

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
РАСЧЕТЫ И ИСПЫТАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ  
В МАШИНОСТРОЕНИИ. МАТЕРИАЛЫ  
КОМПОЗИЦИОННЫЕ. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ  
НА МЕЖСЛОЙНЫЙ СДВИГ**

**РД 50—675—88**

3 коп. БЗ 10—88/14

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ**

**Москва**

**1989**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

Расчеты и испытания на прочность  
в машиностроении. Материалы композиционные.

РД 50—675—88

Методы испытаний на межслойный сдвиг

ОКСТУ 2209

Дата введения 01.07.89

Методические указания распространяются на слоистые полимерные композиционные материалы на основе непрерывных стекланных, углеродных, органических, борных и других волокон и устанавливают методы определения значения прочности межслойного сдвига при нормальной (плюс 20°C), повышенной (до плюс 180°C) и пониженной (минус 60°C) температурах.

**1. СУЩНОСТЬ МЕТОДОВ**

Прочность на межслойный сдвиг плоских образцов из волокнистых композиционных материалов определяют тремя методами:

1 — трехточечный изгиб предельной нагрузкой при поперечном изгибе коротких прямоугольных брусков;

2 — несимметричный четырехточечный изгиб предельной нагрузкой при несимметричном изгибе балки;

3 — кручение предельным моментом квадратной пластины с канавкой.

Все три метода предназначены для контрольных и сравнительных испытаний. Сопоставление полученных результатов возможно лишь для композиционных материалов со сходными схемами армирования.

В случае, когда метод 1 не обеспечивает межслойного разрушения, следует применять любой из оставшихся методов.

**2. ОБРАЗЦЫ**

2.1. Для определения прочности межслойного сдвига при поперечном изгибе используют образцы в виде балок прямоугольного сечения (черт. 1) толщиной  $h = (6 \pm 0,2)$  мм, шириной  $b =$



$= (6 \pm 0,5)$  мм, длиной  $L = 7h = 40 - 42$  мм, длиной пролета  $l = 5h = 30$  мм.

2.2. Для определения прочности межслойного сдвига при несимметричном четырехточечном изгибе используют образцы в виде балок прямоугольного сечения (черт. 2) толщиной  $h = (6 \pm 0,2)$  мм, шириной  $b = (6 \pm 0,5)$  мм, длиной  $L = 7h$ .

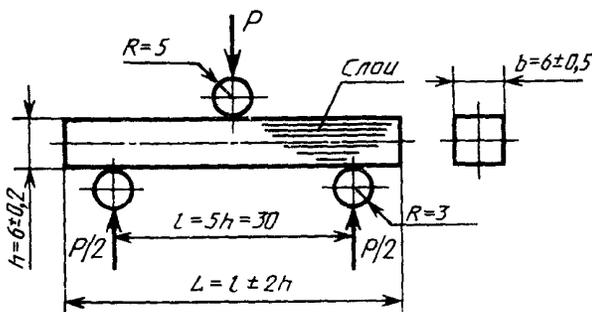
2.3. Для определения межслойной сдвиговой прочности при кручении используют образцы в виде квадратной пластины с боковыми канавками по периметру (черт. 3). Сторона пластины  $a = (16 \pm 0,1)$  мм, толщина —  $h \geq 5$  мм, сторона рабочего сечения  $b = (10 \pm 0,1)$  мм, ширина канавки  $t = 1$  мм, радиус канавки  $r = 0,5$  мм.

2.4. Образцы изготавливаются из плит, брусков или полуфабрикатов алмазным или наждачным кругом.

2.5. Образцы должны иметь гладкую ровную поверхность не грубее  $Rz = 20$  мкм по ГОСТ 2789—73, без вздутий, сколов, трещин, расслоений и других дефектов, заметных невооруженным глазом.

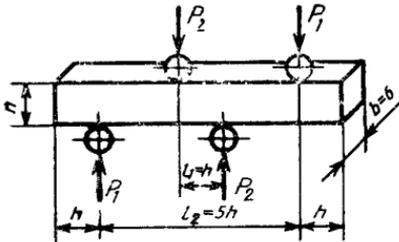
2.6. Разнотолщинность образцов на изгиб из пластинки на кручение не должна превышать  $\pm 0,05$  мм, для других размеров рабочей части образца допускается отклонение  $\pm 0,1$  мм.

**Форма и размеры образца для определения прочности межслойного сдвига при поперечном изгибе короткой балки**



Черт 1

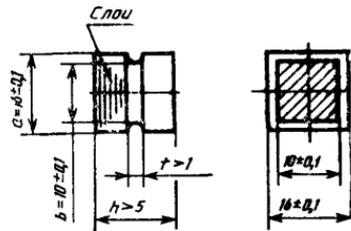
Форма и размеры образца для определения прочности межслойного сдвига при поперечном несимметричном четырехточечном изгибе балки



$$P_1 = -\frac{5}{6} P, \quad P_2 = -\frac{1}{6} P$$

Черт 2

Форма и размеры образца для определения прочности межслойного сдвига при кручении



Черт. 3

### 3. АППАРАТУРА

3.1 Требования к испытательным машинам, аппаратуре, измерительной технике и измерительной шкале — по ГОСТ 25 604—82.

Скорость перемещения нагружающего цилиндра при изгибе — 1—2 мм/мин

Ширина наконечника и опор должна быть больше или равной ширине образца. Ось наконечника должна совпадать с серединой пролета между опорами.

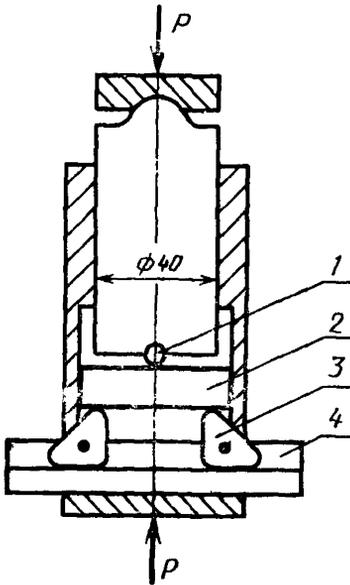
Допускаемые колебания температуры не должны превышать номинальной, плюс 5°С минус 3°С.

3.2. Приспособление для поперечного изгиба (черт 4) состоит из цилиндрических опор  $r = (3 \pm 0,5)$  мм и верхнего нагружающего цилиндра  $R = (5 \pm 0,5)$  мм. Нижние опоры перемещаются по траверсе, имеющей мерные деления, и крепятся на ней для исключения их смещения. Точность установки опор, а также расстояние между ними и расстояние между верхним цилиндром и каждой из опор  $\pm 0,2$  мм. Поверхности опор и цилиндра шлифуют не грубее  $Rz = 0,6$  мкм (ГОСТ 2789—73) и закаляют до твердости 45—50 HRC.

3.3. Приспособление для несимметричного четырехточечного изгиба (черт 5) состоит из нижних и верхних цилиндрических опор  $r = (3 \pm 0,5)$  мм, которые перемещаются по траверсам, имеющим мерное деление, и крепятся на ней для исключения их смещения. Точность установки опор  $\pm 0,2$  мм. Поверхности опор шлифуют не грубее  $Rz = 0,6$  мкм (ГОСТ 2789—73) и закаляют до твердости 45—50 HRC.

3.4. Машину или установку снабжают также приспособлением для кручения образца (черт. 6).

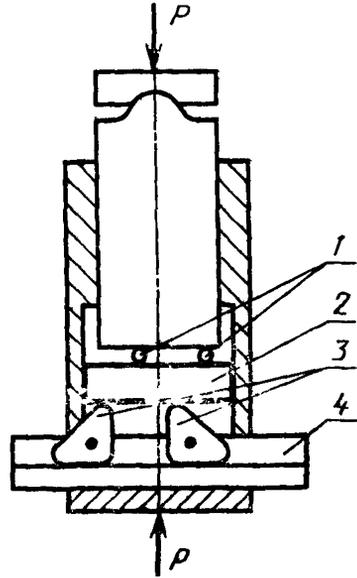
Схема приспособления для испытаний на поперечный изгиб



1 — верхняя цилиндрическая опора; 2 — образец; 3 — нижние опоры; 4 — траверса с мерными делениями

Черт. 4

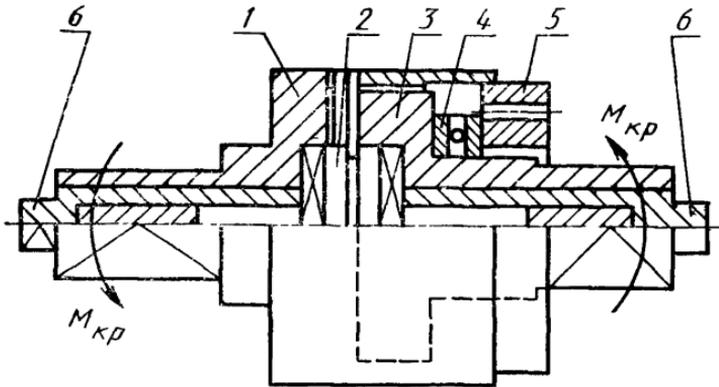
Схема приспособления для нагружения несимметричным четырехточечным изгибом



1 — верхние цилиндрические опоры; 2 — образец; 3 — нижние опоры; 4 — траверса с мерными делениями

Черт. 5

**Схема приспособления для определения межслоевой сдвиговой прочности образцов при кручении**



1 — наружная часть корпуса; 2 — образец; 3 — внутренняя часть корпуса;  
4 — упор образца; 5 — прижимной винт; 6 — регулировочные винты

Черт. 6

#### 4. ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЯ

4.1. Перед испытанием образцы кондиционируют по ГОСТ 12423—66, если в нормативно-технической документации нет других указаний.

4.2. Время от окончания изготовления формовочных образцов или композиционного материала, из которого они вырезаются, включая и время на кондиционирование, должно составлять не менее 16 ч.

4.3. Образцы нумеруют мягким карандашом, стеклографом или краской.

4.4. Испытания проводят в помещении или закрытом объеме при температуре окружающего воздуха  $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$  и относительной влажностью  $(50 \pm 10)\%$ , если нет особых указаний в ТУ на материал. При отличии температур помещения от указанной образцы выдерживают в термокамере при  $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$  в течение 2—3 ч.

4.5. При испытании на поперечный изгиб образец устанавливают на нижние опоры так, чтобы его центр находился под центром верхнего цилиндра. Допускаемые отклонения — 0,2 мм. Плоскость слоев должна быть горизонтальной (перпендикулярной к направлению нагружения). При постоянной скорости движения цилиндра образец доводят до разрушения и анализируют его ха-

ракти. Если разрушение имеет вид межслойного расслоения, предельную нагрузку  $P$  используют для определения прочности при сдвиге. Если же разрушение не имеет вида межслойного расслоения, следует пользоваться методом 2 или 3.

4.6. При испытании на несимметричный четырехточечный изгиб устанавливают образец на нижние опоры так, чтобы его центр (середина образца) находился слева на расстоянии  $0,5 h$  от правой опоры, а левая верхняя опора устанавливается слева от центра образца на расстоянии  $0,5 h$ . Левую нижнюю опору и правую верхнюю устанавливают на одинаковом расстоянии ( $h$ ) от концов образца. Допускаемые отклонения — 0,2 мм.

Плоскость слоев образца должна быть горизонтальной (перпендикулярной к направлению нагружения). При постоянной скорости движения цилиндра образец доводят до разрушения и анализируют его характер. Если разрушение имеет вид межслойного расслоения, предельную нагрузку  $P$  используют для определения прочности при сдвиге. Если же разрушение не имеет вида межслойного расслоения, следует пользоваться методом 3.

4.7. При испытании на кручение регулировочными винтами  $b$  (черт. 6) настраивают приспособление на толщину испытуемого образца так, чтобы его канавки находились примерно в центре. Устанавливают образец в приспособление, которое помещают в захваты испытательной установки, и нагружают с заданной скоростью до разрушения, фиксируя при этом предельное значение крутящего момента.

4.8. Число образцов, необходимых для определения напряжений при сдвиге в заданной плоскости одного и того же материала, — не менее пяти.

## 5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

5.1. Прочность при межслойном сдвиге при изгибе короткой балки (если произошло межслойное разрушение) определяют по формуле

$$\tau_n = \frac{3}{4} - \frac{P \cdot 10^3}{bh}, \quad (1)$$

где  $P$  — предельная (максимальная) нагрузка, Н;  
 $b, h$  — ширина и толщина образца, мм.

Если при изгибе разрушение произошло при нагрузке  $P$  без расслоения, необходимо использовать образцы, показанные на черт. 2 или 3.

5.2. Прочность при межслойном сдвиге при несимметричном четырехточечном изгибе определяют по формуле

$$\tau = \frac{P(l_2 - l_1) \cdot 10}{(l_1 + l_2) bh}, \quad (2)$$

где  $l_1, l_2$  — расстояние между опорами (черт. 2), мм.

5.3. Прочность при межслойном кручении пластины с боковыми канавками по периметру определяют по формуле

$$\tau_k = \frac{4,8 M_{кр} \cdot 10}{b^3}, \quad (3)$$

где  $M_{кр}$  — предельное значение разрушающего крутящего момента, Н·м;

$b$  — сторона квадратного поперечного сечения рабочей части образца, м

5.4. За результат испытаний принимают среднее арифметическое значение всех параллельных определений

$$\bar{\chi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \chi_i, \quad (4)$$

где  $\chi_i$  — отдельное значение определяемой величины;

$n$  — число отдельных значений, входящих в расчет (число испытанных образцов).

5.5. При необходимости статистической оценки результатов испытаний используют стандартные методы математической статистики по ГОСТ 14359—69.

5.6. Протокол испытаний содержит: наименование и марку материала, способ изготовления образцов, вид испытаний, форму, размеры, структуру армирования, направление вырезки образцов, их число, условия кондиционирования, температуру и влажность воздуха, характеристику испытательной машины и измерительной аппаратуры, режим нагружения, значения определяемой характеристики каждого образца, ее среднее арифметическое значение и результаты статистической обработки данных.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАНЫ Академией наук Латвийской ССР, Государственным комитетом СССР по стандартам, Академией наук СССР

### ИСПОЛНИТЕЛИ

**В. Ф. Беренсон**, канд. техн. наук; **Г. А. Ванин**, д-р техн. наук, проф.; **Г. М. Гуняев**, д-р техн. наук; **И. Г. Жигун**, д-р техн. наук; **В. Н. Кирилов**, канд. техн. наук; **Р. Д. Максимов**, чл-кор. АН Латв. ССР; **Б. В. Петров**, д-р техн. наук; **Ю. М. Тарнопольский**, чл-кор. АН Латв. ССР; **В. Д. Токарев**, канд. техн. наук; **О. Н. Андреева**; **В. В. Михайлов**; **А. Н. Полилов**, канд. техн. наук; **Р. П. Шлица**

2. УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 29.09.88 № 3335

3. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта
ГОСТ 2789—73	25
ГОСТ 12423—66	41
ГОСТ 14359—69	55

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Материалы  
композиционные. Методы испытаний на межслойный сдвиг**

**РД 50—675—88**

Редактор *М. В. Глушкова*  
Технический редактор *В. Н. Прусакова*  
Корректор *В. М. Смирнова*

Сдано в набор 28.11 88 Подп. в печ. 14.03 89 Формат 60×90<sup>1/16</sup> Бумага типографская № 2  
Гарнитура литературная. Печать высокая 0,75 усл. п. л. 0,75 усл. кр.-отг. 0,45 уч.-изд. л.  
Тираж 16 000 Зек. 187 Изд. № 10439/4 Цена 3 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопросненский пер., 3  
Тип «Московский печатник», Москва Лялин пер., 6.