

Лекция 8

ДАННЫЕ ДЛЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Подготовка и выбор исходных данных, используемых в расчетах устойчивости откосов - наиболее важный и ответственный этап при решении геомеханических задач.

Перечень и объем исследований устанавливает специализированная организация. На достоверность и надежность полученных результатов влияет ряд объективных и организационных факторов:

- ✓ наличие согласованного проекта на изыскательские работы и его финансирование, уровень компетентности исполнителей;
- ✓ сложность геологического строения месторождения;
- ✓ качество и полнота геологоразведочных работ в приконтурных и придонных зонах будущего карьера, совместность их выполнения с инженерно-геологическими изысканиями.

Если не учитывать кем и по какой методике получены исходные данные, то можно допустить серьезные просчеты, которые не компенсируют и повышенные коэффициенты запаса.

На стадии проектирования карьера все исходные данные получают изучая керны, извлекаемые из геологических и инженерно-геологических скважин. При наличии на месторождении подземных выработок и в условиях нагорных месторождений можно получить некоторый объем дополнительной информации (отбор образцов и структурную съемку обнажении горных пород на поверхности, в подземных выработках).

Однако и в этих случаях нельзя рассчитывать на полноту получаемых исходных данных, так как вскрыть все нарушения сплошности массива сравнительно редкой сеткой разведочных и изыскательских скважин практически невозможно. Поэтому инженерно-геологические условия месторождения необходимо изучать поэтапно и корректировать параметры откосов в процессе разработки месторождения.

При характерных для карьеров скоростях понижения горных работ (10-15 м/год) сроки стояния бортов высотой более 300 м в предельном положении составят 30—50 лет. В течение этого времени предохранительные и транспортные бермы должны сохранять нормативную ширину, обеспечивающую механизированную зачистку их от осыпей. В действительности это требование на большинстве глубоких карьеров не выполняют. Основная причина — некачественная заоткоска уступов и разрушение пород приконтурной зоны взрывами.

В условиях рыхлых пород углы откосов уступов с большим сроком стояния не должны превышать величины углов естественного откоса этих пород, так как после потери связности частицы породы будут удерживаться на поверхности откоса силой трения. Возможна лишь эрозия поверхности откосов. Но рыхлые породы склонны к потере сопротивляемости сдвигу во времени из-за снижения механических характеристик и ползучести. Основным видом деформирования откоса с длительным сроком стояния - оползни.

Следовательно при изучении крепких пород основное внимание должны уделять их структуре и склонности к выветриванию, а слабых пород - их длительной прочности.

При прогнозировании инженерно-геологических условий на длительный период существования бортов карьеров необходимо учитывать изменение напряженно-деформированного состояния массива горных пород после проведения выработок.

Оно обусловлено как природными, так и горнотехническими факторами. Выемку в массиве скальных пород устраивают буровзрывным способом и это не может не влиять на структуру и прочность приконтурного массива. Но если даже не учитывать дробящего и сейсмического действия взрывов, изменение напряженно-деформированного состояния пород будет существенным в результате разгрузки массива и обнажения пород приконтурной зоны.

Под действием сил разгрузки происходит раскрытие трещин, расслоение пород, что приводит к потере связей по этим поверхностям и способствует проникновению агентов выветривания в глубь массива.

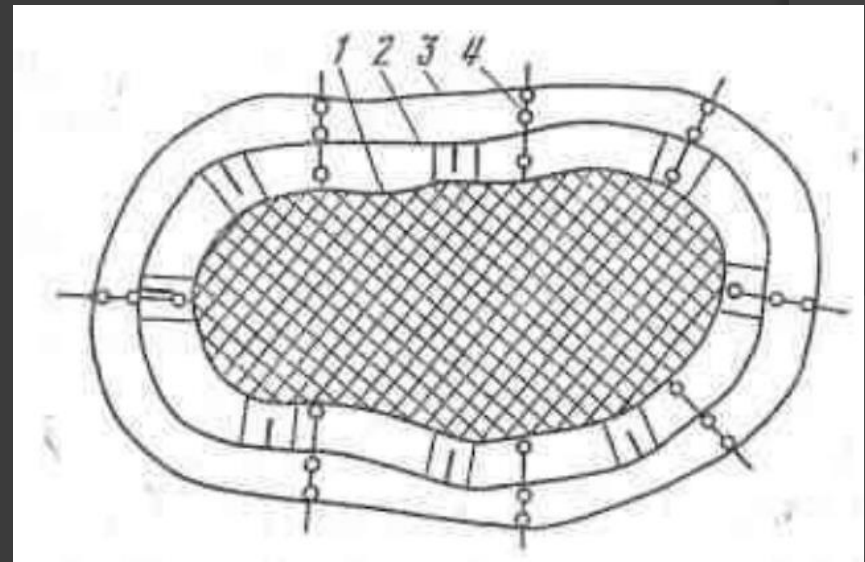
При наличии зон дробления и тектонической нарушенности пород, неблагоприятно ориентированных к направлению простирания бортов и подземных горных выработок, развиваются деформации ползучести. При склонности горных пород к выветриванию, на поверхности откосов, особенно в зоне их верхних бровок, развиваются деформации осыпания пород, результатом которых является сработка предохранительных берм.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Геологическая документация, предназначенная для решения геомеханических задач, должна включать:

- план (геологическую карту) месторождения и приконтурной полосы;
- характерные геологические разрезы приконтурной полосы, построенные в направлении, перпендикулярном к простиранию участка борта будущего карьера;
- геологические колонки разведочных скважин с детальным описанием керна для основных геологических комплексов горных пород.

На план наносят литологические разновидности пород и границы между ними, зоны разломов, тектонические нарушения и протяженные трещины, дизъюнктивы, контакты между геологическими комплексами и слоями пород, указывают элементы залегания (азимуты и углы падения) всех поверхностей ослабления массива.



Планы (и разрезы) месторождения с нанесением геологической ситуации должны составлять по возможности в более крупном масштабе.

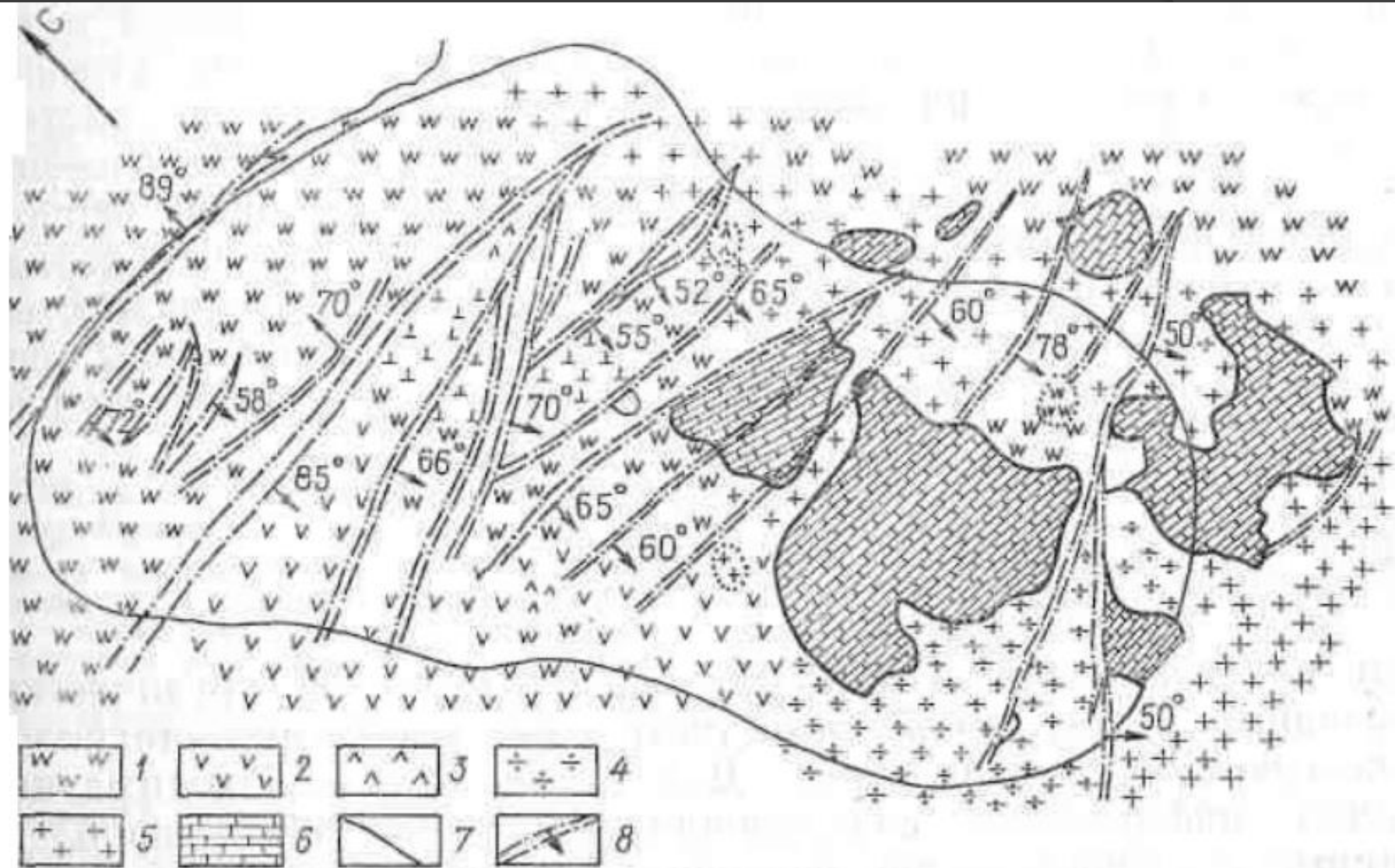
На геологические разрезы наносят инженерно-геологические комплексы горных пород с четким их разграничением по литологическому составу и свойствам.

В слоистых массивах указывают углы падения слоев, выделяют наиболее слабые контакты, слои или прослои. Наносят все обнаруженные разведкой крупные поверхности ослабления массива и указывают углы их падения.

К крупным поверхностям ослабления относят только те из них, которые влияют на устойчивость борта в целом или ее части. Системы трещин обычно учитывают только для определения размеров элементарных блоков и оценки устойчивости уступов.

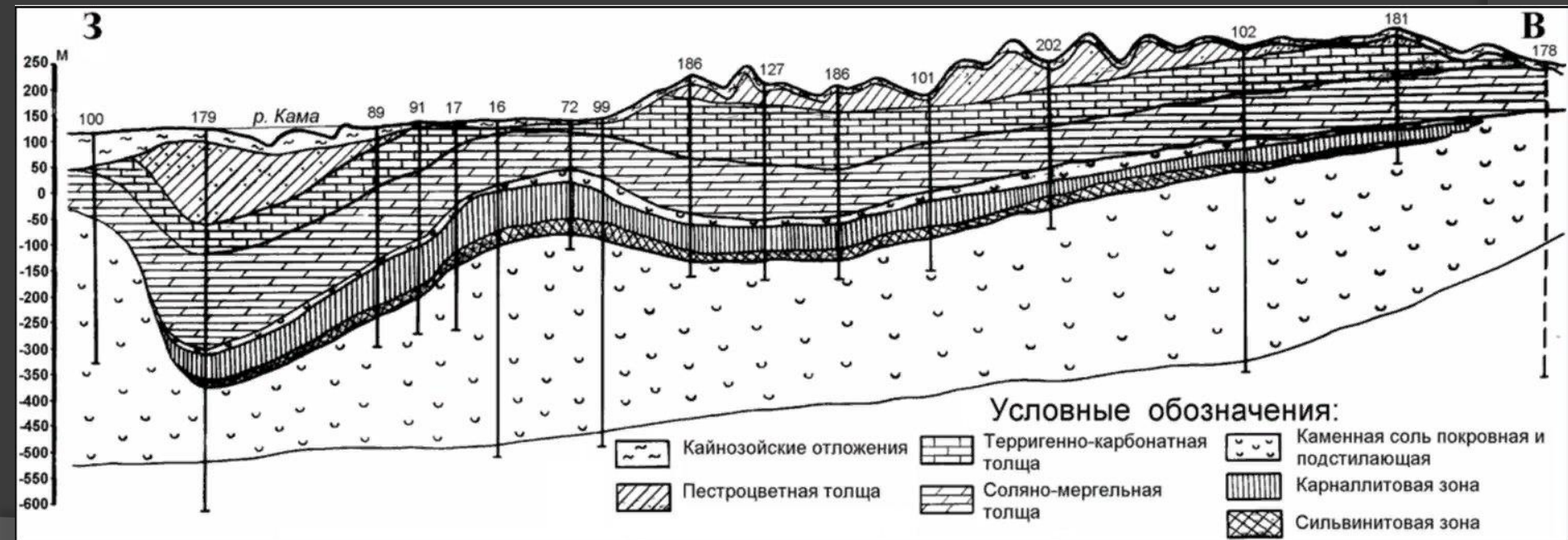
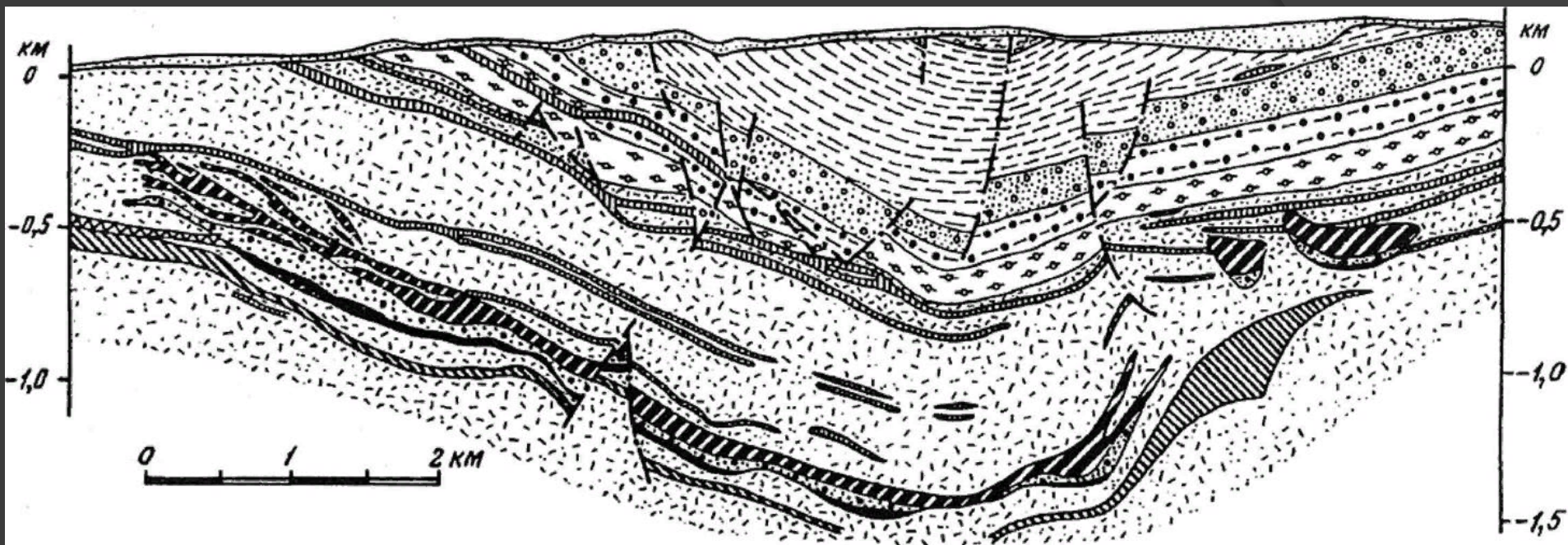
При наличии водоносных горизонтов указывают их положение в разрезе, напоры, уровень грунтовых вод относительно поверхности земли.

На разрезах показывают также мощность четвертичных отложений (наносов), их состав и степень обводненности.





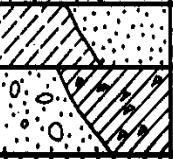

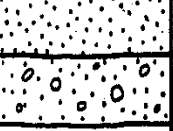
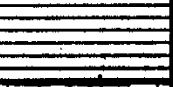
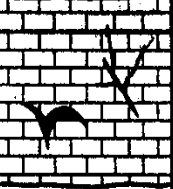
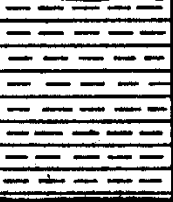
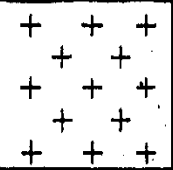
Структурно-геологическая карта поля Кургашинканского карьера:

1 — сиепито-диориты; 2 — диориты; 3 — сиепиты; 4 — гранодиоритпорфиры; 5 — кварциты; 6 — известняки; 7 — контур карьера; 8 — разломы и зоны дробления с углами их падения



Геологические планы - основа для составления механической модели разрушения откоса, чем точнее нанесена геологическая ситуация, тем надежнее прогноз устойчивости откоса.

Геологические колонки разведочных скважин – основной источник информации о составе горных пород строении массива, его структуре, свойствах. От количеств, разведочных скважин, полноты извлечения керна и его изучения зависит точность геологических разрезов и их взаимная увязка в пространстве. При бурении разведочных и инженерно-геологических скважин особое внимание должны уделять полноте отбора керна из нарушенных зон или при невозможности его извлечения – описанию литологического состава разрушенных пород и их состояния. По ориентированному керну определяют степень трещиноватости и нарушенности пород — количество систем трещин, элементы их залегания, элементы залегания других поверхностей ослабления массива. В эксплуатационный период эти данные уточняют. При значительных расхождениях в первоначальных и уточненных элементах залегания поверхностей ослабления, особенно в углах падения этих поверхностей требуется корректировка проектных параметров бортов и уступов

Геологический возраст				Колонка	Мощность, м	Краткое описание горных пород
Эра	Период	Эпоха	Стратиграфический индекс			
Кайнозойская (КЗ)	Четвертичный (Q)	Современная	aQ ₄		2-15	Супеси: серая заторфованная, бурая, рылая; или серый с органическими остатками; песок кварцевый мелкий, крупный и с гравием
			dQ ₄		1-6	Супесь серая заторфованная; песок пылеватый
			pQ ₄		2-4	Песок мелкий с глыбами и дресвой; щебень с сушлистым заполнителем
		Поздняя	aQ ₃		6-19	Сушлинок бурый плотный; супесь желтая
			fgQ ₁		1-22	Песок средней крупности
Палеозойская (PZ)	Камеиугольный (C)	Ранняя	C ₃		6-10	Глина черная плотная
		Поздняя	C ₁		2-62	Известняк трещиноватый, в отдельных местах закарстованный
		Ранняя	D ₃		4-46	Ареиллит серый, в отдельных местах слабо трещиноватый
Протерозойская (PR)	Девонская (D)	Поздняя	γPR		> 10	Гранит крупнокристаллический трещиноватый, выветрелый в кровле массива

СОСТАВ И ОБЪЕМ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Достоверность и надежность инженерно-геологических данных зависит не от общего объема исследования, а от их целенаправленности. Практическая ценность получаемых результатов тем выше, чем полнее исследованы ослабленные и нарушенные участки. Общий объем бурения скважин зависит от сложности геологического строения месторождения и его размеров. Конкретные объемы изыскательских работ должны определять на основе геологической документации. Обычно залежь полезного ископаемого оконтуривают большим числом разведочных скважин, но в ряде случаев приконтурная полоса, в которой будут отстраиваться нерабочие борта, остается не исследованной. С целью сокращения до минимума объема бурения дополнительных (изыскательских) скважин, на геологические разрезы, построенные для нормальных (относительно простирания борта будущего карьера) сечении, наносят профили участков бортов, определяют положение потенциальной поверхности скольжения и выявляют состояние изученности горных пород в границах потенциальной призмы обрушения.

Отбор характерных геологических разрезов позволяет районировать участки бортов карьера по сходности инженерно-геологических условий и сосредоточить на них дальнейшие изыскания.

На стадии детальной разведки месторождения и проектирования карьера, в результате изучения керна геологических и инженерно-геологических скважин, получают предварительные инженерно-геологические данные, включающие:

- литологический состав, геологическое строение и структуру горных пород, их выдержанность в характерных разрезах;
- физико-механические свойства образцов горных пород (в монолите и по контактам), характеризующие весь прибортовой массив;
- размеры зон выветривания, дробления, смятия, аномального залегания пород;
- количество основных систем трещин и элементы их залегания, интенсивность трещиноватости пород;
- встреченные скважинами тектонические нарушения и крупные трещины, элементы их залегания;
- состояние поверхностей напластования, трещин, наличие, состав, свойства и мощность заполняющего их материала;
- мощность и состав покровных отложений;
- гидрогеологические условия.

ИЗУЧЕНИЕ ТРЕЩИНОВАТОСТИ И ОБЩЕЙ НАРУШЕННОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

На месторождениях, сложенных скальными и полускальными породами, на устойчивость уступов влияет трещиноватость пород.

Трещины имеют в основном генетическое или тектоническое происхождение.

На любом месторождении можно выделить несколько систем различно ориентированных трещин с падением от 0 до 180° .

Максимально ослабляют массив тектонические подвижки вдоль контактов, слоев или трещин. В результате таких подвижек утрачивается сцепление, а поверхность контактов становится «зеркальной» с низким коэффициентом трения.



После проведения горной выработки на откосах и бермах могут образоваться вторичные трещины в результате: разгрузки массива, выветривания пород, сейсмических и динамических воздействий на уступ.

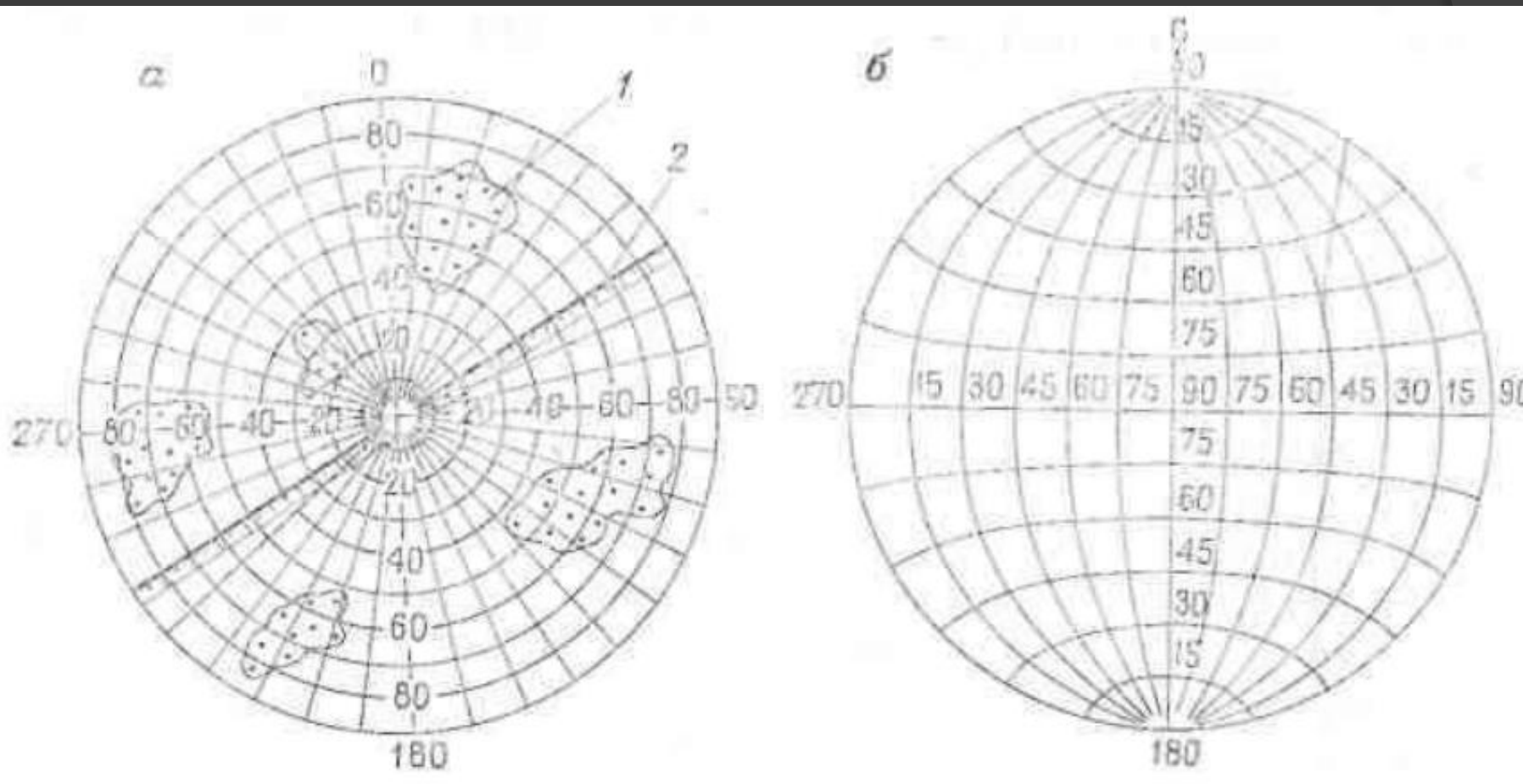
Различают трещины: плоские и волнистые, гладкие и шероховатые, открытые и сомкнутые, с заполнителем и без него, нормальносекущие и кососекущие.

На действующем карьере трещины замеряют на верхних горизонтах по мере вскрытия. После того, как выявлены все системы трещин (обычно их число в среднем составляет 4-6), на нижележащих горизонтах проводят контрольные замеры. Одновременно фиксируют элементы залегания слоев пород и тектонических нарушений.

Кроме замера элементов залегания поверхностей ослабления, фиксируют их количество па 1 м протяженности массива в направлении перпендикулярном простиранию трещин, описывают состояние контактов (ширину, шероховатость, прямолинейность, наличие заполнителя), определяют форму и замеры блоков.

Для прогнозирования деформации уступов, вызываемых той или иной системой трещин, результаты замеров обрабатывают с использованием полярных и меридиональных сеток.

Вначале на кальку, наложенную на трафарет полярной сетки, наносят все обнаруженные трещины по элементам их залегания. Азимут падения отсчитывают по оцифровке на большом круге сетки, а угол падения по вертикальному или горизонтальному диаметру сетки.



Условно трещину обозначают точкой, которая является стереопроекцией прямой, лежащей в плоскости трещины в направлении ее падения. Близлежащие трещины объединяют в системы. Обычно в каждой системе наблюдается разброс $\pm 10\text{—}15^\circ$ от центра, поэтому систему характеризуют полюсом, лежащим в центре тяжести системы. В результате получают диаграмму полюсов трещин.

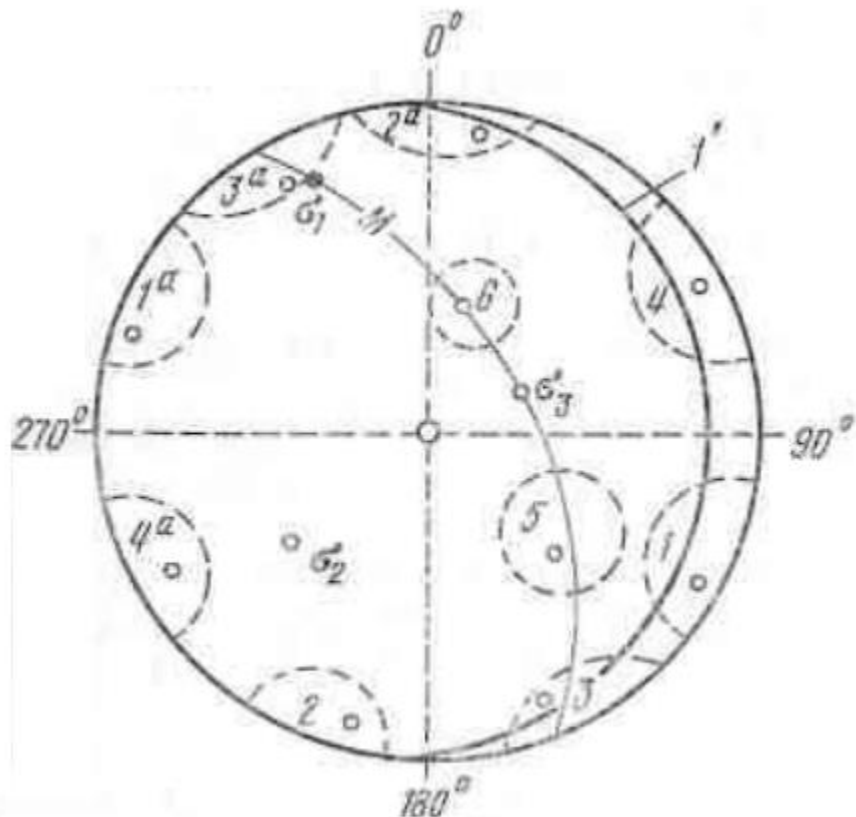


Диаграмма полюсов (1—6) систем трещин

Диаграмма трещиноватости пород отражает элементы залегания контактов между слоями и указанных трещин, что дает возможность прогнозировать устойчивость откосов с учетом комплексного влияния всех поверхностей ослабления массива.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Возможны три варианта разработки месторождений:

- без подземных вод в границах обрабатываемой толщи пород;
- в предварительно осушенном массиве;
- с подземными водами.

Нормальная работа горного предприятия обеспечивается при двух первых вариантах. Однако не всегда удастся избежать влияния воды, особенно если водоносные горизонты залегают ниже отметки дна карьера и характеризуются высокими напорами. При наличии во вскрышной толще глинистых пород они являются водоупорами и способствуют образованию водоносных горизонтов за счет инфильтрации атмосферных осадков.

Гидрогеологические исследования на стадии разведки месторождения направлены на выявление степени обводненности пород, ее влияния на устойчивость откосов и технологические процессы.

Цель проведения гидрогеологических исследований и режимных наблюдений - получение следующих основных сведений:

- 1) числа, мощности и состава водоносных горизонтов и разделяющих водоупоров, положения их в плане и разрезе,
- 2) данных о поверхностных водоемах и реках и их связи с подземными водами;
- 3) условий питания, разгрузки и взаимосвязи основных водоносных горизонтов;
- 4) физических и водных свойств водоносных и водоупорных пород;
- 5) уровня режима водоносных горизонтов,
- 6) фильтрационных параметров водоносных горизонтов, а в ряде случаев и относительных водоупоров;
- 7) химизма вод, температуры.

В результате проведения гидрогеологических исследований составляют схему гидрогеологического строения месторождения: число и мощность водоносных горизонтов, состав и свойства водоносных пород, условия их залегания в плане уровни выделенных водоносных горизонтов, ориентировочные сведения о степени взаимодействия выделенных водоносных горизонтов, а также об условиях их питания, в частности их связи с поверхностными водами).

Гидрогеологическую схему используют для составления проекта опытно-фильтрационных работ (кустовых и одиночных откачек) с целью определения фильтрационных параметров выделенных водоносных горизонтов (водопроницаемости, коэффициентов фильтрации пород, водоотдачи и т.д.), взаимосвязи между смежными водоносными горизонтами, характеристик связи их с поверхностными водами.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

Определение прочностных характеристик дисперсного грунта методом одноплоскостного среза

Цель работы: ознакомиться с методикой определения угла внутреннего трения и удельного сцепления в одноплоскостном срезном приборе

Работа выполняется в соответствии с ГОСТ 12248-2010 «Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.»

Испытание грунта методом одноплоскостного среза проводят для определения угла внутреннего трения φ и удельного сцепления c для песков (кроме гравелистых и крупных), глинистых и органо-минеральных грунтов. Эти характеристики определяют по результатам испытаний образцов грунта в одноплоскостных срезных приборах с фиксированной плоскостью среза путем сдвига одной части образца относительно другой его части горизонтальной нагрузкой при предварительном нагружении образца нагрузкой, нормальной к плоскости среза. Сопротивление грунта срезу определяют как предельное среднее касательное напряжение, при котором образец грунта срезается по фиксированной плоскости при заданном нормальном напряжении. Для определения частных значений φ и c необходимо провести не менее трех испытаний идентичных образцов при различных значениях нормального напряжения.

Испытания проводят по следующим схемам:

- консолидированно-дренированный (медленный) срез – для песков, глинистых и органо-минеральных грунтов независимо от их коэффициента водонасыщения для определения эффективных значений φ' и c' .

- неконсолидированный быстрый срез – для водонасыщенных глинистых и органо-минеральных грунтов, имеющих показатель текучести $I_L \geq 0.5$, и просадочных грунтов, приведенных в водонасыщенное состояние замачиванием без приложения нагрузки, для определения φ и c в нестабилизированном состоянии.

Для испытаний используют образцы грунта ненарушенного сложения с природной влажностью или в водонасыщенном состоянии или образцы нарушенного сложения с заданными значениями плотности и влажности (в том числе при полном водонасыщении), или образцы, отобранные из массива искусственно уплотненных грунтов.

Образцы должны иметь форму цилиндра диаметром не менее 70 мм и высотой от $1/3$ до $1/2$ диаметра. Максимальный размер фракции грунта (включений, агрегатов) в образце должен быть не более $1/5$ высоты образца.

Оборудование и материалы:

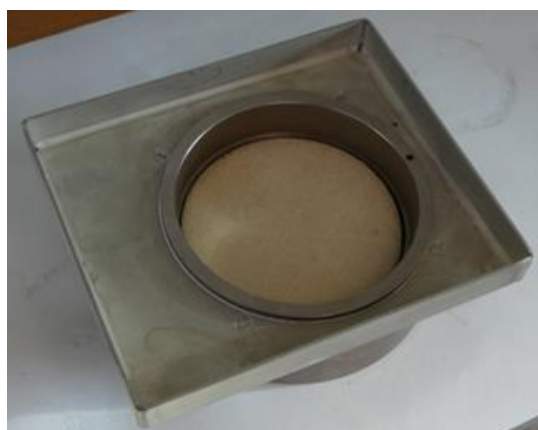
Автоматизированный комплекс для испытаний грунтов АСИС (устройство одноплоскостного среза).



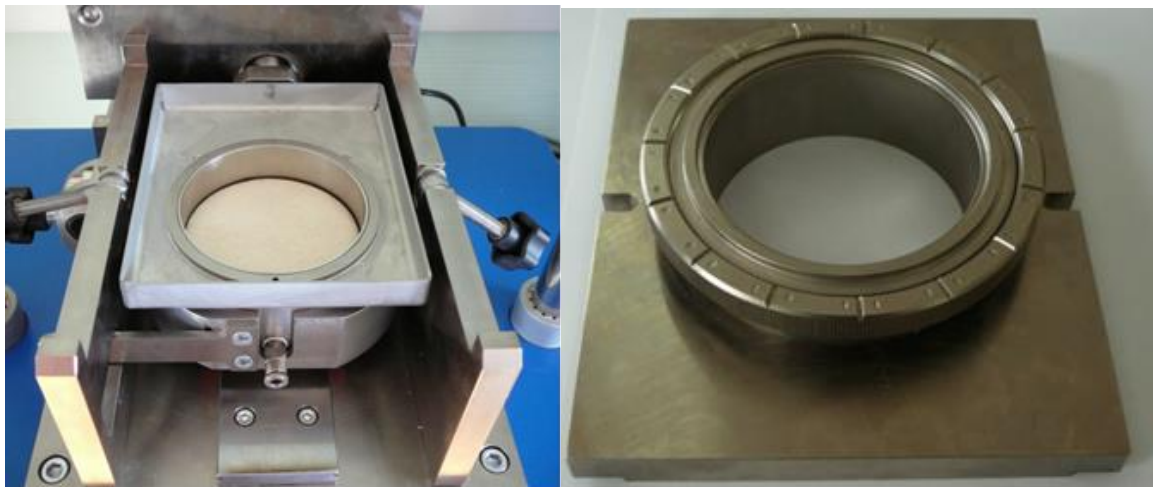
Подготовка к испытанию.

Из монолита грунта кольцом-пробоотборником отбирают образец грунта, не допуская его нарушения. Края образца выравнивают вровень с краями образца. Кольцо с грунтом взвешивается.

Собирают устройство одноплоскостного среза. В нижнюю часть сдвиговой каретки установить каменный фильтр. В нижнюю часть сдвиговой каретки устанавливается маленькое срезное кольцо.



Установить нижнюю часть каретки в срезной механизм, задвинув до упора, и зафиксировать ее, закрутив накладную гайку. В верхнюю плиту сдвиговой каретки по направляющей установить регулировочное кольцо.



Плиту с регулировочным кольцом ровной поверхностью вперед установить на срезной механизм. Вращая регулировочное кольцо против часовой стрелки создать зазор 1 – 2 мм между плитой и регулировочным кольцом с метками. Вращая регулировочное кольцо по часовой стрелки довести его до касания с плитой каретки и совместить нулевую метку на регулировочном кольце с меткой на плите каретки. Далее вращая регулировочное кольцо по часовой стрелки совместить метку на плите с требуемым значением на регулировочном кольце – 0,5 мм для глинистых грунтов и 1 мм для песчаных грунтов



Предварительно подготовленный образец связного грунта, вырезанный кольцом из монолита покрыть с торцов фильтровальной бумагой и установить кольцо с грунтом в срезной механизм. Сверху на образец установить каменный фильтр и металлический штамп. Надавить на металлический штамп и передать образец грунта из большого кольца в малое. Как только образец

грунта будет полностью передавлен металлический штамп встанет вровень с регулировочным кольцом.



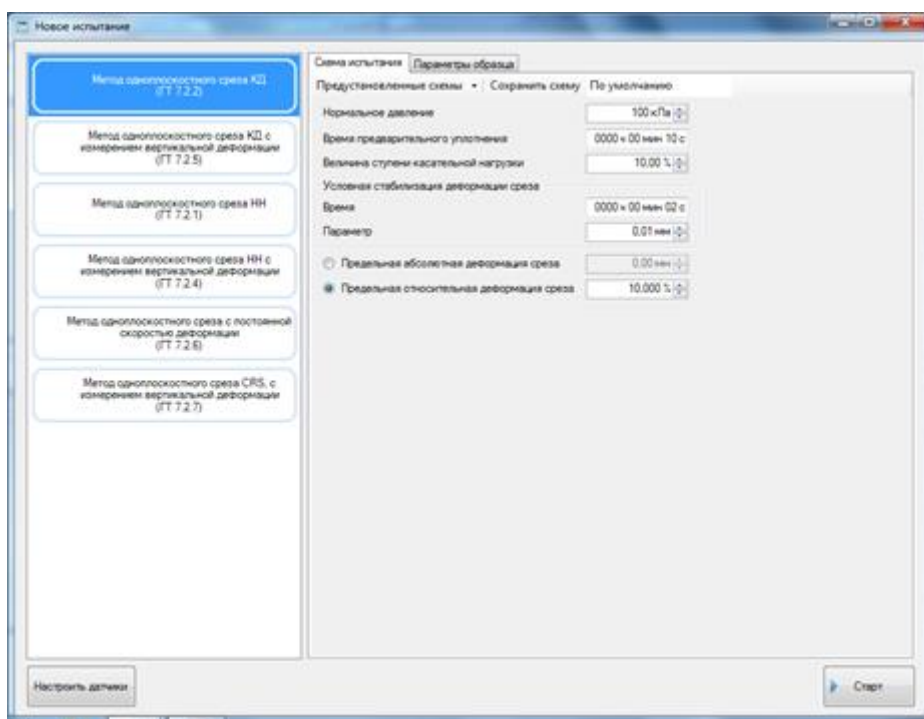
Установить верхний штамп в крышку срезной каретки. На шток верхнего штампа надеть держатель датчика перемещений и зафиксировать его винтом. В держатель датчика перемещений установить датчик вертикальной деформации и закрепить его в держателе винтом. Крышку в собранном состоянии со штампом, держателем и датчиком установить на каретку, в пазы на крышке вставить откидные винты и затянуть на них гайки. Выкрутить винт датчика силы и довести его до касания с шариком на штоке верхнего штампа.



Проведение испытания.

Открыть программу АСИС 3.3 и в главном окне программы выбирать устройство, на котором будем проводить испытание. В открывшемся окне «Новое испытание» нажимать кнопку «Настроить датчики». В открывшемся окне настройки датчиков проверить, чтобы ни на одном из датчиков не было ошибки в работе канала.

Выбрать из списка методов испытаний «Метод одноплоскостного среза КД ГТ 7.2.2»



В «Схема испытания» в соответствии с ГОСТ 12248-2010 п.п.5.1.4 задать следующие параметры:

- **Нормальное давление.** Значение максимального нормального давления p_{max} , устанавливают в зависимости от предполагаемого напряженного состояния грунтового массива (с учетом передаваемых на основание нагрузок и бытового давления). Значения нормальных давлений p_{min} при которых определяют сопротивление срезу τ , устанавливают как часть p_{max} . При отсутствии указанных данных значения p допускается принимать по таблице. Значения ступеней Δp принимают в соответствии с этой таблицей или равными удвоенным значениям предыдущей ступени.

Грунты	Нормальное давление при предварительном уплотнении p , МПа	Ступени давления Δp , МПа
Пески средней крупности плотные; глины с $I_L \leq 0,25$	0,1; 0,3; 0,5	0,1 до $p = 0,1$ и далее 0,2
Пески средней крупности средней плотности; пески мелкие и пылеватые плотные и средней плотности; супеси, суглинки и органоминеральные грунты с $I_L \leq 0,5$; глины с $0,25 < I_L \leq 0,5$	0,1; 0,2; 0,3	0,05 до 0,1 и далее 0,1
Пески средней крупности, мелкие и пылеватые рыхлые; супеси, суглинки, глины и органоминеральные грунты с $I_L > 0,5$	0,1; 0,15; 0,2	0,025 до 0,05 и далее 0,05

- **Время предварительного уплотнения.** Предварительное уплотнение образцов до заданной нагрузки p проводят ступенями Δp в соответствии с вышеприведенной таблицей. Каждую ступень выдерживают 10 — 15 мин. а

конечную ступень — до завершения 100%-ной фильтрационной консолидации образца.

- **Величина ступени касательной нагрузки** – не более 10%.

- **Условная стабилизация деформации среза:** время – 1 мин, параметр – 0,01 мм.

Выбрать и задать **предельную деформацию среза:** абсолютная деформация – 7,15 мм или относительная деформация – 10%.

В окне «Новое испытание» нажать кнопку «Старт» и запустить испытание – открывается окно испытания.

По окончании испытаний снимаются данные с журнала испытаний и заносятся в шаблон журнала Excel, где автоматически происходит расчет показателей.

По завершению испытаний, составляется отчет по лабораторной работе, содержащий необходимый расчетный и графический материал, делаются выводы.