ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

МЕТАЛЛЫ

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ НА РАСТЯЖЕНИЕ

ГОСТ 1497—73

(СТ СЭВ 471—77)

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

© Издательство стандартов, 1983

УДК 620.172 : 669.01 : 006.354 Группа В09

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

ГОСТ 1497—73*

(СТ СЭВ 471—77)

МЕТАЛЛЫ

Методы испытания на растяжение

Metals. Methods of tension tests

Взамен ГОСТ 1497—61

Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 6 августа 1973 г. № 1931 срок действия установлен

с 01.01.75

до 01.01.85

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на черные и цветные металлы и сплавы и изделия из них диаметром или наименьшим размером сечения 3 мм и более, за исключением проволоки, труб, а также ленты и листового металла толщиной менее 0,5 мм, и устанавливает методы статических испытаний на растяжение для определения при температуре 20^{+15}_{-10} °С следующих характеристик механических свойств:

предела пропорциональности;
предела упругости;
предела текучести (физического);
верхнего предела текучести;
нижнего предела текучести;
предела текучести (условного);
временного сопротивления;
истинного сопротивления разрыву;
относительного удлинения после разрыва;
относительного сужения после разрыва.

Характеристики, подлежащие определению, предусматриваются в стандартах и технических условиях на металлопродукцию, устанавливающих технические требования на нее.

Стандарт соответствует СТ СЭВ 471—77 в части металла размером 3 мм и более.

Издание официальное Перепечатка воспрещена

★

* *Переиздание (март 1982 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в июле 1975 г., апреле 1980 г. Пост. 1549. (ИУС 8—1975 г., 5—1980 г.).*

1. ТЕРМИНЫ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1. При испытании на растяжение принимаются следующие обозначения и определения:

рабочая длина l, мм — часть образца с постоянной площадью поперечного сечения между его головкой или участком для захвата;

начальная расчетная длина образца l_0, мм — участок рабочей длины образца до разрыва, на котором определяется удлинение;

конечная расчетная длина образца $l_к$, мм — длина расчетной части после разрыва образца;

начальный диаметр рабочей части цилиндрического образца до разрыва d_0, мм;

минимальный диаметр цилиндрического образца после его разрыва $d_к$, мм;

начальная толщина рабочей части плоского образца или полосы a_0, мм;

минимальная толщина рабочей части плоского образца или полосы после разрыва $a_к$, мм;

начальная ширина рабочей части плоского образца или полосы b_0, мм;

ширина рабочей части плоского образца или полосы после разрыва $b_к$, мм;

начальная площадь поперечного сечения рабочей части образца до разрыва, F_0, мм²;

минимальная площадь поперечного сечения образца после его разрыва $F_к$, мм²;

осевая растягивающая нагрузка P, кгс — нагрузка, действующая на образец в данный момент испытания;

условное нормальное напряжение σ, кгс/мм² — напряжение, определяемое отношением нагрузки P к начальной площади поперечного сечения образца;

истинное нормальное напряжение S, кгс/мм² — напряжение, определяемое отношением нагрузки P к действительной для данного момента испытания площади поперечного сечения F образца;

абсолютное удлинение образца Δl, мм.

1.2. Характеристики механических свойств, получаемых при испытании на растяжение, имеют следующие обозначения и определения:

предел пропорциональности $\sigma_{пц}$, кгс/мм² — напряжение, при котором отступление от линейной зависимости между нагрузкой и удлинением достигает такой величины, что тангенс угла наклона, образованного касательной к кривой деформации P—Δl в точке $P_{пц}$, с осью нагрузок, увеличивается на 50% своего значения на линейном упругом участке.

Примечание. При наличии в стандартах или технических условиях на металлопродукцию особых указаний допускается определять предел пропорциональности $\sigma_{пц}$ с допуском на увеличение указанного тангенса угла наклона касательной на 10 и 25%. Допуск должен быть указан в обозначении, например: $\sigma_{пц10}$, $\sigma_{пц25}$;

предел упругости $\sigma_{0,05}$ кгс/мм² — напряжение, при котором остаточное удлинение достигает 0,05% длины участка образца, равного базе тензометра.

При наличии в стандартах или технических условиях на металлопродукцию особых указаний допускается определять предел упругости с меньшим (до 0,005%) допуском на величину остаточного удлинения. Допуск должен быть указан в обозначении, например, $\sigma_{0,01}$, $\sigma_{0,02}$;

предел текучести (физический) $\sigma_т$, кгс/мм² — наименьшее напряжение, при котором образец деформируется без заметного увеличения растягивающей нагрузки;

верхний предел текучести $\sigma_{тв}$, кгс/мм², — напряжение, соответствующее первому пику нагрузки, зарегистрированному при течении металла;

нижний предел текучести $\sigma_{тн}$, кгс/мм² — наименьшая величина напряжения при течении металла без учета начального переходного эффекта, если он наблюдается;

предел текучести под нагрузкой с допуском на величину полной деформации σ_t, кгс/мм² — напряжение, при котором общее удлинение образца достигает заданной величины, выраженной в процентах от начальной расчетной длины или расчетной длины по тензометру;

предел текучести условный $\sigma_{0,2}$, кгс/мм² — напряжение, при котором остаточное удлинение достигает 0,2% длины участка образца, удлинение которого принимается в расчет при определении указанной характеристики.

При наличии в стандартах или технических условиях на металлопродукцию особых указаний допускается определять условный предел текучести при ином допуске на величину остаточного удлинения. Допуск должен быть указан в обозначении, например, $\sigma_{0,1}$; $\sigma_{0,3}$;

временное сопротивление $\sigma_в$, кгс/мм² — напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке P_{max}, предшествующей разрушению образца;

истинное сопротивление разрыву $S_к$, кгс/мм²—напряжение, определяемое отношением нагрузки $P_к$ в момент разрыва к площади минимального поперечного сечения образца после разрыва $F_к$;

относительное удлинение после разрыва δ, % — отношение приращения расчетной длины образца ($l_к$—l_0) после разрыва к ее первоначальной величине l_0;

относительное сужение после разрыва ψ, % — отношение разности начальной площади и минимальной площади поперечного

сечения образца после разрыва к начальной площади поперечного сечения образца.

2. ФОРМА И РАЗМЕРЫ ОБРАЗЦОВ

2.1. Для испытания на растяжение применяют цилиндрические образцы диаметром 3 мм и более и плоские толщиной 0,5 мм и более с начальной расчетной длиной $l_0=5{,}65\sqrt{F_0}$ или $l_0=11{,}3\sqrt{F_0}$. Образцы с расчетной длиной $l_0=5{,}65\sqrt{F_0}$ называют короткими, а образцы с $l_0=11{,}3\sqrt{F_0}$ — длинными. Применение коротких образцов предпочтительнее. При испытании цилиндрических образцов в качестве основных применяют образцы диаметром $d_0=10$ мм.

Литые образцы и образцы из хрупких металлов допускается изготовлять с начальной расчетной длиной $l_0=2{,}82\sqrt{F_0}$.

Допускается применять образцы с иной расчетной длиной (условной), величина которой должна быть указана в стандартах или технических условиях на металлопродукцию.

2.2. Размеры и предельные отклонения по рабочей части цилиндрических образцов указаны в табл. 1 и 2 приложения 2.

Форма и размеры головок плоских и цилиндрических образцов, а также размеры переходных частей от головок образца к его рабочей части не являются обязательными, а определяются способом крепления образцов в захватах машины и свойствами испытуемого материала (см. черт. 1—7, табл. 1—7 приложения 3 и черт. 1—2 приложения 1).

Способ крепления образцов должен предупреждать проскальзывание образцов в захватах, смятие опорных поверхностей, деформацию головок и разрушение образца в местах перехода от рабочей части к головкам и в головках.

Размеры плоских образцов, допускаемые отклонения по рабочей части должны соответствовать требованиям табл. 1—2 приложения 1.

Допускается, за исключением случаев арбитражных испытаний, применять пропорциональные образцы других размеров с обязательным указанием толщины, ширины или диаметра рабочей части в протоколе испытания.

Соотношение между шириной и толщиной плоских пропорциональных образцов толщиной более 4 мм не должно превышать 4 : 1. Кратность образца указывают в технических условиях или стандартах на металлопродукцию.

2.3. Рабочая длина образцов должна составлять:

для цилиндрических образцов — от $l_0+0{,}5d_0$ до l_0+2d_0;

для плоских образцов толщиной 3 мм и более — от $l_0+1{,}5\sqrt{F_0}$ до $l_0+2{,}5\sqrt{F_0}$;

для плоских образцов толщиной менее 3 мм — от $l_0+\frac{b_0}{2}$ до l_0+2b_0.

При арбитражных испытаниях рабочая длина образцов должна составлять:

для цилиндрических образцов — l_0+2d_0;

для плоских образцов толщиной 3 мм и более — $l_0+2\sqrt{F_0}$;

для плоских образцов толщиной менее 3 мм — l_0+2b_0.

2.4. Места вырезки заготовок для образцов, количество их и направление продольной оси образцов по отношению к заготовке должны быть указаны в стандартах на методы отбора проб или в стандартах и технических условиях на металлопродукцию.

2.5. Вырезку заготовок производят на металлорежущих станках, ножницах, штампах, путем применения кислородной и анодно-механической резки и т. д. Необходимо принять меры против возможного изменения свойств металла образцов вследствие нагрева или наклепа.

При вырезке заготовок должен быть предусмотрен припуск на зону металла с измененными свойствами. Величина припуска указана в стандарте на методы отбора проб или должна быть задана в стандартах и технических условиях на металлопродукцию.

2.6. Образцы рекомендуется обрабатывать на металлорежущих станках. Глубина резания при последнем проходе не должна превышать 0,3 мм. Шероховатость поверхности рабочей части цилиндрических образцов должна соответствовать $Ra<0{,}63$ мкм, а плоских образцов $Rz<20$ мкм по ГОСТ 2789—73.

При изготовлении образцов необходимо принимать меры против возможного изменения свойств металла вследствие нагрева или наклепа, возникающих в результате механической обработки.

Допускается испытывать образцы с более низкой чистотой поверхности при условии обеспечения норм механических свойств.

2.7. Допускается в соответствии с требованиями стандартов или технических условий на продукцию испытывать сортовой прокат, литые образцы и готовые изделия в натурном виде без предварительной механической обработки с учетом допусков, предусмотренных для указанных изделий. По соглашению сторон допуски для образцов могут быть ограничены.

2.8. Плоские образцы должны сохранять поверхностные слои проката. Заусенцы на гранях образцов должны быть удалены легкой запиловкой с радиусом закругления не более 1 мм.

Примечание. При наличии в стандартах или технических условиях на металлопродукцию особых указаний допускается проводить испытания на образцах с обработанными поверхностями.

2.9. Образцы, имеющие коробление, трещины, возникающие в результате механической или термической обработки, расслоения, поверхностные дефекты в виде инородных включений (песчаные,

шлаковые, газовые раковины и т. д.), плен и механических повреждений испытаниям не подвергаются.

Рихтовка или другой вид правки заготовок или образцов для испытаний не допускается, если это приводит к нарушению требований п. 2.6.

Недопустимость правки заготовок или образцов должна быть оговорена в стандартах или технических условиях на металлопродукцию.

Требования к поверхности литых образцов должны соответствовать требованиям к поверхности литых изделий.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

2.10. Начальную расчетную длину ограничивают неглубокими кернами, рисками или иными метками с точностью до 1%.

Начальную расчетную длину округляют в большую сторону. Для коротких образцов округляют до ближайшего числа, кратного 5 мм, для длинных образцов — до ближайшего числа, кратного 10 мм.

Для пересчета удлинения с отнесением места разрыва к середине рекомендуют наносить по всей рабочей части образца неглубокие керны, риски или иные метки через каждые 5 или 10 мм.

На образцах с повышенной хрупкостью деления наносят способами, исключающими повреждение поверхности образца.

2.11. Измерение начальной и конечной расчетных длин образца производят с точностью до 0,1 мм.

2.12. Поперечное сечение образцов до испытания измеряют с точностью:

цилиндрических образцов диаметром 10 мм и менее, плоских образцов толщиной 2 мм и менее — до 0,01 мм;

цилиндрических образцов диаметром более 10 мм и плоских образцов толщиной более 2 мм — 0,05 мм;

цилиндрических необработанных образцов любых диаметров и плоских образцов любой ширины — до 0,1 мм.

Измерение образцов после испытания производят с точностью до 0,1 мм.

2.13. Измерение образцов до испытания производят не менее чем в трех местах (в середине и по краям рабочей части образца). По средним из полученных размеров вычисляют площадь поперечного сечения образца, округляя, как указано в табл. 1.

$мм^2$ Таблица 1

Площадь	Округление
До 10	До 0,01
Св. 10 до 20	» 0,05
» 20 » 100	» 0,1
» 100 » 200	» 0,5
» 200	» 1,0

2.14. Площадь поперечного сечения образцов сложной формы определяют по специальным расчетным формулам или по массе. Способ подсчета площади поперечного сечения таких образцов должен быть оговорен в стандартах или технических условиях на металлопродукцию.

2.15. Заготовки для образцов и образцы маркируют вне рабочей части номером плавки, партии или условным индексом.

3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ

3.1. В качестве испытательных машин применяют разрывные и универсальные испытательные машины всех систем при условии соответствия их требованиям настоящего стандарта и ГОСТ 7855—74.

Машины должны обеспечивать выбор и поддержание скоростей деформирования и нагружения образца в соответствии с разд. 4.

3.2. При проведении испытаний должны соблюдаться следующие основные условия:

а) надежное центрирование образца в захватах испытательной машины;

б) плавность нагружения;

в) соответствие скорости нагружения или деформирования образца требованиям разд. 4.

Если по условиям испытаний предел текучести определять не требуется, то скорость перемещения подвижного захвата может быть наибольшей из указанных, при условии плавного ее достижения.

При наличии указаний в стандартах или технических условиях на металлопродукцию определение предела текучести допускается производить с учетом «жесткости» испытательной машины (приложение 4). В этом случае скорость нагружения образца в области упругой деформации назначается в соответствии с жесткостью системы «машина — образец», но не более 3 кг/мм² в секунду;

г) возможность приостанавливать нагружение с точностью до одного наименьшего деления шкалы силоизмерения;

д) плавность разгрузки;

3.3. При определении предела пропорциональности, предела упругости и предела текучести при помощи тензометров цена деления шкалы последних не должна превышать:

при определении $\sigma_{пц}$ и $\sigma_{0,05}$ — 0,002 мм;

при определении $\sigma_{0,2}$ — 0,02 мм.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ И ПОДСЧЕТ РЕЗУЛЬТАТОВ

4.1. Величину нагрузки при испытании отсчитывают с точностью до одного наименьшего деления шкалы силоизмерителя.

4.2. Предел пропорциональности $\sigma_{пц}$ определяют непосредственно по показаниям тензометров или графическим методом.

При определении предела пропорциональности по показаниям тензометра после установки образца в захваты испытательной машины и приложения к нему нагрузки, соответствующей начальному напряжению (не более 10% от ожидаемого предела пропорциональности $\sigma_{пц}$), производят установку тензометра на этом образце. Нагружение образца производят любым способом, обеспечивающим медленное возрастание нагрузки и возможность приостановки нагрузки с точностью до наименьшего деления шкалы силоизмерителя. Время выдержки под нагрузкой для снятия показаний на каждой ступени нагружения должно составлять 5—7 с.

До значений, составляющих 70—80% нагрузки ожидаемого предела пропорциональности $P_{пц}$, образец нагружают крупными ступенями.

В дальнейшем нагружение производят мелкими ($\Delta\sigma \approx$ 2 кгс/мм^2) ступенями. Когда приращение удлинения при малой ступени нагружения превысит среднее значение приращения (при той же ступени нагрузки) на начальном линейном упругом участке в 2—3 раза, то определение предела пропорциональности $P_{пц}$ прекращают. На упругом участке определяют среднюю величину приращения удлинения на малую ступень нагружения. Найденную величину увеличивают в соответствии с принятым допуском. По результатам испытаний определяют нагрузку $P_{пц}$, соответствующую подсчитанному значению приращения удлинения. Если вычисленная в соответствии с принятым допуском величина деформации повторяется в журнале несколько раз, то за нагрузку $P_{пц}$ принимают:

при двух отсчетах — первую нагрузку;

при трех или более отсчетах — вторую нагрузку.

В тех случаях, когда необходимо уточнить численное значение определяемой характеристики, допускается использовать линейную интерполяцию.

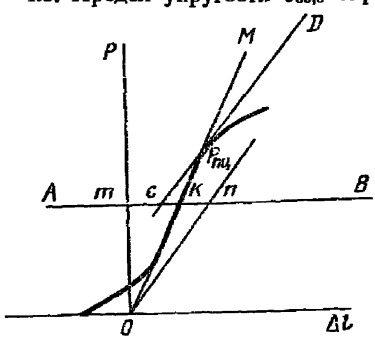
При определении предела пропорциональности графическим методом проводят прямую *OM*, совпадающую с начальным прямолинейным участком кривой растяжения (при масштабе по оси деформаций не менее 50 : 1 и по оси нагрузок не более 1 кгс/мм^2 на 1 мм), приведенной на черт. 1. Через точку *O* проводят ось ординат *OP*, затем проводят прямую *AB*, параллельную оси абсцисс на произвольном уровне, и на этой прямой откладывают отрезок *кп*, равный половине отрезка *тк*. Через точку *п* и начало координат проводят прямую *Оп* и параллельно ей проводят касательную *CD* к кривой растяжения. Точка касания кривой растяжения и определит высоту ординаты, т. е. нагрузку $P_{пц}$.

Предел пропорциональности ($\sigma_{пц}$) в кгс/мм² вычисляют по формуле:

$$\sigma_{пц} = \frac{P_{пц}}{F_0},$$

Пример определения предела пропорциональности приведен в приложении 5.

4.3. Предел упругости $\sigma_{0,05}$ определяют методом разгрузки. На испытуемый образец после его установки в захваты испытательной машины и приложения к нему нагрузки, отвечающей начальному напряжению σ_0 (не более 10% ожидаемого предела упругости $\sigma_{0,05}$), производят установку тензометра. После установки тензометра образец нагружают до напряжения $\sigma_1 = 2\sigma_0$ и после выдержки в течение 5—7 с разгружают до начального напряжения. Начиная со значения, составляющего 70—80% нагрузки ожидаемого предела упругости $P_{0,05}$, образец нагружают последовательно возрастающими нагрузками с измерением каждый раз остаточного удлинения после разгрузки до начального напряжения.

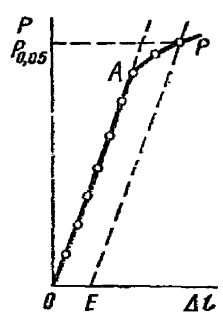


Черт. 1

Испытание для определения предела упругости $\sigma_{0,05}$ прекращают, когда остаточное удлинение при данной нагрузке превысит заданную величину допуска. По результатам испытаний определяют нагрузку $P_{0,05}$, соответствующую заданному допуску на величину остаточного удлинения.

В тех случаях, когда необходимо уточнить численное значение определяемой характеристики, допускается использовать линейную интерполяцию.

Пример определения предела упругости $\sigma_{0,05}$ приведен в приложении 5.



Черт. 2

Допускается упрощенное определение предела упругости по диаграмме испытаний (черт. 2), построенной по данным показаний силоизмерителя испытательной машины (нагрузки) и тензометра (деформации). Масштаб по оси деформации не менее 50 : 1 и по оси нагрузок не более 1 кгс/мм² на 1 мм. Для определения нагрузки $P_{0,05}$ вычисляют величину оста-

точного удлинения исходя из базы тензометра. Найденную величину увеличивают пропорционально масштабу диаграммы по оси деформации и отрезок полученной длины *OE* откладывают по оси абсцисс вправо от точки *O*. Из точки *E* проводят прямую *EP*, параллельную прямой *OA*. Точка пересечения *P* с кривой растяжения определяет высоту ординаты, т. е. нагрузку $P_{0,05}$, отвечающую пределу упругости.

Предел упругости ($\sigma_{0,05}$) в кгс/мм² вычисляют по формуле:

$$\sigma_{0,05} = \frac{P_{0,05}}{F_0}.$$

4.4. Предел текучести (физический) $\sigma_т$, $\sigma_{тв}$ и $\sigma_{тн}$ определяют:

а) по диаграмме растяжения, полученной на испытательной машине, если 1 мм ординаты соответствует не более 1 кгс/мм² напряжения образца.

Примечание. Примеры определения нагрузки $P_т$, соответствующей физическому пределу текучести испытуемых металлов для наиболее характерных видов диаграммы растяжения, приведены в приложении 5.

б) при массовых испытаниях нагрузка $P_т$ может быть определена по явно выраженной остановке стрелки силоизмерительного устройства испытательной машины, обусловленной деформацией образца без заметного увеличения нагрузки.

в)* при определении $\sigma_{тв}$, $\sigma_{тн}$, $\sigma_т$ скорость относительной деформации устанавливается с учетом характеристики упругой податливости системы «машина—образец» К в пределах 0,00025 — 0,0025 $с^{-1}$, если в стандартах на металлопродукцию нет других указаний. Если указанная скорость относительной деформации в области текучести не может быть достигнута непосредственно регулированием испытательной машины, то ее можно установить регулированием скорости нагружения до начала области текучести образца, которая должна быть от 0,3 до 3 кгс/мм²·с.

Предел текучести (физический) $\sigma_т$ в кгс/мм² вычисляют по формуле:

$$\sigma_т = \frac{P_т}{F_0}.$$

4.5. Предел текучести (условный) $\sigma_{0,2}$ и σ_t (или при ином допуске на величину остаточной деформации) определяют:

а) при помощи тензометров по методике, указанной для определения предела упругости;

б) графическим методом при масштабе диаграмм по оси деформации не менее 50 : 1.

Для определения нагрузки $P_{0,2}$ по диаграмме испытаний вычисляют величину остаточного удлинения, исходя из рабочей длины образца. Найденную величину увеличивают пропорционально масштабу диаграммы и отрезок полученной длины *OE* откладывают по оси абсцисс вправо от точки *O* (черт. 3). Начальная криволинейная часть диаграммы исключается. Из точки *E* проводят прямую *EP* параллельно прямой *OA*. Точка пересечения *P*

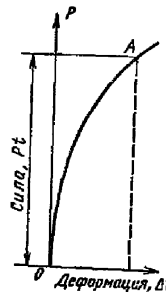
* Вводится в действие с 01.01.1984 г.

с кривой растяжения определяет высоту ординаты, т. е. нагрузку $P_{0,2}$, отвечающую пределу текучести при заданном допуске на величину остаточного удлинения.

При отсутствии испытательных машин с диаграммами указанного масштаба допускается, за исключением случаев арбитражных испытаний, определять предел текучести (условный) $\sigma_{0,2}$ по машинным диаграммам с масштабом по оси деформации не менее 10 : 1.

Предел текучести (условный) ($\sigma_{0,2}$) в кгс/мм² вычисляют по формуле:

$$\sigma_{0,2} = \frac{P_{0,2}}{F_0},$$



Черт. 2а

в)* условный предел текучести с допуском на величину полной деформации определяют графическим методом по диаграмме растяжения или с помощью тензометра в процессе нагружения.

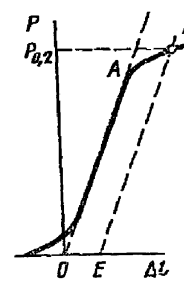
При определении графическим методом (черт. 2а) вычисляется величина полной деформации, исходя из длины рабочей части образца. Найденное значение увеличивают пропорционально масштабу диаграммы и из соответствующей точки абсцисс проводят прямую, параллельную оси ординат. Точка пересечения этой линии с кривой растяжения соответствует нагрузке P_t при пределе текучести σ_t с заданным допуском на величину общей деформации. Скорость нагружения при этом должна быть от 0,3 до 3,0 кгс/мм²·с$^{-1}$, если в стандартах на металлопродукцию нет других указаний.

Если нет указаний в стандартах или технических условиях на продукцию, условный предел текучести определяют только при отсутствии площадки текучести.

4.5.1. При текущих испытаниях допускается использовать ускоренные методы контроля условного предела текучести.

Метод контрольных таблиц

Испытание состоит в сопоставлении полной деформации при нагрузке $P_{0,2}$ с величиной соответствующей контрольной таблицы. Контрольные таблицы составляют на основании вычисления величины полной деформации для любых значений предела текучести образцов из данного металла и абсолютного приращения удлинения для применяемой базы тензометра.



Черт. 3

* Вводится в действие с 01.01.1984 г.

Если показания тензометра при нагрузке $P_{0,2}$ меньше или равны величинам контрольной таблицы для требуемого предела текучести, то испытанный металл по условному пределу текучести отвечает необходимым требованиям стандартов или технических условий. Если же показания тензометра больше величины контрольной таблицы, то испытанный металл не отвечает требованиям стандартов или технических условий.

Метод разгрузки

Образец нагружают и выдерживают в течение 10—12 с при нагрузке, соответствующей условному пределу текучести. После снятия нагрузки производят сопоставление остаточного удлинения с вычисленным по заданному допуску. Если остаточное удлинение оказывается равным или меньше вычисленной величины, то испытанный металл по условному пределу текучести отвечает необходимым требованиям.

Эти методы дают возможность установить соответствие полученной характеристики условного предела текучести нормам, предусмотренным стандартами или техническими условиями на данный металл. Точное значение предела текучести этими методами не определяют.

Примеры контроля материала на условный предел текучести методом контрольных таблиц и методом разгрузки приведены в приложении 5.

4.6. Для определения временного сопротивления $\sigma_в$ образец подвергают растяжению под действием плавно возрастающей нагрузки до разрушения.

Наибольшая нагрузка, предшествующая разрушению образца, принимается за нагрузку P_{max}, соответствующую временному сопротивлению.

Временное сопротивление ($\sigma_в$) в кгс/мм² вычисляют по формуле:

$$\sigma_в = \frac{P_{max}}{F_0}.$$

Скорость относительной деформации за пределом текучести должна быть не более ($2\delta + 10$ процентов от длины расчетной части образца) в мм/мин, если в стандартах на металлопродукцию нет других указаний.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

4.7. Для определения истинного сопротивления разрыву $S_к$ образец подвергают растяжению до разрушения под действием плавно приложенной нагрузки.

Нагрузка в момент разрыва $P_к$ принимается за нагрузку, соответствующую истинному сопротивлению разрыву.

Истинное сопротивление разрыву ($S_к$) в кгс/мм² вычисляют по формуле:

$$S_к = \frac{P_к}{F_к}.$$

4.8. Относительное удлинение образца после разрыва (δ) в процентах вычисляют по формуле:

$$\delta = \frac{(l_к - l_0) \cdot 100}{l_0}.$$

Для определения длины расчетной части образца после разрыва $l_к$ разрушенные части образца плотно складывают так, чтобы их оси образовали прямую линию. Если после испытания в месте разрыва образуется зазор, обусловленный частичным выкрашиванием металла и другими причинами, то он включается в длину расчетной части образца после разрыва.

Определение длины расчетной части образца после разрыва производят следующим образом:

а) если расстояние от места разрыва до ближайшего керна (или риски), ограничивающее расчетную длину образца, составляет не менее чем $^1/_3$ расчетной длины l_0, то определение производят измерением расстояния между указанными отметками;

б) если расстояние от места разрыва до ближайшего керна (или риски), ограничивающее расчетную длину образца, меньше или равно величинам, указанным в подпункте *а*, то допускается определять $l_к$ как расстояние между крайними точками расчетной длины образца. При несоответствии относительного удлинения требованиям технических условий производят измерение удлинения с отнесением места разрыва к середине. Пересчет производят по заранее нанесенным вдоль рабочей длины образца кернам или рискам через каждые 5 или 10 мм (черт. 4) следующим образом.

Пусть на начальной расчетной длине образца укладывается N число интервалов.

После разрыва крайнюю риску на короткой части разрушенного образца обозначим буквой *А*. На длинной части буквой *Б* обозначим риску, расстояние от которой до места разрыва наиболее близко по величине к расстоянию от места разрыва до риски *А*.

Расстояние от *А* до *Б* пусть составляет n интервалов.

Если разность $(N-n)$ — число четное, то от точки *Б* до точки *В* берется $\frac{N-n}{2}$ интервалов и $l_к$ подсчитывается по формуле:

$$l_к = АБ + 2БВ.$$

Если разность $(N-n)$ — число нечетное, то от точки *Б* до точки B' берется $\frac{N-n-1}{2}$ интервалов и до точки B'' берется $\frac{N-n+1}{2}$ интервалов (в сумме $БВ' + БВ'' = N-n$).

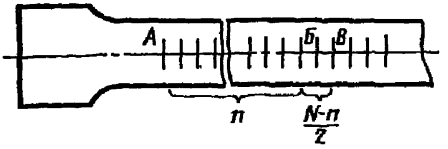
Конечная расчетная длина в этом случае подсчитывается по формуле:

$$l_к = АБ + БВ' + БВ''.$$

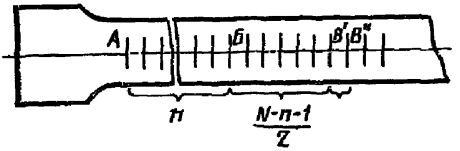
Если пересчет не дает необходимого минимального удлинения, то испытание считается недействительным и допускается повторение испытаний.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

(N-n)- число четное



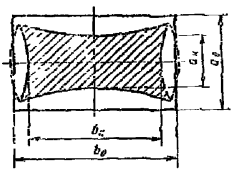
(N-n)- число нечетное



Черт. 4

4.8.1. В протоколе испытаний и в сертификатах на поставляемый металл должно быть указано, на какой расчетной длине определялось относительное удлинение. Например, при начальной расчетной длине $l_0=2{,}82\sqrt{F_0}$ условное обозначение будет $\sigma_{2,5}$ при $l_0=5{,}65\sqrt{F_0}$—δ_5 и при $l_0=11{,}3\sqrt{F_0}$—δ_{10}.

4.9. Для определения относительного сужения ψ цилиндрического образца измеряют минимальный диаметр после разрыва $d_к$ в двух взаимно перпендикулярных направлениях. По среднему арифметическому из полученных значений вычисляют площадь поперечного сечения $F_к$.



Черт. 5

Определение относительного сужения после разрыва для образцов с иной начальной формой поперечного сечения по рабочей части образца не рекомендуется. При необходимости определения ψ для плоских образцов площадь поперечного сечения в месте разрыва (черт. 5) вычисляют по формуле $F_к=0{,}25\ (a_к+a_o)(b_к+b_o)$.

Относительное сужение после разрыва определяют по формуле

$$\psi=\frac{(F_0-F_к)\cdot 100}{F_0}.$$

4.10. Округление вычисленных результатов производят в соответствии с табл. 2. Примеры округления даны в приложении 6.

Таблица 2

Характеристика механических свойств	Значение характеристики	Округление
Предел упругости, кгс/мм²	До 10	До 0,1
	Св. 10 до 50	» 0,5
	» 50	» 1,0
Предел пропорциональности, кгс/мм²	До 10	До 0,1
	Св. 10 до 50	» 0,5
	» 50	» 1,0
Предел текучести, кгс/мм²	До 10	До 0,1
	Св. 10 до 50	» 0,5
	» 50	» 1,0
Предел текучести условный, кгс/мм²	До 10	До 0,1
	Св. 10 до 50	» 0,5
	» 50	» 1,0
Временное сопротивление, кгс/мм²	До 10	До 0,1
	Св. 10 до 50	» 0,5
	» 50	» 1,0
Истинное сопротивление разрыву, кгс/мм²	До 10	До 0,1
	Св. 10 до 50	» 0,5
	» 50	» 1,0
Относительное удлинение после разрыва, %	До 10	До 0,1
	Св. 10 до 25	» 0,5
	» 25	» 1,0
Относительное сужение после разрыва, %	До 10	До 0,1
	Св. 10 до 25	» 0,5
	» 25	» 1,0

4.11. Испытание считается недействительным:

а) при разрыве образца по кернам (рискам), если при этом какая-либо характеристика по своей величине не отвечает установленным требованиям;

б) при разрыве образца в захватах испытательной машины или за пределами расчетной длины (при определении относительного удлинения);

в) при разрыве образца по дефектам металлургического производства (расслой, газовые раковины, плены и т. д.);

г) при образовании двух или более мест разрыва;

д) при обнаружении ошибок в проведении испытания.

В указанных случаях испытание на растяжение должно быть повторено на отобранных от той же партии или плавки новых образцах.

Количество образцов для испытаний взамен признанных недействительными должно соответствовать числу недействительных испытаний.

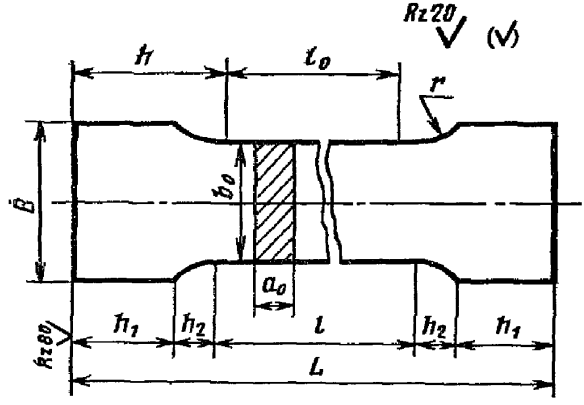
4.12. Примерная форма протокола испытания образцов приведена в приложении 7.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЕ ПЛОСКИЕ ОБРАЗЦЫ

Тип I

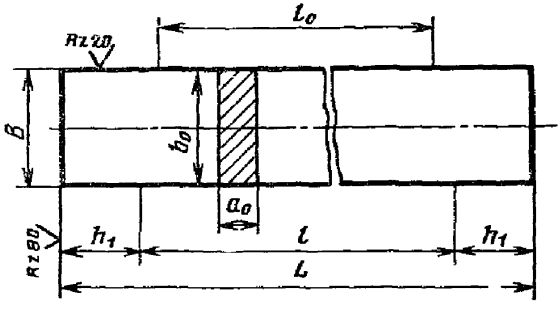
Плоские образцы с головками



Черт. 1

Тип II

Плоские образцы без головок



Черт. 2

Примечание. Для образцов типа II ширина головок равна ширине образца, а общая длина $L=l+2h_1$.

мм

Таблица 1

Номер образца	a_0	b_0	l_0	l	l_0	l	B	h_1	L
			короткий образец		длинный образец				
1	25	30	155	$l=l_0+(1,5\div2,5)\cdot\sqrt{F_0}$	310	$l=l_0+(1,5\div2,5)\cdot\sqrt{F_0}$	40	100	$L=l+2(h_1+h_2)$
2	24	30	155		310		40	100	
3	23	30	150		300		40	90	
4	22	30	145		290		40	90	
5	21	30	140		280		40	80	
6	20	30	140		270		40	80	
7	19	30	135		270		40	80	
8	18	30	130		260		40	80	
9	17	30	125		250		40	80	
10	16	30	125		250		40	80	
11	15	30	120		240		40	70	
12	14	30	115		230		40	70	
13	13	30	110		220		40	70	
14	12	30	105		210		40	60	
15	11	30	105		210		40	60	
16	10	30	100		200		40	60	
17	9	30	90		180		40	50	
18	8	30	85		170		40	50	
19	7	20	70		140		40	50	
20	6	20	65	$l=l_0+\frac{b_0}{2}+2b_0$	130	$l=l_0+\frac{b_0}{2}+2b_0$	40	50	
21	5	20	60		120		40	50	
22	4	20	50		100		40	50	
23	3	20	45		90		30	40	
24	2	20	35		70		30	40	
25	1	20	25		50		30	40	
26	0,5	20	20		40		30	40	

Примечания:

1. Размеры a_0, b_0, l_0, l являются обязательными.

2. При наличии в стандартах или технических условиях на поставку металла особых указаний допускается:

для плоских образцов толщиной от 3 мм и менее — установление условной расчетной длины;

для листового материала толщиной от 3 мм и менее — проведение испытаний на образцах шириной 10 мм с соответствующим пересчетом расчетной длины.

3. Для образцов, толщина которых находится между величинами, приведенными в табл. 1, следует брать меньшую расчетную длину, если при сравнении с ближайшей меньшей толщиной, приведенной в табл. 1, разница будет меньше 0,5 мм и большую длину, если разница составит 0,5 мм и более.

4. Радиус сопряжения рабочей части с головкой принимается равным 25—40 мм в зависимости от диаметра фрезы, применяемой при изготовлении образцов, при этом h_2 принимает значение приблизительно 15—20 мм соответственно.

5. При массовых контрольных испытаниях в целях упрощения изготовления образцов допускается разбивка образцов на группы с одинаковой рабочей длиной так, чтобы разность наибольшей и наименьшей различных длин не превышала 25 мм. За общую рабочую длину принимается наибольшая рабочая длина данной группы.

Предельные отклонения по размерам плоских образцов

Таблица 2

мм

Ширина образца по рабочей части		Допускаемая разность наибольшей и наименьшей ширины по длине рабочей части образца
Номин	Пред. откл.	
10	±0,2	0,05
15	±0,2	0,10
20	±0,5	0,15
30	±0,5	0,20

(Измененная редакция, Изм. № 1).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Пропорциональные цилиндрические образцы

Таблица 1

мм

Номер образца	Рабочая часть образца				
	короткая			длинная	
	d_0	l_0	l_c не менее	l_0	l_c не менее
1	25	125	150	250	275
2	20	100	120	200	220
3	15	75	90	150	165
4	10	50	60	100	110
5	8	40	48	80	88
6	6	30	36	60	66
7	5	25	30	50	55
8	4	20	24	40	44
9	3	15	18	30	33

Предельные отклонения по размерам цилиндрических образцов

Таблица 2

мм

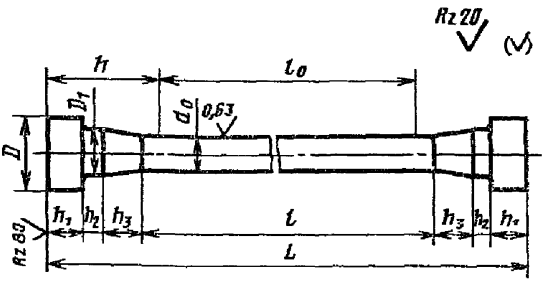
Диаметр рабочей части обработанного образца		
Номинальный размер	Допускаемые отклонения по диаметру	Допускаемая разность наибольшего и наименьшего диаметра на длине рабочей части образца
До 10	±0,1	0,03
Св. 10 до 20	±0,2	0,04
» 20	±0,25	0,05

Примечание. Для литых механически обработанных образцов предельные отклонения по диаметру удваиваются.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Справочное

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ГОЛОВОК ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ И ПЕРЕХОДНЫХ УЧАСТКОВ ОТ РАБОЧЕЙ ЧАСТИ ОБРАЗЦА

Тип 1



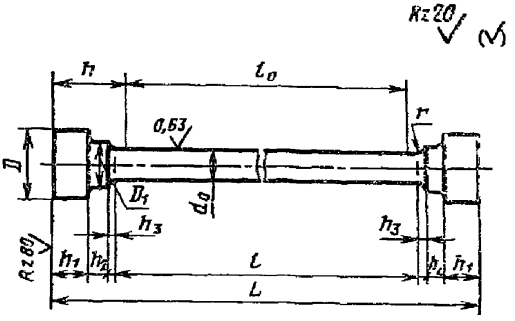
Черт. 1

Таблица 1

мм

Номер образца	d_0	D	D_1	h_1	h_2	h_3	L	h
1	25	45	28	25	12,5	25	$L=l+2(h_1+h_2+h_3)$	$h=h_1+h_2+h_3+\frac{l-l_0}{2}$
2	20	36	24	20	10,0	20		
3	15	28	18	15	7,5	15		
4	10	20	13	10	5,0	10		
5	8	—	—	—	—	—		
6	6	—	—	—	—	—		
7	5	—	—	—	—	—		
8	4	—	—	—	—	—		
9	3	—	—	—	—	—		

Тип II



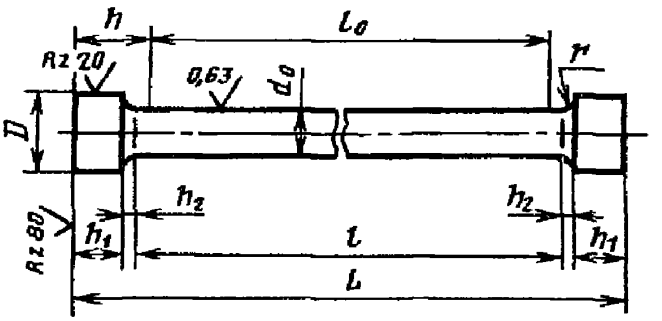
Черт. 2

Таблица 2

мм

Номер образца	d_0	D	D_1	h_1	h_2	h_3	r	L	h
1	25	45	28	25	12,5	5	5	$L=l+2(h_1+h_2+h_3)$	$h=h_1+h_2+h_3+\frac{l-l_0}{2}$
2	20	36	24	20	10,0	5	5		
3	15	28	18	15	7,5	4	4		
4	10	20	13	10	5,0	4	4		
5	8	16	11	8	4,0	3	3		
6	6	13	8	6	4,0	3	3		
7	5	—	—	—	—	—	—		
8	4	11	7	5	4,0	2,5	2,5		
9	3	—	—	—	—	—	—		

Тип III



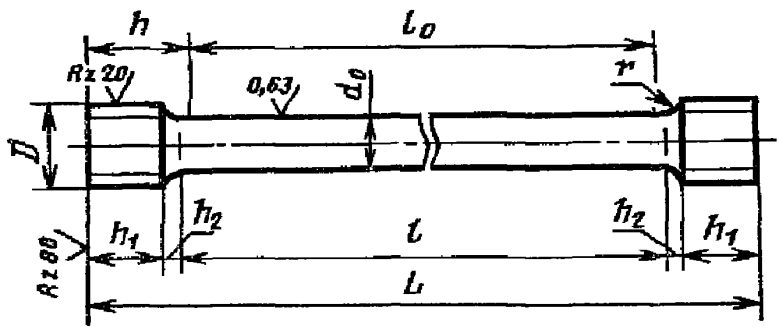
Черт. 3

Таблица 3

мм

Номер образца	d_0	D	h_1	h_2	r	L	h
1	25	45	30	5	5	$L=l+2(h_1+h_2)$	$h=h_1+h_2+\frac{l-l_0}{2}$
2	20	34	25	5	5		
3	15	28	20	3	3		
4	10	16	10	3	3		
5	8	13	10	3	2		
6	6	12	10	2,5	1,5		
7	5	11	10	2,5	1,5		
8	4	9	8	2,5	1,5		
9	3	7	7	2,0	1,5		

Тип IV



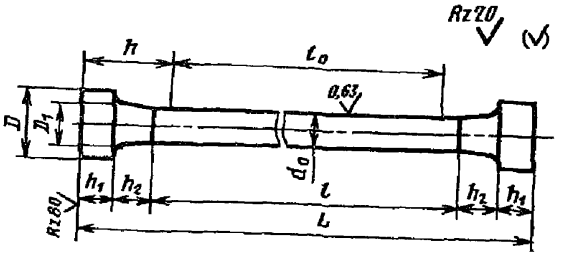
Черт. 4

Таблица 4

мм

Номер образца	d_0	D	h_1	h_2	r	L	h
1	25	М36	40	12,5	12,5	$L=l+2(h_1+h_2)$	$h=h_1+h_2+\frac{l-l_0}{2}$
2	20	М30	30	10,0	10,0		
3	15	М24	25	7,5	7,5		
4	10	М16	15	5,0	5,0		
5	8	М14	15	4,0	4,0		
6	6	М12	12	2,5	3,0		
7	5	М9	10	2,5	3,0		
8	4	М8	10	2,5	3,0		
9	3	М7	8	2,0	2,0		

Тип V



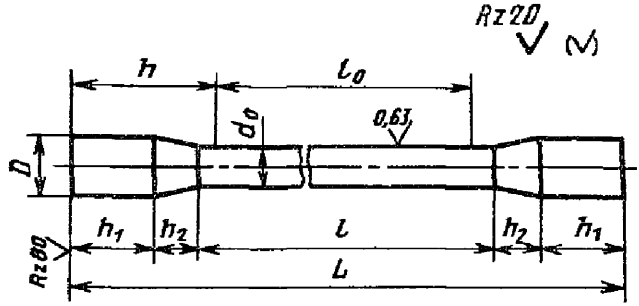
Черт. 5

Таблица 5

мм

Номер образца	d_0	D	D_1	h_1	h_2	L	h
1	25	45	30	25	25	$L=l+2(h_1+h_2)$	$h=h_1+h_2+\frac{l-l_0}{2}$
2	20	36	24	20	20		
3	15	28	18	15	15		
4	10	20	12	10	10		
5	8	16	10	8	8		
6	6	13	8	6	6		
7	5	11	7	5	5		
8	—	—	—	—	—		
9	—	—	—	—	—		

Тип VI



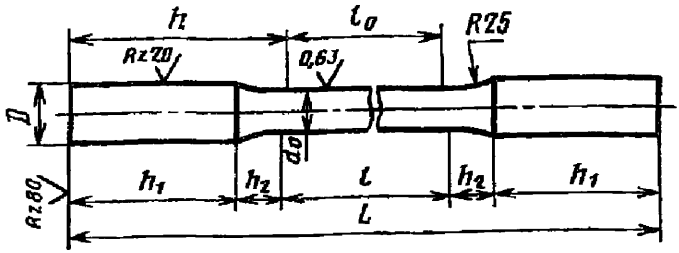
Черт. 6

Таблица 6

мм

Номер образца	d_0	D	h_1	h_2	L	h
1	25	35	Не регламентируется	25	$L=l+2(h_1+h_2)$	$h=h_1+h_2+\frac{l-l_0}{2}$
2	20	30		20		
3	15	22		15		
4	10	15		10		
5	8	12		8		
6	6	9		6		
7	5	—		—		
8	—	—		—		
9	—	—		—		

Тип VII



Черт. 7

Таблица 7

мм

Номер образца	d_0	D	h_1	h_2	L	h
1	—	—	—	—	$L=l+2(h_1+h_2)$	$h=h_1+h_2+\frac{l-l_0}{2}$
2	—	—	—	—		
3	15	20	50	15		
4	10	15	40	10		
5	8	12	30	10		
6	6	10	25	10		
7	—	—	—	—		
8	—	—	—	—		
9	—	—	—	—		

Примечания:

1. При испытании чугунных отливок размеры образцов принимают в зависимости от толщины (средней) отливки.
2. При отливке образцов в металлические формы радиус сопряжения (галтель) принимается равным 50 мм.
3. Необходимость обработки поверхности литых образцов оговаривается в стандартах на отливки или литейные сплавы.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Справочное

ВЫБОР СКОРОСТИ НАГРУЖЕНИЯ ОБРАЗЦА С УЧЕТОМ «ЖЕСТКОСТИ» ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Обозначения и определения:

$\dot{\varepsilon}_c$ — скорость относительной деформации образца в период текучести металла, 1/с;

$\dot{\sigma}$ — скорость нарастания нормального напряжения в образце до наступления текучести металла, кгс/мм² · с;

E — модуль упругости испытуемого металла, кгс/мм²;

F_0 — начальная площадь поперечного сечения рабочего участка образца, мм²;

l — рабочая длина образца, мм;

$\frac{1}{K}$ — «жесткость» испытательной машины, кгс/мм;

K — «податливость» испытательной машины, равная перемещению активного захвата на единицу приложенной силы, мм/кгс.

Связь между перечисленными величинами представляется уравнением:

$$\dot{\sigma}=\dot{\varepsilon}_c\frac{E}{1+K\frac{E\cdot F_0}{l}}.$$

При определении предела текучести $\sigma_т$ необходимо придерживаться унифицированной скорости деформации $\dot{\varepsilon}_c=0{,}15$ 1/мин.

Примеры:

1. Материал — сталь. Образец № 4, длинный, $d_0=10$ мм, $F_0=78{,}5$ мм², $l=110$ мм, $E=2\cdot10^4$ кгс/мм², $K=0{,}003$ мм/кгс.

$$\dot{\sigma}=0{,}15\cdot\frac{1}{60}\cdot\frac{2\cdot10^4}{1+0{,}003\frac{2\cdot10^4\cdot78{,}5}{110}}=1{,}141\approx1{,}1 \text{ кгс/мм}^2\cdot\text{с}.$$

2. Материал — сталь. Образец № 4, длинный, $d_0=10$ мм, $F_0=78{,}5$ мм², $l=110$ мм, $E=2\cdot10^4$ кгс/мм², $K=0{,}001$ мм/кгс.

$$\dot{\sigma}=0{,}15\cdot\frac{1}{60}\cdot\frac{2\cdot10^4}{1+0{,}001\frac{2\cdot10^4\cdot78{,}5}{110}}=3{,}27\approx3{,}3 \text{ кгс/мм}^2\cdot\text{с}.$$

При скорости нагружения образца $\dot{\sigma}>3$ кгс/мм² · с динамические явления, возникающие при переходе металла в период текучести, искажают результаты испытаний для определения предела текучести $\sigma_т$.

Предельная скорость нагружения устанавливается $\dot{\sigma}_{пред}=3{,}0$ кгс/мм² · с.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
Справочное

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛА ПРОПОРЦИОНАЛЬНОСТИ

Допуск на увеличение тангенса угла, образованного касательной к кривой деформации с осью нагрузок, — 50% от его значений на линейном участке.

Испытуемый материал — сталь.

Размеры образца: диаметр $d_0=10$ мм, начальная площадь поперечного сечения $F_0=78{,}5$ мм², начальная расчетная длина и база тензометра $l_0=100$ мм. Цена деления шкалы тензометра 0,002 мм.

Начальное напряжение $\sigma_0=5$ кгс/мм², что соответствует нагрузке $P_0=392{,}5$ кгс. Округление принимаем $P_0=400$ кгс.

Ожидаемый предел пропорциональности $\sigma_{пц}=70$ кгс/мм². Нагрузка P в кгс, отвечающая 80% нагрузки ожидаемого предела пропорциональности, определяется:

$$P=\frac{80\cdot 70\cdot 78{,}5}{100}=4400.$$

После округления P принимаем равным 4000 кгс.

Для получения не менее четырех отсчетов в указанном интервале нагрузок крупную ступень нагружения P_1 в кгс вычисляем по формуле:

$$P_1=\frac{P-P_0}{4}=\frac{4000-400}{4}=900.$$

Дальнейшие нагружения производят мелкими ступенями $P=150$ кгс (что соответствует приращению напряжения $\Delta\sigma\approx 2$ кгс/мм²) до заметного отклонения от закона пропорциональности со снятием показаний тензометров. Результаты испытания записывают в таблицу.

Нагрузка P, кгс	Отсчеты по шкале тензометра	Разность отсчета по тензометру	Нагрузка P, кгс	Отсчеты по шкале тензометра	Разность отсчета по тензометру
400	0,0	0,0	4600	127,5	5,0
1300	27,0	27,0	4750	131,5	4,0
2200	54,5	27,5	4900	136,0	4,5
3100	82,0	27,5	5050	141,0	5,0
4000	109,0	27,0	5200	145,0	4,0
4150	113,5	4,5	5350	149,5	4,5
4300	118,0	4,5	5500	156,0	6,5
4450	122,5	4,5	5650	164,0	8,0

Средняя величина приращения удлинения Δl на малую ступень $P=150$ кгс составляет:

$$\Delta l_{150}=\frac{(149{,}5-0)\cdot 150}{(5350-400)}=4{,}5 \text{ деления шкалы.}$$

Найденную величину приращения удлинения на малую ступень нагрузки на линейном участке согласно установленному допуску увеличиваем на 50%. Искомое удлинение на ступень нагрузки $P=150$ кгс составит:

$$4{,}5\cdot 1{,}5=6{,}8 \text{ делений шкалы.}$$

Искомая нагрузка, отвечающая пределу пропорциональности $\sigma_{пц}$, находится на основании полученных результатов испытания.

Для данного случая $P_{пц}=5500$ кгс.

Предел пропорциональности $\sigma_{пц}$ составляет:

$$\sigma_{пц}=\frac{5500}{78,5}=70 \text{ кгс/мм}^2.$$

Найденная нагрузка P может быть уточнена путем применения метода линейной интерполяции:

5650 кгс — 5500 кгс = 150 кгс.

8 делений — 6,5 делений = 1,5 делений.

Добавочную нагрузку P определяем из пропорции:

150 кгс — 1,5 делений;

P кгс — 0,3 делений,

где 0,3 деления — разность между заданным приращением удлинения (6,8 деления) и полученной разностью в 6,5 деления (при $P=5500$ кгс).

Добавочная нагрузка (ΔP) в кгс равна:

$$\Delta P=\frac{150\cdot 0,3}{1,5}=30.$$

Добавочная нагрузка $P_{пц}$, соответствующая пределу пропорциональности, составит:

$$P_{пц}=5500+30=5530 \text{ кгс}.$$

Предел пропорциональности $\sigma_{пц}$, отвечающий вычисленной нагрузке, равен:

$$\sigma_{пц}=\frac{5530}{78,5}=70,5 \text{ кгс/мм}^2.$$

Пример определения предела упругости

Размеры образца: диаметр $d_0=10$ мм, начальная площадь поперечного сечения $F_0=78,5$ мм², начальная расчетная длина и база тензометра $l_0=100$ мм, цена деления шкалы тензометра 0,002 мм.

Начальное напряжение $\sigma_0=5$ кгс/мм², что соответствует нагрузке $P_0=392,5$ кгс. Округленно начальную нагрузку P_0 принимаем равной 400 кгс.

Допуск на величину остаточной деформации составляет 0,05% от начальной расчетной длины образца (база тензометра). Ожидаемый предел упругости $\sigma_{0,05}=75$ кгс/мм².

Определяем остаточное удлинение, равное 0,05% от базы тензометра, выраженное в делениях шкалы тензометра.

0,05% от 100 мм составляет 0,05 мм, что соответствует 25 делениям шкалы тензометра.

Первую ступень нагрузки P_1, составляющую 70—80% нагрузки ожидаемого предела упругости $P_{0,05}$, принимаем равной 4500 кгс.

В дальнейшем нагружение производим ступенями по $P=150$ кгс ($\Delta\sigma\approx 2$ кгс/мм²) до тех пор, пока остаточное удлинение при $P_0=400$ кгс достигнет или несколько превысит 25 делений шкалы тензометра.

За начальное показание принимаем произвольно выбранное по шкале тензометра деление 20.

Результаты испытания записываем в табл. 1.

Таблица 1

Нагрузка P, кгс	Отсчеты по шкале тензометра после разгрузки	Остаточное удлинение
	в делениях шкалы тензометра	
400	20,0	0,0
4500	20,5	0,5
4650	21,0	1,0
4800	21,5	1,5
4950	23,0	3,0
5100	25,0	5,0
5250	27,5	7,5
5400	30,5	10,5
5550	33,5	13,5
5700	37,5	17,5
5850	43,5	23,5
6000	52,5	32,5

По результатам испытаний находим нагрузку, предшествующую вычисленному необходимому значению остаточного удлинения (25 делений по шкале тензометра). Нагрузка, отвечающая пределу упругости $\sigma_{0,05}$, составит:

$$P_{0,05}=5850 \text{ кгс}.$$

Предел упругости ($\sigma_{0,05}$) равен:

$$\sigma_{0,05}=\frac{5850}{78,5}=74,5 \text{ кгс/мм}^2.$$

Найденная нагрузка $P_{0,05}$ может быть уточнена путем интерполяции:

6000—5850=150 кгс.

32,5 делений — 23,5 делений=9,0 делений.

Добавочную нагрузку ΔP определяем из пропорции:

150 кгс—9 делений;

P—1,5 делений,

где 1,5 деления — разность между заданным числом делений (25) и полученным (23,5) после снятия нагрузки P=5850 кгс.

Добавочная нагрузка ΔP вычисляется:

$$\Delta P=\frac{150\cdot 15}{9,0}=25 \text{ кгс}.$$

Полная уточненная нагрузка $P_{0,05}$ вычисляется:

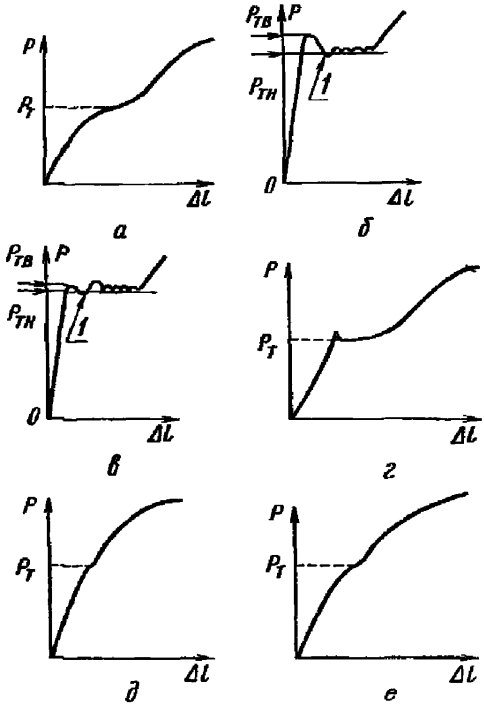
$$P_{0,05}=5850+25=5875 \text{ кгс}.$$

Уточненный предел упругости $\sigma_{0,05}$ составит:

$$\sigma_{0,05}=\frac{5875}{78,5}=74,8 \text{ кгс/мм}^2$$

или с округлением $\sigma_{0,05}$=75 кгс/мм^2.

Определение нагрузки, соответствующей площадке текучести в зависимости от вида диаграммы



1—начальный переходный эффект

Примеры контроля материала на условный предел текучести

Метод контрольных таблиц

Испытуемый материал — конструкционная сталь.

Размеры образца: диаметр $d_0=10{,}0$ мм, начальная площадь поперечного сечения $F_0=78{,}5$ мм², начальная расчетная длина и база тензометра $l_0=100$ мм.

Предел текучести условный на данный материал по техническим условиям $\sigma_{0,2}=80$ кгс/мм².

Согласно имеющимся контрольным табл. 2—4, полученным в результате вычисления, полное абсолютное приращение длины ($\Delta l_п$) при пределе текучести $\sigma_{0,2}=80$ кгс/мм² и базе тензометра $l=100$ мм составит:

$$\Delta l_п=0{,}600 \text{ мм.}$$

Если одно деление шкалы тензометра равно 0,01 мм, то 0,600 мм соответствует 60 делениям шкалы тензометра.

Нагрузку $P_{0,2}$ при пределе текучести определяют по формуле:

$$P_{0,2}=\sigma_{0,2}\cdot F_0,$$

$$P_{0,2}=80\cdot 78{,}5=6280 \text{ кгс}.$$

На образец, закрепленный в захваты испытательной машины, устанавливают тензометр. Затем к образцу прикладывают нагрузку $P_{0,2}=6280$ кгс, подсчитанную для данного предела текучести. В процессе испытания регистрируют лишь одно показание — положение стрелки тензометра при достижении нагрузки $P=6280$ кгс. Допустим, что при указанной нагрузке показания тензометра (полное удлинение) равно 55 делениям. Следовательно, испытываемый металл отвечает установленным требованиям по пределу текучести.

Таблица 2

Контрольная таблица для конструкционных сталей с пределом текучести от 30 до 140 кгс/мм² (тензометр индикаторный с ценой деления 0,01 мм)*

Предел текучести, кгс/мм², не менее	Приращение длины на базе 50 мм, не более		Приращение длины на базе 100 мм, не более	
	Абсолютное приращение длины, мм	Показания индикатора в делениях шкалы	Абсолютное приращение длины, мм	Показания индикатора в делениях шкалы
30	0,175	17,5	0,350	35,0
31	0,177	17,5	0,355	35,5
32	0,180	18,0	0,360	36,0
33	0,182	18,0	0,365	36,5
34	0,185	18,5	0,370	37,0
35	0,187	18,5	0,375	37,5
36	0,190	19,0	0,380	38,0
37	0,192	19,0	0,385	38,5
38	0,195	19,5	0,390	39,0
39	0,197	19,5	0,395	39,5
40	0,200	20,0	0,400	40,0
41	0,202	20,0	0,405	40,5
42	0,205	20,5	0,410	41,0
43	0,207	20,5	0,415	41,5

* Показания для тензометров других типов или с иной ценой деления могут быть подсчитаны.

Продолжение табл. 2

Предел текучести, кгс/мм², не менее	Приращение длины на базе 50 мм, не более		Приращение длины на базе 100 мм, не более	
	Абсолютное приращение длины, мм	Показания индикатора в делениях шкалы	Абсолютное приращение длины, мм	Показания индикатора в делениях шкалы
44	0,210	21,0	0,420	42,0
45	0,212	21,0	0,425	42,5
46	0,215	21,5	0,430	43,0
47	0,217	21,5	0,435	43,5
48	0,220	22,0	0,440	44,0
49	0,222	22,0	0,445	44,5
50	0,225	22,5	0,450	45,0
51	0,227	22,5	0,455	45,5
52	0,230	23,0	0,460	46,0
53	0,232	23,0	0,465	46,5
54	0,235	23,5	0,470	47,0
55	0,237	23,5	0,475	47,5
56	0,240	24,0	0,480	48,0
57	0,242	24,0	0,485	48,5
58	0,245	24,5	0,490	49,0
59	0,247	24,5	0,495	49,5
60	0,250	25,0	0,500	50,0
61	0,252	25,0	0,505	50,5
62	0,255	25,5	0,510	51,0
63	0,257	25,5	0,515	51,5
64	0,260	26,0	0,520	52,0
65	0,262	26,0	0,525	52,5
66	0,265	26,5	0,530	53,0
67	0,267	26,5	0,535	53,5
68	0,270	27,0	0,540	54,0
69	0,272	27,0	0,545	54,5
70	0,275	27,5	0,550	55,0
71	0,277	27,5	0,555	55,5
72	0,280	28,0	0,560	56,0
73	0,282	28,0	0,565	56,5
74	0,285	28,5	0,570	57,0
75	0,287	28,5	0,575	57,5
76	0,290	29,0	0,580	58,0
77	0,292	29,0	0,585	58,5
78	0,295	29,5	0,590	59,0
79	0,297	29,5	0,595	59,5
80	0,300	30,0	0,600	60,0
81	0,302	30,0	0,605	60,5
82	0,305	30,5	0,610	61,0
83	0,307	30,5	0,615	61,5
84	0,310	31,0	0,620	62,0
85	0,312	31,0	0,625	62,5
86	0,315	31,5	0,630	63,0
87	0,317	31,5	0,635	63,5
88	0,320	32,0	0,640	64,0
89	0,322	32,0	0,645	64,5

Продолжение табл. 2

Предел текучести, кгс/мм², не менее	Приращение длины на базе 50 мм, не более		Приращение длины на базе 100 мм, не более	
	Абсолютное приращение длины, мм	Показания индикатора в делениях шкалы	Абсолютное приращение длины, мм	Показания индикатора в делениях шкалы
90	0,325	32,5	0,650	65,0
91	0,327	32,5	0,655	65,5
92	0,330	33,0	0,660	66,0
93	0,332	33,0	0,665	66,5
94	0,335	33,5	0,670	67,0
95	0,337	33,5	0,675	67,5
96	0,340	34,0	0,680	68,0
97	0,342	34,0	0,685	68,5
98	0,345	34,5	0,690	69,0
99	0,347	34,5	0,695	69,5
100	0,350	35,0	0,700	70,0
101	0,352	35,0	0,705	70,5
102	0,355	35,5	0,710	71,0
103	0,357	35,5	0,715	71,5
104	0,360	36,0	0,720	72,0
105	0,362	36,0	0,725	72,5
106	0,365	36,5	0,730	73,0
107	0,367	36,5	0,735	73,5
108	0,370	37,0	0,740	74,0
109	0,372	37,0	0,745	74,5
110	0,375	37,5	0,750	75,0
111	0,377	37,5	0,755	75,5
112	0,380	38,0	0,760	76,0
113	0,382	38,0	0,765	76,5
114	0,385	38,5	0,770	77,0
115	0,387	38,5	0,775	77,5
116	0,390	39,0	0,780	78,0
117	0,392	39,0	0,785	78,5
118	0,395	39,5	0,790	79,0
119	0,397	39,5	0,795	79,5
120	0,400	40,0	0,800	80,0
121	0,402	40,0	0,805	80,5
122	0,405	40,5	0,810	81,0
123	0,407	40,5	0,815	81,5
124	0,410	41,0	0,820	82,0
125	0,412	41,0	0,825	82,5
126	0,415	41,5	0,830	83,0
127	0,417	41,5	0,835	83,5
128	0,420	42,0	0,840	84,0
129	0,422	42,0	0,845	84,5
130	0,425	42,5	0,850	85,0
131	0,427	42,5	0,855	85,5
132	0,430	43,0	0,860	86,0
133	0,432	43,0	0,865	86,5
134	0,435	43,5	0,870	87,0
135	0,437	43,5	0,875	87,5

Продолжение табл. 2

Предел текучести, кгс/мм², не менее	Приращение длины на базе 50 мм, не более		Приращение длины на базе 100 мм, не более	
	Абсолютное приращение длины, мм	Показания индикатора в делениях шкалы	Абсолютное приращение длины, мм	Показания индикатора в делениях шкалы
136	0,440	44,0	0,880	88,0
137	0,442	44,0	0,885	88,5
138	0,445	44,5	0,890	89,0
139	0,447	44,5	0,895	89,5
140	0,450	45,0	0,900	90,0

Таблица 3

Контрольная таблица для магниевых сплавов с пределом текучести от 12 до 30 кгс/мм² (тензометр индикаторный с ценой деления 0,01 мм)*

Предел текучести, кгс/мм², не менее	Приращение длины на базе 50 мм, не более		Приращение длины на базе 100 мм, не более	
	Абсолютное приращение длины, мм	Показания индикатора в делениях шкалы	Абсолютное приращение длины, мм	Показания индикатора в делениях шкалы
12	0,242	24,0	0,485	48,5
13	0,255	25,5	0,510	51,0
14	0,267	26,5	0,534	53,5
15	0,280	28,0	0,560	56,0
16	0,290	29,0	0,580	58,0
17	0,302	30,0	0,605	60,5
18	0,315	31,5	0,630	63,0
19	0,327	32,5	0,655	65,5
20	0,340	34,0	0,680	68,0
21	0,350	35,0	0,700	70,0
22	0,362	36,0	0,725	72,5
23	0,375	37,5	0,750	75,0
24	0,385	38,5	0,770	77,0
25	0,397	39,5	0,795	79,5
26	0,410	41,0	0,820	82,0
27	0,422	42,0	0,845	84,5
28	0,435	43,5	0,870	87,0
29	0,445	44,5	0,890	89,0
30	0,457	45,5	0,915	91,5

* Показания для тензометров других типов или с иной ценой деления могут быть подсчитаны.

Таблица 4

Контрольная таблица для алюминиевых сплавов с пределом текучести от 18 до 50 кгс/мм² (тензометр индикаторный с ценой деления 0,01 мм)*

Предел текучести, кгс/мм², не менее	Приращение длины на базе 50 мм, не более		Приращение длины на базе 100 мм, не более	
	Абсолютное приращение длины, мм	Показания индикатора в делениях шкалы	Абсолютное приращение длины, мм	Показания индикатора в делениях шкалы
18	0,226	22,5	0,453	45,5
19	0,234	23,5	0,468	47,0
20	0,240	24,0	0,481	48,0
21	0,248	25,0	0,496	49,5
22	0,255	25,5	0,510	51,0
23	0,262	26,0	0,524	52,5
24	0,269	27,0	0,538	54,0
25	0,276	27,5	0,552	55,0
26	0,283	28,5	0,566	56,5
27	0,290	29,0	0,580	58,0
28	0,297	29,5	0,594	59,5
29	0,304	30,5	0,608	61,0
29,5	—	—	0,615	61,5
30	0,311	31,0	0,623	62,5
31	0,318	32,0	0,637	63,5
32	0,325	32,5	0,651	65,0
33	0,332	33,0	0,665	66,5
34	0,339	34,0	0,679	68,0
35	0,346	34,5	0,693	69,0
36	0,353	35,5	0,710	71,0
37	0,360	36,0	0,721	72,0
38	0,370	37,0	0,735	73,5
39	0,375	37,5	0,749	75,0
40	0,382	38,0	0,763	76,5
41	0,389	39,0	0,777	77,5
42	0,396	39,5	0,792	79,0
43	0,403	40,5	0,806	80,5
44	0,410	41,0	0,820	82,0
45	0,417	41,5	0,834	83,5
46	0,424	42,5	0,848	85,0
47	0,431	43,0	0,862	86,0
48	0,438	44,0	0,876	87,5
49	0,445	44,5	0,890	89,0
50	0,452	45,0	0,904	90,5

* Показания для тензометров других типов или с иной ценой деления могут быть подсчитаны.

Метод разгрузки

Испытуемый материал — сталь.

По техническим условиям условный предел текучести этой стали должен быть не менее 30 кгс/мм². Начальная площадь поперечного сечения образца $F_0=40$ мм². Измерение удлинения производится с помощью тензометра. База тензометра 100 мм, цена одного деления шкалы 0,002 мм.

Остаточное удлинение при пределе текучести, рассчитанное по условному допуску, равному 0,2% от базы тензометра 100 мм, равно 0,2 мм или 100 делений шкалы тензометра. На образец, закрепленный в захватах испытательной машины после приложения к нему предварительной нагрузки (не более 10% от ожидаемого предела текучести), устанавливают тензометр. Затем нагрузку на образце доводят до величины $P_{0,2}$, рассчитанной по допускаемому пределу текучести данного материала

$$P_{0,2}=30\cdot 40=1200 \text{ кгс.}$$

После снятия нагрузки до начальной остаточное удлинение оказалось равным 87 делениям шкалы тензометра, т. е. меньше 100 делений шкалы.

Следовательно, условный предел текучести испытанного металла более 30 кгс/мм².

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
Справочное

Примеры округления получаемых прочностных и пластических характеристик

1. Округление прочностных характеристик до 0,1 кгс/мм² или пластических характеристик до 0,1%.

Например:

получено	следует записать в протокол испытаний
$\sigma_в = 9{,}48$	9,5
$\sigma_{0,2} = 7{,}44$	7,4
$\sigma_т = 8{,}55$	8,6
$\sigma_т = 8{,}45$	8,4
$\delta = 7{,}56$	7,6
$\delta = 8{,}94$	8,9
$\psi = 5{,}54$	5,5
$\psi = 8{,}78$	8,8
и т. д.	

2. Округление прочностных характеристик до 0,5 кгс/мм² или пластических характеристик до 0,5%.

Например:

получено	следует записать в протокол испытаний
$\sigma_{0,1} = 15{,}7$	15,5
$\sigma_{0,2} = 20{,}6$	20,5
$\sigma_в = 31{,}8$	32,0
$\sigma_в = 45{,}5$	45,5
$\delta = 12{,}6$	12,5
$\delta = 19{,}8$	20,0
$\psi = 11{,}6$	11,5
$\psi = 22{,}4$	22,5
и т. д.	

3. Округление прочностных характеристик до 1 кгс/мм² или пластических характеристик до 1%.

Например:

получено	следует записать в протокол испытаний
$\sigma_{0,1} = 54{,}2$	54,0
$\sigma_{0,2} = 61{,}3$	61,0
$\sigma_в = 75{,}5$	76,0
$\sigma_в = 81{,}7$	82,0
$\delta = 30{,}2$	30,0
$\delta = 43{,}7$	44,0
$\delta = 44{,}5$	45,0
$\delta = 45{,}5$	46,0
$\psi = 28{,}7$	29,0
и т. д.	

ПРИЛОЖЕНИЕ 7
Справочное

Примерная форма протокола испытаний плоских образцов

ПРОТОКОЛ № _____

испытаний на разрыв цилиндрических образцов _____ на машине _____ мощностью

Номер	Марка стали	Номер плавки	Маркировка	Начальный диаметр d_0, мм	Диаметр после разрыва $d_к$, мм	Начальная расчетная длина l_0, мм	Длина после разрыва $l_к$, мм	Разрушающее усилие P_{max}, кгс	Усилие при пределе текучести $P_т$, $P_{0,2}$, кгс	Усилие при пределе пропорциональности $P_{пц}$, кгс	Временное сопротивление $\sigma_в$, кгс/мм²	Предел текучести $\sigma_т$, $\sigma_{0,2}$, кгс/мм	Относительное удлинение δ, %	Относительное сужение ψ, %	Предел пропорциональности $\sigma_{пц}$, кгс/мм²	Скорость нагружения мм/мин	Примечание

Примерная форма протокола испытаний плоских образцов

ПРОТОКОЛ №_____

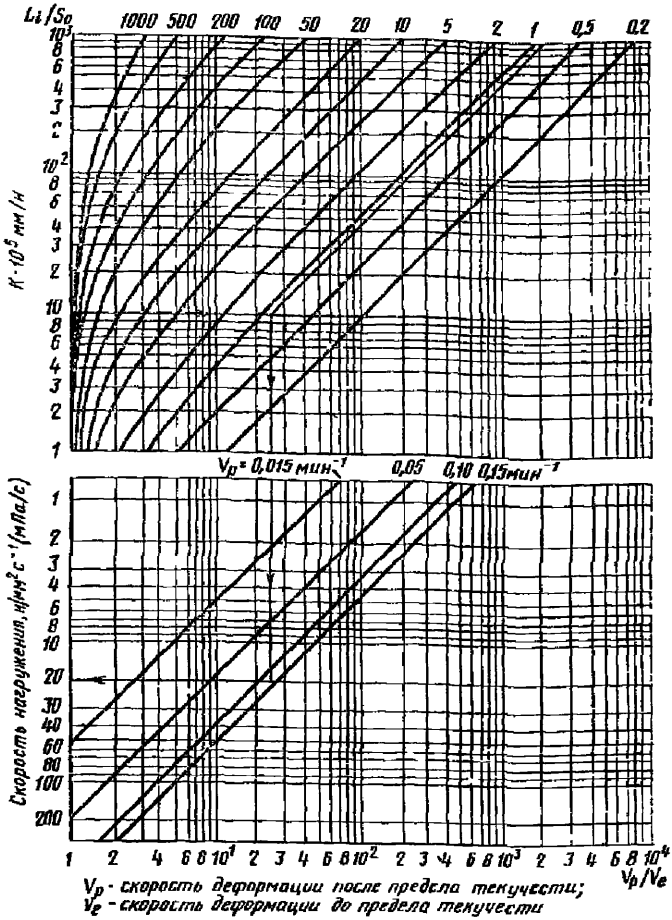
испытаний на разрыв плоских образцов _____ на машине _____ мощностью _____

Номер	Марка стали	Номер плавки	Маркировка	Размер образца до разрыва a_0, b_0, мм	Начальная площадь F_0, мм	Размер образца после разрыва $a_к$, $b_к$, мм	Минимальная площадь после разрыва $F_к$, мм²	Начальная расчетная длина l_0, мм	Длина после разрыва, $l_к$, мм	Разрушающее усилие P_{max}, кгс	Усилие при пределе текучести $P_т$, $P_{0,2}$, кгс	Усилие при пределе пропорциональности $P_{пц}$, кгс	Временное сопротивление $\sigma_в$, кгс/мм²	Предел текучести $\sigma_т$, $\sigma_{0,2}$, кгс/мм²	Предел пропорциональности $\sigma_{пц}$, кгс/мм²	Относительное удлинение, δ, %	Относительное сужение ψ, %	Скорость испытания, мм/мин	Примечание

ПРИЛОЖЕНИЕ 8
Справочное

Величины начальной скорости нагружения для определения физического предела текучести при условии, что требуемая скорость пластической деформации — не выше 0,0025 1/с, не может быть достигнута непосредственным контролем

Размеры образца			Максимальная скорость нагружения в упругой стадии, Н/мм² · С												
d	L_0	S_0	Податливость, К, мм/Н												
мм		мм²	0,00002	0,00004	0,00006	0,00008	0,00010	0,00015	0,00020	0,00025	0,00030	0,00035	0,00040	0,00045	0,0005
35,68	214	1000	25,4	13,0	8,0	6,6	5,3	3,5	2,7	2,1	1,8	1,6	1,3	1,2	1,1
25,23	151	500		18,2	12,3	9,3	7,4	5,0	3,8	3,0	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5
22,57	135	400		20,3	13,7	10,3	8,3	5,0	4,2	3,4	2,8	2,4	2,1	1,9	1,7
20	120	314,2		22,8	15,4	11,7	9,4	6,3	4,7	3,8	3,2	2,7	2,4	2,1	1,9
15,98	96	200	30	28,3	19,2	14,8	11,7	7,9	5,9	4,8	4,0	3,4	3,0	2,7	2,4
14	84	153,9			21,8	16,5	13,3	8,9	6,7	5,4	4,5	3,9	3,4	3,0	2,7
13,8	83	150		30	22,1	16,7	13,5	9,1	6,9	5,5	4,6	3,9	3,4	3,1	2,8
11,28	88	100			26,8	20,4	16,5	11,1	8,4	6,7	5,6	4,8	4,2	3,8	3,4
10	80	78,5			—	22,8	18,4	12,4	9,4	7,5	6,3	5,4	4,7	4,2	3,8
7,98	48	50	30			28,3	22,9	15,5	11,7	9,4	7,8	6,8	5,8	5,3	4,8
7	42	37,5		30			25,9	17,6	13,3	10,7	8,9	7,7	6,7	6,0	5,4
5,64	34	25			30			21,7	16,5	13,3	11,1	9,5	8,4	7,4	6,7
5	30	19,6				30		24,3	18,4	14,9	12,4	10,7	9,4	8,4	7,5
3,99	24	12,5						30	22,8	18,5	15,5	13,4	11,7	10,5	9,4
3	18	7,1							28,8	24,2	20,3	17,5	15,4	13,7	12,4



Редактор *В. Н. Шалаева*
Технический редактор *Л. В. Вейнберг*
Корректор *М. М. Герасименко*

Сдано в наб. 26 07 83 Подп. в печ 04.10 83 2,75 п. л. 2,69 уч.-изд. л. Тир. 10.000 Цена 15 коп.

Орден «Знак Почета» Издательство стандартов, Москва, Д-557, Новопресненский пер., д. 3.
Вильнюсская типография Издательства стандартов, ул. Миндаугу, 12/14. Зак. 3844

gost.e-ecolog.ru