспектива*.

Пусть имеется фигура с характерными точками  $ABCD$ , плоскость проекции  $\Pi'$  и центр проекции  $S$  (точка не лежащая на плоскости проекции) (рисунок 4.2). Для проецирования данной фигуры на плоскость  $\Pi'$  из центра проекции

через характерные точки  $ABCD$  проводим проецирующие лучи  $abcd$  соответственно, до пересечения с плоскостью проекции.  $A' B' C' D'$  – совокупность данных точек представляет собой проекцию фигуры на плоскость  $\Pi'$ .

*Методом центрального проецирования* называется метод, в котором все проецирующие лучи исходят из одной проецирующей точки  $S$ , находящейся на конечном расстоянии и не лежащей на плоскости проекции. Данным методом пользуются при построении перспективы, что дает возможность изображать предметы такими, как они представляются в природе с определенной точки наблюдения, а также в стереографических проекциях, применяемых в кристал-

лографии. В этом случае центральные проекции называют линейной перспективой (рисунок 4.2).

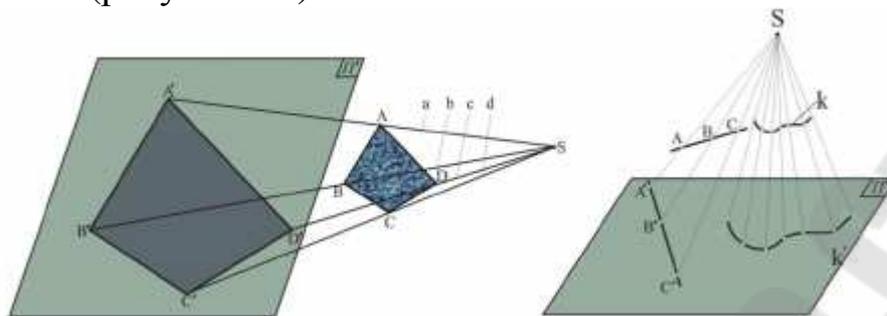


Рис. 4.2. Пример центральной проекции

Данный метод обладает большой наглядностью, но допускает искажение размеров и формы реального объекта. Проекции являются необратимыми, т.е. не имея дополнительной информации невозможно четко восстановить форму и размеры исходного предмета.

#### *Метод параллельного проецирования*

Центральное проецирование преобразуется в параллельное, в случае, если центр проекции удалить на бесконечно далекое расстояние от плоскости проекции  $\Pi'$ . Все проецирующие лучи проходят параллельно направлению проекции и соответственно параллельно друг другу и имеют одинаковый наклон к плоскости проекции. В этом случае направление проецирующих лучей  $s$  будет являться направлением проекции.

Задаем плоскость проекции  $\Pi'$  и направление проецирования  $s$ . Для того чтобы спроецировать фигуру  $ABCD$  проводим через её контролирующие точки прямые, параллельные направлению проецирования. Точки пересечения  $A' B' C' D'$  проецирующих прямых с плоскостью  $\Pi'$  и являются параллельной проекцией фигуры  $ABCD$  на плоскость  $\Pi'$  (рисунок 4.3). При проецировании фигур методом центрального проецирования проекция фигуры будет подобна самой фигуре, а при параллельном – проекция будет равна фигуре.

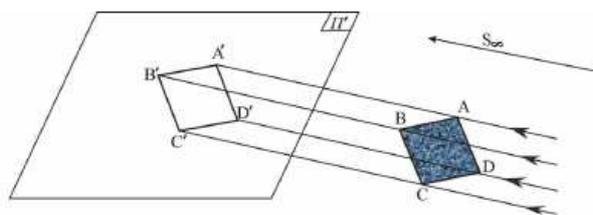


Рис. 4.3. Пример параллельного проецирования

В зависимости от направления проецирующих лучей, параллельная проекция называется *прямоугольной (ортогональной)*, если проецирующие лучи (направление проекции) перпендикулярны плоскости проекции  $\Pi'$ . Если же угол между направлением проекции и плоскостью проекции не равен  $90^\circ$ , то такая проекция называется *косоугольной* (рисунок 4.4). Косоугольное проецирование используют для построения наглядных изображений предметов (косоугольная аксонометрия).

Косоугольное проецирование используют для построения наглядных изображений предметов (косоугольная аксонометрия). С помощью ортогонального проецирования можно легко установить соотношение между натуральной длиной отрезка и его проекцией (рисунок 4.5).

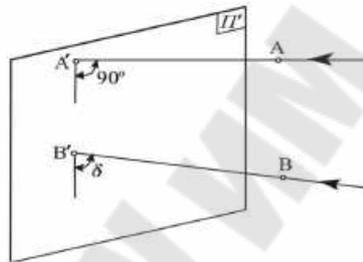


Рис. 4.4. Пример косоугольного проецирования

*Свойства прямоугольных проекций:*

1. Проекция точки есть точка;
2. Проекция прямой есть прямая, но если направление прямой совпадает с направлением проекции, такую прямую называют проецирующей, а ее проекция будет точка;
3. Проекции параллельных прямых параллельны между собой;
4. Проекции скрещивающихся прямых могут быть параллельны или пересекаться.

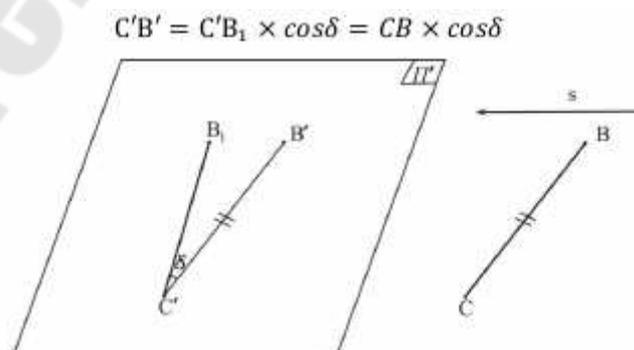


Рис. 4.5. Определение длины ортогональной проекции

5. Плоские фигуры, параллельные плоскости проекции, проецируются на нее без искажения. Метод прямоугольных проекций позволяет проецировать предметы на две и более взаимно перпендикулярные плоскости, проецирующими лучами, перпендикулярными к этим плоскостям. Возьмем две взаимно перпендикулярные плоскости:  $\Pi_1$  – горизонтальная,  $\Pi_2$  – фронтальная. Линия пересечения данных плоскостей  $x$  будет являться осью проекции. На произвольном расстоянии от обеих плоскостей зададим точку  $A$ . Для построения ее проекции необходимо опустить перпендикуляры из точки  $A$  на горизонтальную и вертикальную плоскости  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ . Точки пересечения с данными плоскостями и будут являться проекциями точки  $A$ :  $A_1$  – горизонтальная проекция,  $A_2$  – вертикальная.

Расстояние от точки пространства  $A$  до пересечения с фронтальной плоскостью будет называться глубиной точки –  $AA_2$ , а расстояние до горизонтальной плоскости – высотой точки –  $AA_1$  (рисунок 4.6)

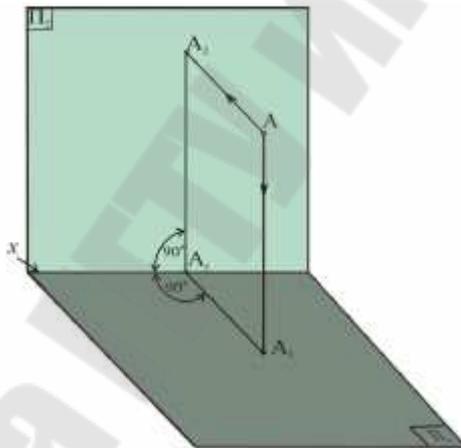


Рис. 4.6. Пример проецирования точки на перпендикулярные плоскости

К преимуществам ортогонального проецирования относится простота построения проекций точек и сохранение форм и размеров проецируемых фигур, что обеспечивает доступность применения данного метода проецирования во всех отраслях промышленности.

*Классификация кривых поверхностей.* Различают три основных способа задания поверхности: *аналитический* (поверхность задается уравнением); *каркасный* (поверхность задается совокупностью точек или линий); *кинематический* (поверхность образуется непрерывным перемещением в пространстве какой-либо линии поверхности). Совокупность геометрических элементов и условий, которые определяют поверхность в пространстве, называют *определителем*.

Следует отметить, что одна и та же поверхность может быть получена различными способами. В зависимости от формы образующей поверхности разделяются на *линейчатые* (образующая – прямая линия) и *нелинейчатые* (криволинейная образующая). *Линейчатые* поверхности называются развертывающимися, если их можно совместить с плоскостью без разрывов и складок. *Неразвертывающиеся* поверхности не могут быть совмещены с плоскостью без наличия разрывов и складок. *Поверхности с постоянной образующей* – поверхности, образующая которых не изменяет своей формы при образовании поверхности. *Поверхности с переменной образующей* – поверхности, образующая которых изменяется при образовании поверхности.

Поверхность вращения (рисунок 4.7) получается вращением прямолинейной или криволинейной образующей  $l$  вокруг неподвижной прямой  $i$  – оси поверхности. За ось вращения обычно принимается вертикальная прямая. Каждая точка образующей (например, точка  $A$ ) описывает при своем вращении окружность с центром на оси  $i$ . Эти окружности называются параллелями. Наибольшая из этих параллелей – экватор, наименьшая – горло.

Плоскости, проходящие через ось вращения, пересекают поверхность по меридианам. Меридиан, расположенный в плоскости, параллельной  $2$ , называется главным. Поверхность вращения называют закрытой, если криволинейная образующая пересекает ось поверхности в двух точках. Если образующая – прямая линия, то получается линейчатая поверхность вращения, если кривая – нелинейчатая. Замкнутую область пространства вместе с ее границей (поверхностью) называют геометрическим телом. *Поверхности топографического порядка*. Топографическими поверхностями принято называть поверхности неправильного вида, не имеющие определенного геометрического закона образования. К ним относятся как физически существующие поверхности (например, поверхности лежачего и висячего боков залежей, поверхности контактов слоев, горизонтов), так и условные (воображаемые) поверхности (поверхности, отображающие изменение качественных показателей залежей, изменение мощностей залежей и т. п.).

В отличие от поверхностей правильной формы поверхности топографического порядка из-за своей сложности математическому описанию не поддаются. Для их изображения в геолого-маркшейдерской практике используют изолинии, которые образно

можно представить как проекции кривых, полученных от сечения изучаемых поверхностей параллельными плоскостями.

Под сечением изолиний понимается кратчайшее расстояние между секущими параллельными плоскостями. Под заложением понимается расстояние между двумя проекциями изолиний.



Рис. 4.7. Поверхность вращения

Поверхности топографического порядка обладают рядом свойств, главными из которых являются плавность – изолинии представляют собой плавные кривые; непрерывность, т. е. бесконечно малому изменению координат  $x$ ,  $y$  должно соответствовать бесконечно малое приращение координаты  $z$ ; конечность – в точке с координатами  $x$ ,  $y$  имеется лишь одно значение изучаемой функции.

С поверхностями топографического порядка большинство математических действий можно производить графически.

*Вычитание поверхностей топографического порядка.* При вычитании топографических поверхностей возможны следующие случаи:

1. Изолинии исходных топографических поверхностей пересекаются (рисунок 4.8, а). В точках пересечения из отметок изолиний уменьшаемой поверхности (сплошные линии) вычитают значения отметок вычитаемой (пунктирные линии) топографической поверхности.

Таким образом, в пределах плана получают цифровой массив, отображающий в числах новую топографическую поверхность. По числовым значениям проводят изолинии искомого показателя.

Высота сечения исходных топографических поверхностей должна быть одинаковой. Это упрощает построение изолиний результирующей поверхности.

Рассмотрим некоторую четырехугольную фигуру, полученную при пересечении исходных изолиний, например,  $abcd$  (рисунок 4.8,  $a$ ); по одной из диагоналей получены две одинаковые отметки, соединив которые плавной кривой, получают направление изолиний результирующей поверхности. Используя аналогичные фигуры, можно построить изолинии результирующей топографической поверхности для всего плана.

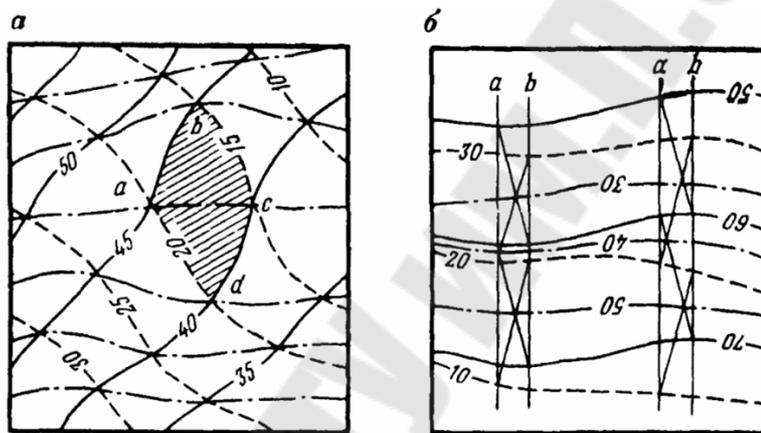


Рис. 4.8. Пример вычитания топографических поверхностей

2. Изолинии исходных топографических поверхностей в пределах плана не пересекаются (рисунок 4.8,  $b$ ). В данном случае проводят дополнительные построения, заключающиеся в том, что на плане проводят несколько параллельных линий (по возможности по нормальям к изолиниям). Между параллельными линиями строят профили поверхностей: для этого к одной из линий, например  $b$ , относят только «старшие» отметки, ко второй – «младшие». Для каждой пары соседних линий строят профили, через точки пересечения следов исходных топографических поверхностей проводят изолинии искомой топографической поверхности. Отметки изолиний определяются как разность отметок или только «старших» или только «младших» изолиний исходных поверхностей, между которыми проводилось построение пересекающихся профилей.

*Сложение поверхностей топографического порядка.* При сложении топографических поверхностей возможны два случая:

1) изолинии исходных топографических поверхностей пересекаются;

2) изолинии исходных топографических поверхностей в пределах плана не пересекаются.

Сложение топографических поверхностей в первом случае практически не отличается от вычитания, за исключением того, что в местах пересечения изолиний определяется не разность отметок, а сумма.

Во втором случае, т. е. при непересекающихся изолиниях, сложение заменяется вычитанием, однако вычитаемой топографической поверхности придают противоположный знак:

$$z_Q = z_P + z_L - z_P - (-z_L). \quad (4.1)$$

*Умножение и деление поверхностей топографического порядка.* Умножение может быть выполнено двумя методами. В первом – в точках пересечения изолиний определяют произведение исходных поверхностей, по полученному массиву цифр строят изолинии результирующей топографической поверхности. Для выбора величины сечения изолиний устанавливают минимальное и максимальное значения произведения перемножаемых поверхностей и среднее число изолиний исходных топографических поверхностей. Разность между максимальным и минимальным значениями делят на среднее число изолиний. Полученная величина, округленная до ближайшей удобной цифры, принимается за высоту сечения.

Во втором случае, когда изолинии перемножаемых поверхностей не пересекаются, на план наносится квадратная или прямоугольная сетка. В вершинах прямоугольных фигур определяют значения исходных поверхностей и их произведение. По полученному массиву цифр новой топографической поверхности приемами, описанными в первом способе, производят построение результирующей топографической поверхности.

Деление поверхностей топографического порядка в принципе не отличается от умножения, но применяется реже, например при построении графиков изосодержания отдельных компонентов.

## Тема 5 Использование аксонометрических проекций при геометризации недр и составления технических чертежей

### *Аксонометрические проекции*

Аксонометрические проекции относятся к частным случаям параллельного проектирования. Слово аксонометрия означает осеизмерение. Оно наиболее точно выражает сущность метода, который заключается в том, что изображаемый объект относится сначала к системе трех взаимно перпендикулярных координатных осей, а затем параллельным пучком лучей проектируется вместе с координатными осями на плоскость проекции.

В зависимости от угла между направлением проектирования и плоскостью проекции различают прямоугольные и косоугольные аксонометрические проекции. На рисунке 5.1 пространственная точка  $A$ , отнесенная к системе прямоугольных координатных осей  $XYZ$ , вместе с осями проектируется пучком параллельных лучей на плоскость аксонометрической проекции  $P$ . На этой плоскости получаем проекцию точки и аксонометрические координатные оси. Если на прямоугольных координатах отложить равные отрезки, то на аксонометрических осях они изобразятся с искажениями. Отношение аксонометрической, или искаженной, длины отрезка по осям к натуральной называется коэффициентом или показателем искажения по осям и обозначается:

$$p = x'/x; \quad q = y'/y; \quad r = z'/z. \quad (5.1)$$

Величина показателей искажения изменяется от единицы, когда ось параллельна плоскости проекции, до нуля, когда она перпендикулярна ей.

В прямоугольной аксонометрической проекции имеет место следующая зависимость:

$$p^2 + q^2 + r^2 = 2. \quad (5.2)$$

Меняя направление проектирования и положение плоскости аксонометрических проекций, можно получить самые разнообразные направления аксонометрических осей и величины коэффициентов искажения по осям.

Согласно теореме Польке-Шварца, три отрезка  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$  произвольной длины, лежащие в одной плоскости и выходящие из одной точки  $O'$  под произвольными углами друг к другу, представляют собой параллельную проекцию трех равных отрезков  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , отложенных на прямоугольных осях координат от начала  $O$ . Другими словами, для наглядного изображения объекта в аксонометрической проекции имеется широкий выбор направления осей и коэффициентов искажений. В аксонометрических проекциях все отрезки прямых в пространстве, параллельные какой-либо координатной оси, имеют одинаковые показатели искажения, между тем как по другим осям они могут быть различными.

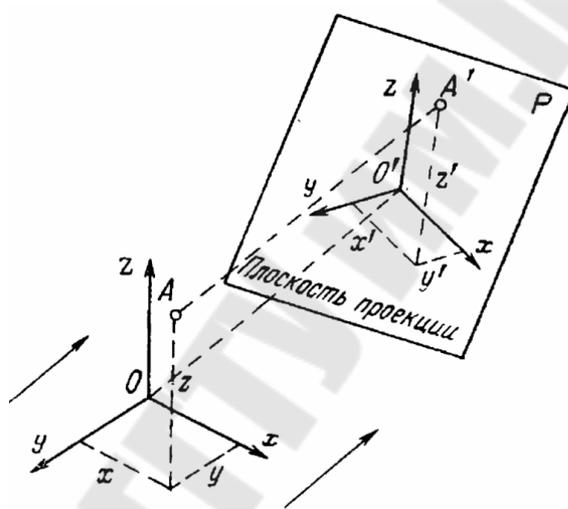


Рис. 5.1. Схема аксонометрического проектирования

Если коэффициенты искажения одинаковы по всем трем осям, то аксонометрическая проекция называется *изометрической*, если только по двум осям, – *диметрической*. При различных коэффициентах искажения по всем трем осям проекция называется *триметрической*.

В практике геолого-маркшейдерских работ чаще применяют именно эти виды аксонометрических проекций.

Определение истинных углов, длин и площадей. Длина отрезков, параллельных какой-либо аксонометрической оси, измеряется непосредственно в масштабе по этой оси. Длина отрезков, не параллельных осям, а также углы между отрезками в плоскостях аксонометрических осей вычисляют аналитически или проще – с помощью аксонометрического транспорта, получаемого для каж-

дой координатной плоскости путем трансформирования окружности с радиусами-векторами, равными единице длины в масштабе исходного плана. Истинные площади фигур в координатных плоскостях с масштабами по осям  $1:M_x$  и  $1:M_y$  и острым углом между ними  $\beta$  определяют по формуле:

$$S_{\text{ист}} = \frac{M_x M_y}{\sin \beta} S_{\text{акс}}, \quad (5.3)$$

где  $S_{\text{акс}}$  – площадь фигуры в аксонометрической проекции, измеряемая планиметром или иным способом.

### *Практическая часть*

*Задание 1.* Построить геологическую блок-диаграмму заданного участка. *Выполнение задания.* Начало координат 0 и положение осей X и Y выбираются с таким расчетом, чтобы высокие участки земной поверхности не перекрывали бы низкие (рисунок 5.2, а). По плану (рисунок 5.2) и профилю блока (рисунок 5.3) строится блок-диаграмма.

Плоскость сетки квадратов отнесем к горизонту с отметкой –100 с учетом наибольшей наглядности блока по глубине. Выполняем построения изометрической проекции блока земной поверхности в порядке, описанном выше. По плану (рисунок 5.2) и профилю блока (рисунок 5.3) строится геологическая блок-диаграмма (рисунок 5.4).

### *Графическое оформление работы.*

Работа выполняется по индивидуальному заданию на листе чертежной бумаги формата А-4 и оформляется согласно ГОСТам. Горизонтالي топографической поверхности на плане и в аксонометрии проводят и подписывают коричневым цветом. Горизонтали почвы и кровли пласта проводят и подписывают синим цветом. Линии выхода пласта на поверхность земли изображают черным цветом. Линию горизонтального среза выполняют зеленым цветом. Все остальные линии и надписи выполняются черным цветом. Компонировка листа произвольная.

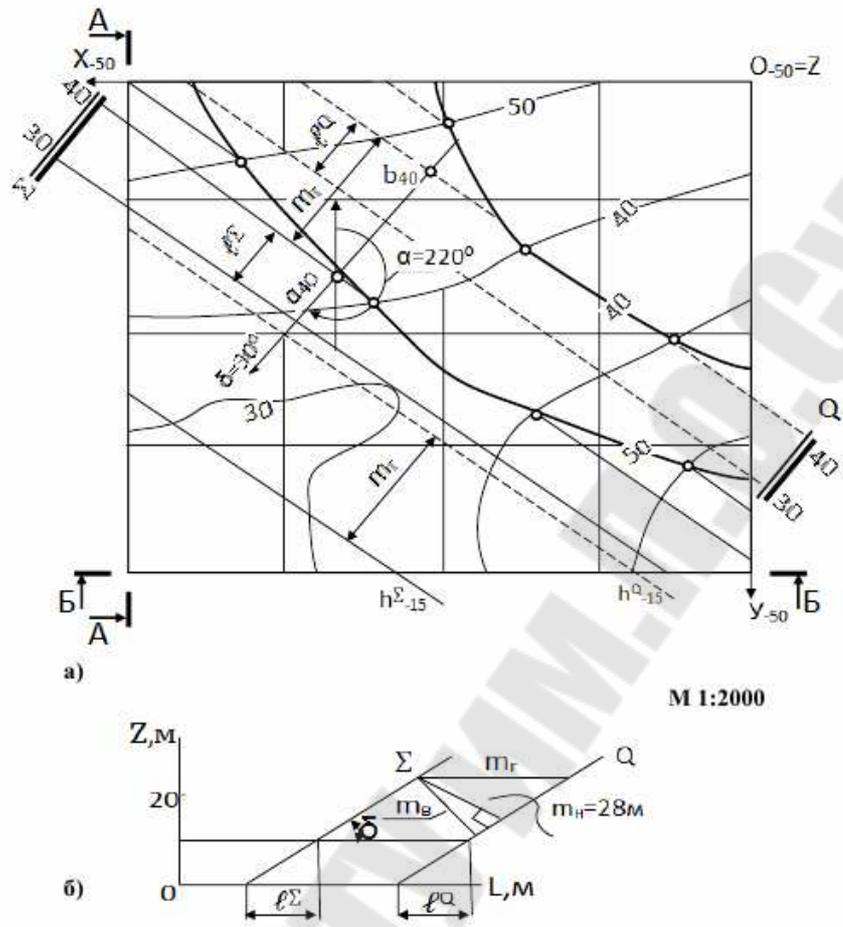


Рис. 5.2. Построение кровли и почвы пластообразной залежи

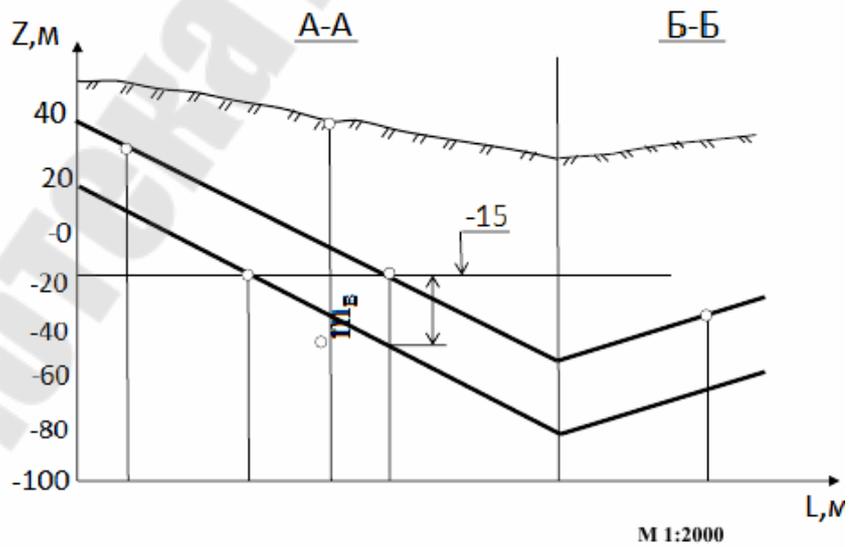


Рис. 5.3. Профиль западной и южной сторон блока

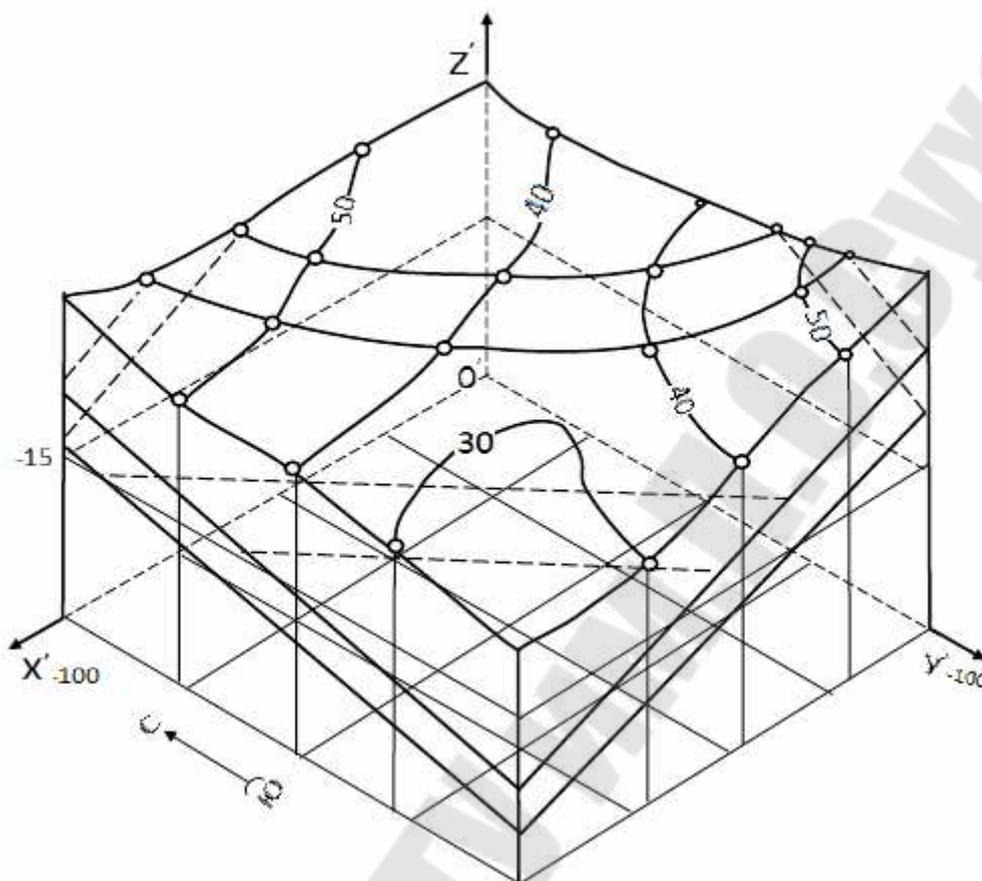


Рис. 5.4. Построение геологической блок-диаграммы

## Тема 6 Графическое представление и интерпретация пространственного положения оси скважины

Элементы, характеризующие пространственное положение оси скважины. Основную информацию о нефтеносности территории в процессе поисков и освоения нефтяных и газовых месторождений геологи получают в результате бурения скважин. Положение устья скважины, т. е. точка её заложения, всегда может определяться координатами  $x_0$ ,  $y_0$ ,  $z_0$  (рисунок 6.1), полученные путем топографической или маркшейдерской съемки. При известных значениях координат устья скважины положение оси (её координаты) прямолинейной скважины определяется начальными зенитным –  $\theta$  и азимутальным углами –  $\alpha$ .

*Зенитный угол* – угол между острым в апсидальной плоскости,

поэтому при проецировании траектории ствола на любую другую вертикальную плоскость зенитный угол отображается с отклонением от истинного значения. При искривлении скважины возможно увеличение (выполаживание) или уменьшение (выкручивание) зенитного угла. *Азимутальный угол  $\alpha$*  – угол, определяющий направление ствола наклонной скважины относительно стран света и замеряемый по часовой стрелке между направлением на север (на схемах обозначено *Nord*) и осью скважины (апсидальной плоскостью) в заданной точке. Возможно определение  $\alpha$  на проекции ствола скважины на горизонтальную плоскость между линиями, определяющими направление на север и проекцию ствола скважины на горизонтальную плоскость. При искривлении скважины азимутальный угол может уменьшаться (искривление влево) или увеличиваться (искривление вправо). В геологической документации скважины изображаются в виде проекции её оси на вертикальные (изображение на геологическом разрезе – *профиль скважины*) и горизонтальную (на геологической карте – *инклинограмма* или план скважины) плоскости (рисунок 6.1). При разведке месторождений скважины обычно забуриваются в направлении разведочных линий или по профилям, а поэтому азимут заложения скважин в основном совпадает с азимутами разведочных профилей. Координаты любой точки оси ствола прямолинейной скважины (в декартовой системе координат).

Положение траекторий скважин определяют по данным *инклинометрических замеров*, проводимых в стволе через интервалы определенной длины (обычно 5, 10, 20, 40 или 50 м). В каждой точке на определенной глубине измеряют зенитный –  $\theta$  и азимутальный углы –  $\alpha$ .

Практика буровых работ показала, что все скважины в процессе бурения искривляются в той или иной мере. Если искривление скважины происходит самопроизвольно, то такое искривление называется *естественным*, если осуществляется преднамеренно, – с целью решения какой-либо технической задачи, – то *искусственным*. Если в процессе искривления происходит изменение только зенитного или азимутального угла, то такое искривление называется *плоским*. Если скважина при изменении азимута сохраняет свой зенитный угол, то её трасса получает вид спирали, а при постоянной интенсивности азимутального искривления – *винтовой линии*.

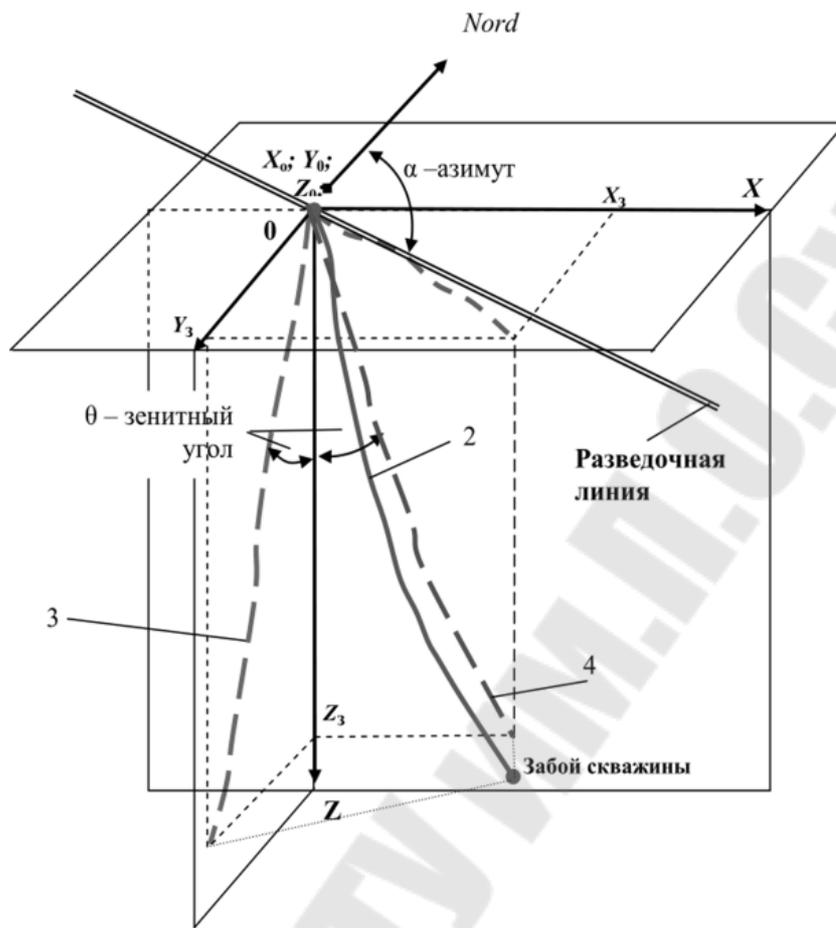


Рис. 6.1. Графическое изображение скважины в декартовой системе координат: где 1 – инклинограмма (план скважины); 2 – ось скважины (пространственная траектория); 3 – профиль скважины на плоскости YOZ; 4 – профиль скважины на плоскости XOZ

Изменение угла искривления (зенитного или азимутального) на определенном интервале называется *приращением искривления на интервале*.

Отношение приращения зенитного или азимутального искривления на интервале к длине этого интервала называется *интенсивностью искривления* по зенитному или азимутальному углам (рисунок 6.2).

*Определение интенсивности искривления скважин.* Интенсивность искривления (кривизна скважины) –  $i$  однонаправленное изменение пространственного угла искривления скважины на определенном интервале ствола. Интенсивность искривления идентична понятию кривизна, используемому в математике. В направленном бурении для определения

интенсивности искривления используется кривизна дуги окружности, например, радиуса  $R$  (рисунок 6.2).

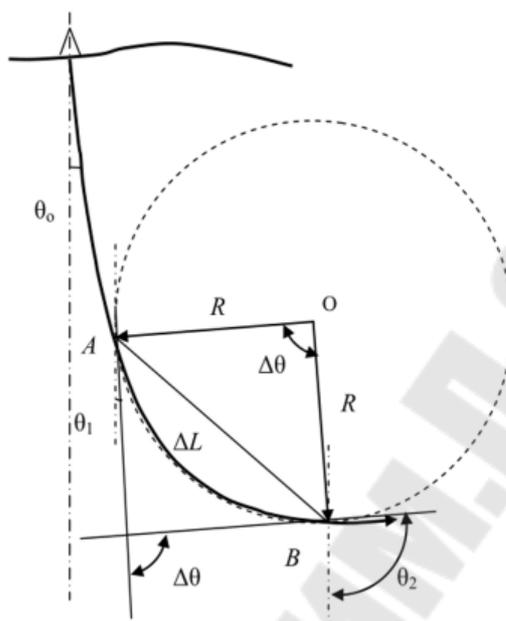


Рис. 6.2. Схема определения зенитного искривления и кривизны скважины

Кривизна дуги окружности и радиус кривизны дуги окружности – взаимнообразные величины: радиус кривизны скважины – величина обратная кривизне или интенсивности искривления скважины и определяемая как радиус дуги окружности, кривизна которой тождественна кривизне участка ствола скважины.

При расчете интенсивности искривления возможны следующие варианты:

- изменяется только зенитный угол;
- изменяется только азимутальный угол;
- изменяются одновременно и зенитный, и азимутальный углы.

Шаг инклинометрических замеров при бурении нефтяных и газовых скважин может составлять 20-30 м при искривлении скважин отклонителями, например, для исправления угла наклона или азимута и 200-300 м при стабилизации направления ствола скважины для оценки степени естественного искривления ствола.

Интенсивность искривления и радиус кривизны рассчитывают на одном интервале ствола скважины, имеющего искривление одного направления. По полученным значениям координат ствола скважины строят профиль (рисунок 6.3, а) и инклинограмму скважины (рисунок 6.3, б).

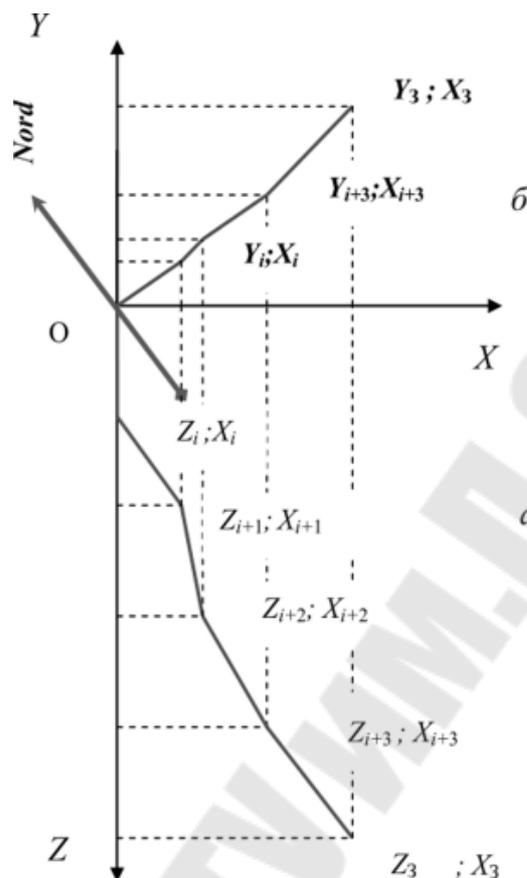


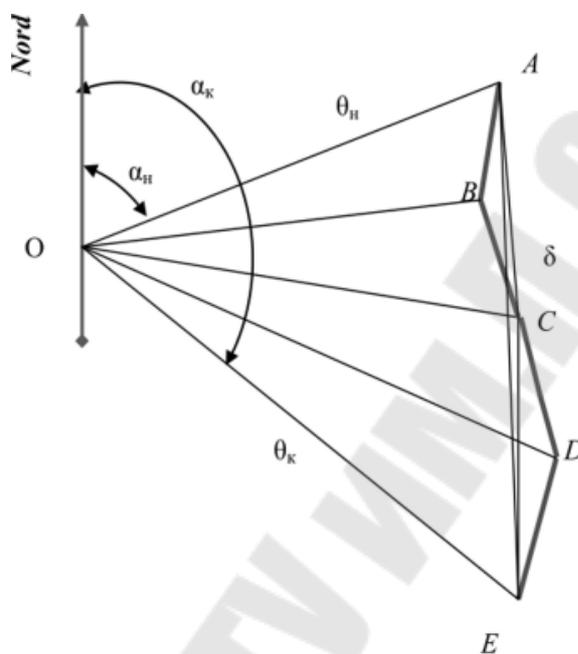
Рис. 6.3. Профиль и инклинограмма (план) скважины

По значениям зенитного и азимутального углов можно построить годограф скважины (рисунок 6.4), по которому определяют значение угла набора кривизны или на всем интервале искривления скважины или на отдельных его участках. Годограф скважины строится по данным инклинометрических замеров в масштабе для значений зенитного угла, например, 1 см = 1 град (отрезки  $OA$ ,  $OB$ ,  $OC$ ,  $OD$ ,  $OE$  на рисунке 34.4.). В то же время указанные отрезки направляют под углами к северному направлению, которые равны значениям азимутальных углов. Отрезки  $AE$ ,  $AC$  и  $CE$  с учетом масштаба позволяют определить значения полных углов искривления на соответствующих интервалах ствола скважины.

#### *Инклинометрическая съёмка скважин*

*Инклинометрия* – определение пространственного положения ствола буровой скважины путём непрерывного измерения инклинометрами. По данным замеров угла и азимута скважины, а также глубины ствола в точке замера строится *план (инклинограмма)*

– проекция оси скважины на горизонтальную плоскость *и профиль* – вертикальная проекция на плоскости магнитного меридиана, геологического разреза по месторождению, проходящего через исследуемую скважину.



*Рис. 6.4.* Векторная диаграмма (годограф) искривления скважины:  
 $OA, OB, OC, OD, OE$  – значения зенитных углов скважины  
представленные в линейном масштабе, например,  $1 \text{ см} = 1$ ;  
 $AE$  – усредненный пространственный угол искривления скважины на  
интервале бурения от точки  $A$  до точки  $E$

Наличие фактических координат бурящихся скважин даёт основание судить о качестве проводки скважины и точно определять точки пересечения скважиной различных участков геологического разреза, т.е. установить правильность бурения в заданном направлении, что позволяет правильно оценивать запасы месторождений по данным буровой разведки и выбирать рациональную систему их разработки. *Суть метода:* бурится скважина. Затем зонд инклинометра опускается в скважину и в процессе опускания в заданных точках производятся измерения наклона обсадных труб (ствола скважины). Далее, на основе измеренных углов наклонов и азимутов с привязкой к глубине погружения, рассчитывается траектория движения зонда – то есть скважины. Этот метод предполагает что нижний конец трубы

неподвижен, поэтому для правильного подбора глубины скважин нужны данные предварительных изысканий. Инклинометры позволяют получить дискретно три параметра:

- глубину скважины в точке замера  $L$ ;
- угол отклонения оси скважины от вертикали (зенитный угол)  $\theta$ ;
- магнитный азимут плоскости искривления скважины в точке замера  $A_t$ .

*Инклинометрические приборы.* В состав стандартного набора для инклинометрических измерений входят:

- инклинометрический зонд (предназначение – ручное измерение отклонений от оси труб, которые смонтированы в скважину);
- специализированный измерительный кабель;
- портативное считывающее устройство.

Для проведения оперативных измерений применяются автономные инклинометрические приборы (магнитные и гироскопические). Магнитные применяют в необсаженных скважинах для точечных и непрерывных измерений. Гироскопические – как в необсаженных, так и в обсаженных скважинах. И те и другие инклинометры выпускаются в различных модификациях. Гироскопические инклинометры используют при исследовании обсаженных скважин. Данный инклинометр работает на основе свойств гироскопа, а именно – сохранении оси вращения неподвижной. Инклинометр имеет два гироскопа, один из которых предназначен для измерения азимуты, а второй – для измерения угла наклона. Электрические инклинометры применяются при обследовании необсаженных металлическими трубами скважин. Основой данного прибора является рамка, которая подвешена в корпусе и расположена горизонтально относительно отвеса. На рамке расположены стрелка буссоли и указатель угла наклона. Они поочередно подключены к источнику тока и отвечают за обеспечение передачи с реохордов необходимого напряжения.

Особым преимуществом оборудования современного образца является возможность их приспособления и интеграции в другие виды техники. К примеру, вполне возможно использовать гироскопический инклинометр в составе любой каротажной станции. Это позволяет эффективно проводить исследования любых типов

скважин: вертикальных, наклонных, с включениями из ферромагнетиков, обсаженных и так далее.

Инклинометрия включает в себя все современные разработки и оборудование из областей гироскопического приборостроения, электроники, обработки цифровых сигналов и так далее.

В настоящее время добывающими компаниями осуществляется множество проектов по разработке месторождений с трудноизвлекаемыми запасами, где геологические цели становятся все меньше, в то время как сетка разработки все более уплотненной, и расстояния между стволами скважин минимизируются. Также для наиболее эффективного извлечения углеводородов производится бурение горизонтальных скважин, отходы от устья которых достигают 10 км.

Данные проекты требуют высокой точности определения положения скважин в пространстве и, соответственно, совершенно нового подхода к выполнению инклинометрических измерений. Для геометрического расчета положения ствола скважины необходимо знать зенитный угол и азимут для определенной глубины по стволу. Как только прибор оказался в скважине, кроме неточности калибровки инклинометра на измерения начинает воздействовать множество внешних факторов, которые не имеют эффекта на поверхности. Эти факторы представляют собой неоднородность магнитного поля, нарушения соосности между прибором и скважиной, температуру, колебания КНБК во время снятия замера и т.д. Также появляются погрешности определения глубины по стволу для замера, вызванные растяжением инструмента под действием собственного веса и температуры. Все эти ошибки накапливаются от замера к замеру, поэтому помимо геометрического расчета необходимо осуществлять вероятностный расчет.

В современном программном обеспечении при проектировании скважин существует возможность рассчитывать вероятностное положение скважин. Результатом этого расчета является некий объем вокруг геометрической траектории, или Эллипс Неопределенности (ЕОУ), учитывающий все возможные положения ствола скважины с учетом погрешностей с достоверностью до 99%. На базе этих расчетов ведется оценка рисков пересечений и определяются вероятности попадания в заданные заказчиком геологические цели. Самым современным способом минимизации погрешностей при использовании стандартных телесистем с магнитными датчиками

является метод усовершенствованной геомагнитной привязки\*. Минимизация погрешностей достигается путем создания и использования усовершенствованных геомагнитных моделей, совмещенных с измерениями вариаций поля на поверхности. В результате проведения инклинометрических измерений и их обработки получают данные о положении каждой точки ствола скважины в пространстве. На рисунке 6.5 схематически изображено положение ствола скважины в пространстве. Плоскость, проходящую через вертикаль и ось скважины на данном её участке называют *плоскостью искривления*.

*Основные виды работ при контроле проводки ствола скважины.* Контроль проводки ствола скважины по проектному профилю включает следующие основные виды работ:

- задание направления стволу скважины;
- ориентирование отклонителя;
- проверку текущего положения от ствола скважины в пространстве (в процессе ее проводки);
- проверку отклонения от ствола скважины от проектной трассы.

Текущий контроль пространственного положения оси ствола бурящейся скважины осуществляется в соответствии с регламентом бурения скважины, при этом во внимание принимаются следующие основные факторы: форма траектории оси ствола скважины; геологическое строение района работ; метод бурения ствола скважины и конструкция бурового инструмента; проходка на долото; конструкция скважины.

Первое измерение при забурировании наклонного участка ствола нужно проводить после проходки интервала, на котором угол отклонения от вертикали увеличивается до  $4 - 5^\circ$  (рисунок 6.5). Если в результате первого измерения наклонного участка ствола нет необходимости изменять ориентирный угол, то последующие измерения проводятся через интервалы 100 – 150 м.

При изменении азимута геометрические параметры направления скважины нужно измерять через 25 – 50 м (после каждого рейса) до тех пор, пока ствол не будет выведен на нужное направление. При бурении прямолинейного участка наклонного ствола с применением стабилизирующих устройств интервалы между измерениями следует назначать в зависимости от геологического строения района.

Если геологические и горно - технические условия при проходке ствола стабильны и не сильно влияют на направление оси ствола, измерения можно проводить через 100 – 150 м проходки. Если же естественные условия искривления способствуют резкому изменению азимута, то интервалы между измерениями должны быть сокращены, а при очень неблагоприятных условиях следует ограничить величину рейса.

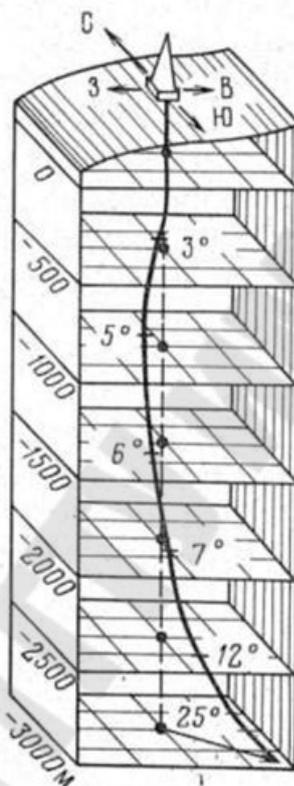


Рис. 6.5. Схема положения ствола скважины в пространстве

Окончательная инклинометрия в открытом участке ствола по всему интервалу производится в обязательном порядке перед спуском обсадной колонны. Фактическая траектория оси ствола скважины всегда будет отличаться от проектной. Допустимые отклонения устанавливаются с учетом требований разработки месторождений, бурения скважин и их эксплуатации. В проекте разработки месторождения предусматривается для каждой скважины определенная точка вскрытия продуктивного горизонта. При этом допускается некоторое отклонение от предусмотренной проектно-технологической документации точки вскрытия, учитывающее геологическое строение разбуриваемой площадки, физику пласта,

технологические факторы бурения, погрешности проводки скважины и определения ее пространственного положения. Для оптимальных условий бурения и эксплуатации скважин необходимо учитывать угол общего искривления оси ствола скважины (угол смежности), интенсивность искривления ствола (отношение общего искривления в градусах к длине интервала скважины, выраженной в десятках метров). Допустимые численные значения отклонений точек вскрытия пласта скважиной от их проектного местоположения по каждому продуктивному горизонту определяются в соответствии с таблицей 6.1. Для расстояний между местоположением точек вскрытия в таблице 6.1 допуски установлены исходя из предельных значений погрешностей измерений применяемых в настоящее время технических средств и методики инклинометрии. При определении расстояний между проектными и фактическими точками вскрытия пласта вводятся поправки за его наклон в зависимости от численного значения угла наклона пласта, масштаба геологических структурных карт, геологических разрезов и карт разработки. В качестве критерия оценки точности положения характерной точки оси ствола скважины принята средняя квадратическая погрешность. Оценивать положение характерной точки оси ствола скважины можно также на плоскости и в пространстве через эллипс и эллипсоид погрешностей соответственно. Для сравнения и фактического положения характерной точки оси ствола скважины и проектным ее положением необходимо иметь дежурный план проводки скважины в масштабе 1:500 – 1:2000, на котором изображена проектная и фактическая трасса оси ствола скважины. Вокруг проектного положения характерной точки радиусом  $R$ , равным значению допуска, в соответствующем масштабе строится окружность.

Точка фактического местоположения накрывается *эллипсом погрешностей*. При этом может быть один из пяти приведенных случаев:

- эллипс погрешностей находится в пределах границы допуска;
- характерная точка находится внутри границы допуска, эллипс погрешностей частично выходит за пределы допуска;
- характерная точка находится на линии, обозначающей границы допуска, а 50 % площади эллипса погрешностей выходит за пределы допуска;
- характерная точка находится за пределами допуска, но какая-то 104 часть площади эллипса погрешностей (менее 50 %) накрывает допуск;

– эллипс погрешностей находится за пределами границы допуска.

Таблица 6.1

Допустимые численные значения отклонений точек вскрытия

Максимальный угол наклона пласта, град	Масштаб карты разреза	Минимальное расстояние между точками вскрытия, м
10	1:10 000	135
15	1:25 000	135
15	1:50 000	300

Пространственное положение оси скважины, представленное в аксонометрической проекции (рисунок 6.6), позволяет не только увидеть объёмную картинку, но и оценить количественно характер искривления.

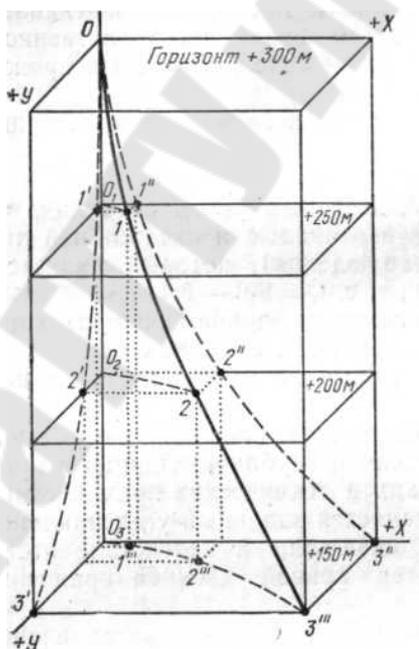


Рис. 6.6 Искривленная скважина в аксонометрической проекции

Оформление результатов измерений, вычисление окончательных координат и определение погрешностей измерений, а также выдача материалов заказчику должны производиться в соответствии с нормативными требованиями.

При кустовом бурении запрещается начинать строительство очередной скважины, если на предыдущую скважину отсутствуют

данные по пространственному положению ее ствола. Проектный профиль скважины выбирается с учетом условий ее дальнейшей эксплуатации и должен быть технически выполнен при использовании существующих технических средств, обеспечивая при этом проходимость геофизических приборов, обсадных и бурильных колонн.

## Тема 7 Элементы инженерной графики в горной документации

*Изделия.* *Изделием* называют единицу промышленной продукции, количество которой может исчисляться в штуках или экземплярах. Различают изделия специфицированные, то есть состоящие из двух и более изделий (сборочные единицы, комплексы, комплекты), и неспецифицированные (детали).

*Виды изделий:*

*Деталь* – изделие, изготовленное из однородного материала без применения сборочных операций. Различают детали взаимосвязанные (являющиеся составной частью другого изделия, например, вал, гайка) и самостоятельные (лом, ложка).

*Сборочная единица* – изделие, составные части которого подлежат соединению на предприятии-изготовителе (автомобиль, холодильник).

*Комплекс* – два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных функций (поточная линия станков).

*Комплект* – два и более специфицированных изделия, не соединенные на предприятии-изготовителе и представляющие собой набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера (комплект инструмента).

*Виды конструкторской документации:*

Конструкторские документы подразделяются на графические (чертежи, схемы, графики) и текстовые (спецификации, технические условия, сметы, ведомости).

*В зависимости от содержания различают:*

– чертеж детали – рабочий чертеж или эскиз, содержащий изображение детали и данные, необходимые для ее изготовления и

контроля, данные о материале, шероховатости поверхностей и технические требования;

– чертеж сборочный – чертеж, содержащий изображение сборочной единицы и данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

– чертеж общего вида – чертеж, поясняющий конструкцию и принцип работы изделия. Чертеж общего вида выполняется на стадии эскизного проектирования;

– теоретический чертеж – чертеж, содержащий геометрическую форму (обводы) изделия и координаты расположения его составных частей;

– габаритный чертеж – чертеж, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия и габаритные, установочные и присоединительные размеры;

– схема – чертеж, содержащий условные обозначения составных частей изделия и связи между ними. Различают гидравлические, кинематические, компоновочные и другие схемы;

– спецификация – текстовый документ в виде таблицы, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

*Рабочий чертеж детали должен содержать следующие данные:*

1. Изображения (виды, разрезы, сечения, выносные элементы), полностью определяющие форму детали с применением только таких условностей, которые установлены стандартами ЕСКД. Количество изображений должно быть минимальным.

Лишние изображения, неоправданное или неправильно выполненное нарушение проекционной связи между изображениями, неполное (а иногда и неправильное) применение условных изображений и обозначений во всех случаях усложняют процесс выполнения и чтения чертежа, ведут к ошибкам.

2. Поскольку действительные размеры детали могут отличаться от номинальных, на чертеже указываются допустимые пределы отклонений формы и размеров детали – допуски.

Перечисленные требования показывают, что весь процесс создания чертежа детали является сложным творческим процессом, требующим знания ряда технических и специальных дисциплин.

3. Данные, относящиеся к процессу изготовления детали, которые неудобно или невозможно показать на чертеже графически и при помощи условных обозначений, приводят в текстовой части

чертежа. Текст и надписи должны быть простыми и точными. В текстовой части не допускается помещать технологические указания, за исключением случаев, когда такие указания необходимы для обеспечения качества детали.

*Эскиз* – чертёж временного характера, выполненный от руки, т.е. без использования чертежных инструментов, без соблюдения масштаба, но с сохранением пропорций элементов детали, в соответствии со всеми правилами и условностями, установленными стандартами ЕСКД.

*Эскизы выполняют в следующих случаях:*

- при разработке новых изделий;
- при усовершенствовании уже имеющегося изделия;
- при ремонте изделий, если необходимо заменить износившуюся деталь.

Выполняя эскиз детали с натуры, не следует на изображениях воспроизводить неточности и дефекты, которые могут быть на детали (неровности в толщине стенок, смещение центров отверстий, асимметрия частей детали, искривления, лишние приливы, неровные края и т. п.).

*Сборочный чертёж.* *Сборочный чертёж* – документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля. Сборочный чертёж выполняется на стадии разработки рабочей документации на основании чертежа общего вида и должен давать представление о расположении и взаимной связи соединяемых составных частей изделия и обеспечивать возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы.

*Сборочный чертёж должен содержать:*

- изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи его составных частей, соединяемых по данному сборочному чертежу и обеспечивающих возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы;
- габаритные, установочные, присоединительные и необходимые справочные размеры:
  - габаритные размеры определяют предельные внешние очертания изделия (высоту, длину и ширину изделия или его наибольший диаметр);
  - установочные размеры характеризуют размеры элементов, служащих для установки изделия на месте монтажа;

- присоединительные размеры определяют размеры элементов, служащих для соединения с сопрягаемыми изделиями;
- справочные размеры – обозначения резьб, параметры зубчатых колес и т.д.
- предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу;
- указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается не заданными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т.д., а также указания о способе соединения неразъемных соединений (сварных; паяных и др.);
- номера позиций составных частей, входящих в изделие;
- основные характеристики изделия (массу, мощность, число оборотов и пр.).

Сборочный чертеж сопровождается спецификацией, которая является основным конструкторским документом сборочной единицы.

На сборочных чертежах допускается не показывать различные мелкие элементы (фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, накатки и т.п.), а также зазоры между стержнем и отверстием.

*Спецификация* – конструкторский документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта и необходимый для изготовления и комплектования конструкторских документов и для планирования запуска в производство указанных изделий. "Спецификация" устанавливает форму и порядок заполнения спецификации конструкторских документов на изделия всех отраслей промышленности.

Спецификация в общем случае состоит из разделов, которые располагают в следующей последовательности:

- документация;
- комплексы;
- сборочные единицы;
- детали;
- стандартные изделия;
- прочие изделия;
- материалы;
- комплекты.

Наличие тех или иных разделов определяется составом специфицируемого изделия.

*Последовательность выполнения сборочного чертежа:*

Сборочный чертеж может быть разработан при проектировании нового изделия как составная часть его технического проекта или путем вычерчивания изделия с натуры. В первом случае сборочный чертеж разрабатывают на основе ряда требований к данному изделию или его частям (определенная масса, заданные габаритные размеры, расчетные данные на различные виды усилий, испытываемых при работе и пр.) и к ним прикладываются соответствующие документы. Во втором случае сборочные чертежи выполняют в два этапа: сначала выполняют эскизы деталей, входящих в сборочную единицу, а затем по ним выполняют сборочный чертеж.

*Чтение и детализирование чертежа общего вида.* Чертеж общего вида – документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и поясняющий принцип работы изделия. Чертеж общего вида изделия относится к проектной документации и разрабатывается на первых стадиях проектирования (техническое предложение, эскизный и технический проекты). Он служит основанием для разработки рабочей конструкторской документации.

«Технический проект» чертеж общего вида должен содержать:

- изображения (виды, разрезы, сечения) изделия, выполненные с максимальными упрощениями, предусмотренными стандартами ЕСКД;
- текстовую часть и надписи, необходимые для понимания конструктивного устройства изделия, взаимодействия его основных составных частей и принципа работы;
- наименования, а также обозначения (если они имеются) тех составных частей изделия, для которых следует указать данные (технические характеристики, количество, указания о материале, принципе работы и др.) или запись которых необходима для пояснения изображений чертежа общего вида, описания принципа работы изделия;
- данные о составе изделия;
- размеры и другие наносимые на изображения данные, а также техническую характеристику изделия, если это необходимо;
- схему, если она требуется.

*Последовательность и основные приемы чтения чертежей.*  
Под чтением чертежа общего вида понимают процесс усвоения информации об изделии (изучение форм и размеров изделия и каждой его детали, взаимного расположения и способов соединения), представленной на чертеже.

*При чтении чертежа общего вида следует:*

1. Выяснить назначение и принцип работы изделия. Необходимые сведения о назначении и принципе работы изделия содержатся в основной надписи и описании изделия.

2. Определить состав изделия. Основным документом для определения состава изделия является спецификация, в которой составные части изделия классифицированы по разделам. Для определения на чертеже положения конкретной составной части изделия нужно по ее наименованию определить номер позиции в спецификации, а затем найти на чертеже соответствующую линию-выноску. Спецификация также позволяет определить количество изделий каждого наименования.

3. Определить назначение и конфигурацию составных частей изделия. Назначение и конфигурация изделия определяется функциональными особенностями изделия в целом и его составных частей. Конфигурация составных частей обусловлена их назначением и взаимодействием в процессе работы. При определении конфигурации составных частей следует обращать внимание на способ их соединения.

4. Выявить способы соединения составных частей изделия между собой. Способы соединения деталей обусловлены особенностями взаимодействия элементов изделия в процессе его эксплуатации. Способы соединения могут быть выявлены по чертежу общего вида и классифицированы как разъемные или неразъемные.

5. Определить последовательность сборки и разборки изделия. Одним из основных требований к конструкции изделия является возможность его сборки и разборки в процессе эксплуатации и ремонта. Рациональной может считаться лишь такая конструкция, которая позволяет осуществлять сборку (разборку) с использованием минимального числа операций.

*Детализация чертежа общего вида.* Детализацией называется выполнение рабочих чертежей детали по чертежу общего вида. Детализация – это не простое копирование изображения деталей, а сложная творческая работа, включающая индивидуальную

оценку сложности форм каждой детали и принятие наилучшего для нее графического решения: выбор главного изображения, количества и содержания изображений. Процесс детализации целесообразно разделить на три этапа: чтение чертежа общего вида, подробное выявление геометрических форм деталей и выполнение рабочих чертежей деталей.

*Определение и назначение ЕСКД.* Единая система конструкторской документации – комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой организациями и предприятиями на всех стадиях жизненного цикла изделия (при проектировании, изготовлении, эксплуатации, ремонте и др.). Основное назначение стандартов ЕСКД – установление в организациях и на предприятиях единых правил выполнения, оформления и обращения конструкторской документации, которые должны обеспечивать:

- 1) возможность обмена конструкторскими документами между организациями и предприятиями без их переоформления;
- 2) стабилизацию комплектности, исключающую дублирование и разработку не требуемых производству документов;
- 3) возможность расширения унификации при конструкторской разработке проектов промышленных изделий;
- 4) упрощение форм конструкторских документов графических изображений, снижающее трудоемкость проектно-конструкторских разработок промышленных изделий;
- 5) механизацию и автоматизацию обработки технических документов и содержащейся в них информации;
- 6) улучшение условий технической подготовки производства;
- 7) улучшение условий эксплуатации промышленных изделий;
- 8) оперативную подготовку документации для быстрой переналадки действующего производства.

*Общие сведения о резьбе.* Резьбой называется поверхность, образованная при винтовом перемещении некоторого плоского контура по цилиндрической или конической поверхности (рисунок 7.1). В основе образования резьбы лежит винтовое движение некоторого профиля, совершающего одновременно поступательное и вращательное движение относительно прямой, называемой осью винтового движения. Если движение совершает точка, то ее

пространственную траекторию называют винтовой линией или гелисой.

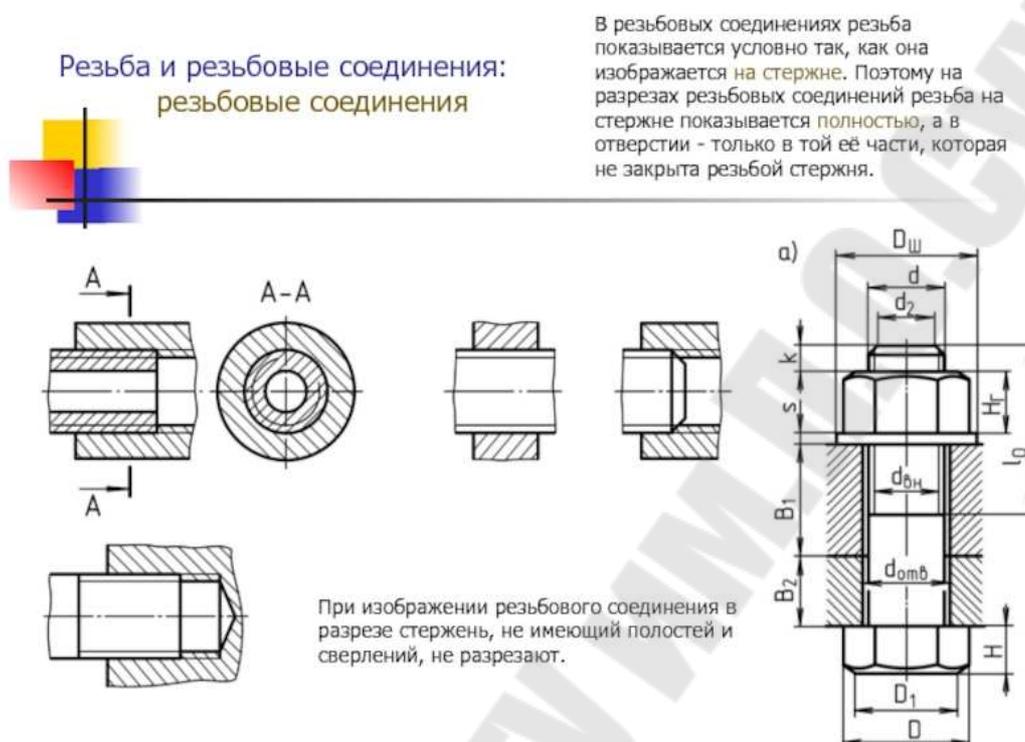


Рис. 7.1. Резьбовое соединение

*Классификация резьбы.* Резьбы классифицируются по следующим признакам:

- 1) по форме профиля различают резьбы треугольные, прямоугольные, трапецеидальные, круглые;
- 2) по форме поверхности, на которой нарезается резьба – цилиндрические и конические;
- 3) по расположению резьбы на поверхности стержня или отверстия – внешние и внутренние;
- 4) по эксплуатационному назначению – крепежные (метрические, дюймовые); крепежно-уплотнительные (трубная, коническая); ходовые (трапецеидальная, упорная, прямоугольная); специальные;
- 5) по направлению винтовой поверхности – правые и левые резьбы;
- 6) по числу заходов – однозаходные и многозаходные.

Номинальный размер резьбы – диаметр, условно характеризующий размеры резьбы и используемый при её обозначении.

Ход резьбы – величина относительного осевого перемещения винта (гайки) за один оборот.

*Разъёмные соединения.* Для осуществления разъёмного соединения деталей применяют различные стандартизированные резьбовые крепежные детали: болты, винты, шпильки, гайки, а также детали для их стопорения: шайбы, шплинты, штифты, проволока (рисунок 7.2).

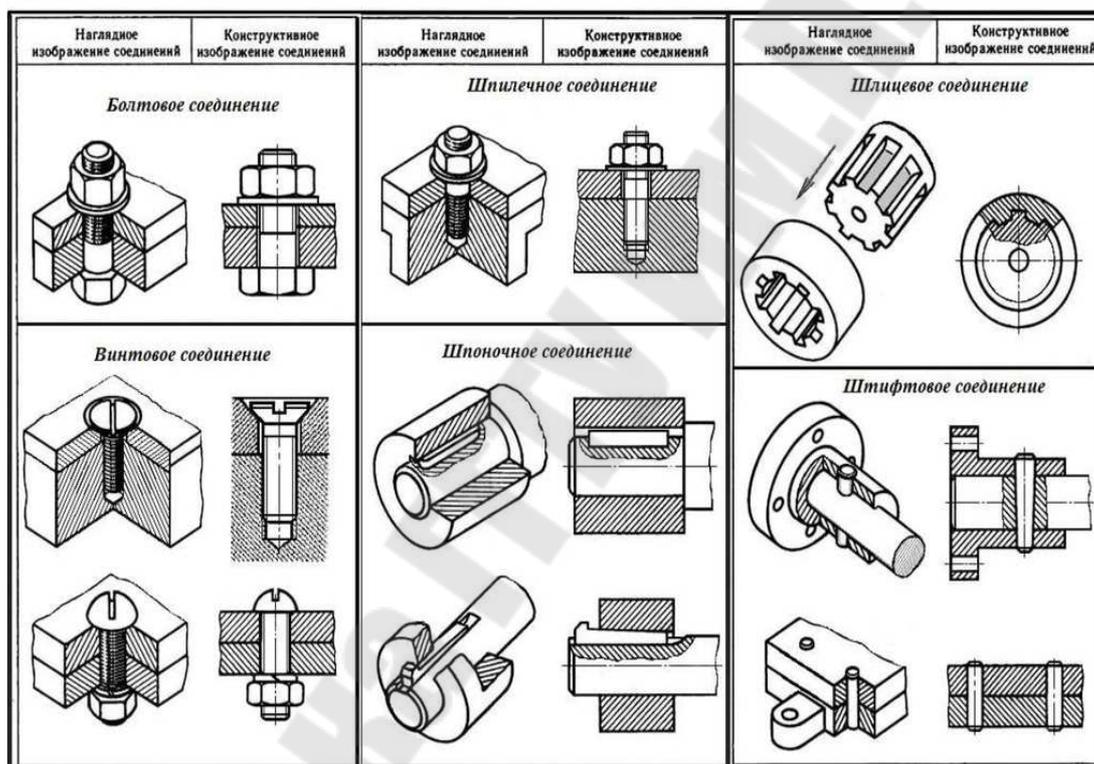


Рис. 7.2. Разъёмные соединения деталей

Применение стандартных резьбовых изделий ускоряет процесс проектирования изделий, так как отпадает необходимость в разработке чертежей стандартных деталей, а также обеспечивает их полную взаимозаменяемость при сборке и ремонте изделий без дополнительной подгонки. Шпилька – крепежная деталь для разъёмного резьбового соединения, представляющая цилиндрический стержень, с резьбой на обоих концах. Один конец шпильки ввинчивается в одну из соединяемых деталей, а на другой конец устанавливается скрепляемая деталь и навинчивается гайка.

**Неразъёмные соединения.** Неразъёмными называются такие соединения, которые могут быть разобраны лишь путем разрушения или недопустимых остаточных деформаций одного из элементов конструкции. К ним относятся заклёпочные, сварные, клеевые соединения, соединения, полученные пайкой, а также условно посадки с натягом (рисунок 7.3).

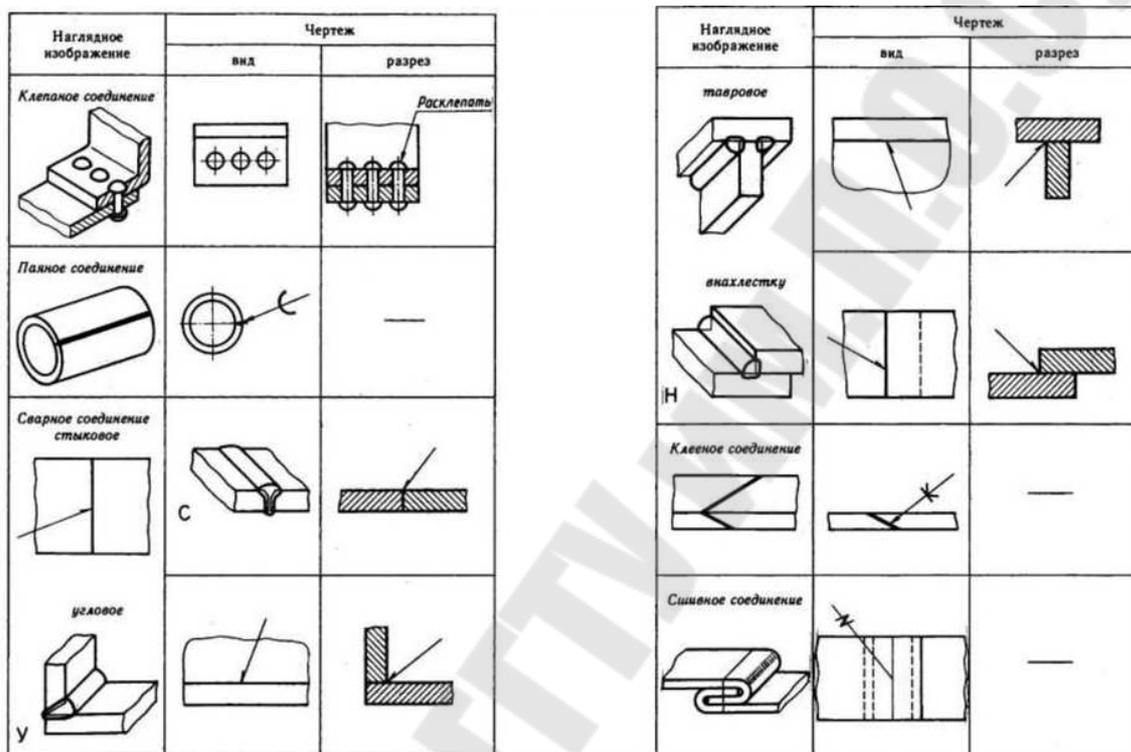


Рис. 7.3. Чертежи неразъёмных соединений

Сварные соединения являются наиболее распространёнными из неразъёмных соединений. Шпоночные и шлицевые соединения применяются при соединении деталей совместного вращения. Чаще всего это валы и зубчатые колеса, валы и шкивы, валы и муфты, а также валы и всевозможные рукоятки, толкатели и т.п. Шлицевое соединение обеспечивает передачу значительно большего момента, чем шпоночное и применяется в более нагруженных узлах.

**Передача** – механизм, осуществляющий передачу вращательного движения или его преобразование.

Виды передач:

1. Фрикционная передача.
2. Ременная передача.
3. Червячная передача.

4. Цепная передача.
5. Храповые механизмы.
6. Зубчатая передача.

**Схема.** *Схема* – это графический конструкторский документ, на котором представлены составные части изделия и связи между ними в виде условных изображений и графических обозначений. Схема содержит данные, необходимые для проектирования, регулировки, контроля ремонта и эксплуатации изделия, разъясняет основные принципы действия и последовательность процессов при работе механизма, прибора, устройства, установки, сооружения и т.д. (рисунок 7.4).

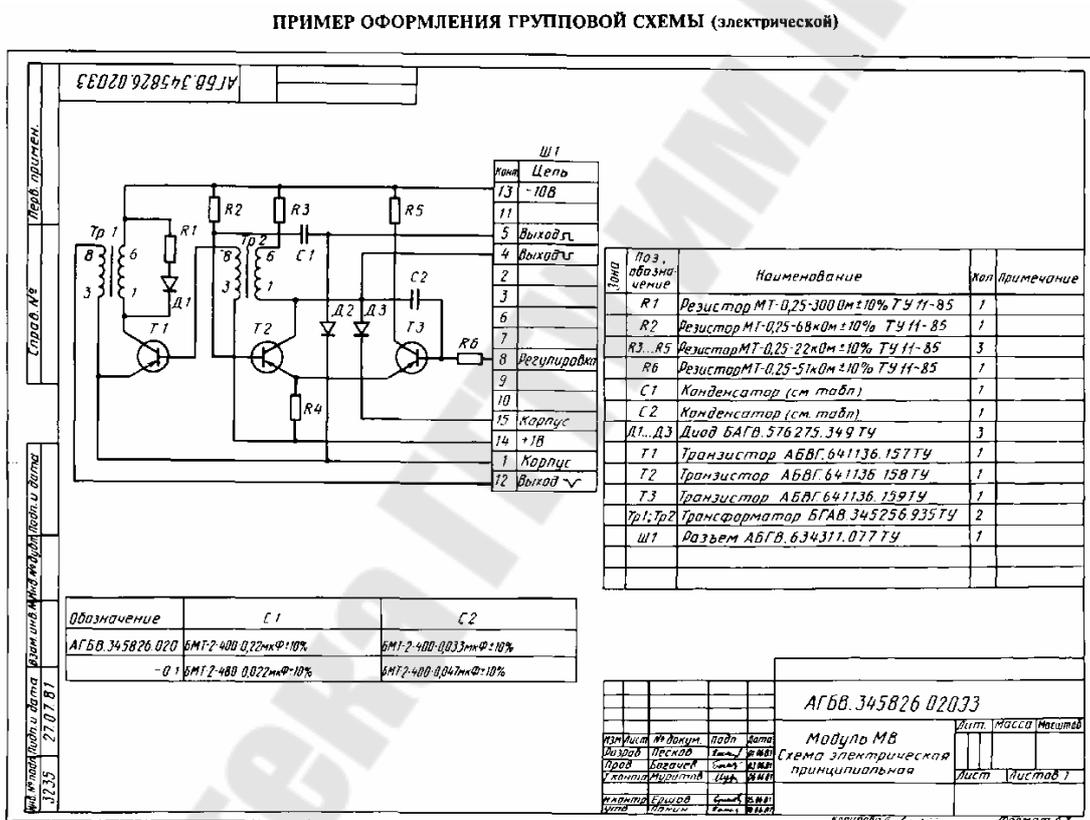


Рис. 7.4. Электрическая схема

**Классификация схем:**

В зависимости от видов элементов и связей – вид схемы (обозначается буквой):

- электрические – Э;
- гидравлические – Г;
- пневматические – П;
- кинематические – К;

- оптические – Л;
- вакуумные – В;
- газовые – Х;
- энергетические – Р;
- деления изделия на составные части – Е;
- комбинированные – С.

В зависимости от основного назначения – тип схемы (обозначается цифрой):

- структурные – 1;
- функциональные – 2;
- принципиальные (для электрических схем – полные) – 3;
- соединений (для электрических схем – монтажные) – 4;
- подключения – 5;
- общие – 6;
- расположения – 7;
- объединенные – 0.

Наименование схемы определяется ее и видом и типом, например схема гидравлическая принципиальная – ГЗ. Структурная схема определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи. Функциональные части изображают в виде прямоугольников, с вписанными в них обозначением, наименованием или шифром элементов и устройств. Направление хода процессов обозначается стрелками. Построение схемы должно давать представление о ходе рабочего процесса в направлении слева направо. На схеме изображают все устройства и элементы (в виде прямоугольников, общих очертаний или условных графических изображений), входящие в состав изделия, входные и выходные элементы (разъемы, зажимы, муфты) и соединения между ними. Схема используется для разработки других конструкторских документов, в первую очередь, чертежей, определяющих прокладку и способы крепления трубопроводов, проводов, кабелей и т.д. Общая схема определяет составные части комплекса и их соединения на месте эксплуатации.

### *Практическое задание*

#### *Задание 1.*

*Видом* называется изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. На видах допускается показывать и невидимые части поверхности предмета штриховыми линиями.

При построении изображений предполагается, что предмет находится между глазом наблюдателя и плоскостью проекции. За основные плоскости проекции принимают шесть граней куба, внутри которого располагается, изображаемый предмет. Грани куба с полученными на них изображениями совмещают с плоскостью чертежа (рисунок 7.5). При этом виды окажутся расположенными в проекционной связи в определенном месте относительно главного вида. На чертежах границы граней куба не показываются и названия видов не надписываются.

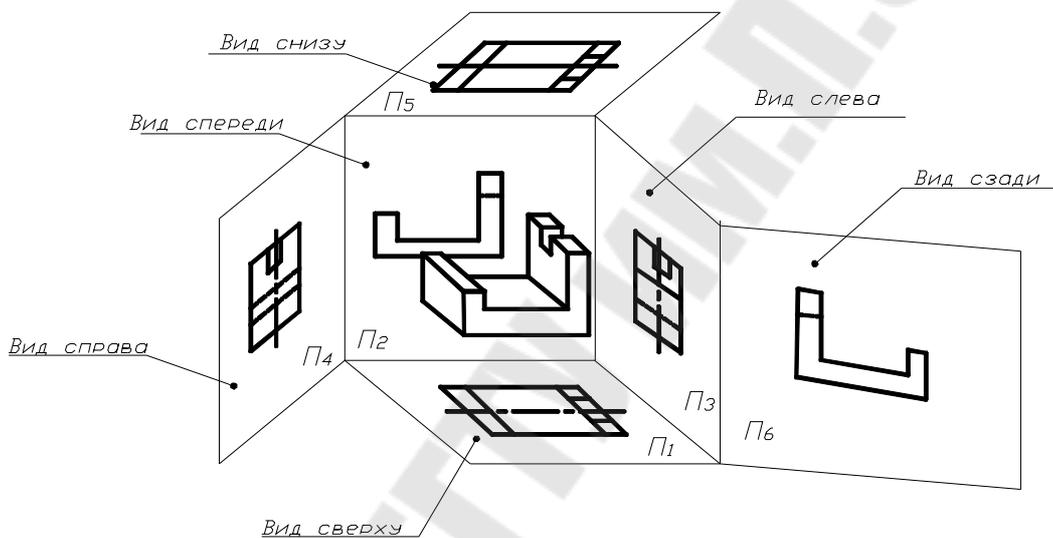


Рис. 7.5. Построение шести видов предмета

Чаще возникает необходимость в построении трёх видов предмета. При построении третьего вида предмета по двум данным сначала необходимо представить его форму в целом. Форма многих предметов усложнена различными вырезами, скосами и выступами. Вначале надо определить поверхности, которыми ограничен предмет. Уяснить расположение этих поверхностей, точек и линий на поверхностях. Если предмет имеет плоскости симметрии, то их принимают за базовые для отсчета соответствующих размеров. На рисунке 7.6 показано построение вида слева шестиугольной правильной призмы со сквозным отверстием. Призма имеет две плоскости симметрии. Для показа последовательности построений использована постоянная прямая чертежа.

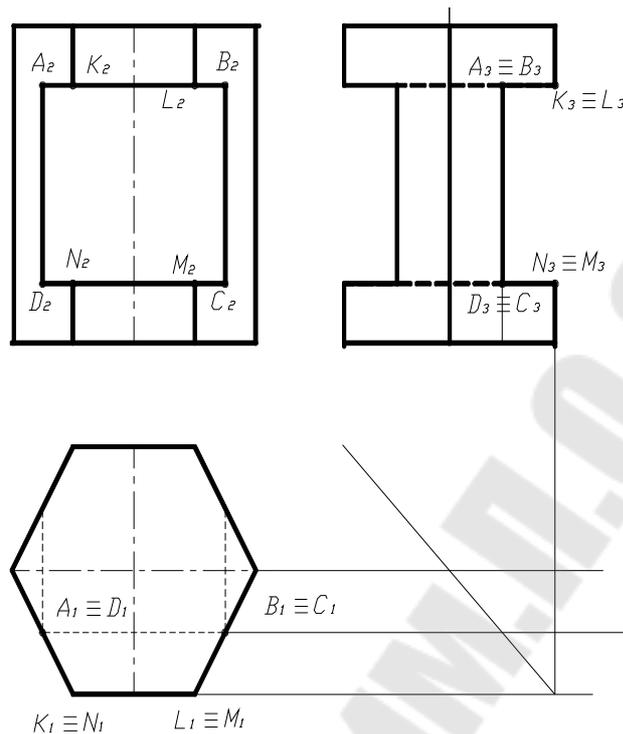


Рис. 7.6. Построение вида слева шестиугольной правильной призмы со сквозным отверстием

На рис. 7.7 изображена четырехугольная усеченная пирамида с вырезом двумя плоскостями.

На рисунках 7.8, 7.9, 7.10 показано построение третьего вида предметов 1, 2, 3 ограниченных поверхностями вращения, с различными вырезами. При этом показано, что третий вид можно строить и без постоянной прямой чертежа, используя координаты  $y$ .

На рисунке 7.11 дан пример выполнения работы. На чертеже представлен предмет, у которого основанием служит шестиугольная призма с двумя симметричными лысками. На призме расположен цилиндр со сквозным призматическим отверстием. Построение третьего вида дано без постоянной прямой чертежа.

#### *Условие самостоятельного задания*

По двум данным видам (главному виду и виду сверху) предмета построить вид слева.

Варианты заданий взять в соответствии с номером по журналу (рисунок 7.12а, и 7.12б).

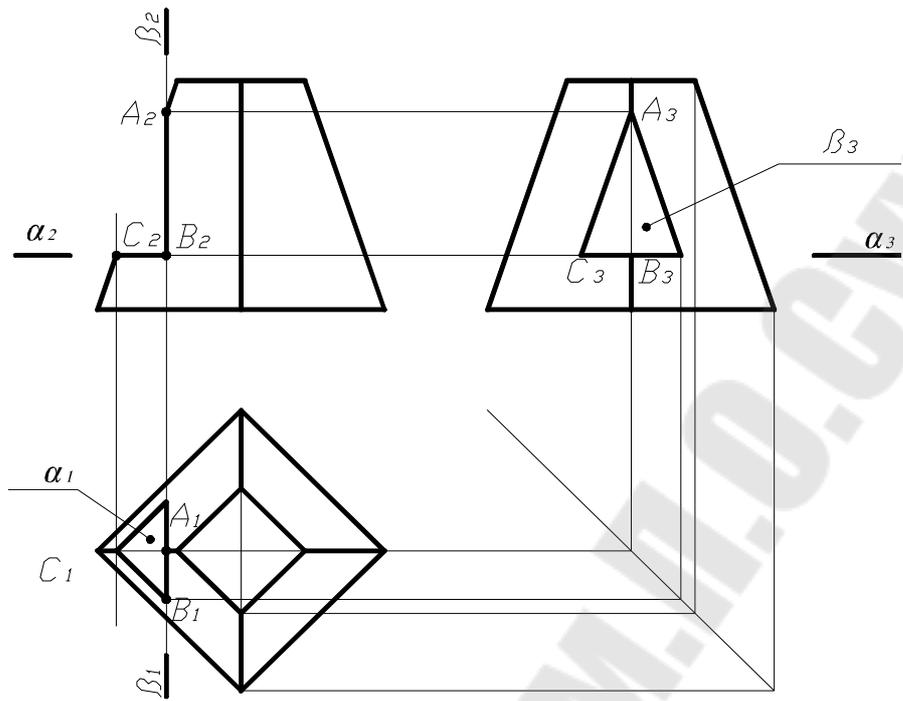


Рис. 7.7. Построение четырехугольной усеченной пирамиды

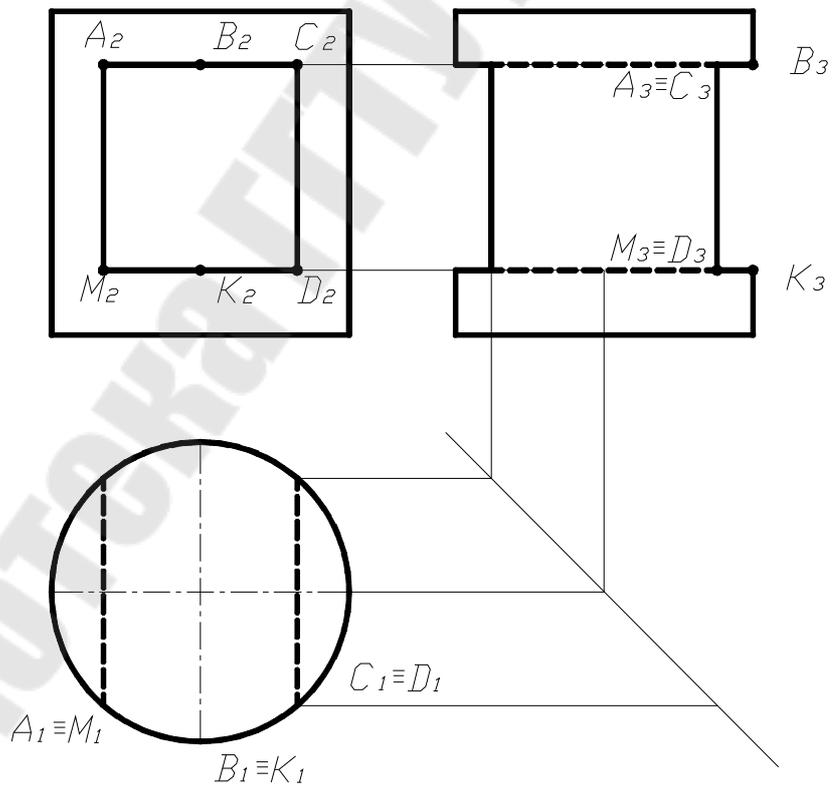


Рис. 7.8. Построение третьего вида предмета 1 с вырезами

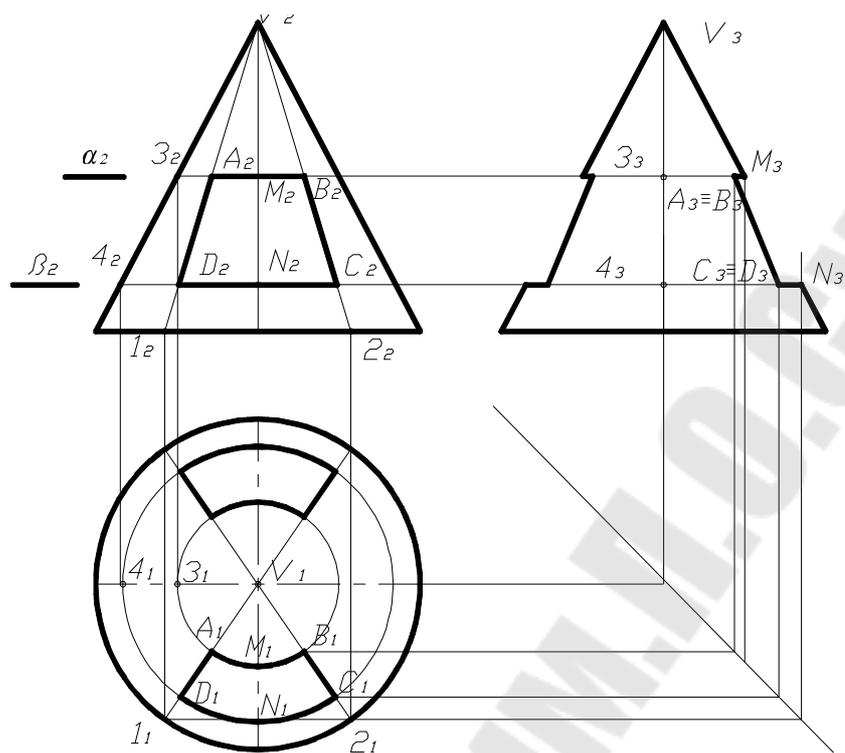


Рис. 7.9. Построение третьего вида предмета 2 с вырезами

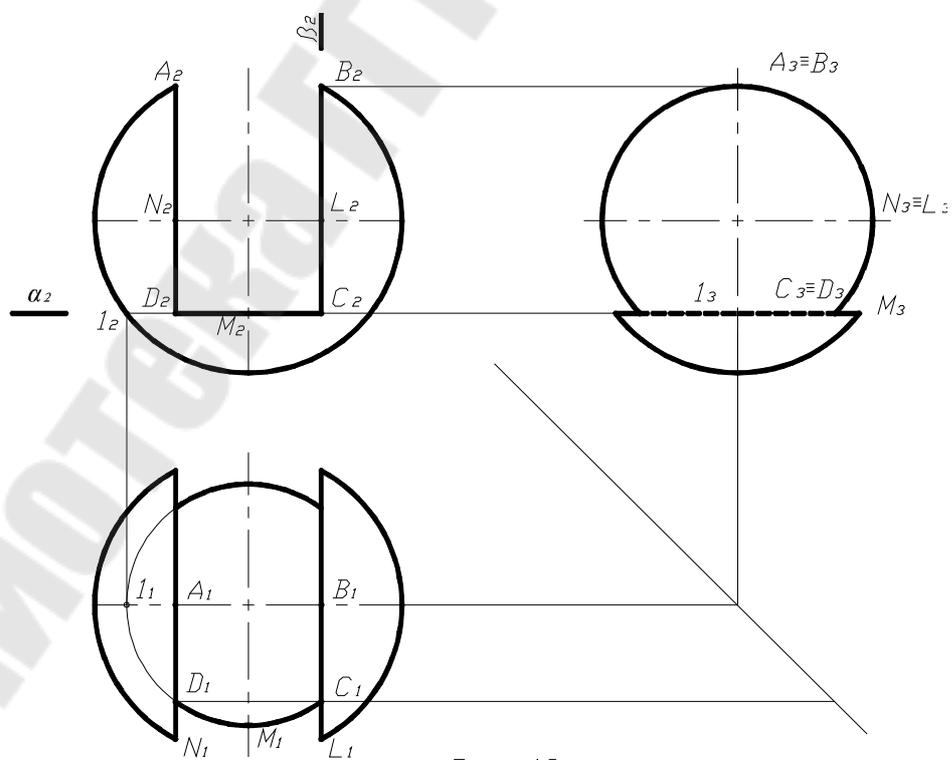


Рис. 7.10. Построение третьего вида предмета 3 с вырезами

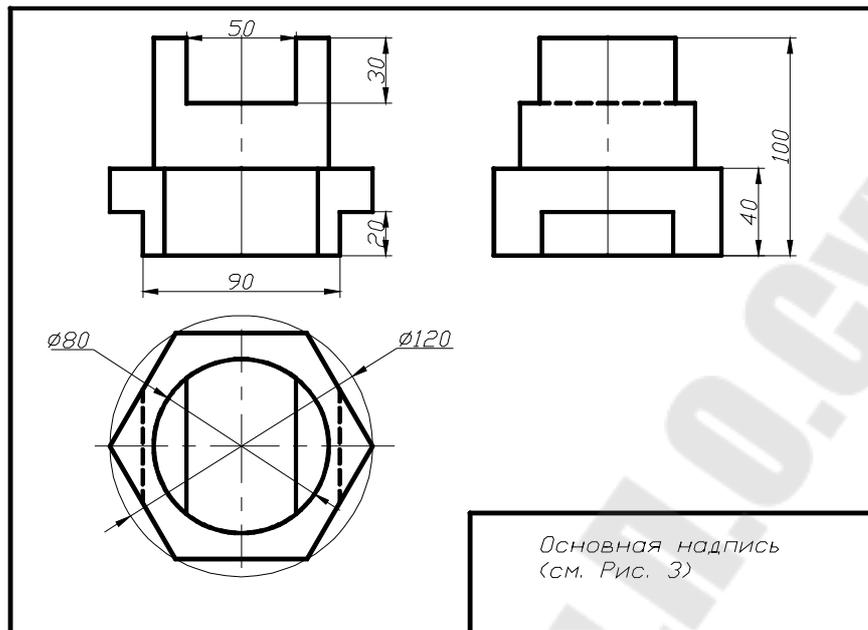


Рис. 7.11. Построение третьего вида предмета в основании с шестиугольной призмой

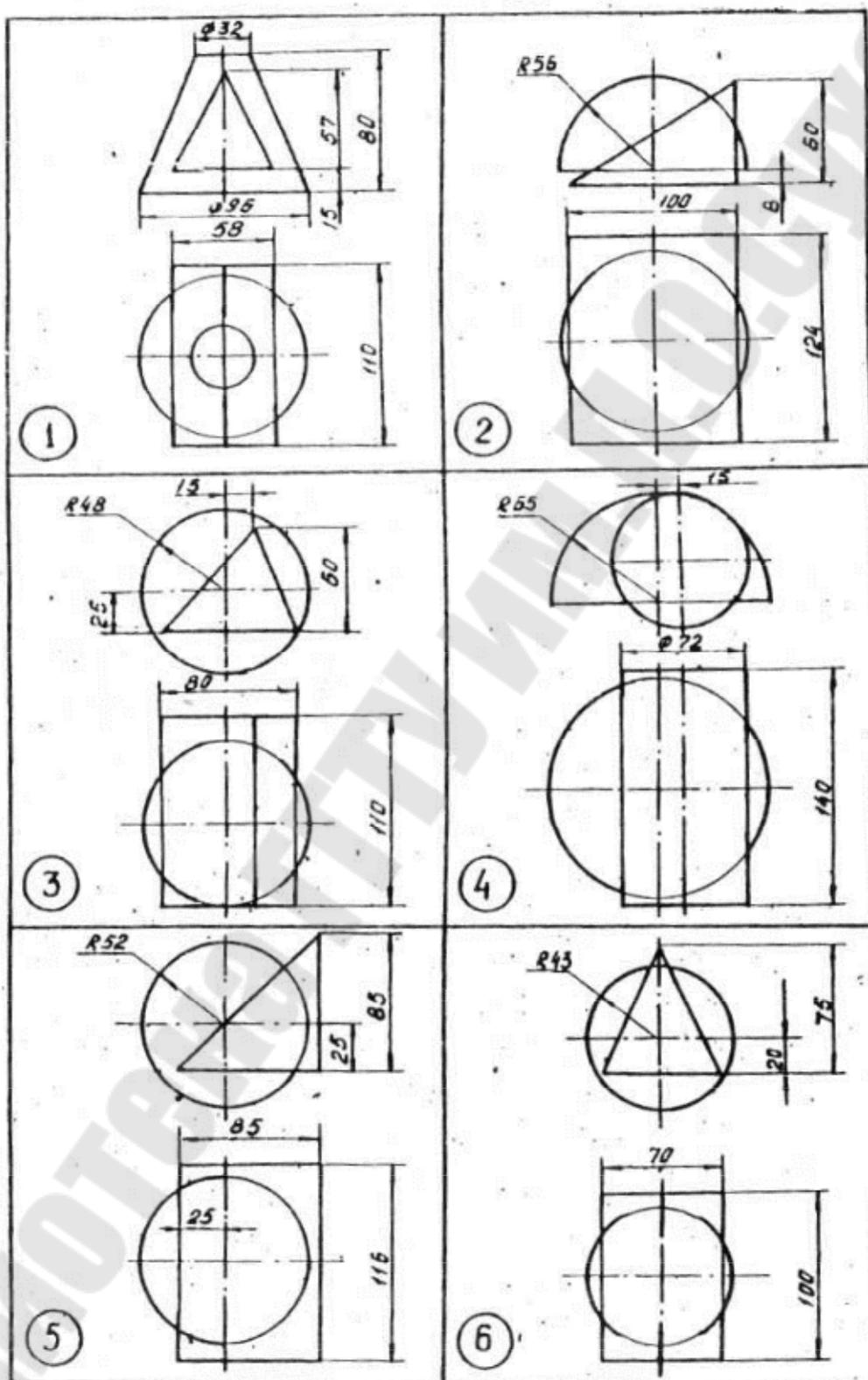


Рис. 7.12а Варианты заданий

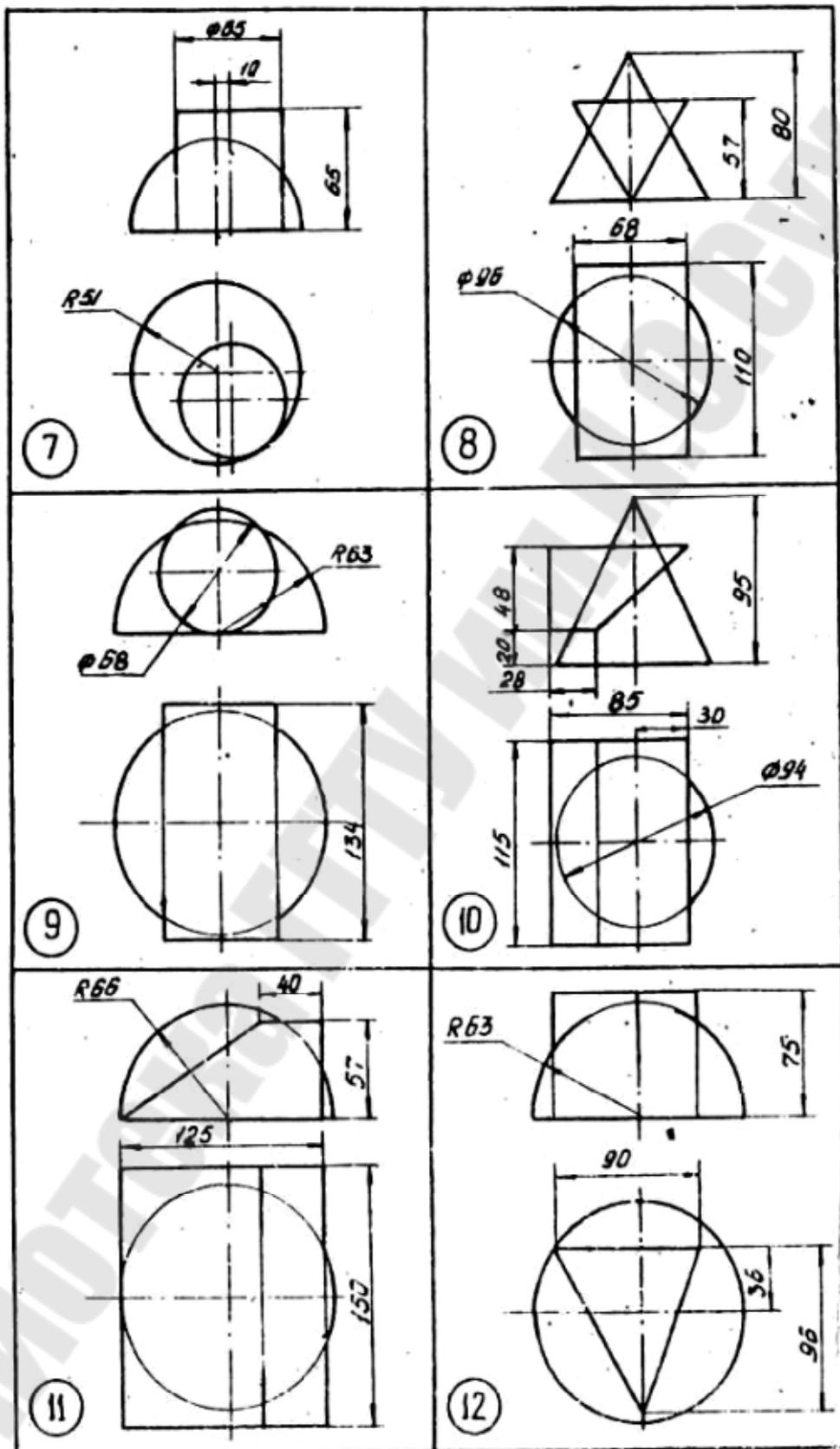


Рис. 7.126 Варианты заданий

*Тестовые задания по инженерной горной графике к теме  
«Элементы инженерной графики в горной документации»*

*01. В каких единицах измерения указываются линейные и угловые размеры на чертежах? В...*

- 1) сотых долях метра и градусах;
- 2) микронах и секундах;
- 3) метрах, минутах и секундах;
- 4) дюймах, градусах и минутах;
- 5) миллиметрах, градусах минутах и секундах.

*02. Точка может быть однозначно определена в пространстве, если она спроецирована? На...*

- 1) две плоскости проекций;
- 2) одну плоскость проекций;
- 3) ось x;
- 4) три плоскости проекций;
- 5) плоскость проекций V.

*03. Какое максимальное количество видов может быть на чертеже детали?*

- 1) Две;
- 2) Четыре;
- 3) Три;
- 4) Один;
- 5) Шесть.

*04. Когда на чертеже делают надписи названий основных видов?*

- 1) Всегда;
- 2) Когда виды сверху, слева, справа, снизу, сзади смещены относительно главного изображения;
- 3) Никогда;
- 4) Когда нужно показать дополнительный вид;
- 5) Только когда нужно показать вид сверху.

*05. Простой разрез получается при числе секущих плоскостей, равных:*

- 1) одной;

- 2) двум;
- 3) двум и более;
- 4) трём;
- 5) трём и более.

06. Если вид и разрез являются симметричными фигурами, то какая линия служит осью симметрии, разделяющей их половины?

- 1) Сплошная тонкая;
- 2) Сплошная основная;
- 3) Штриховая;
- 4) Разомкнутая;
- 5) Штрихпунктирная тонкая.

07. Под каким углом осуществляется штриховка металлов (графическое изображение металлов) в разрезах? Под углом...

- 1)  $30^\circ$  к линии контура изображения, или к его оси или к линии рамки чертежа;
- 2)  $60^\circ$  к линии контура изображения, или к его оси или к линии рамки чертежа;
- 3) любыми произвольными;
- 4)  $45^\circ$  к линии контура изображения, или к его оси или к линии рамки чертежа;
- 5)  $75^\circ$  к линии основной надписи чертежа.

08. Контур вынесенного сечения выполняется: Линией...

- 1) сплошной тонкой;
- 2) сплошной основной;
- 3) волнистой;
- 4) шриховой;
- 5) с изломами.

09. Как изображается резьба на цилиндрическом стержне и на его виде слева?

- 1) Наружный диаметр резьбы – сплошная основная, внутренний диаметр – сплошная тонкая, на виде слева – сплошная тонкая линия на  $3/4$  длины окружности для внутреннего диаметра;
- 2) Наружный диаметр резьбы – сплошная основная, внутренний диаметр – сплошная тонкая, на виде слева – тонкая линия на  $360$  градусов;

- 3) Наружный и внутренний диаметры резьбы – сплошная основная, на виде слева – сплошная тонкая линия на  $3/4$  длины окружности для внутреннего диаметра;
- 4) Наружный и внутренний диаметры – сплошная тонкая линия;
- 5) Все линии выполняются сплошной основной.

*10. От какого диаметра следует проводить выносные линии для обозначения резьбы, выполненной в отверстии? От...*

- 1) диаметра впадин резьбы, выполняемого сплошной основной линией;
- 2) диаметра фаски на резьбе;
- 3) внутреннего диаметра резьбы, выполняется сплошной тонкой линией;
- 4) наружного диаметра резьбы, выполненного сплошной тонкой линией;
- 5) наружного диаметра резьбы, выполненного сплошной основной линией.

*11. В каком случае правильно перечислены разъёмные и неразъёмные соединения?*

- 1) Разъёмные: болтовое, шпилечное, винтовое, паяное, шпоночное. Неразъёмные: клеевое, сварное, шовное, заклёпочное.
- 2) Разъёмные: болтовое, шпилечное, винтовое, шпоночное, шлицевое. Неразъёмные: клеевое, сварное, паяное, шовное, заклёпочное.
- 3) Разъёмные: болтовое, шпилечное, винтовое, шпоночное, шовное, сварное. Неразъёмные: клеевое, паяное, шлицевое, заклёпочное.
- 4) Разъёмные: болтовое, шпилечное, винтовое, шпоночное, шовное. Неразъёмные: клеевое, паяное, шлицевое, заклёпочное.
- 5) Разъёмные: болтовое, шпилечное. Неразъёмные: винтовое, шпоночное, шлицевое.

*12. Чем отличается эскиз от рабочего чертежа детали? Эскиз выполняется:*

- 1) в меньшем масштабе;
- 2) в большем масштабе, чем рабочий чертёж;
- 3) с помощью чертёжных инструментов, а рабочий чертёж – от руки;
- 4) ничем не отличается от рабочего чертежа;
- 5) от руки; а рабочий чертёж – с помощью чертёжных инструментов.

13. В каком масштабе предпочтительнее делать сборочный чертёж?

- 1) 2:1;
- 2) 1:1;
- 3) 1:2;
- 4) 5:1;
- 5) 4:1.

14. Как штрихуются в разрезе соприкасающиеся детали?

- 1) Одинаково;
- 2) С разной толщиной линий штриховки;
- 3) Одна деталь не штрихуется, а другая штрихуется;
- 4) С разным наклоном штриховых линий;
- 5) С разным расстоянием между штриховыми линиями, со смещением штриховых линий, с разным наклоном штриховых линий.

15. При нанесении размера дуги окружности (части окружности) используют следующий знак?

- 1) R;
- 2) D;
- 3) Ø;
- 4) Нет специального обозначения;
- 5) Сфера.

16. В каком месте должна находиться точка сопряжения дуги с дугой?

- 1) В центре дуги окружности большего радиуса;
- 2) На линии, соединяющей центры сопряжений дуг;
- 3) В центре дуги окружности меньшего радиуса;
- 4) В любой точке дуги окружности большего радиуса;
- 5) Это место определить невозможно.

17. На каком расстоянии от контура рекомендуется проводить размерные линии?

- 1) Не более 10 мм;
- 2) От 7 до 10 мм;
- 3) От 6 до 10 мм;
- 4) От 1 до 5 мм;
- 5) Не более 15 мм.

18. Сколько видов должно содержать изображение какой-либо конкретной детали?

- 1) Один;
- 2) Три;
- 3) Минимальное, но достаточное для однозначного уяснения конфигурации;
- 4) Максимальное число видов;
- 5) Шесть.

19. Возможно ли выполнение дополнительных видов повернутыми?

- 1) Нет, ни в коем случае;
- 2) Обязательно, всегда выполняются повернутыми;
- 3) Возможно, но дополнительный вид при этом никак не выделяется и не обозначается;
- 4) Возможно, но с сохранением положения, принятого для данного предмета на главном виде и с добавлением специального знака;
- 5) Возможно, но дополнительный вид выполняется только в проекционной связи по отношению к главному.

20. Сложный разрез получается при сечении предмета:

- 1) Тремя секущими плоскостями;
- 2) Двумя и более секущими плоскостями;
- 3) Плоскостью, параллельной горизонтальной плоскости проекций;
- 4) Одной секущей плоскостью;
- 5) Плоскостями, параллельными фронтальной плоскости проекций.

21. Как изображаются на разрезе элементы тонких стенок типа рёбер жесткости?

- 1) Никак на разрезе не выделяются, т.е. показываются не рассечёнными;
- 2) Выделяются и штрихуются полностью;
- 3) Показываются рассечёнными, но не штрихуются;
- 4) Показываются рассечёнными, но штрихуются в другом направлении по отношению
- 5) Показываются рассечёнными и штрихуются под углом 60 градусов к горизонту.

22. Местный разрез служит для уяснения устройства предмета в отдельном узко ограниченном месте. Граница местного разреза выделяется на виде:

- 1) сплошной волнистой линией;
- 2) сплошной тонкой линией;
- 3) штрихпунктирной линией;
- 4) сплошной основной линией;
- 5) штриховой линией.

23. Контур вынесенного сечения выполняется:

- 1) сплошной тонкой линией;
- 2) сплошной основной линией;
- 3) волнистой линией;
- 4) штриховой линией;
- 5) линией с изломами.

24. При резьбовом соединении двух деталей на изображении вида:

- 1) полностью показывается деталь, в которую ввинчивается другая;
- 2) полностью показывается ввинчиваемая деталь;
- 3) нет никакого выделения;
- 4) место соединения штрихуется полностью и для одной и для другой деталей;
- 5) место соединения резьб не штрихуется совсем.

25. Чем отличается обозначение метрической резьбы с крупным шагом от её обозначения с мелким шагом?

- 1) Не отличается ничем;
- 2) К обозначению резьбы добавляется величина крупного шага;
- 3) К обозначению резьбы добавляется величина мелкого шага;
- 4) К обозначению резьбы добавляется приписка LH;
- 5) Перед условным обозначением резьбы ставится величина мелкого шага.

26. Сварное соединение условно обозначается:

- 1) Утолщенной стрелкой;
- 2) Стрелкой с буквой «С» на 20мм от стрелки;
- 3) Стрелкой с буквой «Св.» на 25мм от стрелки;
- 4) Половиной стрелки с обозначением вида сварки и параметров сварного шва ;

5) Половиной стрелки с обозначением буквой «С».

27. *В каком масштабе выполняется эскиз детали?*

- 1) В глазомерном масштабе;
- 2) Обычно в масштабе 1:1;
- 3) Обычно в масштабе увеличения;
- 4) Всегда в масштабе уменьшения;
- 5) Всегда в масштабе увеличения.

28. *Применяются ли упрощения на сборочных чертежах?*

- 1) Нет;
- 2) Только для крепёжных деталей;
- 3) Применяются для всех деталей;
- 4) Применяются только для болтов и гаек;
- 5) Применяются только для нестандартных деталей.

29. *Нужно ли соблюдать масштаб при вычерчивании элементов электрических схем?*

- 1) Нет;
- 2) Нужно, но только в масштабе 2:1;
- 3) Нужно;
- 4) Нужно, но только в масштабе 1:1;
- 5) Нужно, но только в масштабе 1:2.

30. *Какими линиями выполняют вспомогательные построения при выполнении элементов геометрических построений?*

- 1) Сплошными основными;
- 2) Сплошными тонкими;
- 3) Штрихпунктирными;
- 4) Штриховыми;
- 5) Сплошной волнистой.

31. *Уклон 1:5 означает, что длина одного катета прямоугольного треугольника равна?*

- 1) Одной единице, а другого четырём;
- 2) Пяти единицам, а другого тоже пяти;
- 3) Пяти единицам, а другого десяти;
- 4) Двум единицам, а другого восьми;
- 5) Одной единице, а другого пяти.

32. Линия связи на комплексном чертеже, соединяющая горизонтальную и фронтальную проекции точек, проходит:

- 1) параллельно оси  $x$ ;
- 2) под углом  $60^\circ$  к оси  $z$
- 3) под углом  $75^\circ$  к оси  $x$ ;
- 4) под углом  $90^\circ$  к оси  $x$ ;
- 5) под углом  $90^\circ$  к оси  $y$ .

33. Какой вид называется дополнительным?

- 1) Вид справа;
- 2) Вид снизу;
- 3) Вид сзади;
- 4) Полученный проецированием на плоскость, не параллельную ни одной из плоскостей проекций;
- 5) Полученный проецированием на плоскость  $W$ .

34. Разрез получается при мысленном рассечении предмета секущей плоскостью. При этом на разрезе показывается то, что находится:

- 1) только в секущей плоскости;
- 2) перед секущей плоскостью;
- 3) за секущей плоскостью;
- 4) под секущей плоскостью;
- 5) в секущей плоскости, и что расположено за ней.

35. Сложные разрезы делятся на ступенчатые и ломаные. При этом ступенчатые – это разрезы, секущие плоскости которых располагаются:

- 1) параллельно друг другу;
- 2) перпендикулярно друг другу;
- 3) под углом  $75$  градусов друг к другу;
- 4) Под углом  $30$  градусов друг к другу;
- 5) Под любым, отличным от  $90$  градусов углом друг к другу.

36. Какого типа линией с перпендикулярной ей стрелкой обозначаются разрезы (тип линий сечения)?

- 1) Сплошной тонкой линией;
- 2) Сплошной основной линией;
- 3) Волнистой линией;

- 4) Штрихпунктирной тонкой линией;
- 5) Разомкнутой линией.

*37. Контур вынесенного сечения выполняется:*

- 1) Сплошной тонкой линией;
- 2) Сплошной основной линией;
- 3) Волнистой линией;
- 4) Штриховой линией;
- 5) Линией с изломами.

*38. При изображении предметов, имеющих постоянные или закономерно изменяющиеся сечения, допускается изображать их с разрывами. В качестве линии обрыва используется:*

- 1) Сплошная тонкая линия;
- 2) Сплошная основная линия;
- 3) Штрихпунктирная линия;
- 4) Штриховая линия;
- 5) Сплошная волнистая или линия с изломами.

*39. Какой линией показывается граница нарезанного участка резьбы?*

- 1) Волнистой линией;
- 2) Сплошной тонкой линией;
- 3) Сплошной основной линией;
- 4) Штриховой линией;
- 5) Штрихпунктирной линией.

*40. В каких случаях на чертежах показывают профиль резьбы?*

- 1) Профиль резьбы показывают всегда;
- 2) Никогда не показывают;
- 3) Когда конструктор считает это необходимым;
- 4) Когда необходимо показать резьбу с нестандартным профилем со всеми необходимыми размерами;
- 5) Когда выполняется упорная или трапецеидальная резьба.

*41. Чем отличается шлицевое соединение от шпоночного?*

- 1) Только размерами деталей;
- 2) У шлицевого чередуются выступы и впадины по окружности, а у шпоночного вставляется еще одна деталь – шпонка;

- 3) Шлицы выполняются монолитно на детали, а шпонка выполняется монолитно с валом;
- 4) Ничем не отличаются;
- 5) Диаметр вала, передающего крутящий момент.

42. Сколько видов должен содержать рабочий чертёж детали?

- 1) Всегда три вида;
- 2) Шесть видов;
- 3) Минимальное, но достаточное для представления форм детали;
- 4) Максимально возможное число видов;
- 5) Только один вид.

43. Для каких деталей наносят номера позиций на сборочных чертежах?

- 1) Для всех деталей, входящих в сборочную единицу;
- 2) Только для нестандартных деталей;
- 3) Только для стандартных деталей;
- 4) Для крепёжных деталей;
- 5) Только для основных деталей.

44. Какие размеры проставляются при выполнении чертежа в масштабе, отличном от 1:1?

- 1) Те размеры, которые имеет изображение на чертеже;
- 2) Увеличение в два раза;
- 3) Уменьшение в четыре раза;
- 4) Независимо от масштаба изображения ставятся реальные размеры изделия;
- 5) Размеры должны быть увеличены или уменьшены в соответствии с масштабом.

45. Фронтально-проецирующая прямая – это прямая, которая...

- 1) Параллельна оси  $x$ ;
- 2) Перпендикулярна плоскости  $V$ ;
- 3) Перпендикулярна плоскости  $H$ ;
- 4) Параллельна оси  $z$ ;
- 5) Параллельна плоскости  $V$ .

46. Что называется местным видом?

- 1) Изображение только ограниченного места детали;

- 2) Изображение детали на дополнительную плоскость;
- 3) Изображение детали на плоскость  $W$ ;
- 4) Вид справа детали;
- 5) Вид снизу.

*47. Для какой цели применяются разрезы?*

- 1) Показать внутренние очертания и форму изображаемых предметов;
- 2) Показать внешнюю конфигурацию и форму изображаемых предметов;
- 3) Применяются при выполнении чертежей любых деталей;
- 4) Применяются только по желанию конструктора;
- 5) Чтобы выделить главный вид по отношению к остальным.

*48. Всегда ли нужно обозначать простые разрезы линией сечения?*

- 1) Да, обязательно;
- 2) Никогда не нужно обозначать;
- 3) Не нужно, когда секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии детали;
- 4) Не нужно, когда секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций;
- 5) Не нужно, когда секущая плоскость параллельна оси  $Z$ .

*49. Как показываются крепления детали типа болтов, шпилек, гаек, шайб и винтов при попадании в продольный разрез на главном виде?*

- 1) Условно показываются не рассеченными и не штрихуются;
- 2) Разрезаются и штрихуются с разным направлением штриховки;
- 3) Гайки и шайбы показываются рассеченными, а болты, винты и шпильки - не рассеченными;
- 4) Болты и гайки показываются рассеченными и штрихуются;
- 5) Рассеченными показываются только гайки, шайбы и винты.

*50. Нужны ли все размеры на рабочих чертежах детали?*

- 1) Только габаритные размеры;
- 2) Необходимые для изготовления и контроля изготовления детали;
- 3) Только линейные размеры;
- 4) Линейные размеры и габаритные;
- 5) Размеры диаметров.

*51. Какие размеры наносят на сборочных чертежах?*

- 1) Все;
- 2) Основные размеры корпусной детали;
- 3) Габаритные, подсоединительные, установочные, крепёжные, определяющие работу устройства;
- 4) Только крепёжных деталей;
- 5) Только габаритные.

52. Чем отличается эскиз от рабочего чертежа детали? Эскиз выполняется:

- 1) В меньшем масштабе;
- 2) В большем масштабе, чем рабочий чертёж;
- 3) Эскиз выполняется с помощью чертёжных инструментов, а рабочий чертёж – от руки;
- 4) Ничем не отличается от рабочего чертежа;
- 5) от руки; а рабочий чертёж с помощью чертёжных инструментов.

53. В каком масштабе предпочтительнее делать сборочный чертёж?

- 1) 2:1;
- 2) 1:1;
- 3) 1:2;
- 4) 5:1;
- 5) 4:1.

54. Горизонтальная прямая или сокращенно горизонталь расположена...

- 1) параллельно плоскости H;
- 2) перпендикулярно плоскости H;
- 3) перпендикулярно оси x;
- 4) параллельно плоскости V;
- 5) перпендикулярно плоскости W.

55. Какой вид детали и на какой плоскости проекций называется ее главным видом?

- 1) Вид сверху, на плоскость H;
- 2) Вид спереди, на плоскость V;
- 3) Вид слева, на плоскость W;
- 4) Вид сзади, на плоскость H;
- 5) Дополнительный вид, на дополнительную плоскость.

56. В сечении показывается то, что:

- 1) находится перед секущей плоскостью;
- 2) находится за секущей плоскостью;
- 3) попадает непосредственно в секущую плоскость;
- 4) находится непосредственно в секущей плоскости и за ней;
- 5) находится непосредственно перед секущей плоскостью и попадает в нее.

57. Для чего служит спецификация к сборочным чертежам?

- 1) Спецификация определяет состав сборочной единицы;
- 2) В спецификации указываются габаритные размеры деталей;
- 3) В спецификации указываются габариты сборочной единицы;
- 4) Спецификация содержит информацию о взаимодействии деталей;
- 5) В спецификации указывается вес деталей.

58. Параллельное проецирование — это проецирование, при котором

...

- 1) центр проецирования расположен в бесконечности;
- 2) проецирующие лучи выходят из одной точки;
- 3) проецирование на две параллельные плоскости;
- 4) проецирование двумя параллельными лучами;
- 5) проецирование двух параллельных плоскостей.

59. Основная позиционная задача — это задача на принадлежность точки ...

- 1) прямой;
- 2) поверхности;
- 3) окружности;
- 4) плоскости;
- 5) дуге.

60. Косоугольные аксонометрические проекции, рекомендованные ГОСТом ЕСКД, целесообразно применять, если требуется ...

- 1) построить без искажения ряд окружностей и других ГО, лежащих в одной из координатных плоскостей натуральной системы координат;
- 2) не рекомендуются;
- 3) искажения не принципиальны;
- 4) построить эскиз;
- 5) получить минимальные искажения.

## Тема 8 Компьютерная графика в горной практике

Построение трехмерных цифровых геологических моделей в настоящее время уже стало естественной составляющей технологических процессов обоснования бурения скважин и проектирования разработки месторождений углеводородов, включая оценку экономической эффективности предлагаемых геолого-технологических мероприятий.

*Создание 3D моделей решает следующие задачи:*

- подсчет запасов углеводородов,
- планирование (проектирование) скважин,
- оценка неопределенностей и рисков,
- подготовка основы для гидродинамического моделирования.

Следует отметить, что рынок программного обеспечения профильной деятельности нефтегазовых компаний достиг высокого уровня концентрации. Две трети мирового рынка специализированных отраслевых программ контролируют пять компаний — Schlumberger, Landmark, Aspen Technology, Honeywell, Invensys. Услугами специализированных компаний пользуются и энергетические гиганты. Так, Shell и Aramco активно привлекают к решению текущих и перспективных задач транснациональную компанию Computer Science Corporation. Это следует иметь в виду, формируя программы импортозамещения. Наглядно демонстрируют преимущества использования концепции Industrial Internet of Things, сутью которой является моделирование данных с применением нейронных сетей и методов машинного обучения. На установках атмосферной и вакуумной перегонки одного из российских нефтеперерабатывающих заводов использование этого инновационного решения позволило улучшить качество прогнозирования на 15% и повысить точность достижения ожидаемого результата до 90%. Одним из лидеров внедрения информационных технологий и автоматизации процессов нефтепереработки в России является компания «Газпромнефть». В частности, на нефтеперерабатывающих заводах компании активно используются виртуальные анализаторы качества — математические модели, позволяющие прогнозировать качественные показатели без их фактического замера, на основании ранее выполненных лабораторных тестов. Качественно новым уровнем

автоматизации станет переход на централизованное управление производством. В сбытовом сегменте применение цифровых решений дает возможность повысить конкурентоспособность и эффективность за счет эффективного реагирования на ситуацию, объективному отражению которой способствуют мониторинг и комплексный анализ массива данных, поступающих от каждого элемента системы — вплоть до каждой бензоколонки. Цифровизация даёт ценную маркетинговую информацию, позволяет оптимизировать набор и качество предоставляемых услуг, сделать общение с клиентом более комфортным. Следующий шаг — полностью автоматизированные автозаправочные станции, которые уже входят в нашу жизнь, в том числе и в России. Использование IT-технологий на трубопроводном транспорте позволяет повысить безопасность, оптимизировать логистику и уменьшить эксплуатационные затраты. Моделирование процессов, оперативная диагностика состояния магистралей расширяют возможности принятия и реализации упреждающих и точных решений. Подлежит особому вниманию самообучающийся комплекс «цифровой двойник», обеспечивающий автоматизированный подбор наиболее оптимальных режимов работы элементов всего комплекса и позволяющий заранее идентифицировать нештатные ситуации и предлагать превентивные решения. В оперативном режиме уровень детализации — 80 тысяч элементов, вплоть до фланцев, клапанов задвижек и даже поручней и ступенек лестниц, что позволит избежать потерь и недочетов, связанных с человеческим фактором.

*Необходимые исходные данные и основные программные продукты для геологического моделирования*

Рассмотрим основные виды исходных данных для цифрового геологического моделирования. Помимо особенностей геологического строения месторождения количество и качество исходной информации в значительной степени определяют способы построения модели и получаемые результаты.

*Определим основной набор исходных данных:*

1. Координаты устьев скважин, альтитуды. *Инклинометрия* – используются для создания траекторий скважин в модели. В последнее время в старых скважинах в массовом порядке проводятся повторные измерения инклинометрии, которые необходимо обязательно собрать и учесть. В случае, если необходимо в точности повторить в модели траектории скважин, рассчитанных

маркшейдерской службой, рекомендуется создавать траекторию через позиционный каротаж (X, Y, Z), используя координаты устья и рассчитанные маркшейдерской службой приращения по трем осям. Таблицы поправок в инклинометрию используются для введения поправок в альтитуды скважин (для «подвижек» скважин) в предположении наличия погрешностей инклинометрии по результатам анализа структурных поверхностей и флюидных контактов.

2. Координаты пластопересечений, рассчитанные маркшейдерской службой – используются для контроля пластопересечений, рассчитанных в проекте после корреляции пластов, а также для создания искусственных вертикальных скважин в модели, когда отсутствуют данные инклинометрии. В этом случае координаты устьев принимаются равными координатам пластопересечений, а альтитуды – сумме альтитуд и удлинений на кровлю пласта. При сопоставлении координат пластопересечений надо иметь в виду, что алгоритмы расчета траекторий скважин по информации об углах и азимутах в разных программах могут различаться.

3. Стратиграфические разбивки (маркеры), рассчитанные геологом в проекте – используются в качестве основы при формировании структурного каркаса.

4. Кривые ГИС – используются для корреляционных построений, выделения литотипов, оценки характера насыщения и ФЕС, фациального анализа, привязки данных сейсморазведки. Результаты интерпретации ГИС (РИГИС) используются при построении 3D модели для распространения свойств – построения кубов фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС).

5. Отбивки флюидных контактов в скважинах – используются для построения карт флюидных контактов и геометризации залежей. Интервалы перфорации, результаты испытаний и работы скважин, гидродинамического каротажа используются для обоснования и корректировки положения флюидных контактов.

6. Даты бурения и ввода скважин в добычу (под закачку), карты накопленных отборов и закачки – используются при отборе скважин с неискаженными влиянием разработки величинами начальной насыщенности  $K_n$ .

7. Сейсмические данные. Структурные карты и поверхности нарушений по данным сейсморазведки, бурения и других методов

используются для формирования структурного каркаса. Карты или кубы сейсмических атрибутов используются для распространения ФЕС в межскважинном пространстве.

8. Уравнения петрофизических зависимостей «кern-кern» (например,  $LgK_{пр} = f(K_{п})$ ) и «кern-ГИС» (например,  $K_{п} = f(\alpha_{пс})$ ), средние и граничные (min, max) значения коллекторских свойств, кривые капиллярного давления – получаются по результатам совместной интерпретации данных керна и ГИС, используются для расчета ФЕС с учетом литотипов, построения модели переходной зоны.

9. Количественные (определения  $K_{п}$ ,  $K_{пр}$ ,  $K_{в}$ ) и качественные (описания) исследования керна. Применяются при настройке данных ГИС для последующей массовой интерпретации, а также при создании концептуальной модели.

10. Общие и геологические данные:

– карты эффективных и нефтенасыщенных толщин 2D (из отчета по подсчету запасов) – используются для контроля качества построения и, если требуется, корректировки 3D-модели. Сводная таблица подсчетных параметров и запасов УВ (из отчета по подсчету запасов) используется для контроля качества построения и, если требуется, корректировки 3D-модели.

– Топоснова, полигоны лицензии, ВНК, нарушений, зон замещения и выклинивания, водоохраннх зон, категорий запасов (из отчета по подсчету запасов) – используются в качестве исходных данных для двумерного картопостроения и 3D-моделирования, для контроля качества построения и, если требуется, корректировки 3D-модели. Как правило, эта информация сводится на совмещенную схему изученности, которая является базовой картой (basemap) при создании модели.

– Текст отчета по подсчету запасов (проектного документа), отчеты по изучению недр являются той фактологической базой, на которой базируется оценка запасов и построение модели. Поскольку основной опорной информацией для построения модели являются данные результатов исследований по ГИС, рассмотрим наиболее распространенные виды интерпретации ГИС, используемые при создании моделей. Поточечная непрерывная интерпретация используется в зарубежных (в большей степени) и российских программных пакетах интерпретации. Оценка геофизических параметров и ФЕС выполняется по всему разрезу с шагом

дискретизации каротажных измерений. Оценка геофизических параметров и ФЕС выполняется для относительно однородных интервалов разреза, обычно толщиной от 0,4 до 4 м. Применяется и упрощенный подход при попластовой обработке ГИС – оценка ФЕС только в коллекторах, в неколлекторах значения не определяются. К сожалению, данный подход до сих пор достаточно широко распространен как стандартный при подсчете запасов, что не позволяет полностью использовать весь арсенал методов моделирования при построении моделей.

Поинтервальная или поточечная непрерывная интерпретация по разрезу с выделением литотипов пород – наиболее оптимальный для построения полноценной геологической модели вариант интерпретации ГИС, который целесообразно фиксировать в техническом (геологическом) задании на интерпретацию данных каротажа. Как правило, данные, собранные из различных источников, загружаются в программный продукт моделирования, где создается новый рабочий проект. Большинство современных пакетов геологического моделирования (Petrel, IRAP RMS, Gocad) имеют файловую организационную структуру. Типовой состав модулей программного пакета геологического моделирования представлен на рисунке 8.1.

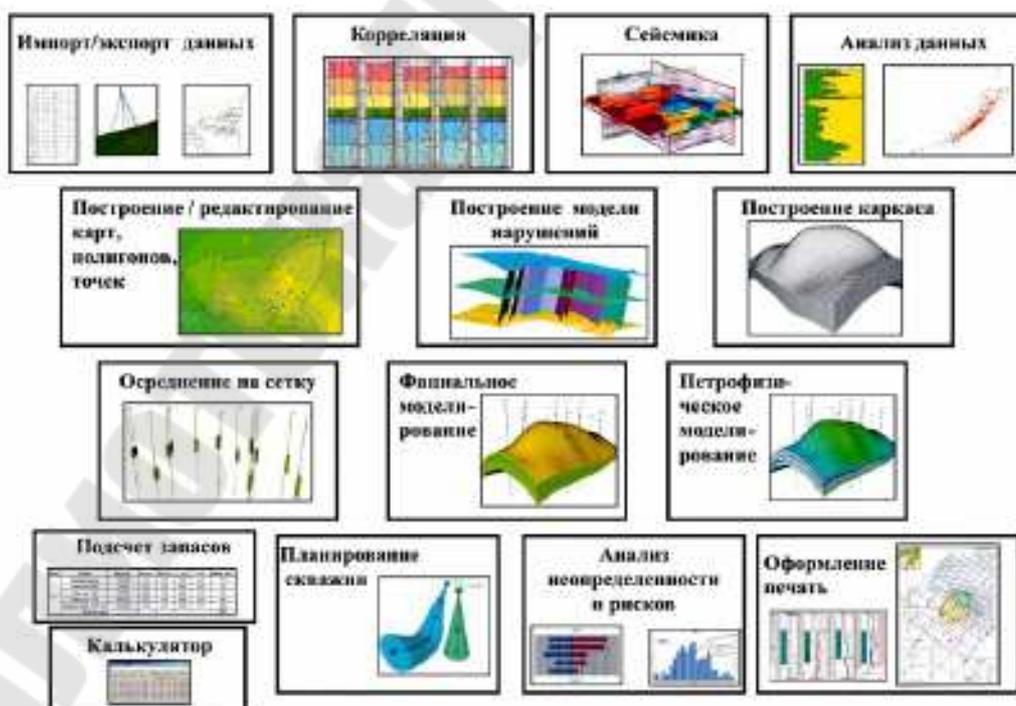


Рис. 8.1. Типовой состав модулей программного пакета геологического моделирования (по К.Е. Закревскому, 2009)

Одним из вопросов моделирования является выбор границ проекта моделирования. Как правило, в плане границы участка моделирования выбираются на основе исходных данных – на 1,5–2 км шире границ внешнего контура нефтеносности или границ лицензии. Выбор границ моделирования в разрезе определяется, с одной стороны, целевым геологическим заданием и условиями горного отвода, с другой – возможностями используемой техники и программного пакета. В некоторых случаях, после консультаций с гидродинамиками, возникает необходимость моделирования соседних выше или нижезалегающих пластов, даже если они водоносные. В независимости от компьютерных программ есть обязательные правила для инженеров-гидродинамиков, занимающихся моделированием резервуаров, составленных одним из крупнейших специалистов в этой области – Х. Азизом (K. Aziz, 1989):

1. Сформулируйте задачу и определите цели исследования. Перед началом моделирования изучите геолого-физические характеристики пласта и насыщающих его флюидов, а также их динамическое поведение. Прежде всего ясно определите и зафиксируйте цели исследования. Оцените, насколько эти цели реалистичны. Все это поможет выбрать наиболее подходящую модель для исследования.

2. Упрощайте. Используйте наиболее простые модели, отражающие природу пласта, цели исследования и имеющиеся данные. Простые аналитические модели или балансовые расчеты для одиночного блока, на которых основана классическая разработка пластов, – зачастую, это все, что необходимо. В то же время, наиболее сложные из доступных моделей могут не отвечать конкретным потребностям. Следует учитывать возможности и ограничения модели.

3. Оценивайте степень взаимодействия различных элементов системы. Пласт не является изолированным объектом. Он может сообщаться с водонапорной системой и через нее – с другими пластами. Кроме того, пласт сообщается через скважины с наземными сооружениями. Изоляция различных компонентов системы при проведении отдельного исследования часто приводит к неверным результатам из-за пренебрежения взаимодействием различных элементов единой системы. Однако, если возможно, не бойтесь разбивать большую проблему на части. Это приведет не только к

значительной экономии, но и к лучшему пониманию сложных механизмов.

4. Не думайте, что больше – всегда лучше. Объем исследования всегда ограничивается вычислительными ресурсами или бюджетом. Инженеры, которые занимаются моделированием, часто полагают, что ни один компьютер не позволяет моделировать именно ту задачу, которую они считают нужным рассматривать, поэтому они просто стремятся увеличивать размерность модели в соответствии с имеющимися вычислительными мощностями. Но увеличение числа расчетных блоков и компонентов не приводит автоматически к увеличению точности и достоверности. В действительности, в некоторых случаях верно обратное. Поэтому необходимо обоснованно определять количество расчетных блоков, используемое в каждом исследовании.

5. Доверяйте здравому смыслу. Помните, что моделирование не является точной наукой. Все модели основаны на предположениях и дают только приближенные решения реальных задач. Следовательно, только хорошее понимание задачи и модели – необходимое условие успеха. Численная аппроксимация может привести к таким «псевдофизическим» феноменам, как численная дисперсия. Используйте свой здравый смысл и опыт, особенно если он основан на анализе промысловых и лабораторных наблюдений. Внимательно проверяйте входные и выходные данные. Проводите простые расчеты методом материального баланса, чтобы проверить результаты расчетов. Уделяйте особое внимание нереальным значениям физических параметров.

6. Не ожидайте от модели больше, чем она может дать. Часто самое большое, что можно получить в результате исследования, – это лишь некоторые указания для относительного сопоставления доступных вариантов. В других случаях можно ожидать гораздо большего, но, не учитывая какой-либо физический механизм при построении модели, нельзя изучить его влияние на процессы в пласте с использованием данной модели.

7. Проблема корректировки параметров при воспроизведении истории. Всегда подвергайте сомнению подбор данных при воспроизведении истории. Помните, что эта задача имеет не единственное решение. Самое разумное решение будет получено только в результате тщательного анализа его приемлемости с физической и геологической точки зрения. Хорошее совпадение

истории при нереальных значениях корректируемых параметров приведет к плохому прогнозу. Хорошее качество воспроизведения истории не всегда гарантирует достоверный прогноз.

8. Не сглаживайте крайности. Уделяйте внимание крайним значениям проницаемости (барьерам и каналам). Будьте внимательны при осреднении для того, чтобы не потерять важную информацию о крайних значениях. Никогда не усредняйте крайние значения.

9. Уделяйте внимание масштабам измерения и использования параметров. Величины, измеренные на масштабе керна, не могут непосредственно применяться на масштабах более крупных блоков, однако эти данные должны быть обязательно учтены при определении значений параметров на других масштабах. Осреднение может изменить природу усредняемого параметра. Например, проницаемость может быть скаляром на некоем малом масштабе и тензором на большем масштабе. Даже смысл капиллярного давления и фазовых проницаемостей может различаться на разных масштабах. Кроме того, вследствие осреднения в уравнениях фильтрации может появиться дисперсионное слагаемое.

10. Не скупитесь на необходимые лабораторные исследования. Модели не заменяют хороших лабораторных экспериментов, которые ставятся для приобретения понимания природы моделируемого процесса или для измерения значимых параметров уравнений, которые решаются при моделировании. Планируйте лабораторную работу с учетом разумного использования полученной информации. Научитесь тому, как масштабировать данные.

В процессе разработки месторождений нефти и газа возможно изменение фильтрационно-емкостных свойств пород, слагающих углеводородный резервуар, что также осложняет адаптацию. При проектировании структуры компьютерной модели данных, необходимо:

- учесть функциональные возможности компьютерных программ;
- использовать имеющиеся нормативные документы;
- применить уже сформировавшиеся правила выполнения той или иной конкретной работы (или создать новые правила).

Цифровое описание должно удовлетворять следующим основным требованиям:

- обеспечивать возможность и оптимальность представления (а также наглядность и выразительность) в цифровой форме всей информации;
- определять структуру и содержание пространственной информации;
- включать в цифровое описание объектное представление пространственной информации (данные о местоположении объектов, их форме и размерах) с необходимой точностью, полнотой и достоверностью.

## Литература

1. Аверин, В.Н. Компьютерная инженерная графика: Учебное пособие / В.Н. Аверин. – М.: Academia, 2019. – 208 с.
2. Аверин, В.Н. Компьютерная инженерная графика: Учебное пособие / В.Н. Аверин. – М.: Academia, 2018. – 352 с.
3. Аристов, В.М. Инженерная графика: Учебное пособие для вузов / В.М. Аристов, Е.П. Аристова. – М.: Альянс, 2016. – 256 с.
4. Березина, Н.А. Инженерная графика: Учебное пособие / Н.А. Березина. – М.: Альфа-М, НИЦ Инфра-М, 2012. – 272 с.
5. Большаков, В.П. Инженерная и компьютерная графика: Учебное пособие / В.П. Большаков, В.Т. Тозик, А.В. Чагина. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 288 с.
6. Букринский В.А. Геометрия недр: Учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГГУ, 2002.
7. Гальянов А. В. Развитие научных идей в горном деле. Геометрия недр: научная монография / А. В. Гальянов; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. – 315 с.
8. Геометрия недр (Горная геометрия): Учеб. для вузов / В.М. Калинин, Н.И. Стенин, И.И. Тупикин, И.Н. Ушаков; Под ред. В.М. Калинин и И.Н. Ушакова. – Новочеркасск, НОК, 2000.
9. Елкин, В.В. Инженерная графика: Учебник / В.В. Елкин. – М.: Academia, 2017. – 574 с.
10. Игнатов Юрий Михайлович. Геоинформационные системы в горном деле: учеб. пособие [Электронный ресурс]: для студентов очной формы специальности 130402 У Маркшейдерское дело / Ю. М. Игнатов. – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ, 2012. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); Зв.; цв.; 12 см. – Систем. требования: Pentium III; ОЗУ 64 Мб; Windows 2000; (CD-ROM-дисковод); мышь. – Загл. с экрана.
11. Королев, Ю. Инженерная графика: Учебник для вузов. Стандарт третьего поколения / Ю. Королев, С. Устюжанина. – СПб.: Питер, 2013. – 464 с.
12. Королев, Ю.И. Инженерная и компьютерная графика. Учебное пособие. Стандарт третьего поколения / Ю.И. Королев. – СПб.: Питер, 2019. – 384 с.
13. Крундышев, Б.Л. Инженерная графика: Учебник / Б.Л. Крундышев. – СПб.: Лань, 2016. – 392 с.

14. Курс лекций по инженерной графике [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королёва (нац. исслед. ун-т). Авт. – сост.: С.А. Карева, С.С. Комаровская, А.О. Чевелева; 2013.

15. Полежаев, Ю.О. Инженерная графика: учебник / Ю.О. Полежаев. – М.: Academia, 2016. – 826 с.

16. Попов В.П., Бадамсурэн Х., Буянов М.И., Руденко В.В. Квалиметрия недр: Учеб. пособие для вузов. – М.: Изд-во Академии горных наук, 2000.

17. Сорокин, Н.П. Инженерная графика: Учебник / Н.П. Сорокин, Е.Д. Ольшевский, А.Н. Заикина и др. - СПб.: Лань, 2016. – 392 с.

18. Тимофеев, В.Н. Инженерная графика. Часть 1 / В.Н. Тимофеев, Г.И. Акимкина, Ю.Ю. Демина и др. – М.: МГИУ, 2010. - 196 с.

19. Третьякова, О.Г. Инженерно-геологическая графика : учебное пособие / О.Г. Третьякова, М.Ф. Третьяков. – Якутск : Издательский дом СВФУ, 2019. – 108 с.

20. Трофимов А. А. Основы горной геометрии. – М.: «Изд. МГУ», 1980.

21. Фазлулин, Э.М. Инженерная графика: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Э.М. Фазлулин, В.А. Халдинов. – М.: ИЦ Академия, 2008. – 400 с.

**Абрамович Ольга Константиновна**

## **ИНЖЕНЕРНАЯ ГОРНАЯ ГРАФИКА**

**Пособие**

**для слушателей специальности переподготовки  
9-09-0724-01 «Разработка и эксплуатация  
нефтяных и газовых месторождений»  
заочной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку  
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного  
учебно-методического документа 15.09.24.

Рег. № 29Е.

<http://www.gstu.by>