



Министерство образования и науки Самарской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Самарской области  
«САМАРСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»  
(ГБПОУ «СЭК»)

Е.И. Елисеева

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА**

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ**

Методические указания к выполнению лабораторных практических  
работ для студентов специальности 08.02.01  
Строительство и эксплуатация зданий и сооружений

ПМ.01 Участие в проектировании зданий и сооружений

МДК.01.01 Проектирование зданий и сооружений

Самара 2016

Методические указания к выполнению лабораторных и практических работ по теме 1.1 *Инженерно-геологические исследования для строительства* и теме 1.2 *Строительные материалы и изделия* ПМ.01 *Участие в проектировании зданий и сооружений* МДК.01.01 *Проектирование зданий и сооружений* /авт. Елисеева Е.И. – Самара: ГБПОУ «СЭК», 2016 – 23 с.

Издание содержит методические указания к выполнению лабораторных и практических работ по темам *Инженерно-геологические исследования для строительства* и *Строительные материалы и изделия* ПМ.01 *Участие в проектировании зданий и сооружений* МДК.01.01 *Проектирование зданий и сооружений* и рекомендации по их оформлению. Составлены в соответствии с требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников специальности 08.02.01.

Рассмотрено и рекомендовано к изданию методическим советом ГБПОУ «СЭК» (протокол № 2 от 20.09.2016 г.)

Рецензент:

Трошкина А.В. преподаватель Самарского колледжа строительства и предпринимательства (филиал) ФГБОУ ВО национальный исследовательский «МГСУ»

Замечания, предложения и пожелания направлять в ГБПОУ «Самарский энергетический колледж» по адресу: 443001, г. Самара, ул. Самарская 205-А или по электронной почте [info@sam-ek.ru](mailto:info@sam-ek.ru)

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Лабораторные работы являются одним из видов учебных занятий, благодаря которым студент закрепляет теоретические знания, приобретает опыт практического применения строительных материалов и изделий.

Лабораторные работы выполняются после изучения соответствующих тем разделов.

Целью лабораторных работ являются:

- закрепление теоретических знаний, полученных в результате изучения соответствующего раздела;
- получения навыков пользоваться лабораторным оборудованием.

Результаты лабораторных испытаний заносятся на листы бумаги формата А4, которые подшиваются в папку. Результаты и пояснения к проделанной работе записываются черной пастой шариковой или гелиевой ручки, поясняющие схемы выполняются при помощи карандаша и линейки.

Оформление рабочей папки должно соответствовать требованиям действующих стандартов.

### Тема 1.1 Инженерно-геологические исследования для строительства

#### Лабораторная работа 1

#### Описание минералов и горных пород (шкала Мооса)

##### 1. Тальк

*Сингония:* моноклиналиная

*Морфология:* листоватые, чешуйчатые агрегаты, точные массы.

*Удельный вес (плотность):* 2,8 г/см<sup>3</sup>

*Твёрдость:* 1

*Цвет:* зелёный, белый, жёлтый.

*Цвет черты:* белый.

*Блеск:* жирный, перламутровый

*Спайность и излом:* весьма совершенная

*Различные свойства:* жирный на ощупь, огнеупорен. Температура плавления равна 1400 С<sup>0</sup>

*Месторождение:* гидротермальное. Восточные Саяны, Урал

*Применение:* целлюлозно-бумажная промышленность, парфюмерная промышленность.

##### 2. Гипс

*Сингония:* моноклиналиная

*Морфология:* зернистые массы, крупнокристаллические массы, волокнистые агрегаты

*Удельный вес:* 2,3 г/см<sup>3</sup>

*Твёрдость:* 2

*Цвет:* белый, жёлтый, серый, розовый.

*Цвет черты:* белый.

*Блеск:* стеклянный, перламутровый, шелковистый

*Спайность и излом:* весьма совершенная

*Различные свойства:* нет

*Месторождение:* в соляных высыхающих бассейнах, в зоне выветривания сульфидов. Поволжье, Кавказ, Средняя Азия

*Применение:* в строительстве, в медицине

### 3. Кальцит

*Сингония:* тригональная

*Морфология:* зернистые агрегаты, натёчные формы, сталактиты, сталагмиты, друзы, жиоды

*Удельный вес:* 2,7 г/см<sup>3</sup>

*Твёрдость:* 3

*Цвет:* бесцветный, белый, жёлтый, голубой

*Цвет черты:* белый.

*Блеск:* стеклянный, матовый

*Спайность и излом:* совершенная

*Различные свойства:* обладает двойным лучепреломлением, вскипает в соляной кислоте

*Месторождение:* гидротермальное, осадочное. Якутия, Крым, Урал, Поволжье

*Применение:* в оптике, металлургии, химической промышленности и сельском

### 4. Флюорит

хозяйстве.

*Сингония:* кубическая

*Морфология:* зернистые агрегаты, друзы, щётки

*Удельный вес:* 3 г/см<sup>3</sup>

*Твёрдость:* 4

*Цвет:* прозрачный с различными оттенками

*Цвет черты:* бесцветный.

*Блеск:* стеклянный

*Спайность и излом:* совершенная

*Различные свойства:* минерал легко плавится

*Месторождение:* гидротермальное, иногда пневматолитовое. Забайкалье, Средняя Азия

*Применение:* в стекольной промышленности, для получения фтористых соединений, поделочный камень.

### 5. Апатит

*Сингония:* гексагональная

*Морфология:* зернистые агрегаты, мелко и крупно кристаллические массы

*Удельный вес:* 3,2 г/см<sup>3</sup>

*Твёрдость:* 5

*Цвет:* белый, зелёный, голубой

*Цвет черты:* бесцветный.

*Блеск:* стеклянный на гранях, жирный в изломе

*Спайность и излом:* несовершенная; не ровный, раковистый

*Различные свойства:* нет

*Месторождение:* магматическое, пегматитовое, контактово-метасоматическое.

Прибайкалье, Урал

*Применение:* в химической промышленности, руда для получения фосфора, как фосфорное удобрение

#### 6. Полевой шпат

*Сингония:* моноклиналная

*Морфология:* сплошные, кристаллические массы

*Удельный вес:* 2,5 г/см<sup>3</sup>

*Твёрдость:* 6

*Цвет:* светло-серый, белый, желтоватый, розовый

*Цвет черты:* бесцветный

*Блеск:* стеклянный, матовый

*Спайность и излом:* совершенная; нет

*Различные свойства:* нет

*Месторождение:* магматическое, пегматитовое, гидротермальное. Урал, Карелия

*Применение:* стекольная, керамическая промышленность,

#### 7. Кварц

*Сингония:* тригональная

*Морфология:* зернистые агрегаты, друзы, жиоды, щётки

*Удельный вес:* 2,7 г/см<sup>3</sup>

*Твёрдость:* 7

*Цвет:* прозрачный, зависит от примесей

*Цвет черты:* нет.

*Блеск:* стеклянный до алмазного- на гранях, жирный матовый на изломе

*Спайность и излом:* несовершенная ; неровный

*Различные свойства:* пропускает ультрафиолетовые лучи, кислотостоек, стоек к выветриванию

*Месторождение:* гидротермальное, пегматитовое. Урал, Кольский полуостров

*Применение:* в химической промышленности, стекольной промышленности, производство фарфора

#### 8. Топаз

*Сингония:* ромбическая

*Морфология:* встречается в пегматитовых жилах, особенно в плоскостях этих жил в парагенезисе с кварцем, альбитом, слюдами; встречается в виде друз и мелкозернистых масс. Размер кристаллов может быть очень большим

*Удельный вес:* 3,49—3,60 г/см<sup>3</sup>

*Твёрдость:* 8

*Цвет:* дымчатый, голубой, розовый

*Цвет черты:* нет

*Блеск:* сильный, стеклянный, на плоскостях спайности — перламутровый.

*Спайность и излом:* совершенная в одном направлении

*Различные свойства:* очень устойчив, в кислотах не растворяется; разлагается фосфорной солью.

*Месторождение:* Типичный минерал грейзенов и гранитных пегматитов. СССР, Урал

*Применение:* употребляется как драгоценный камень

#### *9. Корунд*

*Сингония:* тригональная

*Морфология:* мелкозернистые агрегаты, кристаллы

*Удельный вес:* 4 г/см<sup>3</sup>

*Твёрдость:* 9

*Цвет:* синеватый, красный, зелёный, серый

*Цвет черты:* нет.

*Блеск:* стеклянный, алмазный, матовый

*Спайность и излом:* отсутствует; неровный, раковистый

*Различные свойства:* хрупок, нерастворим в кислотах

*Месторождение:* магматическое, пегматитовое, контактово-метасоматическое

*Применение:* абразивный материал, приборостроение, производство часов

#### *10. Алмаз*

*Сингония:* кубическая

*Морфология:* кристаллы

*Удельный вес:* 3,5 г/см<sup>3</sup>

*Твёрдость:* 10

*Цвет:* бесцветный, жёлтый, голубой, розовый

*Цвет черты:* нет.

*Блеск:* жирный алмазный

*Спайность и излом:* совершенная ; нет

*Различные свойства:* люминесцирует в ультрафиолетовых лучах голубовато-синим цветом, химически стоек, сгорает в атмосфере при температуре 850°C, в кислороде при 20°C, при температуре 1500°C переходит в графит

*Месторождение:* магматическое, россыпи. Якутия, Алтай

*Применение:* в ювелирной и металлообрабатывающей промышленности, при бурении.

### Лабораторная работа 2

#### Магматические и осадочные горные породы

##### *Доломит*

*Сингония:* тригональная

*Морфология:* зернистые массы, лучистые образования

*Удельный вес:* 2,8 г/см<sup>3</sup>

*Твёрдость:* 3,5-4

*Цвет:* жёлтый, белый, серый

*Цвет черты:* белый.

*Блеск:* стеклянный, матовый

*Спайность и излом:* совершенная; нет

*Различные свойства:* реагирует с соляной кислотой только в тонком порошке

*Месторождение:* осадочное, контактово-метасоматическое. Урал, Донбасс

*Применение:* в металлургии и как стройматериал

##### *Фосфорит*

*Сингония:* гексагональная

*Морфология:* конкреции, землистые и плотные агрегаты

*Удельный вес:* 3-3,5 г/см<sup>3</sup>

*Твёрдость:* 5,5 - 6

*Цвет:* от бурого до чёрного

*Цвет черты:* бурый.

*Блеск:* матовый

*Спайность и излом:* несовершенная; неровный, раковистый

*Различные свойства:* нет

*Месторождение:* биогенное. Московская и Самарская области

*Применение:* руда для получения фосфора

### *Гранит*

*Минеральный состав гранита:*

полевые шпаты (кислый плагиоклаз и калишпат, причём последний преобладает) - 60 - 65 %;

кварц - 25 - 30 %;

темноцветные минералы (биотит, редко роговая обманка) - 5 - 10 %.

*Удельный вес:* 2600 кг/м<sup>3</sup>,

*Цвет:* различен, зависит от минерального состава (розовый, серый и др.)

*Цвет черты:* нет

*Блеск:* нет

*Различные свойства:* гранит имеет низкое водопоглощение и высокую устойчивость к морозу и загрязнениям

*Месторождение:* Россия, Украина, Казахстан

*Применение:* в строительстве в, качестве облицовочного материала

### *Мрамор*

Мрамор состоит из доломита (карбоната кальция и магния) или кальцита (карбоната кальция), или из обоих минералов. В мраморе почти всегда содержатся примеси других минералов, а также органические соединения. Примеси различно влияют на качество мрамора, снижая или повышая его декоративность.

*Удельный вес:* 2,3—2,6 г/см<sup>3</sup>.

*Твёрдость:* 2,5—5

*Цвет:* Окраска мрамора зависит от примесей. Большинство цветных мраморов имеет пёструю или полосчатую (циполин) окраску.

Оксид железа окрашивает его в красный цвет, высокодисперсный сульфид железа - в сине-чёрный, железосодержащие силикаты (особенно хлорит и эпидот) - в зелёный, лимонит (гидроксиды железа) и карбонаты железа и марганца - в жёлтые и бурые тона. Серые, голубоватые и чёрные цвета могут быть обусловлены также примесями битумов или графита.

*Цвет черты:* нет

*Месторождение:* Урал, Алтай, Западная Сибирь

*Применение:* Мрамор используется как камень для памятников (монументальной скульптуры и надгробий), как штучный строительный камень для наружной облицовки и внутренней отделки зданий и в виде дроблёного и молотого камня

### *Диабаз*

Диабаз характеризуется сравнительно малым содержанием кремнезёма (45 - 52 %).

*Морфология:* силлы и дайки. Структура диабазовая (офитовая); образована беспорядочно расположенными вытянутыми кристалликами плагиоклаза, промежутки между которыми заполнены авгитом.

*Цвет:* тёмно-серый или зеленовато-чёрный.

*Цвет черты:* нет

*Блеск:* нет

*Различные свойства:* для диабаза характерны высокая твёрдость и прочность на сжатие

*Месторождение:* Россия, США и другие

*Применение:* для мощения улиц и при производстве литых каменных изделий, а также в архитектуре.

### Уголь

*Виды угля:*

*Антрацит* — самый древний из ископаемых углей, уголь наиболее высокой степени углефикации. Характеризуется большой плотностью и блеском. Содержит 95 % углерода. Применяется как твердое высококалорийное топливо (теплотворность 6800-8350 ккал/кг). Имеют наибольшую теплоту сгорания, но плохо воспламеняются. Образуются из каменного угля при повышении давления и температуры на глубинах порядка 6 километров.

*Каменный уголь* — осадочная порода, представляющая собой продукт глубокого разложения остатков растений (древовидных папоротников, хвощей и плаунов, а также первых голосеменных растений). Большинство залежей каменного угля было образовано в палеозое, преимущественно в каменноугольном периоде, примерно 300—350 миллионов лет тому назад. По химическому составу каменный уголь представляет смесь высокомолекулярных полициклических ароматических соединений с высокой массовой долей углерода, а также воды и летучих веществ с небольшими количествами минеральных примесей, при сжигании угля образующих золу. Ископаемые угли отличаются друг от друга соотношением слагающих их компонентов, что определяет их теплоту сгорания. Ряд органических соединений, входящих в состав каменного угля, обладает канцерогенными свойствами. Содержание углерода в каменном угле, в зависимости от его сорта, составляет от 75 % до 95 %. Содержат до 12 % влаги (3-4 % внутренней поэтому имеют более высокую теплоту сгорания по сравнению с бурными углями. Содержат до 32 % летучих веществ, за счёт чего неплохо воспламеняются. Образуются из бурого угля на глубинах порядка 3 километров.

*Бурый уголь* - твердый ископаемый уголь, образовавшийся из торфа, содержит 65 - 70 % углерода, имеет бурый цвет, наиболее молодой из ископаемых углей. Используется как местное топливо, а также как химическое сырьё. Содержат много воды (43 %), и поэтому имеют низкую теплоту сгорания. Кроме того, содержат большое кол-во летучих веществ (до 50 %). Образуются из отмерших органических остатков под давлением нагрузки и под действием повышенной температуры на глубинах порядка 1 километра.



*Месторождение:* Россия, США, Китай, Индия и др.

*Применение:* в качестве топлива, сырье для металлургической и химической промышленности, а также для извлечения из него редких и рассеянных элементов.

### *Горючие сланцы*

Горючий сланец состоит из преобладающих минеральных (кальциты, доломит, гидрослюда, монтмориллонит, каолинит, полевые шпаты, кварц, пирит и др.) и органических частей (кероген), последняя составляет 10—30 % от массы породы и только в сланцах самого высокого качества достигает 50—70 %. Органическая часть является био- и геохимически преобразованным веществом простейших водорослей, сохранившим клеточное строение (талломоальгинит) или потерявшим его (коллоальгинит); в виде примеси в органической части присутствуют измененные остатки высших растений (витринит, фюзенит, липоидинит). Среди разведанных российских месторождений можно выделить:

Ленинградское

Яренгское и Айювинское (Республика Коми)

Кашпирское под Сызранью, Озинское в Саратовской области и Общесыртовское в Оренбургской области

Месторождения на востоке Мордовии, в Чувашии, Кировской и Костромской областях.

### *Асфальт*

*Асфальт* (от греч.— горная смола) — смесь битумов (60-75 % в природном с минеральными материалами: гравием и песком; 13-60 % в искусственном с (щебнем или гравием, песком и минеральным порошком). Применяют для устройства покрытий на автомобильных дорогах, как кровельный, гидро- и электроизоляционный материал, для приготовления замазок, клеев, лаков и др.

Асфальт может быть природного и искусственного происхождения. Часто словом асфальт называют асфальтобетон — искусственный каменный материал, который получается в результате уплотнения асфальтобетонных смесей. Классический асфальтобетон состоит из щебня, песка, минерального порошка (филлера) и битумного вяжущего (битум, полимерно-битумное вяжущее; ранее использовался дёготь, однако, являясь крайне неэкологичным, он в настоящее время не применяется).

*Природный асфальт* образуется из тяжёлых фракций нефти или их остатков в результате испарения её лёгких составляющих и окисления под влиянием гипергенеза. Встречается в виде пластовых жильных залежей, а также пропитанных проницаемых пластов (т. н. закирований) и озёр в зонах естественного выхода нефти на земную поверхность (содержание в породах от 2-3 до 20 %). Твёрдая легкоплавкая масса чёрного цвета с блестящим или тусклым раковистым изломом\*. Плотность 1,1 г/см<sup>3</sup>, температура плавления 20-100 °С. Содержит 25-40 % масел и 60-75 % смолисто-асфальтеновых веществ.

Месторождения асфальта имеются на территории бывшего СССР, в Венесуэле, Канаде, Франции, на о. Тринидад и др.

*Искусственный асфальт или асфальтобетонная смесь* - это строительный материал в виде уплотнённой смеси щебня, песка, минерального порошка и битума. Различают горячий, содержащий вязкий битум, укладываемый и уплотняемый при температуре не ниже 120 °С; тёплый - с мало-вязким битумом и температурой уплотнения 40-80 °С; холодный - с жидким битумом, уплотняемый при низкой температуре окружающего воздуха, но не ниже 10 °С. Асфальтобетон применяют для покрытий дорог, аэродромов, площадок и пр. Так же используются модифицирующие добавки, в том числе, которые являются продуктом переработки автомобильных покрышек.

### Лабораторная работа 3 Метаморфические горные породы

#### *Яшма*

Плотные нечистые халцедоновые породы, значительную часть которых составляют примеси и красящие вещества.

Окраска разнообразна.

Лучшие в мире яшмы находятся на Южном Урале и на Алтае.

Особенно ценятся за красивый рисунок Орские яшмы (г. Орск)

Употребляются как поделочный материал.

#### *Мергель*

Известково-глинистая порода. Содержание глинистого материала около 30-50% Цвет пёстрый, серый, розоватый. Происхождение: морской или озёрный осадок.

#### *Нефть*

Маслянистая жидкость желтовато-коричневого, темно-коричнево или чёрного цвета

*Плотность* 0,75-1 г/см<sup>3</sup> (легче воды)

Основными элементами нефти являются: С, Н, О, N ,S

Точного определения образования нефти нет ...

Одну из гипотез сформулировал Губкин - исходным материалом нефти является вещества растительного и животного происхождения, подвергающиеся разложению в условиях отсутствия притока кислорода.

*Месторождения:* Северный Кавказ, Западная Туркмения, Поволжье, Сибирь

#### *Амфиболиты*

Плотные или сланцевые породы, состоящие из роговой обманки и полевого шпата (плагноклаза).

Могут присутствовать: кварц, эпидот, гранат

*Цвет:* серо-зелёный, зелёный до тёмно-зелёного почти чёрного

#### *Гнейсы*

Глубокометаморфизованные породы, характеризующиеся отчётливым сланцеватым строением.

Состоят из кварца, полевых шпатов, цветных минералов.

Наиболее распространены биотитовые и роогообманковые гнейсы. Для гнейсов типичны полосчатая текстура, вызванная чередованием светлых полос (поле-

вой шпат, кварц) и тёмных минералов (биотит). Этим внешне они отличаются от гранитов, на которые очень похожи.

*Месторождения:* Сибирь, Карелия, Урал, Украина, Средняя Азия

#### *Филлиты*

Несколько сильнее метаморфизованные глинистые породы : полно кристаллические, тонко-сланцеватые

Цвет разнообразен - зеленоватый, серый, чёрный

По сравнению с глинистыми сланцами филлиты более плотные. Состоят из серицита, хлорита, биотита, кварца, полевого шпата.

Наибольшее распространение имеет серицит и кварц

Имеют шелковистый блеск

Разновидностью филлитов и глинистых сланцев является кровельные сланцы - плотные, вязкие, водонепроницаемые

## Тема 1.2 Строительные материалы и изделия

### Лабораторная работа 1

Определение истинной, средней и насыпной плотности материалов

*Цель работы:* закрепить знания, полученные по теме « Физические, механические и химические свойства материалов»

#### 1. Определение средней плотности материала

При помощи штангенциркуля измеряют образец с точностью до 0,1см и вычисляют его объем, после чего его взвешивают на технических весах с точностью до 0,1г.

Объем образца имеющего вид куба или параллелепипеда, вычисляют по формуле

$$V = a_{\text{ср.}} \cdot b_{\text{ср.}} \cdot h_{\text{ср.}},$$

где  $a_{\text{ср.}}$ ,  $b_{\text{ср.}}$ ,  $h_{\text{ср.}}$  - средние значения размеров граней образца, см.

Объем образца имеющего вид цилиндра вычисляют по формуле

$$V = \frac{\pi \cdot d_{\text{ср.}} \cdot h_{\text{ср.}}}{4},$$

где  $\pi = 3.14$

$d_{\text{ср.}}$  - средний диаметр цилиндра, см,

$h_{\text{ср.}}$  - средняя высота цилиндра, см.

Зная объем и массу образца, определяют его среднюю плотность по формуле

$$\rho = \frac{m}{V},$$

где  $m$  - масса материала, г,

$V$  - объем образца с порами и пустотами, см<sup>3</sup>

#### 2. Определение насыпной плотности материала

В мерный сосуд, предварительно взвешенный, насыпают через воронку сухой материал. Сосуд с материалом взвешивают с точностью до 1г и вычисляют насыпную плотность в г/см по формуле

$$\rho = \frac{m_1 - m_2}{v},$$

где  $m_1$  – масса сосуда с материалом, г,

$m_2$  – масса сосуда, г,

$v$  – объем сосуда, см<sup>3</sup>.

### 3. Определение истинной плотности материала

Отвешивают 80 г сухого материала и высыпают ложечкой через воронку в мензурку с водой. Разность между конечным и начальным уровнями жидкости в мензурке показывает объем порошка материала. Истинную плотность вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{v_a},$$

где  $m$  – навеска материала до опыта, г,

$v_a$  – объем жидкости, вытесненный порошком, т.е. объем материала, см<sup>3</sup>.

## Лабораторная работа 2

### Определение водопоглощения материала

*Цель работы:* изучение процесса водопоглощения строительных материалов

Водопоглощение материала – это способность материала впитывать и удерживать в порах воду.

Определяют водопоглощение по массе и по объему.

#### 1. Определение водопоглощения по массе $V_{\text{мас.}}$ , проценты (%),

$$V_{\text{мас.}} = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\%$$

где  $m$  – масса сухого образца, г,

$m_1$  – масса насыщенного водой образца, г.

#### 2. Определение водопоглощения по объему $V_{\text{об.}}$ , проценты(%),

$$V_{\text{об.}} = \frac{m_1 - m}{V} \times 100\%$$

где  $V$  – объем образца, см<sup>3</sup>.

Взвешенный образец помещают в емкость и постепенно заливают водой до полного насыщения, т.е. до постоянной массы. Затем образец вынимают, вытирают влажной полотняной тряпкой и взвешивают. Далее производят вычисления по ранее приведенным формулам.

## Лабораторная работа 3

### Определение предела прочности материала

*Цель работы:* закрепить знания, полученные при изучении темы «Механические свойства материалов»

Прочностью называют свойство материала сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, возникающих от внешних нагрузок. Прочность строительных материалов характеризуется пределом прочности при

сжатии, при изгибе и при растяжении. Прочность каменных материалов определяют по пределу прочности на сжатие на гидравлическом прессе. Пределом прочности при сжатии  $R_{сж}$ , (кгс/см<sup>2</sup>), называют напряжение, соответствующее нагрузке, при которой происходит разрушение образца.

$$R_{сж} = \frac{P_{раз.}}{S},$$

где  $P_{раз.}$  - разрушающая нагрузка, кгс,

$S$  - площадь поперечного сечения образца, см<sup>2</sup>.

Образец кубической формы устанавливают на нижнюю опорную плиту пресса и дают на образец нагрузку. В момент разрушения образца стрелка манометра остановится и пойдет обратно. Этот момент необходимо зафиксировать.

#### Лабораторная работа 4

Оценка соответствия кирпича требованиям ГОСТа осмотром и обмером

*Цель работы:* закрепление знаний по теме «Керамические материалы»

Керамическими называют искусственные каменные материалы, получаемые из глиняных масс путем формования, сушки, последующего обжига. Среди керамических материалов наибольшее распространение имеет глиняный обыкновенный кирпич. В лабораториях строительных организаций для оценки качества глиняного кирпича отбирают среднюю пробу не менее 20 штук от каждой партии кирпича (по ГОСТ 530-2007 за партию принимают 100 тыс. шт.).

Внешним осмотром устанавливают наличие в кирпиче недожога или пережога, для чего сравнивают образец с нормально обожженным кирпичом. Более светлый кирпич контролируемого кирпича, чем у эталонного, и глухой звук при ударе по кирпичу молотком указывают на наличие недожога. Пережженный кирпич характеризуется оплавлением и вспучиванием, имеет бурый цвет и, как правило, искривлен. Недожженный и пережженный кирпич является браком.

Линейные размеры кирпича и размеры трещин проверяют линейкой с точностью до 1мм. Линейные размеры кирпича по ГОСТ 530-2007: длина 250±4мм, ширина 120±3мм, толщина 65±3-2мм. Искривление поверхностей кирпича не более 3 мм; сквозные трещины на ложковых гранях на всю толщину кирпича протяженностью по ширине кирпича 30 мм включительно, не более одной. Отбитости или притупленности ребер и углов по длине ребра не более 15 мм и не свыше двух.

Кирпич укладывают на ровный стол. К проверяемой грани, ребру или поверхности прикладывают линейку ребром в таком направлении, чтобы выявить максимальное значение прогиба поверхности.

#### Лабораторная работа 5

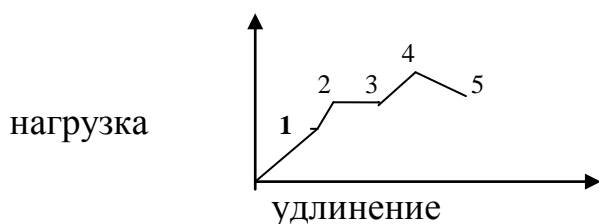
Технологические испытания металла для железобетонных изделий

*Цель работы:* практическое закрепление изученного теоретического материала по теме «Металлические строительные материалы и изделия»

Для определения марки стали, изготовленные образцы испытывают на растяжение, относительное удлинение, относительное сужение. Для испытания стали на растяжение используют цилиндрические и плоские образцы, изготовленные путем соответствующей механической обработки. Эти образцы имеют стандартные размеры. Нормальными называют образцы, у которых диаметр  $d_0$  рабочей части равен 20 мм, а длина рабочей части  $b_0$  в 10 или 5 раз больше диаметра  $d_0$ . Форма головок образцов может быть различной в зависимости от типа захватов разрывной машины.

Для плоских образцов отклонения по ширине допускаются  $\pm 0,5$  мм, по длине рабочей части -  $\pm 0,1$  мм. Смещение оси головки относительно оси рабочей части плоского образца не допускается. Перед испытанием цилиндрические образцы тщательно измеряют при помощи штангенциркуля с точностью до 0,5 мм следующим образом: диаметр  $d_0$  измеряют во взаимно перпендикулярных направлениях в трех местах по длине рабочей части; затем вычисляют площадь поперечного сечения образца  $S_0$  по наименьшим из полученных размеров с точностью до 0,5%. Кроме того, на поверхность образца наносят черным цветом риску и измеряют расстояние между ними, а также расчетную длину образца  $L_0$  с точностью до 0,1 мм. На обеих головках образца набивают клеймо.

Сталь на растяжение испытывают на разрывных машинах. Подлежащий испытанию образец помещают в захваты машины и центрируют его. Результаты испытаний стального образца на растяжение получают в виде зависимости между нагрузкой и удлинением (деформацией).



Прямой участок диаграммы растяжения (от начала координат до точки 1) показывает, что удлинение (деформация) образца  $L$  возрастает пропорционально приложенной нагрузке  $P$ . Если образец подвергнуть растяжению нагрузкой меньшей  $P_p$ , а затем снять эту нагрузку, то образец примет первоначальную длину, т.е. в нем будут отсутствовать остаточные деформации. Точка 1 на кривой растяжения соответствует пределу пропорциональности, т.е. тому наибольшему напряжению, при котором растяжение металла прямо пропорционально нагрузке. Это напряжение  $\sigma_p$  (Мпа), вычисляют по формуле

$$\sigma_p = \frac{P_p}{S_0},$$

При увеличении нагрузки (свыше  $P_p$ ) испытываемый образец удлиняется быстрее, чем возрастает нагрузка. Таким образом, пропорциональность нарушается. На диаграмме это показано кривой 1-2, которая затем переходит в горизонтальную кривую 2-3. Наличие горизонтального участка указывает на то, что образец самопроизвольно вытягивается (течет), хотя нагрузка остается постоянной.

Предел текучести «физический» – наименьшее напряжение, при котором образец деформируется без видимого увеличения нагрузки.

Предел текучести «условный» - напряжение, при котором образец получает остаточное удлинение, составляющее 0,2% первоначальной длины.

Пределом прочности при растяжении называют напряжение, которое соответствует максимальной нагрузке, предшествующей разрушению образца.

На диаграмме точкой 4 зафиксирована максимальная нагрузка, которую выдерживает образец. Предел прочности при растяжении  $\sigma_m$  (МПа) вычисляют по формуле

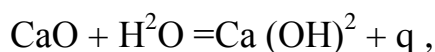
$$\sigma_m = \frac{P_m}{S_0}$$

Относительным удлинением называют отношение приращения расчетной длины образца после разрыва к ее первоначальной длине. Относительное сужение площади первоначального сечения образцов определяют после их разрыва. Результаты испытаний записывают в рабочую папку для лабораторных работ и по полученным результатам определяют марку исследуемой стали.

#### Лабораторная работа 6 Испытание воздушной извести

*Цель работы:* закрепление знаний по теме «Воздушные вяжущие материалы»

При взаимодействии негашеной извести с водой происходит гидратация окиси кальция по реакции



где  $q$  – количество тепла, выделяющегося при этой реакции.

Этот процесс называют гашением извести, он сопровождается выделением тепла. После окончания реакции гашения температура смеси начинает падать. Следовательно, момент начала снижения температуры смеси является признаком прекращения реакции гашения извести.

Для определения скорости гашения извести используют прибор, состоящий из термометра, пробки, внутреннего цилиндра, стеклянного сосуда, изоляционного слоя.

Отвешивают 10 г измельченной извести, помещают во внутренний цилиндр прибора, затем туда же выливают 25 мл воды температурой 20°C и закрывают пробкой с термометром. Ртутный шарик термометра должен быть погружен в смесь.

Через каждые 30 сек. фиксируют показания термометра. Время, прошедшее с момента затворения извести водой до начала падения температуры, характеризует скорость гашения извести.

Согласно ГОСТ 9179-77\* воздушная известь при скорости гашения  
до 8 мин. - быстрогасящаяся;  
до 25 мин. - среднегасящаяся;  
свыше 25 мин. – медленногасящаяся.

Известь с температурой гашения ниже 70°C – низкоэкзотермическая;  
выше 70°C – высокоэкзотермическая.

## Лабораторная работа 7 Испытание гипсового вяжущего

*Цель работы:* закрепление знаний по теме «Минеральные вяжущие вещества»

Нормальную густоту гипсового теста определяют при помощи вискозиметра Сутарда представляющего собой медный или латунный цилиндр, имеющий высоту 100 мм и внутренний диаметр 50мм. Цилиндр должен иметь хорошо отполированную внутреннюю поверхность и место соприкосновения со стеклом, на которое его устанавливают при проведении опыта.

На стекле диаметром 240 мм или на бумаге под стеклом наносят ряд концентрических окружностей диаметром 150-220 мм, причем окружности от 170-190 мм наносят через 5 мм, а остальные через 10 мм. Перед испытанием цилиндр и стекло протирают влажной тканью, стеклянную пластину кладут горизонтально, а цилиндр устанавливают в центр концентрических окружностей. Для определения нормальной густоты теста отвешивают 200 г гипса, высыпают его в сферическую чашку с заранее отмеренным количеством воды 195 мл и ручной мешалкой перемешивают 30 сек., начиная отсчет времени от начала всыпания гипса в воду.

После окончания перемешивания цилиндр, установленный в центре стекла, заполняют гипсовым тестом. Через 15 сек. цилиндр резко убирают, при этом гипсовое тесто расплывается на стекле в лепешку. Диаметр расплыва определяют по концентрическим окружностям или измеряют линейкой в двух перпендикулярных направлениях с погрешностью не более 5 мм и вычисляют среднее арифметическое значение. Нормальную густоту гипсового теста выражают числом миллилитров воды, приходящейся на 100 г гипса.

## Лабораторная работа 8 Определение сорта гипса

*Цель работы:* закрепление знаний по теме «Минеральные вяжущие вещества»

Отвешивают на технических весах с точностью до 0,1 г гипс в количестве 50 г. Навеску высыпают на сито № 02 с доньшком, закрыв крышкой, производят просеивание вручную. Длительное просеивание обычно составляет 5 мин., после чего высыпают из доньшка прошедший через сито гипс. Контрольное просеивание производят вручную на бумагу при снятом доньшке.

Просеивание считается законченным, если в течение 1 мин. сквозь сито проходит не более 0,05 г гипса.

Точность помола гипса определяют с погрешностью не более 0,1% как отношение массы оставшейся на сите, к массе первоначальной пробы – 50 г. За величину тонкости помола принимают среднее арифметическое результатов двух испытаний.

В зависимости от тонкости помола строительный гипс делят на три группы:

- 1 - грубого помола – остаток на сите не более 23%;
- 2 - среднего помола – остаток на сите не более 4%;
- 3 - тонкого помола – остаток на сите не более 2%.



## Лабораторная работа 9 Определение марки портландцемента

*Цель работы:* закрепление знаний по теме «Минеральные вяжущие вещества»

Марку портландцемента определяют по прочности на изгиб и сжатие образцов балочек, изготовленных из цементно-песчаной смеси в составе 1:3 нормальной консистенции, затвердевших во влажных условиях за 28 суток при  $t (20\pm 2)^\circ\text{C}$ .

Работа по определению марки цемента складывается из следующих операций: приготовление смеси и проверки ее консистенции, формирования образцов, их влажного твердения и испытания на прочность спустя 2 суток после формирования.

1. Для приготовления цементно-песчаной смеси нормальной консистенции отвешивают 100 г портландцемента и 300 г песка. Составляющие смеси помещают в емкость и перемешивают 1 минуту, затем добавляют 40 мл воды. Воду дают впитаться в сухую смесь и затем перемешивают в течение 1 минуты. По окончании перемешивания определяют консистенцию смеси. Для этого смесь погружают в коническую форму с воронкой, установленной на вибростол, встряхивают, вращая рукоятку с частотой один оборот в секунду. Затем линейкой измеряют диаметр конуса смеси по нижнему основанию в двух взаимно перпендикулярных направлениях и берут среднее значение.

Консистенция смеси считается нормальной, если среднее значение расплыва конуса составляет 106-115 мм. Если расплыв менее 106 мм, то смесь переделывают с увеличением воды. Если более 115 мм, то новую порцию готовят с меньшим количеством воды.

2. Для изготовления образцов применяют металлические формы. Сначала форму заполняют на 1-2 см смесью и включают виброплощадку. Затем в течение 2 минут вибрации всю форму заполняют смесью. Через 3 минуты от начала вибрации виброплощадку отключают и снимают с нее форму. Излишек смеси снимают ножом, и затем каждый образец маркируют. Образец в формах хранят в течение первых суток на столике в ванной с гидравлическим затвором, обеспечивающей влажность воздуха не менее 90%. Через сутки образцы осторожно вынимают из форм и помещают на 27 суток в воду при  $t (20\pm 2)^\circ\text{C}$ . Спустя 27 суток твердения образцы испытывают на изгиб и сжатие.

Для определения марки портландцемента вычисляют среднее арифметическое значение из двух наибольших результатов, полученных при испытании на изгиб, и среднее арифметическое из четырех результатов, полученных при испытании на сжатие. Вычисленные таким образом значения  $R_{из}$  и  $R_{сж.}$ , сравнивают с требованиями ГОСТа на определение марки цемента.

## Лабораторная работа 10 Испытание растворной смеси

*Цель работы:* закрепление знаний по теме «Строительные растворы и бетоны»

Подбор состава сложной строительной растворной смеси производится методом расчета.

Дано:

марка раствора  $R_p =$   
активность цемента  $R_{ц} =$   
подвижность смеси О.К. =  
смесь - цементно-известковая.

Расчет: 1) Расход портландцемента, кг

$$Q_{ц} = \frac{R_p}{0,7 \cdot R_{ц}} \cdot 1000$$

$$V_{ц} = \frac{Q_{ц}}{\rho_{н.п.}}$$

где  $\rho_{н.п.}$  – насыпная плотность портландцемента, кг/м<sup>3</sup>

2) Расход известкового теста, кг

$$Q_{из} = V_{из} \cdot \rho_{н.п.}$$

$$V_{из} = 0,17 \cdot (1 - 0,002 \cdot Q_{ц})$$

3) Расход воды, л

$$Q_{в} = 0,65 \cdot (Q_{ц} + Q_{из})$$

4) Состав сложного раствора

$$\frac{V_{ц}}{V_{ц}} : \frac{V_{из}}{V_{ц}} : \frac{1}{V_{ц}}$$

## Лабораторная работа 11

### Испытание крупного заполнителя для бетона

*Цель работы:* закрепление знаний по теме «Строительные материалы и бетоны»

Зерновой состав крупного заполнителя – щебня влияет на качество приготовления бетона. При выборе зернового состава крупного заполнителя необходимо исходить из основного требования: получить наименьший объем пустот и наименьший расход портландцемента в бетоне заданной марки.

В зависимости от размера зерен щебень подразделяют на следующие фракции:

5-10, 10-20, 20-40, 40-70 мм. В каждой фракции щебня должны быть зерна всех размеров от наибольшего до наименьшего для данной фракции. Зерновой состав загрязненного нефракционированного щебня определяют просеиванием одновременно с промывкой водой пробы заполнителя.

Крупный заполнитель высушивают до постоянной массы и берут для испытания пробу в количестве 5, 10, 20, 40 и при наибольшей крупности соответственно 10, 20, 40, 70. Щебень просеивают через набор сит с отверстиями:

$$1,25 D_{наиб.}; \quad D_{наиб.} = 0,5 \cdot (D_{наиб.} + D_{наим.}); \quad D_{наим.}$$

и определяют частные и полные остатки на каждом сите рассеиваемой пробы в %. В случае, когда остаток образовался на сите с отверстиями диаметром 70 мм, определяют необходимый размер зерен щебня, используют проволоочные кольца – калибры различного диаметра – 100, 120 мм или более в зависимости от крупности.

Далее вычисляют остатки на каждом сите к суммарной массе просеянной пробы в %:

$$a_i = (m_i \cdot 100) \cdot \Sigma m,$$

где  $m_i$  – масса остатка на данном сите, кг;

$\Sigma m$  – сумма частных остатков на всех ситах, кг.

По известным значениям частных остатков рассчитывают полные остатки на каждом сите в процентах (%):

$$A_i = a_{70} + \dots + a_i,$$

где  $a_{70} + \dots + a_i$  – частные остатки на всех ситах с большими размерами отверстий плюс остаток на данном сите, проценты (%).

Затем устанавливают наибольшую  $D_{\text{наиб.}}$  и наименьшую  $D_{\text{наим.}}$  крупность зерен щебня. За наибольшую крупность зерен принимают размер отверстия того верхнего сита, на котором полный остаток не превышает 5%, а за наименьшую крупность – размер отверстия нижнего сита, полный остаток на котором составляет не менее 95%.

Кроме того, вычисляют значения  $0,5 \cdot (D_{\text{наим.}} + D_{\text{наиб.}})$  и  $1,25 D_{\text{наиб.}}$ .

Зерновой состав каждой фракции или смеси фракций должен находиться в пределах указанных в таблице

Размер сит	$D_{\text{наим.}}$	$0,5 (D_{\text{наим.}} + D_{\text{наиб.}})$	$D_{\text{наиб.}}$	$1,25 \cdot D_{\text{наиб.}}$
Полный остаток	От 90 до 100	От 30 до 80	до 10	до 0,5

## Лабораторная работа 12 Испытание песка для бетона

*Цель работы:* закрепление знаний по теме «Строительные растворы и бетоны»

Получение бетона плотной структуры при наименьшем расходе портланд-цемента обеспечивается применением крупных песков с оптимальным содержанием средних и мелких частиц. Для определения зернового состава песка применяют ситовой анализ.

Пробу песка массой 1000 г просеивают вручную через комплект сит диаметром 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 мм. Просеивание считается законченным, если через сито на чистый лист бумаги за 1 минуту проходит не более 0,15 зерен песка от 1000г, т.е. 1 г песка. Остатки песка на каждом сите взвешивают и вычисляют частные остатки на каждом сите с точностью до 0,1% по формуле

$$a_1 = \frac{m_1}{m} \cdot 100\% ,$$

где  $a_1$  – частный остаток на сите, проценты (%),

$m_1$  – масса остатка на данном сите, г;

$m$  – масса просеиваемой навески, 1000 г.

Затем с точностью до 0,1% определяют полные остатки на каждом сите как сумму частных остатков на всех вышестоящих ситах плюс остаток на данном сите по формуле

$$A_{0,16} = a_{1,25} + a_{0,63} + a_{0,315} + a_{2,5} + a_{0,16} ,$$

где  $a_{1,25} \dots a_{0,16}$  – частные остатки на ситах, проценты (%).

Зерновой состав песка характеризуется также модулем крупности  $M$ , который вычисляют по формуле

$$M = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100},$$

где  $A_{2,5} \dots A_{0,16}$  – полные остатки на ситах, проценты (%)

### Лабораторная работа 13

#### Приготовление пробных замесов сложного раствора

*Цель работы:* закрепление знаний по теме «Строительные растворы и бетоны»

Подвижность бетонной смеси с наибольшей крупностью заполнителя 40 мм определяют при помощи стандартного конуса. Который представляет собой металлическую форму без дна в виде усеченного конуса высотой 300 мм, с диаметром верхнего основания 100 мм и нижнего 200 мм.

Через воронку форму заполняют тремя равными по высоте слоями бетонной смесью. Затем в смесь кладут щебень и все размешивают.

Далее форму снимают строго вертикально так, чтобы не разрушить бетонный конус. Освобожденная от формы бетонная смесь под действием собственной массы начинает оседать. После окончания осадки снятую форму осторожно устанавливают рядом с осевшим конусом бетона. На верхнее основание формы конуса укладывают линейку, от нижнего ребра другой линейкой измеряют осадку бетонной смеси с точностью до 5 мм.

При проведении данного испытания, время, затраченное на подъем конуса, должно составлять 5-7 сек. Общее время испытаний с начала наполнения конуса и до момента измерения осадки бетонной смеси не должно превышать 10 минут.

Осадку бетонной смеси определяют дважды, за результат принимают среднее арифметическое двух определений, отличающихся друг от друга на 1 см при ОК=4 см; не более чем на 2 см при ОК=5-9 см, не более чем на 3 см при ОК=10 см.

Значение осадки конуса характеризует подвижность испытываемой бетонной смеси.

### Лабораторная работа 14

#### Приготовление и испытание образцов из полимербетона

#### Определение твердости пластических масс по Бринеллю

Метод определения твердости по Бринеллю основан на вдавливании с определенной силой стального шарика в испытываемый материал и вычислении числа твердости по замеру глубины вдавливания.

Для определения твердости пластических масс применяют любой прибор с плавным возрастанием нагрузки до 2,5 кН (схема одного из таких приборов показана на рис.1). Прибор состоит из станины 6, на которой свободно двигается рама 7. На станине имеется опора 1, на которую помещают испытываемый образец 2. На раме закреплен индикаторный прибор 5 с циферблатом 4, указывающим глубину погружения шарика, и устройство для закрепления шарика 3.

Рама шарнирно соединена с рычагом 8, на конец которого кладут груз 9. Рычаг должен быть снабжен устройством, дающим плавное увеличение нагрузки.

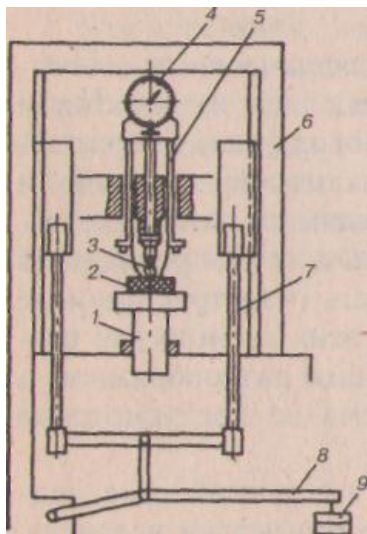


Рис. 1. Схема прибора для определения твердости

Твердость пластических масс на этом приборе определяют следующим образом. Из подлежащего испытанию материала изготавливают образцы в форме пластин или брусков толщиной не менее 5 и шириной 15 мм. Испытание проводят в лаборатории при  $20 \pm 2$  ° С. Перед испытанием образцы следует выдерживать при этой температуре не менее 16 ч. Образец помещают на опору таким образом, чтобы шарик находился в центре ширины бруска.

Затем шарик прижимают пружиной к испытываемому материалу и на конец рычага помещают груз, сообщающий усилие на шарик 500 Н для пластмасс с твердостью до 200 МПа или 2,5 кН для пластмасс с твердостью выше 200 МПа. Стрелку на циферблате индикаторной головки устанавливают на нулевое деление. Нагрузку следует прикладывать плавно, без толчков, увеличивая ее от нуля до выбранного значения в течение 30 с. Максимальную нагрузку выдерживают в течение 1 мин, после чего плавно снимают. Глубину отпечатка при выбранной нагрузке фиксируют с точностью до 0,01 мм через 1 мин после начала приложения нагрузки и через 1 мин после снятия нагрузки.

После проведения испытания с рычага снимают груз и переводят рычаг в первоначальное положение, затем повторно определяют твердость, переставляя образец на опоре так, чтобы центр второго отпечатка находился на расстоянии не менее 7,5 мм от центра первого.

Испытанию подвергают пять образцов, и на каждом образце проводят по два определения. Число твердости по Бринеллю  $HV$ , МПа, определяют по формуле:

$$HV = p / (\pi dh),$$

где  $p$  — нагрузка, прилагаемая к шарiku, Н;

$d$  — диаметр шарика, мм;

$h$  — глубина отпечатка шарика, мм.

Окончательным результатом является среднее арифметическое определение твердости пяти образцов.

Отношение упругой деформации к остаточной,  $H$ , вычисляется по формуле, %

$$H = [(h - h_0) / h_0] 100,$$

где  $h$  — глубина отпечатка шарика при нагрузке, мм;

$h_0$  — глубина отпечатка шарика при снятии нагрузки, мм.

Результаты испытания заносят в журнал для лабораторных и практических работ.

## Определение предела прочности пластических масс при растяжении

Испытание пластических масс на растяжение по методу, предусмотренному действующими стандартами, базируется на определении значения разрушающей силы при растяжении образца постепенно увеличивающейся нагрузкой (рис. 2). Закрепив образец зажимами разрывной машины, включают электродвигатель и постепенно увеличивают нагрузку. Скорость движения зажимов должна быть при холостом ходе 10 -15 мм/мин для твердых пластмасс и 100 - 500 мм/мин - для эластичных. Испытания проводят до полного разрушения образца и отмечают разрушающую нагрузку

Предел прочности при растяжении, МПа:

$$R_p = p/(bh),$$

где  $p$  - разрушающая нагрузка, Н;

$b, h$  - ширина и толщина образца до испытания, мм.

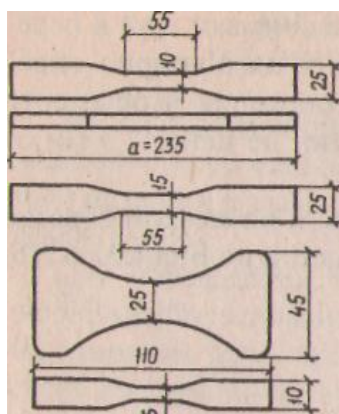


Рис. 2. Образцы для испытания пластических масс на растяжение

При испытании пластических масс, растяжение которых сопровождается пластической деформацией (образование шейки), за величину для расчета предела прочности при растяжении принимают максимальную нагрузку. Вычисление производят с точностью до 0,1 МПа. Результатом испытаний считают среднее арифметическое трех определений.

В журнал для лабораторных и практических работ студенты заносят результаты испытания образцов пластических масс на растяжение.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ И ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Л.Н. Попов, Н.Л. Попов Лабораторные работы по дисциплине «Строительные материалы и изделия» – М: Инфра-М, 2003
2. К.Н. Попов, М.Б. Кадров Строительные материалы и изделия – М: «Высшая школа», 2001
3. В.П. Ананьев, А.Д. Потапов «Инженерная геология» – М: «Высшая школа», 2000

## СОДЕРЖАНИЕ

Общие указания	3
Тема 1.1 Инженерно-геологические исследования для строительства	3
Лабораторная работа 1	3
Лабораторная работа 2	6
Лабораторная работа 3	10
Тема 1.2 Строительные материалы и изделия	
Лабораторная работа 1	11
Лабораторная работа 2	12
Лабораторная работа 3	12
Практическая работа 4	13
Практическая работа 5	13
Практическая работа 6	15
Практическая работа 7	15
Практическая работа 8	16
Практическая работа 9	16
Практическая работа 10	17
Практическая работа 11	18
Практическая работа 12	19
Практическая работа 13	20
Практическая работа 14	20
Список рекомендуемой и использованной литературы	23