



Министерство сельского хозяйства  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Самарская государственная  
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Механика и инженерная графика»

**Н. П. Крючин, Э. Н. Савельева, Ю.З. Кирова**

## **СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ**

Методические указания для выполнения лабораторных работ

для студентов, обучающихся по направлению  
190600 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и  
комплексов»

Кинель  
РИЦ СГСХА  
2013

УДК 620.10 (07)  
ББК 30.121 Р  
К-85

**Крючин, Н.П.**

**К-85** Сопротивление материалов : методические указания для выполнения лабораторных работ / Н. П. Крючин, Э. Н. Савельева, Ю.З. Кирова. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2013. – 67 с.

Цикл лабораторных работ включает девять работ, шесть из которых выполняются на экспериментальных установках и три – это виртуальные лабораторные работы, выполняемые на компьютере. В процессе лабораторных занятий студенты изучают механические характеристики малоуглеродистой стали, проводят испытания на кручение, поперечный и продольный изгиб, определяют внутренние усилия и напряжения в сечениях стержней, также измеряют и рассчитывают деформации в цилиндрической винтовой пружине и в двухопорной балке.

Данные методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по курсу сопротивления материалов студентами, обучающимися по направлению 190600 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2013  
© Крючин Н. П., Савельева Э. Н., Кирова Ю. З., 2013

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	4
Правила по технике безопасности при проведении лабораторных работ по испытанию материалов .....	5
Лабораторная работа №1. Диаграмма растяжения малоуглеродистой стали.....	6
Лабораторная работа №2 (виртуальная лабораторная работа). Статическое испытание материалов на сжатие .....	13
Лабораторная работа №3(виртуальная лабораторная работа). Испытание материалов на срез.....	19
Лабораторная работа №4 <sup>а</sup> . Испытание образцов на кручение.....	23
Лабораторная работа №4 <sup>б</sup> (виртуальная лабораторная работа). Испытание материалов на кручение.....	31
Лабораторная работа №5. Испытание цилиндрической винтовой пружины на сжатие.....	37
Лабораторная работа №6. Испытание двутавровой балки на изгиб.....	42
Лабораторная работа №7. Определение деформаций балки при плоском изгибе.....	50
Лабораторная работа №8. Внецентренное растяжение стержня прямоугольного сечения.....	54
Лабораторная работа №9. Изучение продольного изгиба в стадии упругой деформации.....	60

## Предисловие

Данные методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по курсу сопротивления материалов студентами, обучающимися по направлению 190600 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов». Область профессиональной деятельности бакалавров по данному направлению подготовки включает в себя области науки и техники, связанные с эксплуатацией, ремонтом и сервисным обслуживанием транспортных и транспортно-технологических машин различного назначения. Согласно Федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования выпускник должен обладать профессиональными компетенциями:

- уметь выбирать материалы для применения при эксплуатации и ремонте транспортных машин и транспортно-технологических комплексов различного назначения;
- способность в составе коллектива исполнителей к выполнению теоретических, экспериментальных, вычислительных исследований по научно-техническому обоснованию инновационных технологий эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов.

Цель издания – помочь студентам овладеть методами экспериментального исследования; приёмами работы с оборудованием для испытаний физико-механических свойств и технологических показателей материалов и изделий, обеспечивающих базу инженерной подготовки для изучения специальных дисциплин.

## **Правила по технике безопасности при проведении лабораторных работ по испытанию материалов**

1. Лабораторные работы проводятся под наблюдением преподавателя или учебного мастера. Студент может работать на испытательных машинах и установках только с разрешения преподавателя. Студентам запрещается самостоятельно включать и выключать машины, проводить какие-либо операции на них и оставлять их без наблюдения в процессе работы.

2. Перед началом работы проверить соответствие грузов на маятнике силоизмерителя величине ожидаемой нагрузки при испытании образца. Не разрешается испытывать образцы, требующие нагрузки большей, чем указано в технической характеристике машины.

3. Выбор приспособления для закрепления образцов должен соответствовать типу образца и виду деформации. Перед пуском машины необходимо проверить надежность закрепления испытуемого образца.

4. При проведении лабораторных испытаний нельзя находиться в непосредственной близости от движущихся частей машины. При испытании хрупких или закаленных образцов необходимо пользоваться защитным экраном из органического стекла или металлической заслонкой.

5. Корпус испытательной машины должен быть надежно заземлен. При работе на машинах и установках нельзя прикасаться к токоведущим частям, а также к электрощитам и электрорубильникам.

6. Запрещается проводить ремонтные мероприятия, устранять неисправности электрооборудования и чистить машины и установки во время работы или когда они находятся под напряжением.

7. После завершения работы студенты обязаны собрать измерительные инструменты, методические издания и сдать их учебного мастера. В случае потери изданий, порчи инструментов или испытательных приборов студенты несут материальную ответственность за них.

## Лабораторная работа №1

### Диаграмма растяжения малоуглеродистой стали

**Цели работы:** исследование процесса растяжения образца вплоть до разрушения; определение механических характеристик материала и марки стали.

Диаграммой растяжения называется график, показывающий функциональную зависимость между нагрузкой и деформацией в процессе растяжения образца до момента разрыва.

Испытания проводятся на разрывных машинах с приспособлением, автоматически вычерчивающим диаграмму растяжения, типа УММ-5, УММ-10, ГРМ-1.

Для испытаний берется стандартный образец, показанный на рисунке 1.2. ГОСТом предусматривается применение плоских и круглых образцов, они могут быть длинными и короткими.

В процессе испытаний записывающим устройством на бумаге вычерчивается диаграмма в координатах: усилие – деформация. Примерный характер диаграммы растяжения малоуглеродистой стали показан на рисунке 1.1.

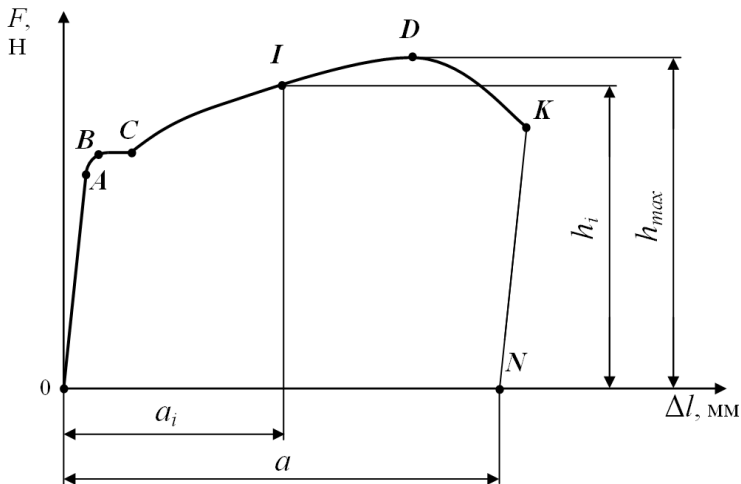


Рис. 1.1. Диаграмма растяжения малоуглеродистой стали

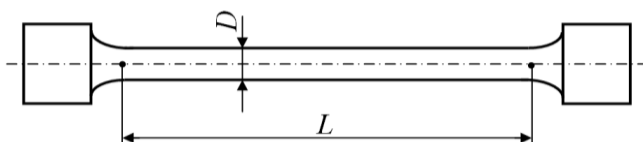


Рис. 1.2. Эскиз стандартного образца

Прямолинейный участок диаграммы указывает на пропорциональную зависимость между нагрузкой и деформацией (закон Гука). Ордината конца прямолинейного участка диаграммы, точка *A*, соответствует нагрузке, до которой выполняется закон Гука, т.е. **нагрузке  $F_{pr}$** , соответствующей **пределу пропорциональности**.

Разделив эту нагрузку на первоначальную площадь поперечного сечения образца *A*, получим значение **предела пропорциональности**:

$$\sigma_{pr} = \frac{F_{pr}}{A}. \quad (1.1)$$

Следовательно, **пределом пропорциональности** называется такое максимальное напряжение, до которого выполняется прямая пропорциональная зависимость между нагрузкой и деформацией (закон Гука).

За точкой *A* диаграмма принимает криволинейное очертание, т.е. деформация растет быстрее чем нагрузка. Ордината точки *B* соответствует **нагрузке предела упругости  $F_e$** . Разделив эту нагрузку на первоначальную площадь сечения образца, получим напряжение, называемое **пределом упругости**:

$$\sigma_e = \frac{F_e}{A} \quad (1.2)$$

При дальнейшем увеличении нагрузки пропорциональная зависимость нарушается для мягких сталей, сопровождается так называемой текучестью – быстрым возрастанием деформации без увеличения нагрузки. **Предел текучести** на диаграмме изображается участком *BC*, близким к горизонтальному, часто называемым **площадкой текучести**.

Механизм текучести объясняется тем, что материал претерпевает сдвиг в разных плоскостях.

Состояние текучести характеризуется распределением пластической деформации по всему объему материала. На поверхности полированного образца можно заметить косые линии (штрихи) – линии сдвига. Эти линии называются линиями Чернова.

Большинство их наклонено к образующей образца под углом 45...50 градусов, т.е. приблизительно соответствует положению площадок наибольших касательных напряжений.

Нагрузка  $F_y$ , соответствующая точке С на диаграмме, называется **нагрузкой предела текучести**. Поделив эту нагрузку на первоначальную площадь поперечного сечения образца, получим напряжение **предела текучести**:

$$\sigma_y = \frac{F_y}{A}. \quad (1.3)$$

Напряжение, при постоянном значении которого деформация возрастает, называется пределом текучести.

Высокоуглеродистые и другие стали большой прочности (как и другие материалы, кроме мягкой стали) не дают площадки текучести. Предел текучести для этих сталей принимается условно соответствующему напряжению, при котором остаточное удлинение образца составляет 0,2% или 0,5% его длины.

После площадки текучести дальнейшая деформация образца сопровождается возрастанием нагрузки до максимального значения  $F_{max}$  в результате упрочнения (наклепа) материала. На участке  $CD$  деформация образца происходит равномерно по всей его длине, при этом продольные размеры увеличиваются, а поперечное сечение уменьшается.

Условное напряжение, полученное делением максимальной наблюдаемой при опыте нагрузке  $F_{ut}$  на первоначальную площадь поперечного сечения образца, называется **временным сопротивлением или пределом прочности** материала:

$$\sigma_{ut} = \frac{F_{ut}}{A}. \quad (1.4)$$

При достижении максимальной нагрузки деформация начинает сосредотачиваться на одном участке, на котором наблюдается все возрастающее уменьшение площади поперечного сечения, т.е. образовывается местное сужение образца (шейка). Вследствие этого сопротивление образца быстро уменьшается, и кривая здесь идет вниз. **Действительное** или **истинное** значение напряжения, полученное делением нагрузки в момент разрыва на соответствующую площадь сечения образца в шейке, в этот момент не падает, а все время растет вплоть до разрушения. К моменту разрушения **истинное** напряжение в шейке имеет наибольшее значение: оно может в два или даже в три раза превышать временное напряжение.