

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

А. В. Исаев

ИСПЫТАНИЕ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторной работы по дисциплине
«Технология бетона, строительных изделий и конструкций»
по направлению 08.03.01 Строительство, профиль «Производство и
применение строительных материалов, изделий и конструкций»,
по направлению 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений,
специализации «Строительство высотных и большепролётных зданий и
сооружений» и «Строительство гидротехнических сооружений
повышенной ответственности»

Нижегород
2020

А. В. Исаев

ИСПЫТАНИЕ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторной работы по дисциплине
«Технология бетона, строительных изделий и конструкций»
по направлению 08.03.01 Строительство, профиль «Производство и
применение строительных материалов, изделий и конструкций»,
по направлению 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений, специали-
зации «Строительство высотных и большепролётных зданий и
сооружений» и «Строительство гидротехнических сооружений
повышенной ответственности»

Нижний Новгород
ННГАСУ
2020

УДК 691.87

Исаев А.В. Испытание арматурной стали [Текст]: учеб. - метод. пос. / А. В. Исаев; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т – Н. Новгород: ННГАСУ, 2020.– 19 с.

В пособии приводятся общие сведения об арматурных сталях и методика выполнения лабораторной работы по испытанию стержневой или проволочной арматурной стали.

Предназначено для обучающихся в ННГАСУ по дисциплине «Технология бетона, строительных изделий и конструкций» по направлению 08.03.01 Строительство, профиль «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций», по направлению 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений, специализации «Строительство высотных и большепролётных зданий и сооружений» и «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности».

© А.В. Исаев, 2020

© ННГАСУ, 2020

Содержание

| | |
|--|----|
| 1 Общие сведения об арматурных сталях | 4 |
| 2 Цель работы | 9 |
| 3 Порядок выполнения работы | 9 |
| 3.1 Общие указания | 9 |
| 3.2 Аппаратура | 10 |
| 3.3 Порядок выполнения работы | 10 |
| Приложение А Определение условного предела текучести | 15 |
| Список использованных источников | 19 |

1 Общие сведения об арматурных сталях

1.1 Арматурные стали, предназначенные для армирования железобетонных конструкций, бывают трёх видов:

- стержневая (см. п. 1.2); обозначается буквой А;
- проволочная; обозначается буквой В;
- канатная (арматурные канаты); обозначается буквой К.

1.2 Стержневая арматура выпускается по ГОСТ 34028-2016 [4]; ряд предприятий выпускает арматуру по своим техническим условиям (см. ниже). Следует заметить, что название данного стандарта «Прокат арматурный для железобетонных конструкций» не содержит названия «стержневая арматура» и предусматривает номинальные диаметры проката от 4,0 до 40,0 мм. Т.е. по диаметрам прокат «накладывается» на размерный ряд проволочной арматуры, и может применяться при изготовлении арматурных элементов там, где традиционно использовалась только арматурная проволока.

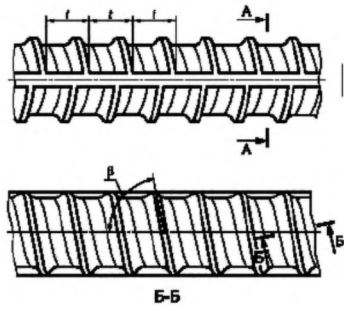
ГОСТ 34028-2016 предусматривает следующие классы арматурных сталей:

- А240, А400, А500, А600 – для изделий и конструкций с обычным армированием;
- А_п600, А800, А1000 – для предварительно-напряжённых конструкций.

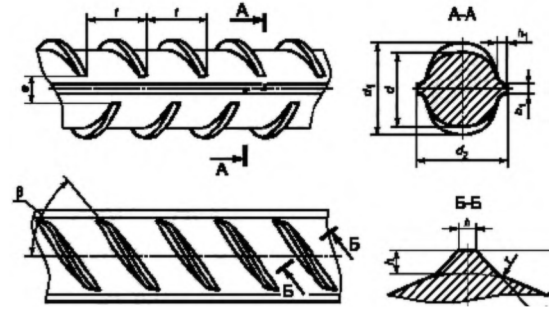
Арматура класса А240 – гладкая, остальные должны иметь периодический профиль 1ф, 2ф, 3ф или 4ф (рисунок 1.1). Профили 2ф и 3ф называют серповидными.

Класс арматурной стали (240 – 1000) – минимальное (округлённое) значение предела текучести (физического или условного) стали.

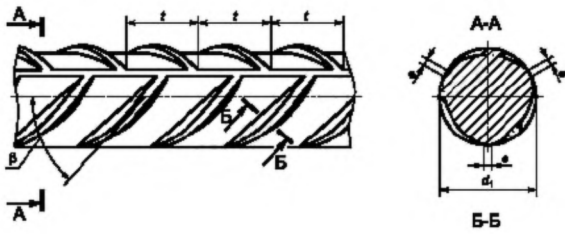
Профиль 1ф



Профиль 2ф



Профиль 3ф



Профиль 4ф

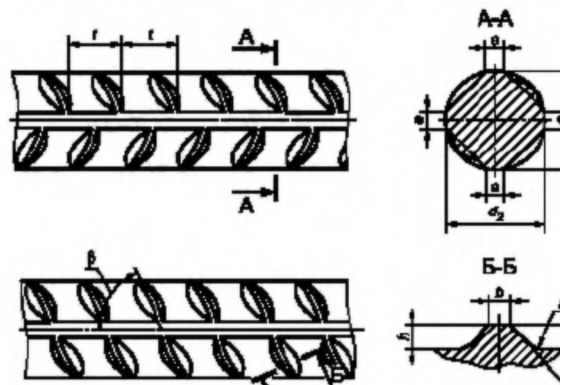


Рисунок 1.1 – Арматура стержневая по ГОСТ 34028-2016

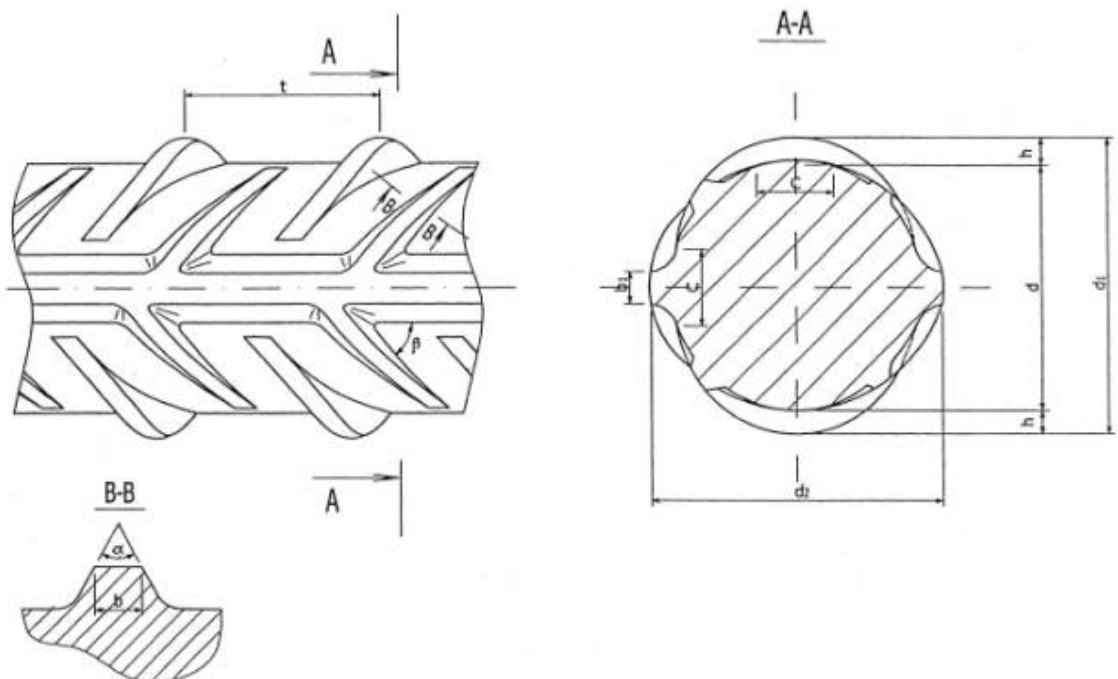


Рисунок 1.2 – Четырёхсторонний серповидный профиль (А500СП)

Череповецкий комбинат «Северсталь» выпускает арматурную сталь A_n600C («н» – с ниобием; «С» – свариваемая).

Выпускается также свариваемая арматурная сталь с четырёхсторонним серповидным профилем А500СП по ТУ 14-1-5226-2006 [7] (рисунок 1.2).

1.3 Проволочная арматура подразделяется на:

– холоднотянутую из низкоуглеродистой стали обыкновенного качества V_p-I по ГОСТ 6727-80 [1] (рисунок 1.3). В настоящее время её часто обозначают V_p500 , где 500 – класс по пределу текучести (см. выше). Стандарт предусматривает три номинальных диаметра 3,0; 4,0 и 5,0 мм;

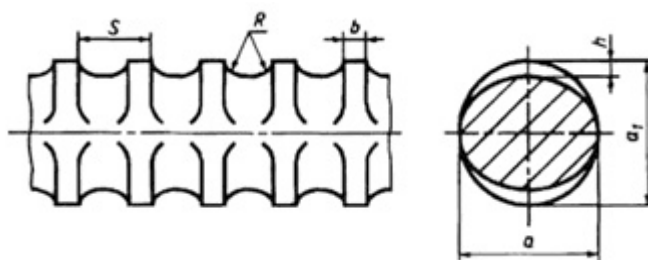


Рисунок 1.3 – Проволочная арматура V_p-I

- из углеродистой качественной стали для армирования предварительно напряжённых железобетонных конструкций по ГОСТ 7348-81 [2] (рисунок 1.4). Гладкая обозначается «В», периодического профиля (рифлёная) – « V_p ». С увеличением диаметра (3 – 8 мм) снижается класс стали: 3В1500, 4В1400, 5В1400, 6В1400, 7В1300, 8В1200;

- свариваемая холоднодеформированная В500С по ГОСТ Р 52544-2006 [5]. Выпускается с серповидным периодическим профилем. Может выпускаться диаметром от 4 мм до 12 мм;

- термообработанная холоднотянутая стальная проволока из углеродистой стали обыкновенного качества V_p600 по ТУ 14-4-1322-89.

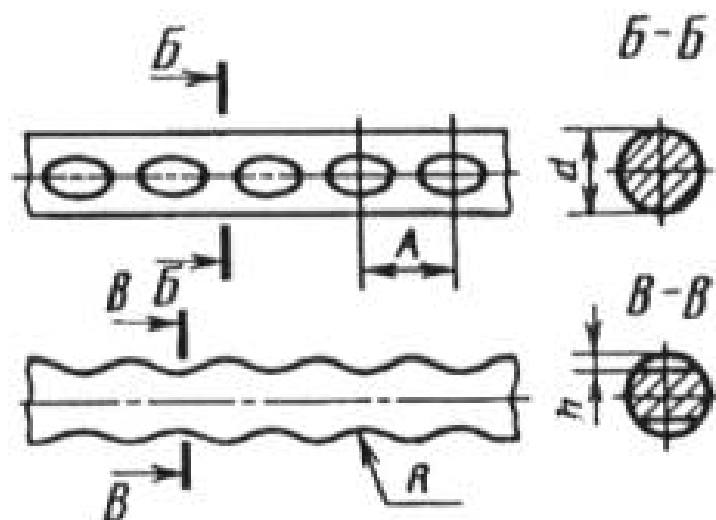


Рисунок 1.4 – Проволока периодического профиля из качественной углеродистой стали для армирования предварительно напряжённых железобетонных конструкций

1.4 Арматурные канаты семипроволочные выпускаются по ГОСТ Р 53772-2010 [6]. Канаты изготавливаются из низкоуглеродистой проволоки.

Бывают трёх типов:

- К7 – из круглой гладкой проволоки;
- К7Т – из проволоки периодического профиля;
- К7О – из круглой гладкой проволоки, пластически обжатые.

Могут быть правой (буква «П» в маркировке не указывается) или левой (Л) свивки.

Номинальные диаметры, мм: 6,9; 9,0; 9,3; 9,6; 11,0; 12,5; 12,7; 12,9; 15,2; 15,7; 18,0. Временное сопротивление разрыву в зависимости от номинального диаметра должно быть не менее (1670 – 2160) МПа. Условный предел текучести ($\sigma_{0,1}$) должен быть не менее (1450 – 1920) МПа.

Пример условного обозначения каната с номинальным диаметром 15,2 мм левой свивки с временным сопротивлением 1860 МПа: К7-15,2-Л-1860 ГОСТ Р 53772-2010.

1.5 Требования к арматурным сталям

1.5.1 Основные требования к стержневой арматурной стали приведены в таблице 1.1. Фактические значения показателей должны быть не ниже указанных в данной таблице значений.

Таблица 1.1 – Механические свойства арматурного проката по ГОСТ 34028-2016 [4]

| Класс проката | Предел текучести $\sigma_T (\sigma_{0,2})$, МПа | Временное сопротивление σ_B , МПа | $\frac{\sigma_B}{\sigma_T (\sigma_{0,2})}$ | Относительное удлинение, % | | |
|--------------------|--|--|--|----------------------------|------------|----------------|
| | | | | δ_5 | δ_p | δ_{max} |
| A240 | 240 | 380 | – | 25,0 | – | – |
| A400 | 390 | 590 | – | 16,0 | – | 5,0 |
| A500 | 500 | 600 | 1,05 | 14,0 | 2,0 | 2,5 |
| A600 | 600 | 700 | 1,05 | 12,0 | 2,0 | 2,5 |
| A _п 600 | 600 | 700 | 1,05 | 12,0 | 2,0 | 2,5 |
| A800 | 800 | 1000 | – | 8,0 | 2,0 | 2,5 |
| A1000 | 1000 | 1250 | – | 7,0 | 2,0 | 2,5 |

Примечания.

1) Прочерк означает отсутствие требования.

2) Для проката, изготовленного способом горячей прокатки с контролируемым охлаждением в потоке прокатного стана допускается снижение σ_B до 500 МПа.

3) Для проката, изготовленного способом холодной обработки мотков горячекатаного гладкого круглого проката с нанесением периодического профиля допускается снижение σ_B до 550 МПа, а $\sigma_B/\sigma_T (\sigma_{0,2})$ до 1,03.

1.5.2 Основные требования к холодотянутой проволочной арматурной стали по [1] приведены в таблице 1.2. Фактические значения показателей должны быть не ниже указанных в данной таблице значений.

Таблица 1.2 – Механические свойства проволочной арматурной стали по
ГОСТ 6727-80 [1]

| Номинальный диаметр проволоки, мм | Разрывное усилие P , кН | Усилие, соответствующее условному пределу текучести $P_{0,2}$, кН | Относительное удлинение δ_{100} , % |
|-----------------------------------|---------------------------|--|--|
| 3,0 | 3,9 | 3,5 | 2,0 |
| 4,0 | 7,1 | 6,2 | 2,5 |
| 5,0 | 10,6 | 9,7 | 3,0 |

2 Цель работы

2.1 Целью лабораторной работы является ознакомление студентов с методиками определения важнейших показателей арматурных сталей – предела текучести, временного сопротивления [разрыву] и относительного удлинения, а также определение соответствия фактических свойств образцов арматурных сталей требованиям стандартов.

3 Порядок выполнения работы

3.1 Общие указания

Работа выполняется всей подгруппой.

Кафедра готовит по одному образцу двух видов арматурной стали, например, классов А240 и А400. Длина образца l должна быть не менее 400 мм. Длина размеченного участка в середине образца (рабочая длина) должна быть не менее 200 мм и не менее 10 номинальных диаметров. На каждый образец заранее наносится разметка с шагом (интервалом) 10 мм.

При номинальном диаметре стержней более 20 мм допускается больший шаг разметки, но он должен быть кратным 10 мм и не более номинального диаметра.

Установку образцов в захваты разрывной машины и испытание на разрыв проводит лаборант кафедры. Последующие измерения размеров для определения относительного удлинения производят студенты.

3.2 Аппаратура

Испытание образцов на растяжение проводится в разрывной машине Р-50.

Для определения геометрических размеров необходима стальная измерительная линейка длиной 500 мм.

Для определения диаметра арматуры требуются штангенциркуль любого типа и весы с верхним пределом измерений не более 5 кг.

3.3 Порядок выполнения работы

3.3.1 Диаметр гладкой арматурной стали определяется при помощи штангенциркуля. Диаметр измеряется в трёх сечениях: в середине образца и по концам рабочей длины; в каждом сечении в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Фактический диаметр вычисляется как среднее арифметическое из этих шести значений.

Начальную площадь поперечного сечения образцов негладкой арматуры вычисляют по формуле

$$F_0 = m/(\rho l), \quad \text{мм}^2, \quad (3.1)$$

где m – масса образца, г;

ρ – плотность стали, принимаемая $7,85 \cdot 10^{-3}$ г/мм³;

l – длина образца, мм.

3.3.2 Образец арматурной стали закрепляется лаборантом в захватах разрывной машины.

Производится постепенное нагружение образца со скоростью не более 10 МПа/с. Студенты должны зафиксировать момент, когда без изменения положения регулятора скорости нагрузка перестанет расти, и записать соответствующую нагрузку P_T , соответствующую физическому пределу текучести стали. После этого скорость нагружения допускается увеличить до 0,1 рабочей длины испытуемого образца в минуту.

Нагружение продолжается до разрыва образца. Студенты должны зафиксировать максимальную нагрузку P_B .

Затем производится испытание второго образца.

Определение условного предела текучести производится по методике, приведённой в приложении А.

3.3.3 При испытании стержневой арматуры рассчитываются прочностные показатели:

$$\text{- предел текучести } \sigma_T = P_T/S_n; \quad (3.2)$$

$$\text{- временное сопротивление } \sigma_B = P_B/S_n,$$

где S_n – номинальная площадь сечения образца, которая определяется как площадь круга номинального диаметра: $S_n = \pi d_n^2/4$.
(3.3)

Результаты округляют до 5 МПа.

Полученные результаты сравниваются с табличными, и делается заключение о соответствии (несоответствии) прочностных показателей требованиям стандарта.

3.3.4 Для определения относительного удлинения две половинки каждого образца плотно прикладывают друг к другу местом разрыва. Об-

разец должен лежать на столе так, чтобы была видна разметка.

3.3.5 На данном образце:

- при испытании стержневой стали отсчитывают количество шагов (интервалов) разметки – n , соответствующее величине $5d_n$, где d_n – номинальный диаметр арматуры. Участок выбирают так, чтобы место разрыва было как можно ближе к центру этого участка – см. рисунок 3.1;

- при испытании проволочной арматуры аналогично отсчитывают 10 интервалов.

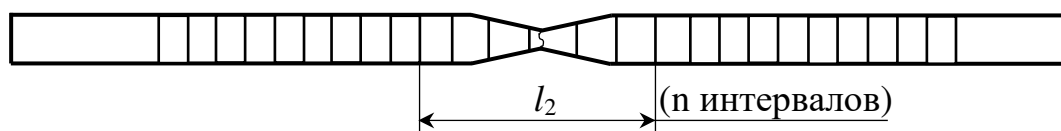


Рисунок 3.1

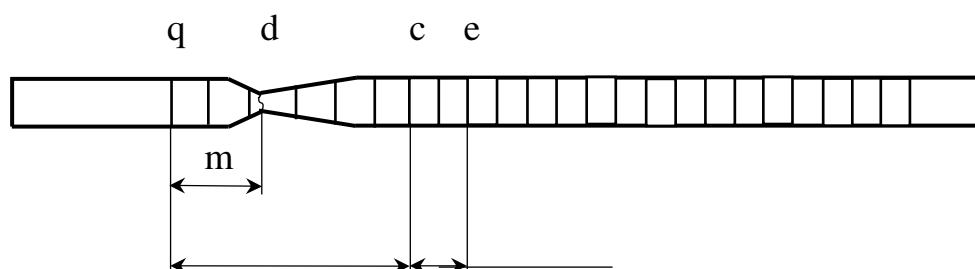
Металлической линейкой измеряют длину полученного участка l_2 в миллиметрах.

Стандарт [3] предусматривает возможность определения относительного удлинения и в случае, если разрыв образца произошёл близко к захвату, и количество интервалов от места разрыва до крайней метки m мало (но не менее двух. При этом часть стержня между разрывом и ближайшей меткой тоже считается) – см. рисунок 3.2. В таком случае конечную расчётную длину образца l_2 вычисляют по формуле

$$l_2 = sq + 2se, \text{ мм}, \quad (3.4)$$

где sq – длина участка, соответствующего $2m$ интервалам (см. рисунок 3.1), мм;

se – длина участка, соответствующего $(n/2 - m)$ интервалам (см. рисунок 3.1), мм.



$$2m \qquad n/2 - m$$

Рисунок 3.2

На рисунке 3.2 слева от места разрыва (точка d) имеется три интервала. Поэтому от точки q отсчитывается $2 \cdot 3 = 6$ интервалов. Затем рассчитывается количество интервалов, которое надо отсчитать вправо от точки c: $n/2 - m$. В данном примере $n = 9$, $m = 3$. $ce = 9/2 - 3 = 1,5 \approx 2$ интервала (результат округляется в ббольшую сторону).

Вычисляется относительное удлинение:

- для стержневой арматуры – δ_5 (цифра 5 означает, что измерение производится на базе $l_1 = 5d_n$):

$$\delta_5 = \frac{l_2 - l_1}{l_1} \cdot 100, \%; \quad (3.5)$$

- для проволочной арматуры – δ_{100} (число 100 означает, что измерение производится на базе $l_1 = 100$ мм):

$$\delta_{100} = (l_2 - 100), \%. \quad (3.6)$$

Полученные значения округляются до 0,5 %.

3.3.6 При определении относительного равномерного удлинения стержневой арматуры участок, на котором производится измерение, должен отстоять от места разрыва на расстоянии $(3d_n - 5d_n)$ при $d_n > 10$ мм и $(30 - 50)$ мм при $d_n \leq 10$ мм. База измерения l_3 принимается 50 или 100 мм. Соответственно отсчитывают пять или десять шагов разметки (интервалов) и измеряют металлической линейкой длину этого участка l_4 в миллиметрах.

Относительное равномерное удлинение δ_p вычисляется по формуле

$$\delta_p = \frac{l_4 - l_3}{l_3} \cdot 100, \%; \quad (3.7)$$

3.3.7 Максимальное относительное удлинение вычисляется по формуле

$$\delta_{\max} = \delta_p + 100\sigma_b/E_a, \% \quad (3.8)$$

где $E_a = 200000$ МПа – модуль упругости стали.

3.3.8 Фактические значения относительных удлинений сравниваются с табличными, и делается заключение о соответствии (несоответствии) данных показателей требованиям стандарта.

Приложение А

Определение условного предела текучести

А.1 Для определения условного предела текучести, например, $\sigma_{0,2}$ на образец после приложения начальной нагрузки, соответствующей 0,05 – 0,10 ожидаемой величины временного сопротивления, устанавливают тензометр.

Условный предел текучести можно определять аналитическим, графическим способом, в том числе непосредственно по машинной диаграмме, но с контролем деформации по тензометру.

А.2 При аналитическом способе вычисляют величину остаточной деформации, соответствующую 0,2 % базы тензометра l_0 :

$$\Delta l_T = 0,002l_0. \quad (\text{А.1})$$

Образец устанавливают в захваты испытательной машины, прикладывают начальную нагрузку (5 – 10) % от ожидаемого разрывного усилия P_{\max} , устанавливают тензометры с двух сторон, снимают начальные отсчеты и проводят двукратное нагружение – разгружение образца в интервале (10 – 35) % от P_{\max} . Далее образец нагружают от 10 % до 35 % P_{\max} одной ступенью, от 35 % до 80 % P_{\max} не менее семи ступеней. При достижении нагрузки (70 – 90) % от P_{\max} величину этапа нагружения рекомендуется уменьшить в 2 – 4 раза. На каждом этапе результаты замеров нагрузок и деформаций записывают в таблицу. Выдержка при постоянной нагрузке на каждой ступени (для записи показаний) не должна превышать 10 с.

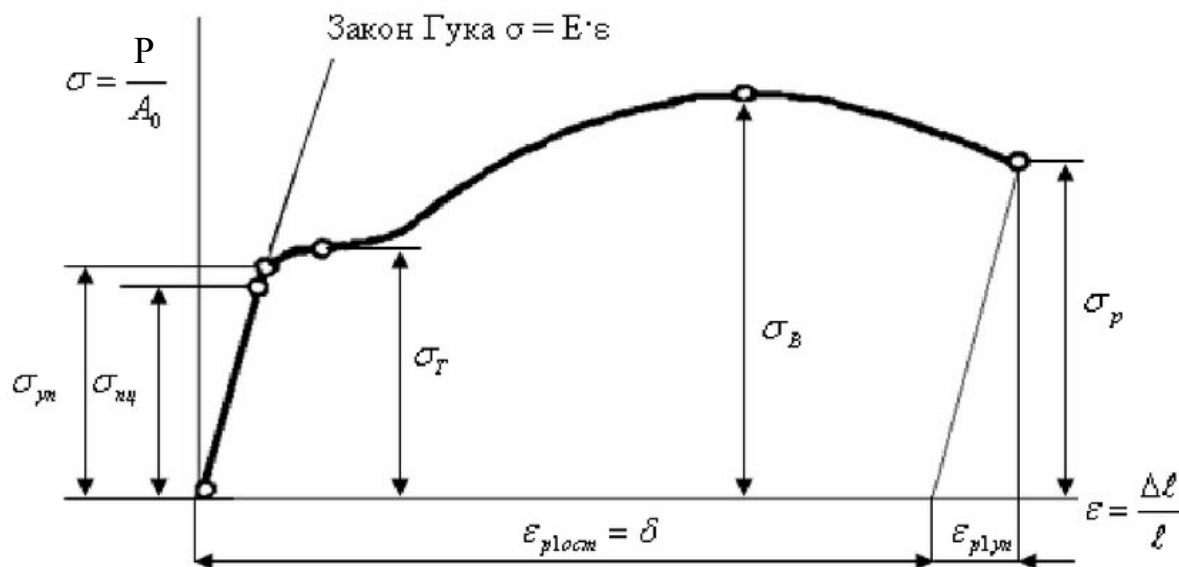
Затем определяют среднюю величину упругой деформации на одном этапе нагрузки, исходя из величины средней деформации, найденной на

этапах нагружения в интервале (10 – 40) % предполагаемого усилия, соответствующего пределу текучести, а для арматурных канатов в интервале (10 – 40) % временного сопротивления. Нагрузка $P_{0,2}$, при которой будет обеспечено равенство

$$\Delta l = \sum \Delta l_y + \Delta l_T, \quad (\text{A.2})$$

соответствует условному пределу текучести $\sigma_{0,2}$, который вычисляется с погрешностью не более 5 МПа по формуле (3.2).

А.3 Графический способ определения условных пределов текучести и упругости заключается в следующем. Строится диаграмма растяжения "нагрузка-удлинение". По оси ординат откладывают нагрузку P (иногда – напряжение σ), а по оси абсцисс – соответствующее относительное удлинение ε . Примеры диаграмм приведены на рисунках А.1 и А.2.



$\sigma_{пц}$ – Предел пропорциональности;

$\sigma_{уп}$ – предел упругости;

$\sigma_{т}$ – предел текучести;

$\sigma_{в}$ – временное сопротивление (разрыву);

$\sigma_{р}$ – напряжение в момент разрыва;

ε – относительная линейная деформация.

Рисунок А.1 – Диаграмма растяжения стали с площадкой текучести

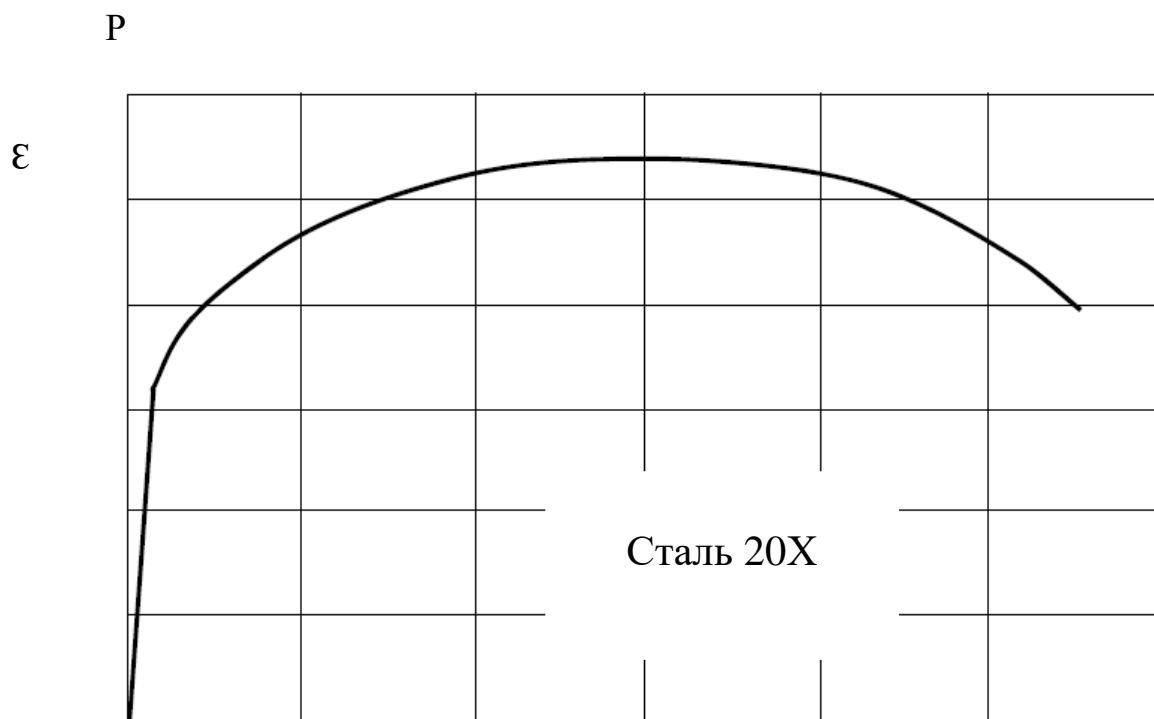


Рисунок А.2 – Диаграмма растяжения стали без площадки текучести

На диаграмме через точку на оси абсцисс, соответствующую заданной величине допуска на условно-мгновенную пластическую деформацию для условного предела текучести, например, 0,2 %, проводится прямая, параллельная участку пропорциональной зависимости $P - \epsilon$, до пересечения с графиком (см. рисунок А.3). По данной точке определяется сила, соответствующая пределу текучести, P_T . Условный предел текучести определяется по формуле (3.2).

При определении условного предела текучести графическим способом диаграмму растяжения строят в таком масштабе, при котором 0,1 % деформации образца соответствует участок оси ординат длиной не менее

10 мм, а нагрузке, примерно соответствующей условному пределу текучести, – участок оси абсцисс не менее 100 мм.

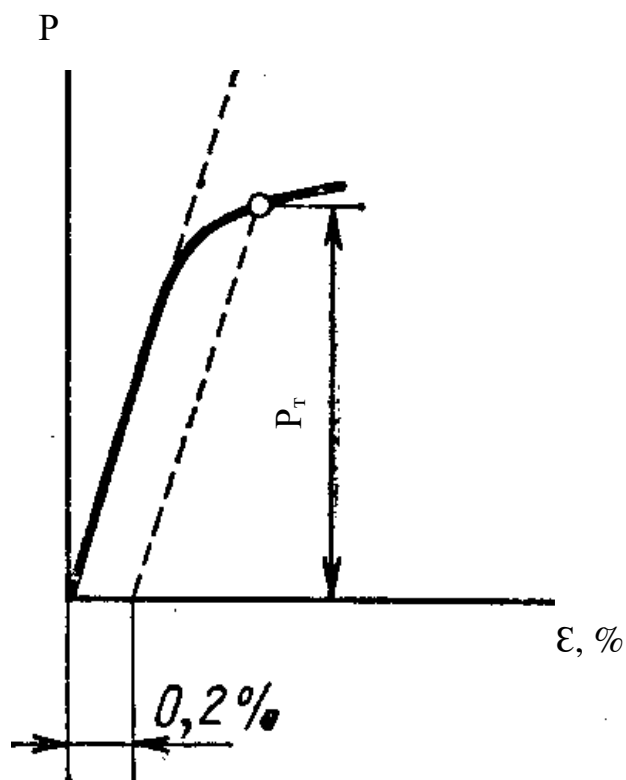


Рисунок А.3 – Определение условного предела текучести графическим методом

Список использованных источников

1 ГОСТ 6727-80 Проволока из низкоуглеродистой стали холоднотянутая для армирования железобетонных конструкций. Технические условия.

2 ГОСТ 7348-81 Проволока из углеродистой стали для армирования предварительно напряжённых железобетонных конструкций. Технические условия.

3 ГОСТ 12004-81 Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение.

4 ГОСТ 34028-2016 Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия.

5 ГОСТ Р 52544-2006 Прокат арматурный свариваемый периодического профиля классов А500С и В500С для армирования железобетонных конструкций. Технические условия.

6 ГОСТ Р 53772-2010 Канаты стальные арматурные семипроволочные. Технические условия.

7 ТУ 14-4-1322-89 Проволока из низкоуглеродистой стали холоднотянутая периодического профиля повышенной прочности для армирования железобетонных конструкций.

Исаев Андрей Владимирович

ИСПЫТАНИЕ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторной работы по дисциплине
«Технология бетона, строительных изделий и конструкций»
по направлению 08.03.01 Строительство, профиль «Производство и
применение строительных материалов, изделий и конструкций»,
по направлению 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений,
специализации «Строительство высотных и большепролётных зданий и
сооружений» и «Строительство гидротехнических сооружений
повышенной ответственности»

Подписано в печать 23.03.2020г. Формат 60x90 1/16 Бумага газетная. Печать трафарет-
ная. Уч. изд. л. 0,9. Усл. печ. л.1,2. Тираж 300 экз. Заказ №

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный
университет» 603950, Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65.
Полиграфический центр ННГАСУ, 603950, Н.Новгород, Ильинская, 65
<http://www.nngasu.ru>, srec@nngasu.ru