

**Тема: МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ  
ИСПЫТАНИЯ: ИСПЫТАНИЯ НА СЖАТИЕ И  
НА ИЗГИБ**

*Вопросы:*

- 1. Испытания на сжатие*
- 2. Испытания на изгиб*



# 1 Испытания на сжатие

Испытание на сжатие, при котором изучают поведение материалов при одноосном сжатии, можно рассматривать как обратное испытанию на растяжение. Оно имеет наибольшее значение для строительных материалов таких, как натуральный камень, кирпич, бетон, древесина, а также для металлических и полимерных материалов. При испытании на сжатие образец с поперечным сечением  $A_0$  подвергают сжатию и измеряют при этом соответствующую нагрузку  $F$ . Для определения напряжения сжатия  $\sigma_d$ , нагрузку  $F$  относят к площади начального сечения  $A_0$

$$\sigma_d = F / A_0, \text{ Н/мм}^2.$$

# 1 Испытания на сжатие

Если абсолютное укорочение при деформации  $\Delta L = L_0 - L$  отнести к начальной высоте  $L_0$ , получим относительное укорочение (%)

Временное сопротивление при сжатии  $\sigma_{dB} = F_B / A_0, \text{ Н/мм}^2$ ,  $\varepsilon_d = \Delta L_d 100 / L_0$ .

где  $A_0$  – начальное поперечное сечение образца и  $F_B$  – нагрузка, которую измеряют при появлении первой трещины или при разрушении.

Если трещина не образуется, испытание проводят до общего относительного сжатия 50 %.

При испытании дерева поперек волокна и других деформируемых строительных материалов испытания прекращают уже после достижения 10 % относительного укорочения. Предел текучести при сжатии, соответствующий пределу текучести при растяжении

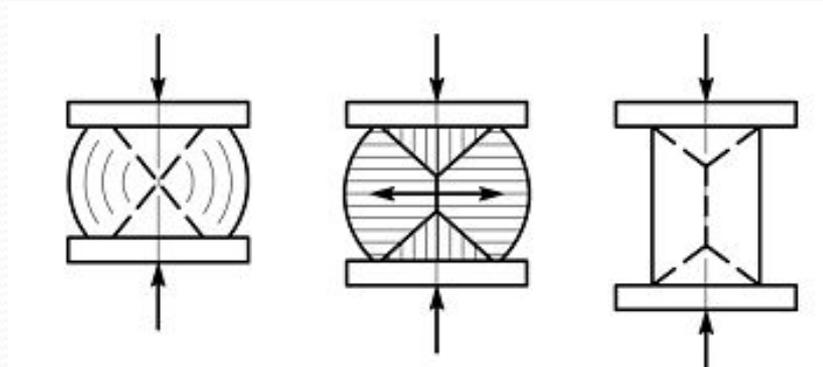
# 1 Испытания на сжатие

Если кривая напряжение–относительное укорочение при сжатии монотонна, то в качестве предела текучести при сжатии определяют условный предел текучести. Условным пределом упругости считают условное напряжение, соответствующее относительному укорочению при сжатии 0,01 %.

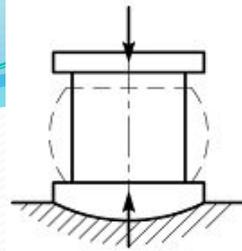
Если образец при сжатии разрушается без видимой трещины, относительное укорочение при сжатии определить нельзя. Бочкообразную выпуклость образца, образующуюся при испытании на сжатие, нельзя сравнивать с соответствующим сужением при испытании на растяжение.

# 1 Испытания на сжатие

**Бочкообразность** при сжатии возникает из-за трения между опорными поверхностями на машине и поверхностями сжимаемого образца. Трение препятствует поперечной деформации на торцах сжимаемого образца нарушает одноосность напряженного состояния при сжатии. Так как ограничение деформации может распространяться конусообразно по середины образца, пластическая деформация при сжатии по существу ограничена областью, лежащей за пределами этого конуса.



# 1 Испытания на сжатие



Для испытания на сжатие применяют или те же испытательные машины, что и на растяжение, или специальные прессы (например, для испытаний строительных материалов). Находят применение механические прессы с механическим приводом при нагрузке до  $10^5$  Н и с гидравлическим приводом до  $10^8$  Н. Плиты, применяемые для передачи давления на образец, должны быть ровными, полированными и более твердыми, чем испытываемый материал. Плита, которую в начале испытания кладут на образец, должна быть установлена с помощью шарового вкладыша таким образом, чтобы она могла в некоторых пределах качаться во все стороны для выравнивания перекосов и небольших отклонений поверхностей образца от параллельности.

## 1 Испытания на сжатие

Для грубых измерений используют нормальный образец с высотой, равной диаметру. При тонких измерениях следует применять длинные образцы с  $L_0 = (2,5...3) d_0$ . Более длинные образцы не применяют из-за опасности продольного изгиба.

При испытании длинных образцов расчетную длину выбирают на половину диаметра меньше, чем высота. Металлические образцы должны быть со всех сторон обточены или отшлифованы. Важно, чтобы торцы были точно параллельны и перпендикулярны оси образца. Для испытаний строительных материалов обычно используют образцы кубической формы.

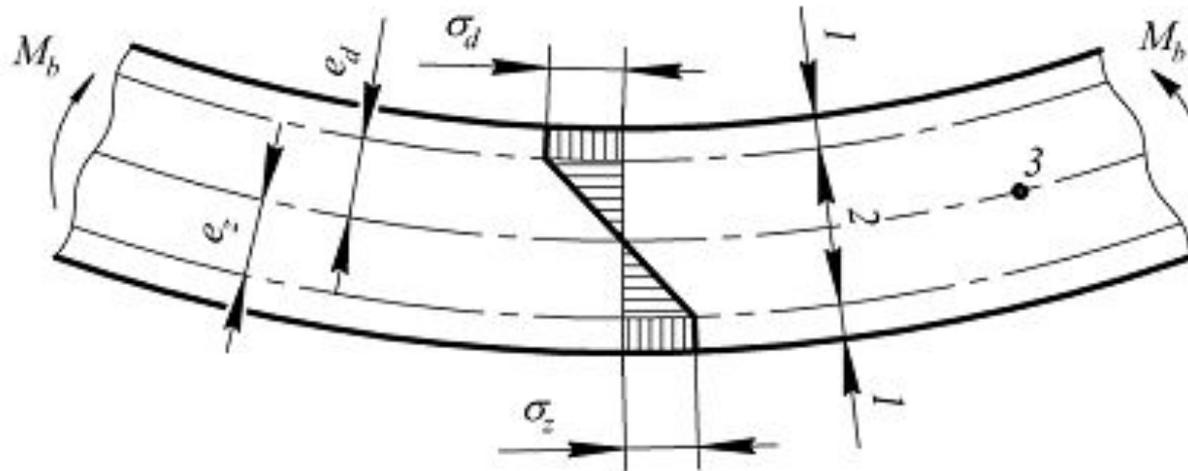
Трубы и хрупкие материалы (гончарные изделия, глина) испытывают на сжатие для оценки их способности противостоять нагрузке в вертикальной плоскости (сплющиванию). При этом труба лежит на основной плите, а приложение нагрузки производят с помощью пуансона.

## 2 Испытания на изгиб

Для исследования сравнительно хрупких материалов, например чугунов с пластинчатым графитом, инструментальной стали или керамики. Для вязких металлических материалов изгибающую нагрузку можно продолжать прикладывать за пределом текучести без разрушения материала.

При изгибе образца с симметричным поперечным сечением, как показано на рис., в одной из наружных зон возникают **растягивающие**, а в противоположной – **сжимающие** напряжения. Напряжения увеличиваются по мере удаления в обе стороны от нейтральной оси, так что самые высокие их значения приходятся на наружные зоны. Если напряжения при этом достигают предела текучести, наступает **пластическое течение**.

## 2 Испытания на изгиб



*Распределение напряжений в симметричном поперечном сечении при изгибе образца: 1 – пластическая деформация; 2 – упругая деформация; 3 – нейтральная ось*

## 2 Испытания на изгиб

В упругой области напряжения в поперечном сечении образца распределяются по линейному закону и максимальное значение напряжений выражается как

$$\sigma_z = M_b e_z / I \text{ и } \sigma_d = M_b e_d / I,$$

где  $M_b$  – изгибающий момент;  $I$  – момент инерции относительно горизонтальной оси, или соответственно

$$\sigma_z = M_b / W_z \text{ и } \sigma_d = M_b / W_d,$$

где  $W = I / e$  – момент сопротивления.

## 2 Испытания на изгиб

Характеристики прочности и пластичности при изгибе определяют при двух модификациях этого испытания: трехточечном и четырехточечном изгибе. При трехточечном изгибе наибольший изгибающий момент возникает под влиянием сосредоточенной силы  $F$  в середине образца

$$M_{b\max} = FL_s / 4,$$

где  $L_s$  – расстояние между опорами. При этом максимальное напряжение равно

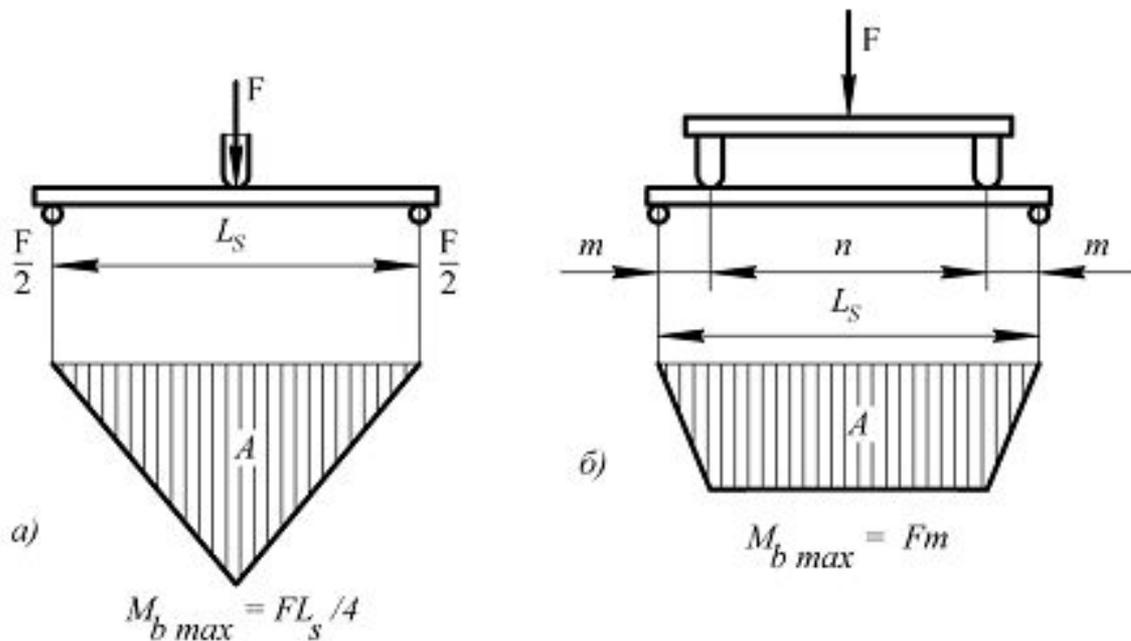
$$\sigma_{\max} = FL_s / 4W, \text{ Н/мм}^2.$$

Введя  $F$  – нагрузку в момент разрушения, получим временное сопротивление при изгибе  $\sigma_{bs}$ . В точке приложения нагрузки появляется наибольший упругий прогиб, равный

$$f = FL_s^3 / 48EI = \sigma_{\max} L_s^2 / 12EI, \text{ мм},$$

## 2 Испытания на изгиб

Так как при испытании полимерных материалов разрушение образцов часто не достигается, определяют предельный прогиб при условии, что величина прогиба в точке приложения силы в 1,5 раза превышает толщину образца.



! Схема испытания и эпюра моментов  $A$  при трехточечном а) и при четырехточечном б) изгибе

## 2 Испытания на изгиб

Прочностной характеристикой, соответствующей этому прогибу, является **условное временное сопротивление** при изгибе  $\sigma_{b1,5}$ . В случае четко выраженного зуба(площадки) текучести определяют условный предел текучести при изгибе  $\sigma_{bF}$ . Если отнести абсолютную величину прогиба к расстоянию между опорами  $L_s$ , получим относительную стрелу прогиба при изгибе  $\phi$

$$\phi = f 100 / L_s.$$

Кроме того, поведение материала можно охарактеризовать жесткостью, определяемой соотношением между прочностью при изгибе  $\sigma_{bV}$  и величиной стрелы прогиба при разрушении  $f_B$ .

## 2 Испытания на изгиб

При четырехточечном изгибе действующая на образец нагрузка  $F$  приложена в двух местах на расстоянии  $m$  от опор. При таком нагружении между точками приложения нагрузки не возникает усилий среза. Изгибающий момент между точками приложения нагрузки постоянен, т.е.

$$M_{b\max} = Fm.$$

Максимальные напряжения между точками приложения нагрузки равны

$$\Sigma_{\max} = Fm / W, \text{ Н/мм}^2.$$

Наибольший прогиб в середине между точками приложения нагрузки при четырехточечном изгибе относительно линии опор выражается как

$$f_{\max} = Fm(3L_s^2 - 4m^2) / 14EI.$$

## 2 Испытания на изгиб

В отличие от трехточечного при четырехточечном изгибе вследствие постоянства изгибающего момента между точками приложения нагрузки создаются условия, при которых получаемые результаты испытаний правильно характеризуют материал и не зависят от возможных неоднородностей образца (в частности, структурных) в области максимального изгибающего момента.

Для проведения испытания на изгиб применяют цилиндрические или призматические образцы. Образцы кладут на гладкие цилиндрические опоры и равномерно нагружают в соответствии с выбранной схемой испытаний с помощью одного или двух пуансонов.

Перед началом испытания точно устанавливают расстояние между опорами (для цилиндрических образцов  $L_s = 20 d_0$ ).