

Лабораторная работа № 1
**ИСПЫТАНИЕ НА РАСТЯЖЕНИЕ МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ И
ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛЕЙ**

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Могилевский государственный университет продовольствия»

Кафедра прикладной механики

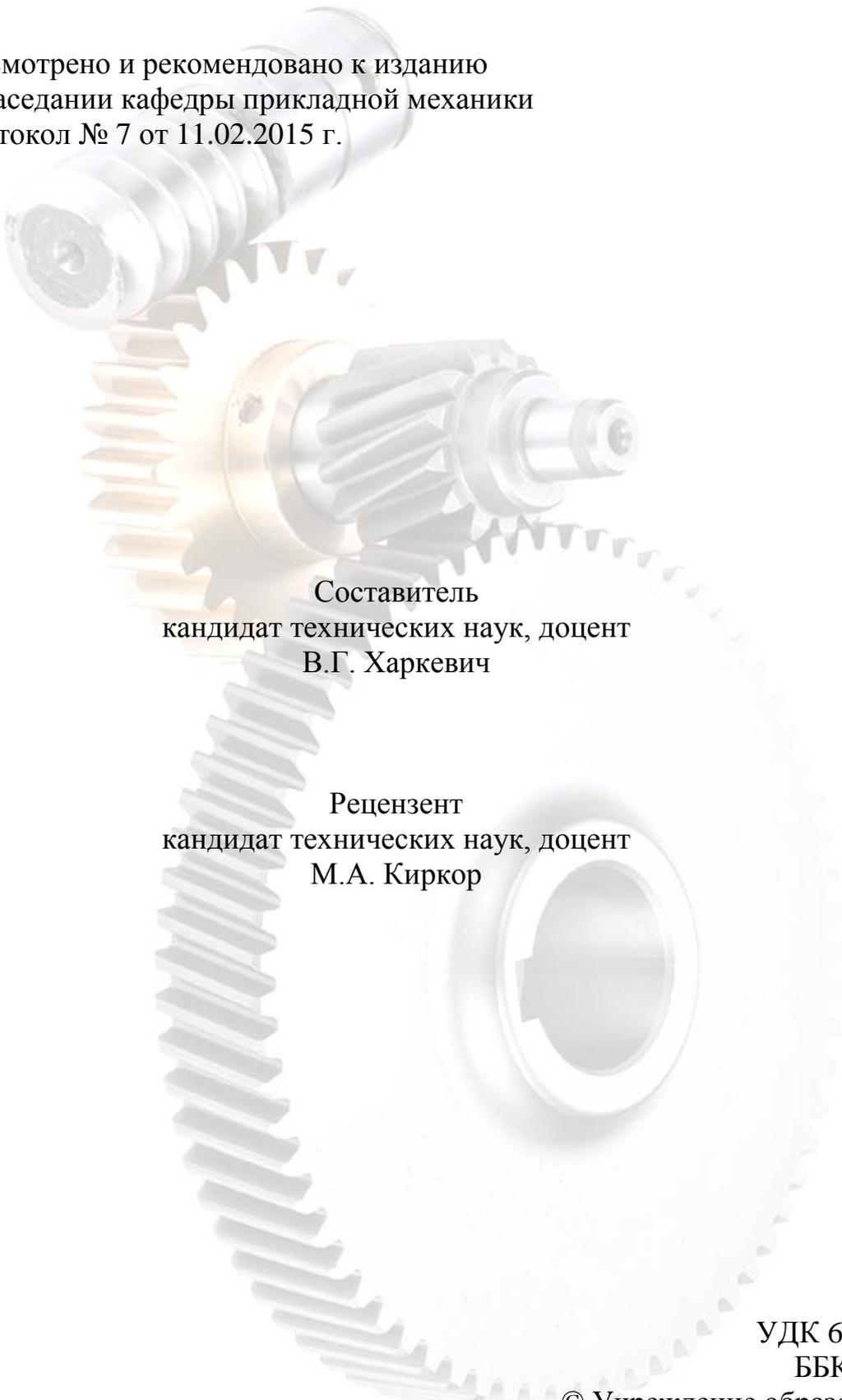
ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

Раздел «Сопротивление материалов»

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов технологических и химико-технологических специальностей
всех форм обучения

УДК 621.798
ББК 30.61

Рассмотрено и рекомендовано к изданию
на заседании кафедры прикладной механики
Протокол № 7 от 11.02.2015 г.



Составитель
кандидат технических наук, доцент
В.Г. Харкевич

Рецензент
кандидат технических наук, доцент
М.А. Киркор

УДК 621.798
ББК 30.61

© Учреждение образования
«Могилевский государственный
университет продовольствия», 2015

Лабораторная работа № 1

Испытание на растяжение малоуглеродистой и легированной сталей

Цель работы – изучить процесс деформирования малоуглеродистой и легированной сталей при растяжении вплоть до разрушения, определить механические характеристики сталей.

1 Теоретические сведения

Испытания на растяжение статической нагрузкой позволяют определить основные механические характеристики материала. Этот вид испытания материала отличается простотой и имеет наибольшее распространение. Характеристики механических свойств, получаемые при этих испытаниях, имеют следующие обозначения и определения:

предел пропорциональности $\sigma_{m\prime}$, МПа – напряжение, при котором отступление от линейной зависимости между нагрузкой и удлинением достигает такой величины, что тангенс угла наклона, образованного касательной к кривой деформации $P - \Delta l$ в точке $P_{m\prime}$ с осью нагрузок, увеличивается на 50% своего значения на линейном упругом участке;

предел упругости $\sigma_{0,05}$, МПа – напряжение, при котором остаточное удлинение достигает 0,05% расчетной длины образца;

предел текучести (физический) σ_m , МПа – наименьшее напряжение, при котором образец деформируется без заметного увеличения растягивающей нагрузки;

временное сопротивление (предел прочности) σ_b , МПа – напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке P_b , предшествующей разрушению образца;

относительное удлинение после разрыва δ , % – отношение приращения расчетной длины образца после разрыва $l_k - l_0$ к её первоначальной длине l_0 ;

относительное сужение после разрыва ψ , % – отношение разности начальной площади и минимальной площади поперечного сечения образца после разрыва $A_0 - A_k$ к начальной площади поперечного сечения A_0 .

2 Форма и размеры образцов

Для испытания на растяжение стандартом рекомендуются применять цилиндрические и плоские образцы. Расчетная длина цилиндрических образцов должна быть равной $l_0 = 5d_0$ или $l_0 = 10d_0$. Образцы с расчетной длиной $l_0 = 5d_0$ называются **короткими**, а образцы $l_0 = 10d_0$ – **длинными**. В качестве основных применяют образцы диаметром $d_0 = 10$ мм (см. рисунок 1.1). Расчетная длина l_0 на образце отмечается рисками.

Расчетную длину образца можно выразить через площадь поперечного сечения.

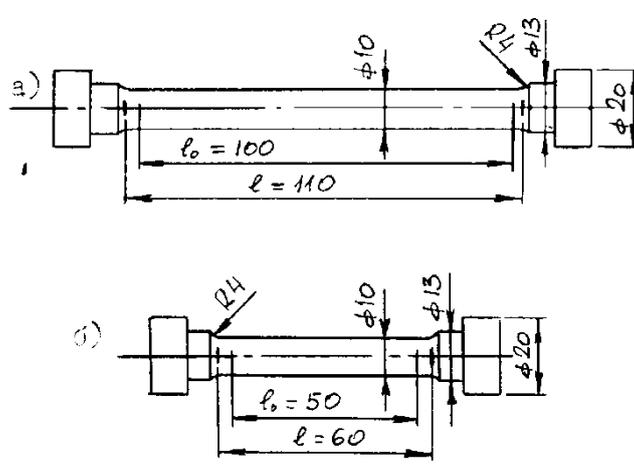
$$A_0 = \frac{\pi d_0^2}{4}, \quad d_0 = \sqrt{\frac{4A_0}{\pi}} = 1,13\sqrt{A_0}.$$

Таким образом, для коротких образцов

$$l_0 = 5,65\sqrt{A_0},$$

для длинных образцов

$$l_0 = 11,3\sqrt{A_0}.$$



а) – длинный; б) – короткий

Рисунок 1.1 – Образцы для испытания материала на растяжение

3 Оборудование для испытаний

Для проведения испытаний на растяжение применяются разрывные и универсальные испытательные машины. Возможно также применение прессов при условии использования дополнительного приспособления – реверсора. Испытательные машины должны быть оборудованы диаграммным аппаратом для записи диаграммы деформирования образца.

При испытании на растяжение образец должен быть закреплен в захватах машины таким образом, чтобы прилагаемая нагрузка действовала по продольной оси образца. Это необходимо для создания в образце однородного напряженного состояния. Нагрузка должна прилагаться плавно со скоростью перемещения подвижного захвата машины не более $0,1l_0$ мм/мин. При выполнении данной лабораторной работы можно использовать испытательные машины МУП-50 и Р-10 или пресс ПГ-50, которыми оборудована лаборатория сопротивления материалов.

4 Диаграмма растяжения

Основной задачей испытания на растяжение является построение диаграммы растяжения, т.е. зависимости между силой, действующей на образец, и его удлинением.

Испытательная машина сообщает образцу принудительное удлинение и регистрирует силу сопротивления образца, т.е. нагрузку, соответствующую этому удлинению. Результаты опыта записываются с помощью диаграммного аппарата на бумагу в виде диаграммы растяжения в координатах $P - \Delta l$. Типичная для малоуглеродистой стали диаграмма растяжения образца показана на рисунке 1.2.

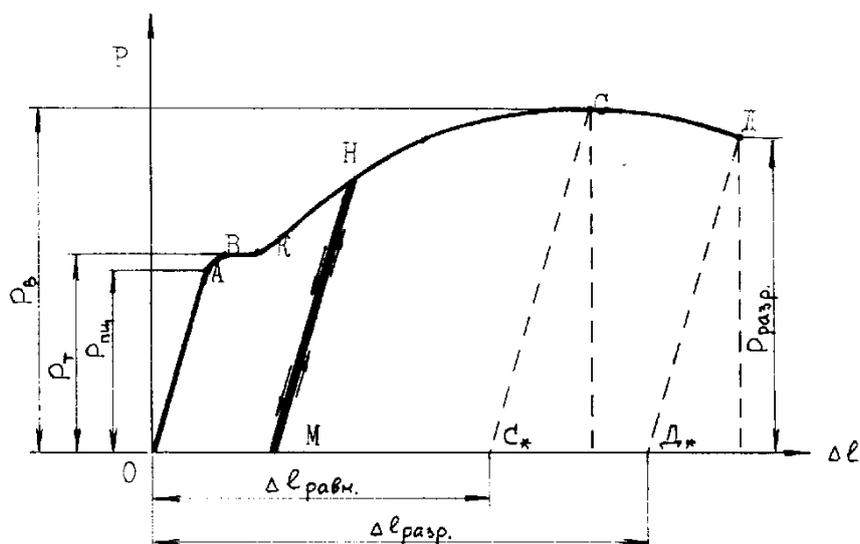


Рисунок 1.2 – Диаграмма растяжения малоуглеродистой стали

Рассмотрим основные особенности этой диаграммы.

Данную кривую условно можно разделить на четыре участка. Прямолинейный участок OA называется участком упругости. Здесь материал образца испытывает только упругие деформации. Зависимость между нагрузкой на образец и его деформацией подчиняется закону Гука:

$$\Delta l = \frac{P\ell}{EA_{сеч}}$$

Удлинение Δl на участке OA очень мало.

Участок BK называется участком общей текучести, а отрезок BK – площадкой текучести. Здесь происходит существенное изменение длины образца без заметного увеличения нагрузки. Наличие площадки текучести является характерным для малоуглеродистой стали.

Участок KC называется участком упрочнения. Здесь материал вновь обнаруживает способность повышать сопротивление при увеличении деформации. Область упрочнения материала на диаграмме растяжения простирается до точки C , ордината которой равна наибольшей нагрузке на образец P_σ .

Начиная с точки C резко меняется характер деформации образца. При возрастании нагрузки на образец от 0 до P_σ все участки образца удлинялись одинаково, т.е. образец испытывал равномерную деформацию. По достижении максимальной нагрузки деформация образца начинает сосредотачиваться в каком-то наиболее слабом месте по его длине. В дальнейшем удлинение образца происходит с уменьшением силы (участок CD). Удлинение образца при этом носит местный характер. В этом месте образца интенсивно уменьшаются размеры поперечного сечения (образуется так называемая шейка) и увеличивается длина этого участка. Поэтому участок CD называется участком местной текучести. Точка D на диаграмме соответствует разрушению образца.

Если испытываемый образец, не доводя до разрушения, разгрузить (например, в точке H), то в процессе разгрузки зависимость между силой P и

удлинением Δl изобразится прямой HM , которая будет параллельна OA . Длина разгруженного образца будет больше первоначальной на величину OM . Отрезок OM представляет собой остаточное или пластическое удлинение. При повторном нагружении образца диаграмма растяжения принимает вид прямой HM и далее – кривой $НСД$, как будто промежуточной разгрузки и не было.

Чтобы дать количественную оценку механическим свойствам материала диаграмму растяжения $P = f(\Delta l)$ перестраивают в координатах σ – ϵ . Для этого значения силы P делятся на первоначальную площадь образца A_0 , т.е. $\sigma = P/A_0$, а удлинения Δl делятся на первоначальную длину расчетной части образца l_0 , т.е. $\epsilon = \Delta l/l_0$.

В результате получаем диаграмму $\sigma = f(\epsilon)$, которая будет характеризовать свойства материала, а не свойства конкретного образца (рисунок 1.3). Эта диаграмма называется условной, так как при вычислении σ и ϵ не учитываются изменения длины и площади поперечного сечения образца в процессе растяжения.

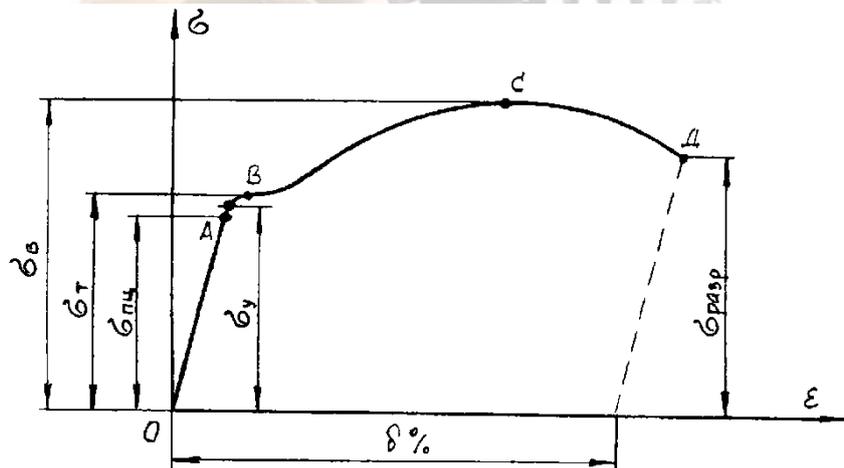


Рисунок 1.3 – Условная диаграмма растяжения малоуглеродистой стали

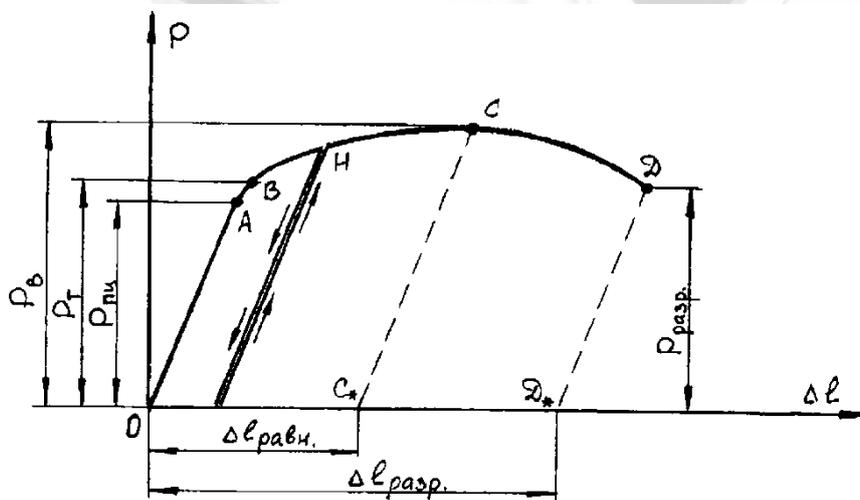


Рисунок 1.4 – Диаграмма растяжения легированной стали

Ряд пластичных материалов (легированные стали, бронзы, латуни, алюминиевые сплавы, титановые сплавы и др.) не имеют физического предела текучести. На диаграмме растяжения таких материалов (рисунок 1.4) после точки *B* происходит быстрое возрастание пластической деформации. Условный предел текучести P_m соответствующий точке *B* на диаграмме растяжения, определяется как нагрузка, при которой пластическая деформация равна 0,2% (рисунок 1.5).

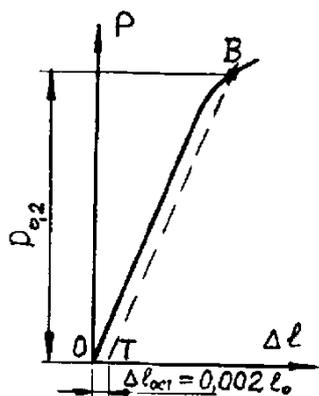


Рисунок 1.5 – Схема определения условного предела текучести $P_{0,2}$

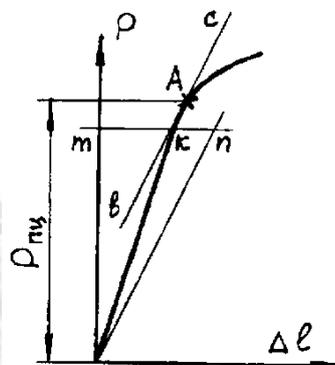


Рисунок 1.6 – Схема определения предела пропорциональности $P_{пц}$

5 Порядок проведения испытания и обработка результатов

Перед испытанием необходимо измерить диаметр образца и отметить на образце начальную расчетную длину неглубокими кернами, рисками или иными метками с точностью до 1%. Диаметр измеряют штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. Эти данные заносят в лабораторный журнал.

Затем образец закрепляют в захватах испытательной машины. Подготавливается к работе диаграммный аппарат, для чего нужно закрепить на барабане чистую миллиметровую бумагу и отметить положение нулевой линии – ось абсцисс.

После этого включается испытательная машина и нагружается образец. Процесс нагружения наблюдают по диаграмме, которую пишет диаграммный аппарат, и по движению стрелки силомера. После прохождения зоны текучести испытание следует остановить и образец разгрузить. Этим демонстрируется закон разгрузки и образование остаточных деформаций. После полной разгрузки образца вновь его нагружают и ведут испытание до его разрушения.

При прохождении зоны текучести следует зафиксировать значение силы P_m .

После разрушения образца выключить машину, вынуть из захватов машины обе части образца и осмотреть место разрыва. Записать значение наибольшей нагрузки P_v по шкале силомера, снять с барабана бумагу с диаграммой растяжения и приступить к обработке результатов испытания.

Обе части образца сложить вместе; замерить расстояние между метками, т.е. величину l_k , и диаметр образца d_k в месте разрыва. Измерение диаметра в месте разрыва ввиду обычно неправильной формы сечения проводят по трем различным диаметрам. Площадь поперечного сечения в месте разрыва определяется по среднему арифметическому из этих измерений.

Обработку диаграммы начинают с проведения горизонтальной прямой (оси абсцисс) через начальную точку O . Начало координат O определяется как точка пересечения оси абсцисс с продолжением наклонной прямой OA . Этим исключаются из рассмотрения начальные обмятия, люфит и др., неизбежные при испытании. Через точку O перпендикулярно оси абсцисс проводят ось ординат. Намечаются на диаграмме характерные точки:

- A – соответствующая концу прямолинейного участка;
- B – начало горизонтального участка;
- C – максимальная нагрузка;
- D – момент разрыва.

Для определения положения точки A на кривой растяжения проводится на произвольном уровне прямая, параллельная оси абсцисс (рисунок 1.6), и на этой прямой откладывается отрезок kn , равный половине отрезка mk . Через точку n и начало координат проводится прямая On и параллельно ей проводится касательная vs к кривой растяжения. Точка касания кривой растяжения является точка A , которая и определяет высоту ординаты, т.е. $P_{нц}$.

Далее на диаграмме проводятся прямые CC^* и DD^* , параллельные OA , и определяются: $\Delta \ell_{разр}$ – приращение расчетной длины образца после разрыва и $\Delta \ell_{равн}$ – равномерное остаточное удлинение в момент разрыва. Эти величины заносятся в журнал. Площадь диаграммы $OABKCC^*DD^*C^*O$ определяет работу, затраченную на остаточное деформирование образца. Для определения этой площади она разбивается на несколько простейших фигур: треугольники, трапеции, прямоугольники и т.д.. Подсчитанная площадь в соответствующем масштабе равна работе, которая может быть выражена формулой $A = \eta P_{\sigma} \Delta \ell_{разр}$. Имея значения A , P_{σ} и $\Delta \ell_{разр}$, вычисляется коэффициент полноты диаграммы растяжения η . Масштаб площади равен $m_A = m_P m_{\Delta \ell}$, где m_P и $m_{\Delta \ell}$ соответственно масштаб сил и удлинений. Значения работы A и коэффициента η заносятся в журнал.

В журнале в уменьшенном масштабе чертится диаграмма растяжения с нанесением на неё значений измеренных абсцисс и ординат.

По полученным данным вычисляются и вносятся в журнал механические характеристики материала:

$$\sigma_{нц} = \frac{P_{нц}}{A_0} \text{ – предел пропорциональности,}$$

$$\sigma_m = \frac{P_m}{A_0} \text{ – предел текучести,}$$

$$\sigma_{\sigma} = \frac{P_{\sigma}}{A_0} \text{ – предел прочности (временное сопротивление).}$$

Удельная работа, затраченная на пластическое деформирование, равна

$$a = \frac{A}{V_0},$$

где $V_0 = A_0 \ell_0$ – первоначальный объём расчетной части образца.