

Механические свойства



Прочность – способность металла или сплава воспринимать действующие нагрузки не разрушаясь

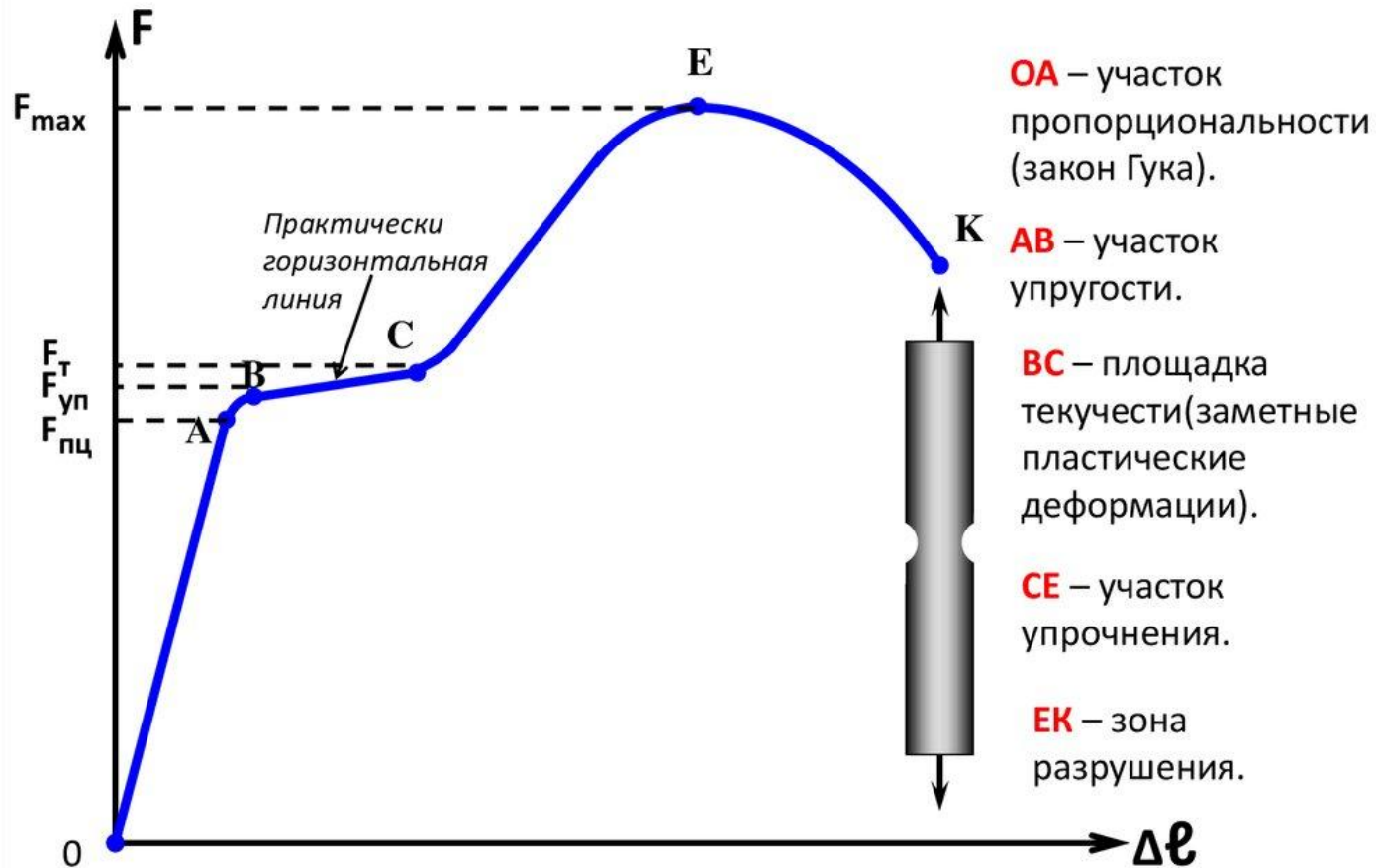




Анализ диаграммы растяжения

Упругая и Пластическая деформация

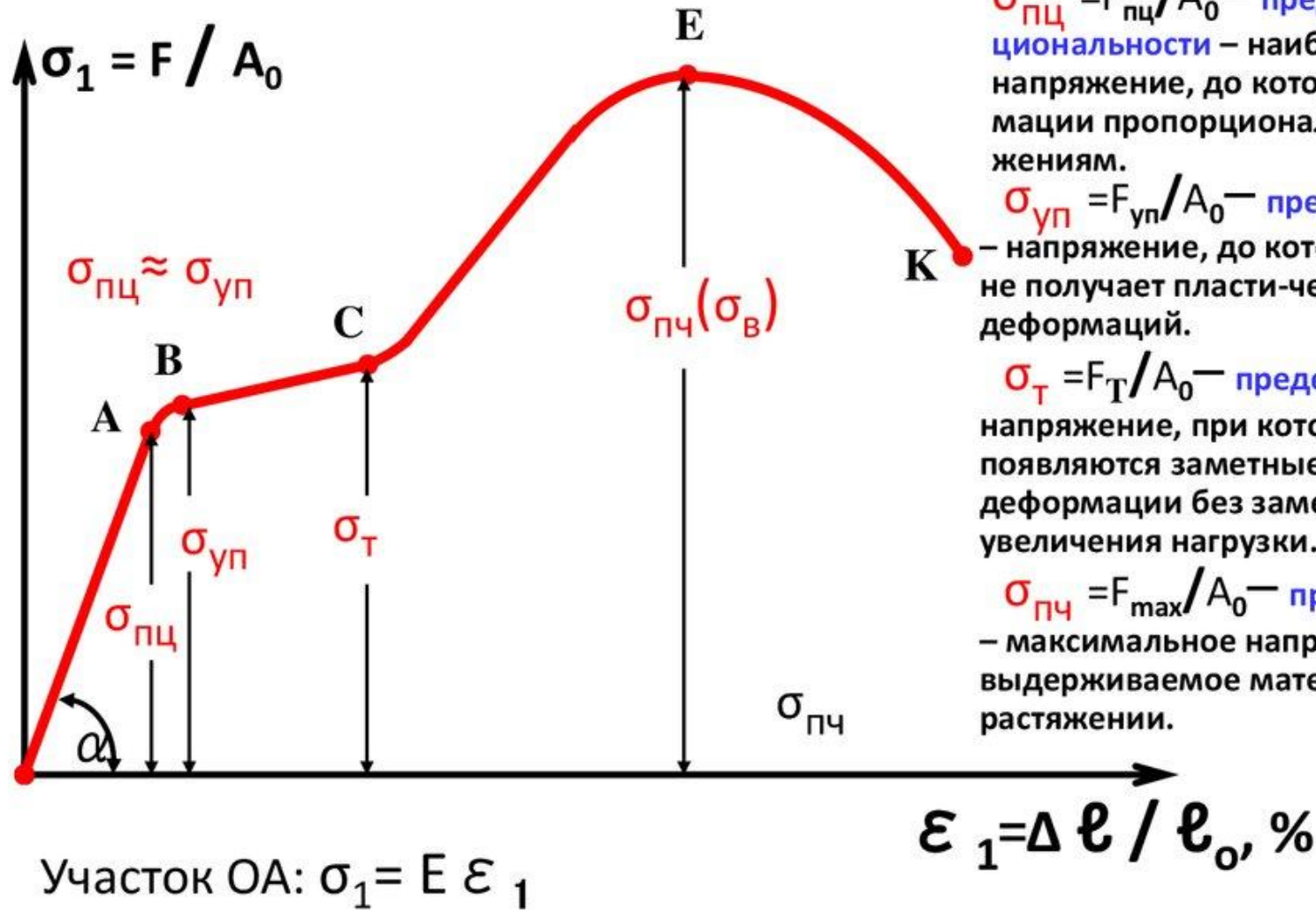
Диаграмма растяжения образца малоуглеродистой стали



4



Диаграмма растяжения материала малоуглеродистой стали



Участок OA: $\sigma_1 = E \epsilon_1$

$$\text{tg } \alpha = E$$

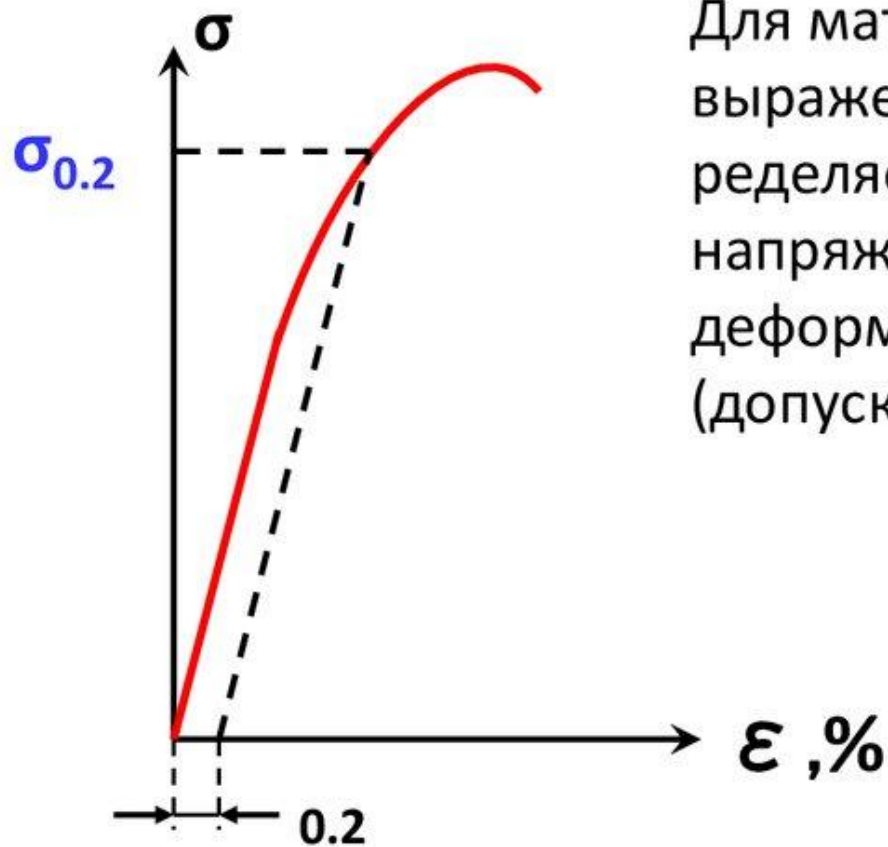
$\sigma_{пц} = F_{пц} / A_0$ — предел пропорциональности — наибольшее напряжение, до которого деформации пропорциональны напряжениям.

$\sigma_{уп} = F_{уп} / A_0$ — предел упругости — напряжение, до которого материал не получает пластических деформаций.

$\sigma_T = F_T / A_0$ — предел текучести — напряжение, при котором появляются заметные пластические деформации без заметного увеличения нагрузки.

$\sigma_{пч} = F_{max} / A_0$ — предел прочности — максимальное напряжение, выдерживаемое материалом при растяжении.

Условный предел текучести



Для материалов, не имеющих ярко выраженной площадки текучести определяется **условный предел текучести** - напряжение, при котором пластическая деформация равна какой-то величине (допуску).

Если $\epsilon_{ост} = 0.002$ или 0.2%

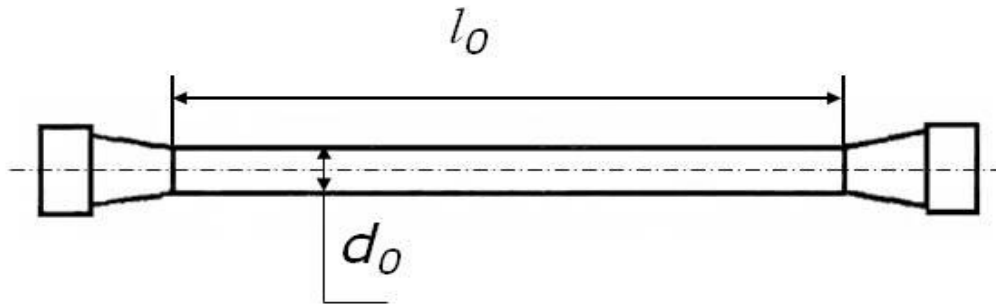
то усл.предел тек.- $\sigma_{0.2}$

Если $\epsilon_{ост} = 0.005$ или 0.5%

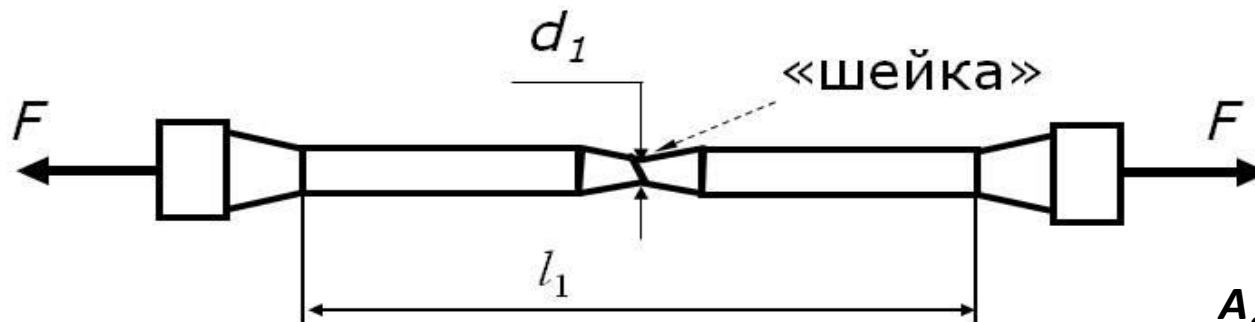
то усл.предел тек.- $\sigma_{0.5}$

Испытание на растяжение

Образец для испытаний



Разрушение образца из
пластичного материала



Относительное

- удлинение

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100\%$$

- сужение

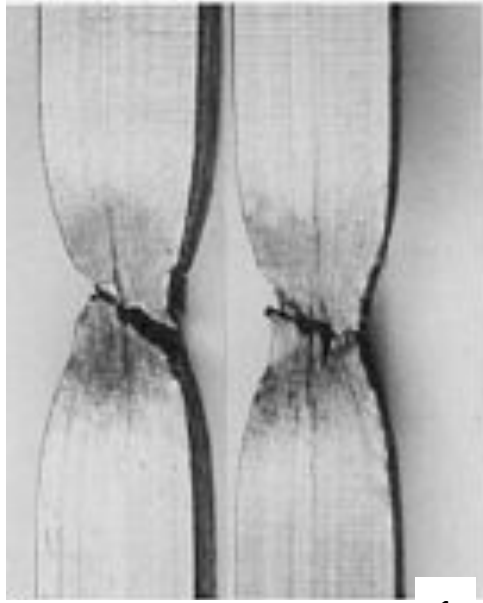
$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \cdot 100\%$$

A_0 - начальная площадь
поперечного сечения
образца, мм^2 ;

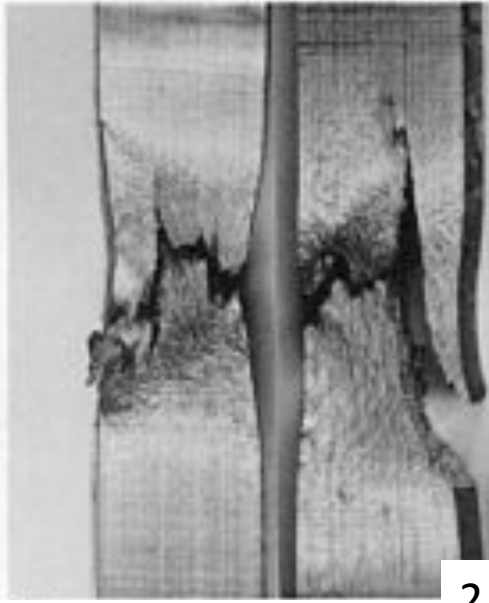
A_1 - площадь в месте
разрыва, мм^2 .

$$S_K = \frac{P_K}{A_i}$$

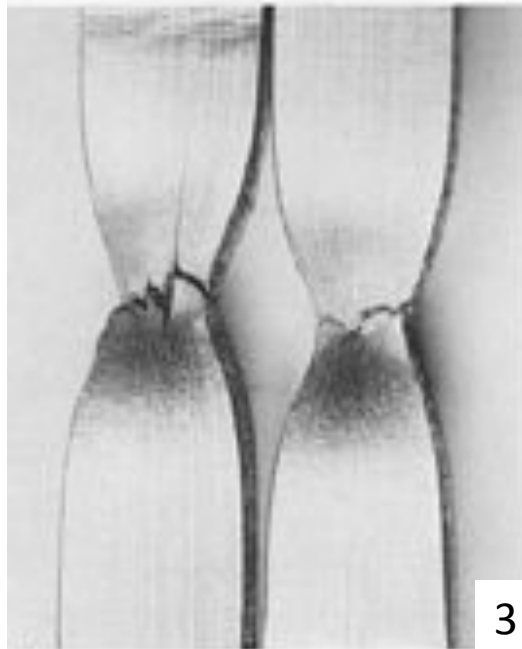
- **Истинным сопротивлением разрушению S_K** называется напряжение, определяемое отношением нагрузки P_K в момент разрыва образца к площади поперечного сечения A_i образца в шейке после разрыва:



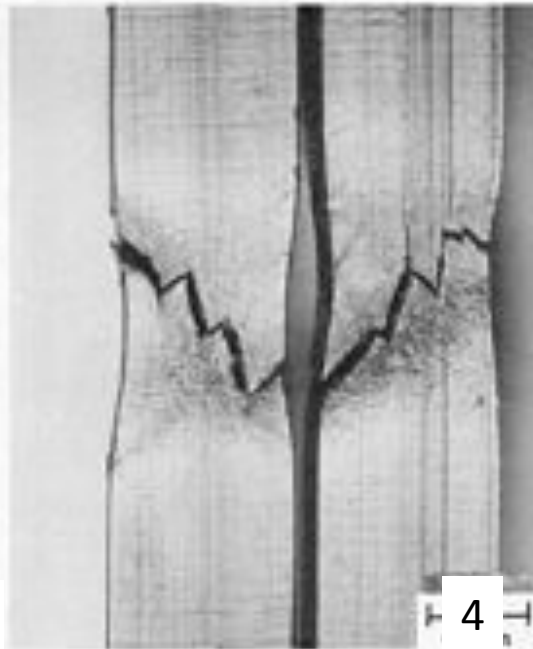
1



2



3



4

Массивные металлические стекла (ММС)

- Массивные металлические стекла (ММС) содержат металлические связи и, подобно металлам, являются проводниками.
- Структура не содержит дефектов, поэтому при сгибе или сжатии ММС переносят большие нагрузки, не ломаясь.
- При растяжении их, однако, до сих пор подводила низкая пластичность: части тела начинали смещаться относительно друг друга, быстро превращались в трещины.
- Введение в горячий расплав ММС вещества, которые при застывании образуют рассеянные кристаллы, или "дендриты", которые не дают развиваться трещинами.



Изображения трех слитков массивных металлических стекол, полученные при помощи сканирующего электронного микроскопа.

Образец №3 не содержит "дендритов",

Образец №1 - состоит из дендритов на 51 процент,

Образец №2 - на 67 процентов.

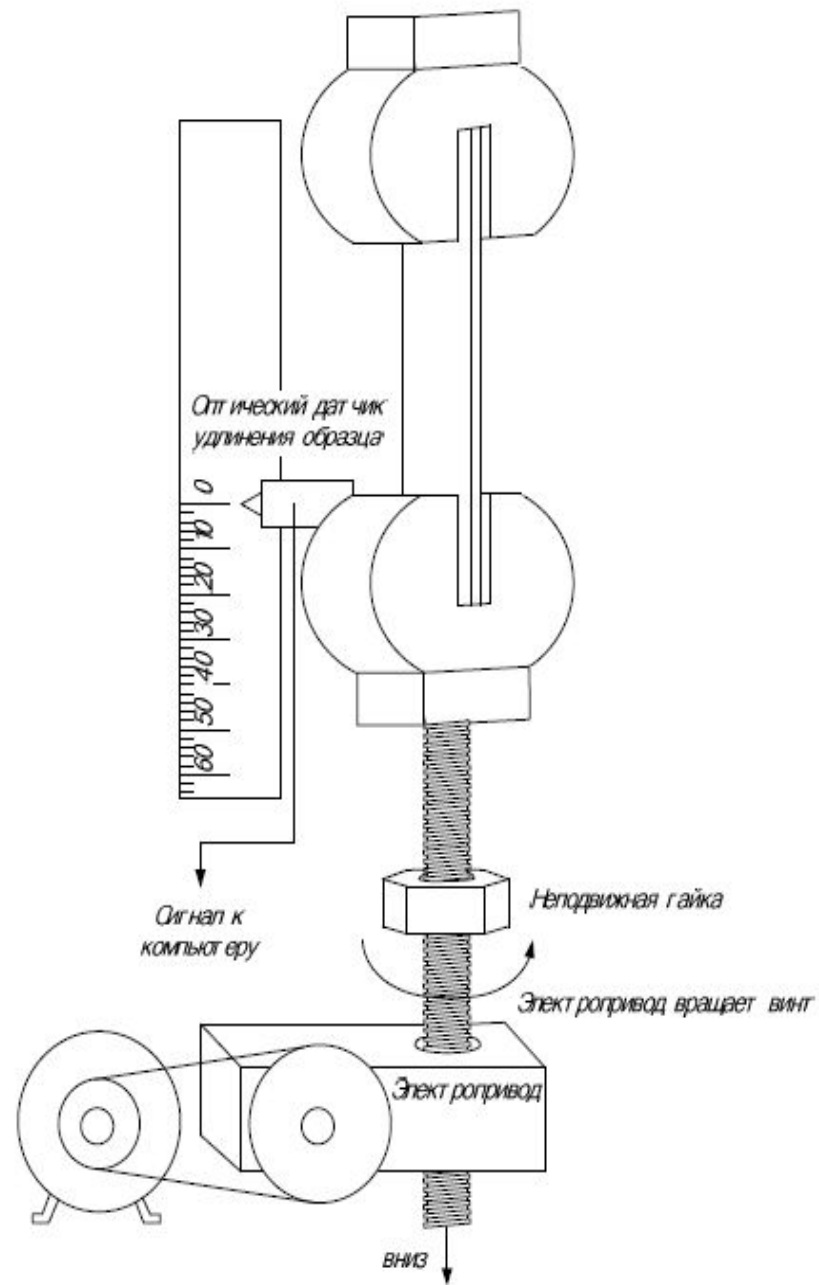


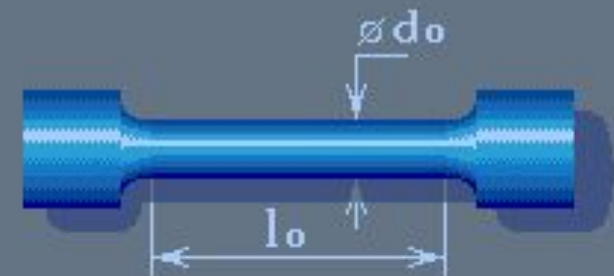
Рис. 2. Схема испытательной машины

Работа 2. Определение характеристик материалов при растяжении

При исследовании свойств металлов чаще всего используют цилиндрические образцы.



$$\frac{l_0}{d_0} = 10 \text{ (десятикратный)}$$

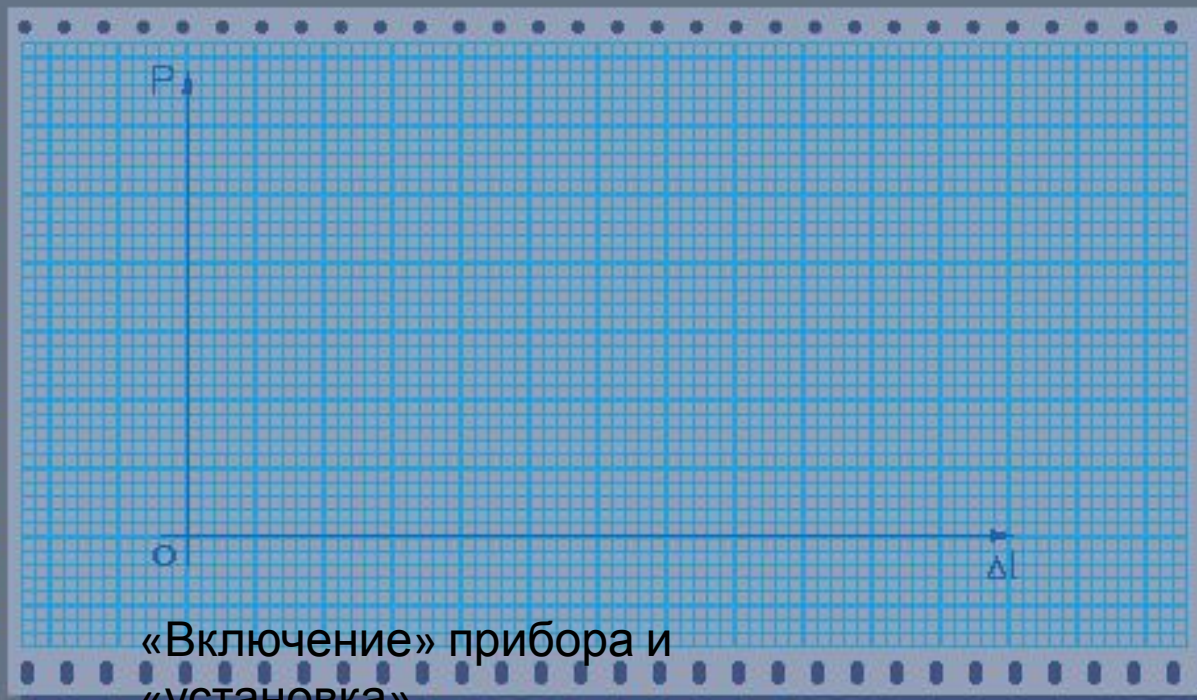
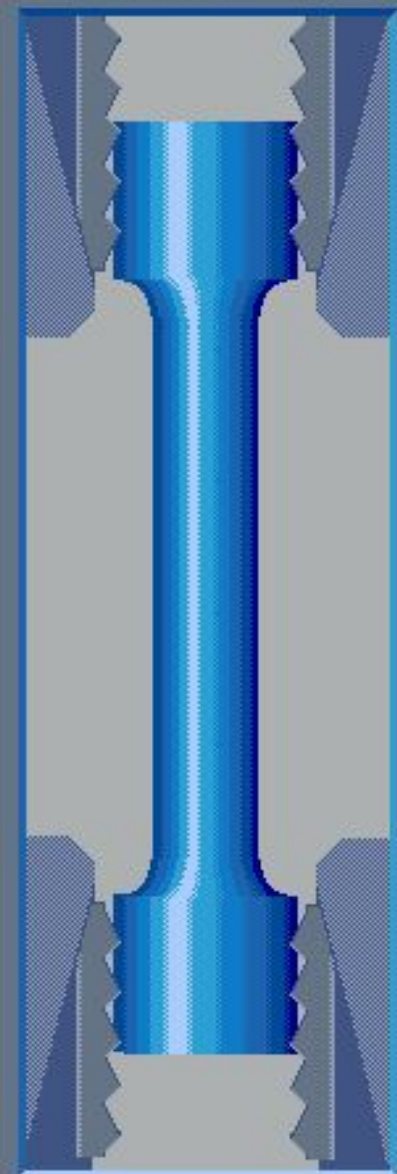


$$\frac{l_0}{d_0} = 5 \text{ (пятикратный)}$$

l_0 - длина рабочей части

d_0 - начальный диаметр

- Цилиндрические образцы для испытаний на растяжение



«Включение» прибора и
«установка»

Установлен пятикратный образец

$l_0=30.0$ мм

$d_0=6.0$ мм

Показания нагрузки и удлинений

| | P (Н) | Δl (мм) |
|---|-------|-----------------|
| А | | |
| В | | |
| С | | |

управление нагрузением сеть

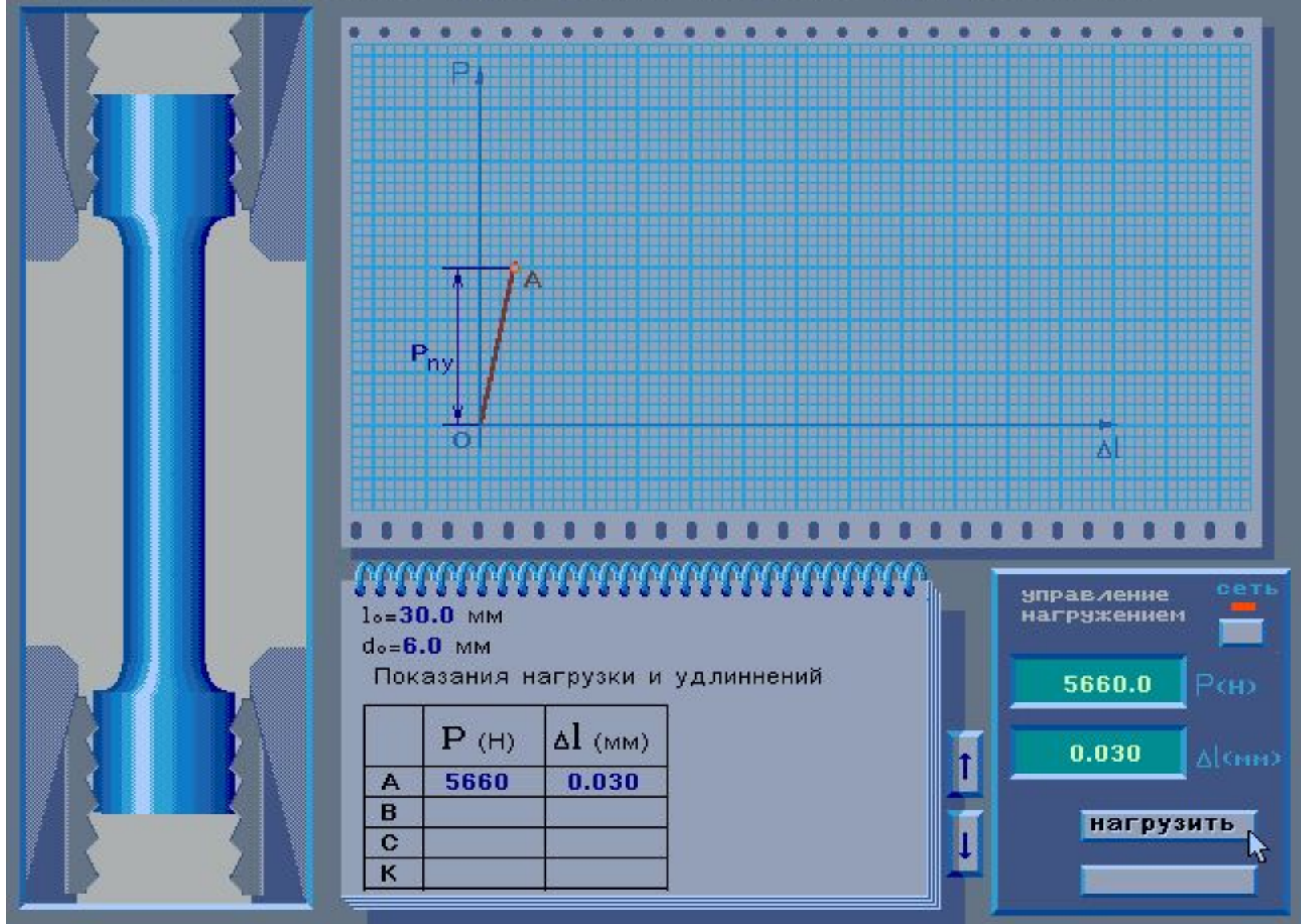
0.0 P(Н)

0.000 Δl (мм)

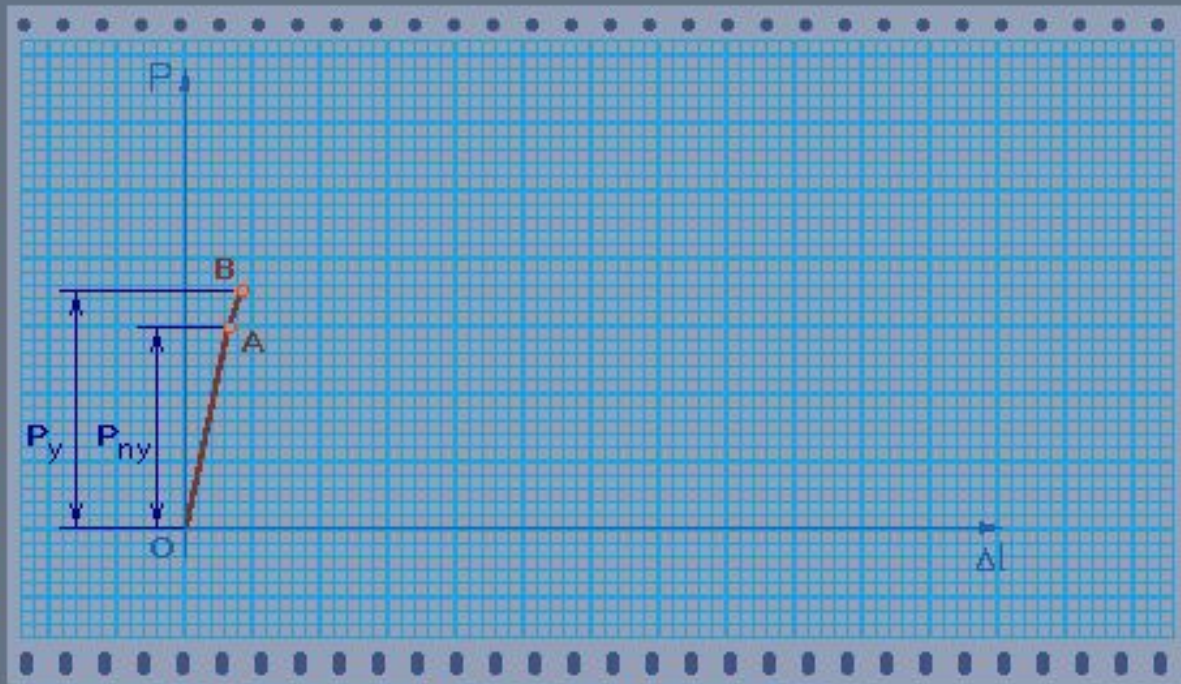
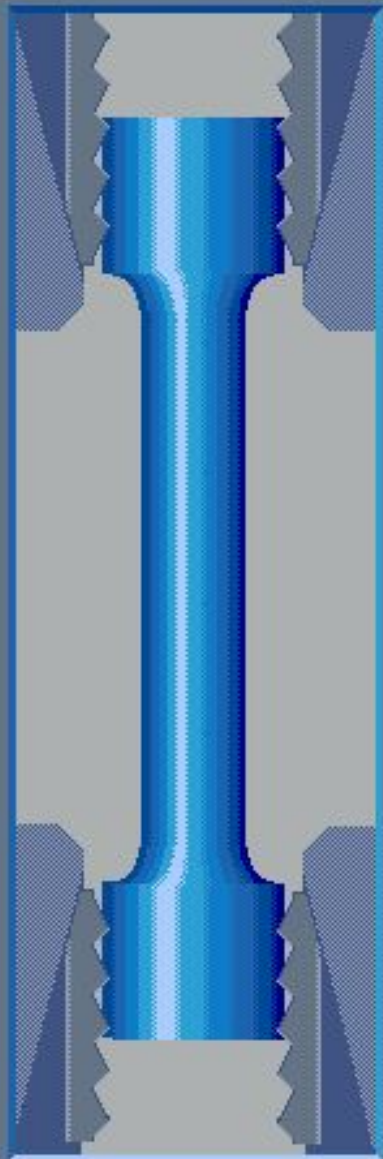
нагрузить

- «Включение» прибора и «установка» образца

Работа 2. Определение характеристик материалов при растяжении



- Напряжение в пределах закона Гука



Показания нагрузки и удлинений

| | P (Н) | Δl (мм) |
|---|---------|-----------------|
| A | 5660 | 0.030 |
| B | 6090 | 0.032 |
| C | | |
| K | | |
| D | | |
| N | | |

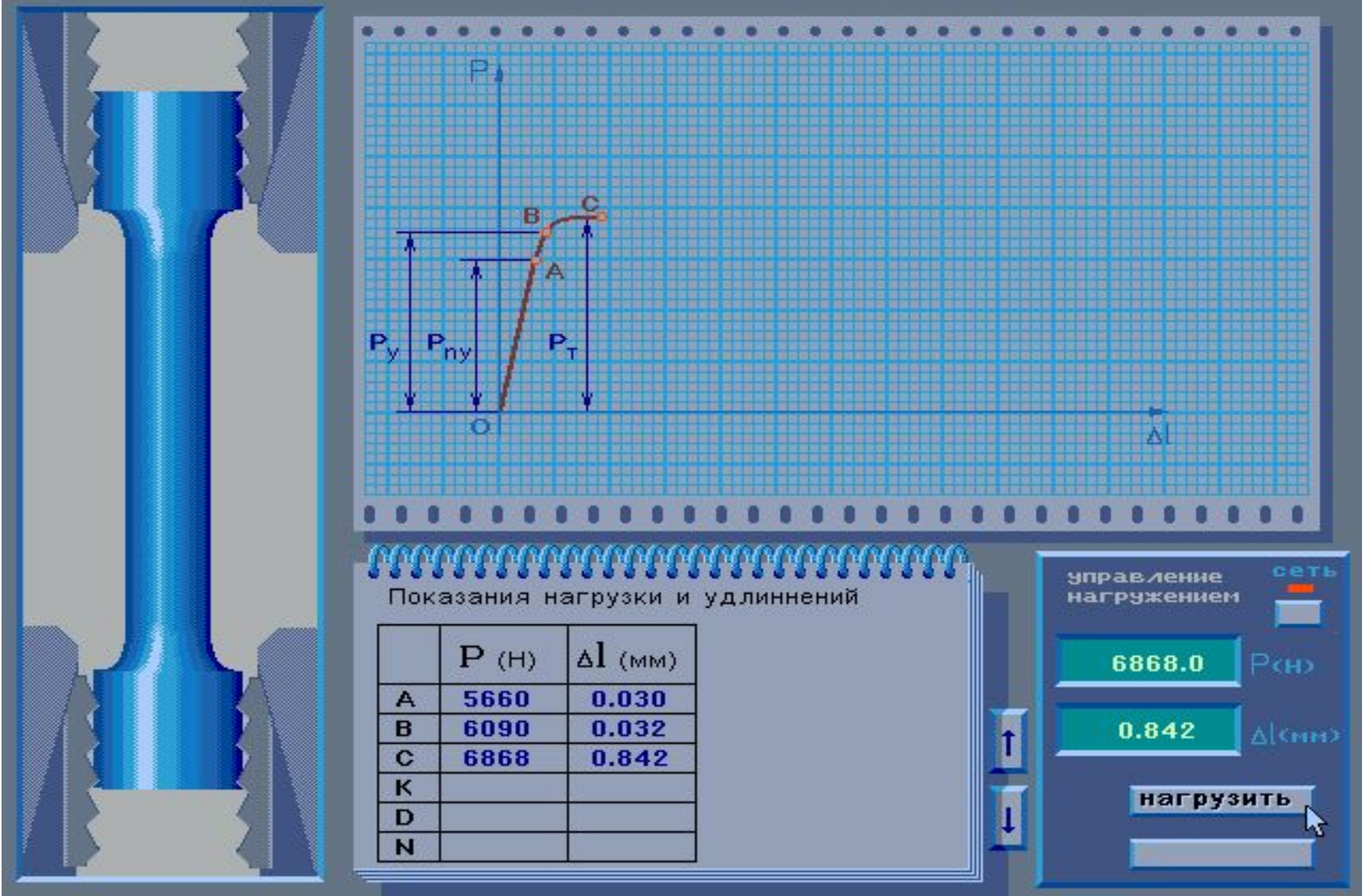
управление сетью
нагрузением

6090.5 P (Н)

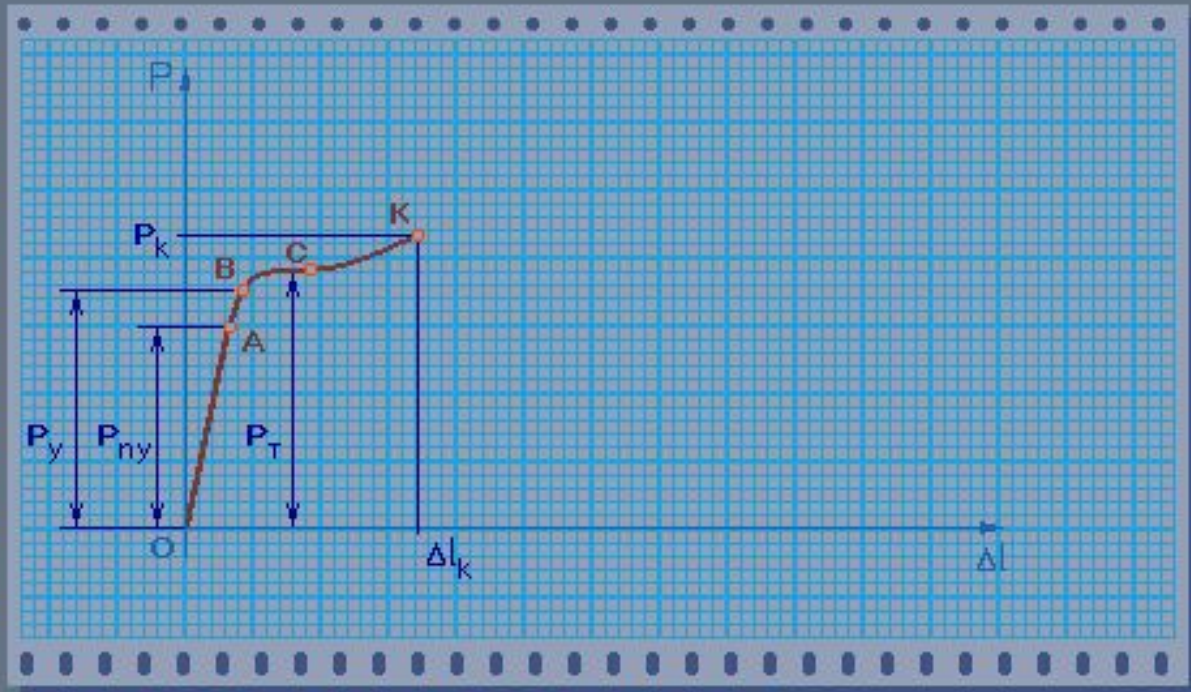
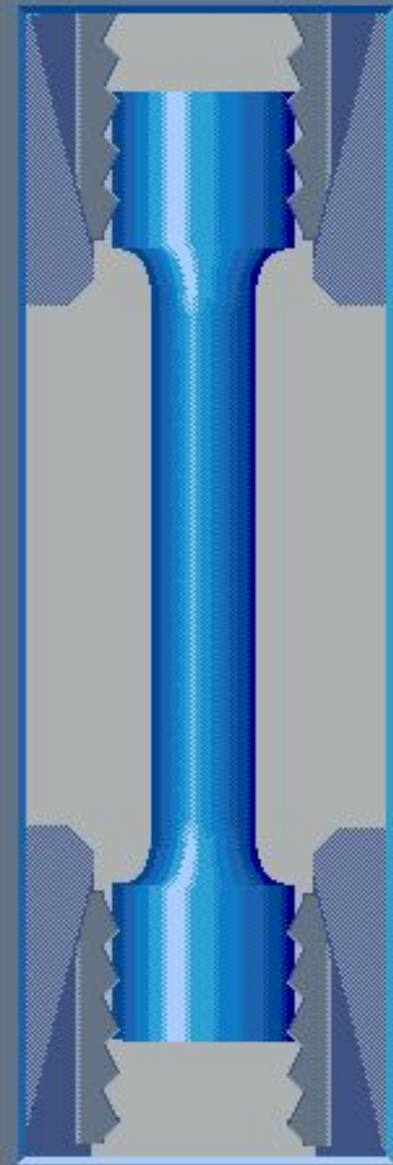
0.032 Δl (мм)

нагрузить

- Упругое деформирование образца



- Напряжение в зоне общей текучести



Показания нагрузки и удлинений

| | P (Н) | Δl (мм) |
|---|---------|-----------------|
| A | 5660 | 0.030 |
| B | 6090 | 0.032 |
| C | 6868 | 0.842 |
| K | 7752 | 2.072 |
| D | | |
| N | | |

управление нагружением сеть

7752.0 P (Н)

2.072 Δl (мм)

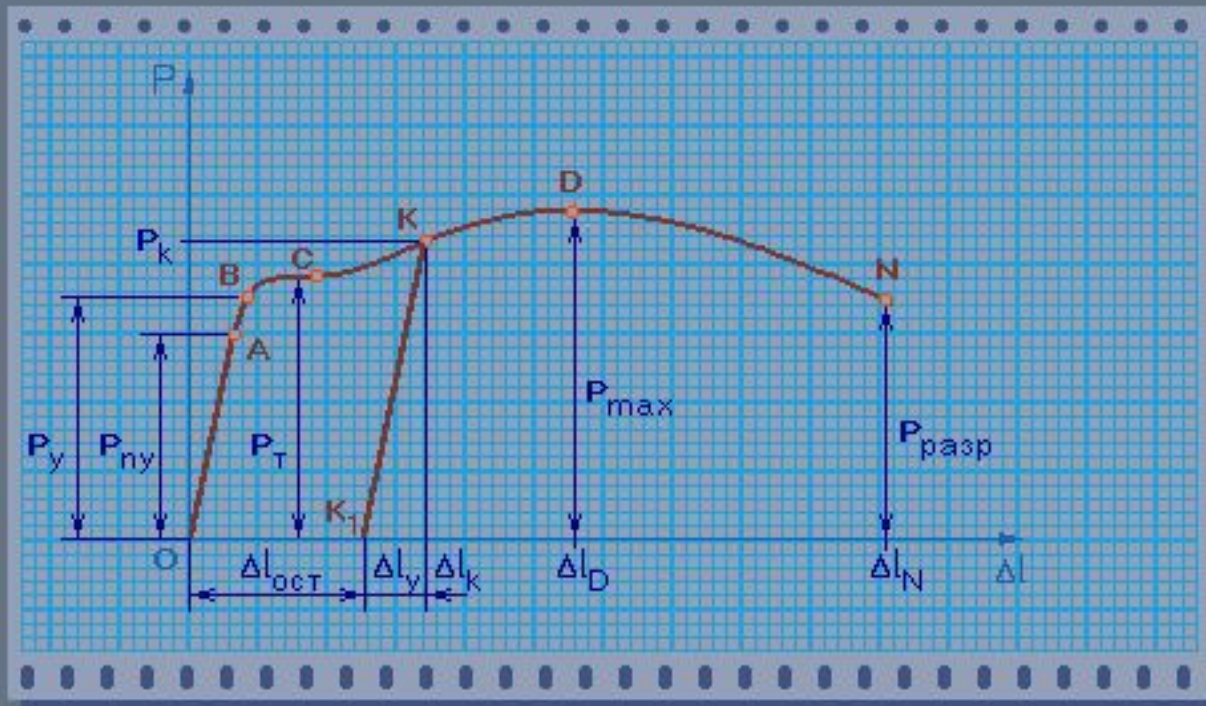
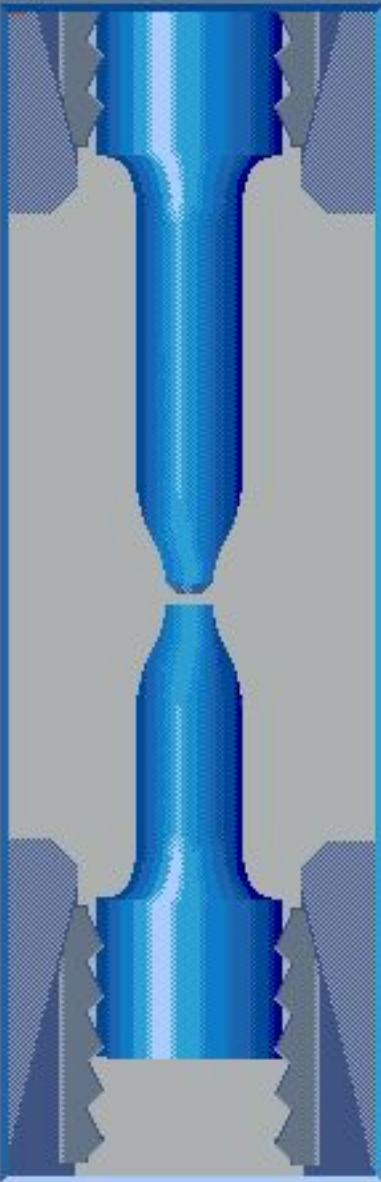
↑

↓

нагрузить

разгрузить

- Напряжение в зоне упрочнения

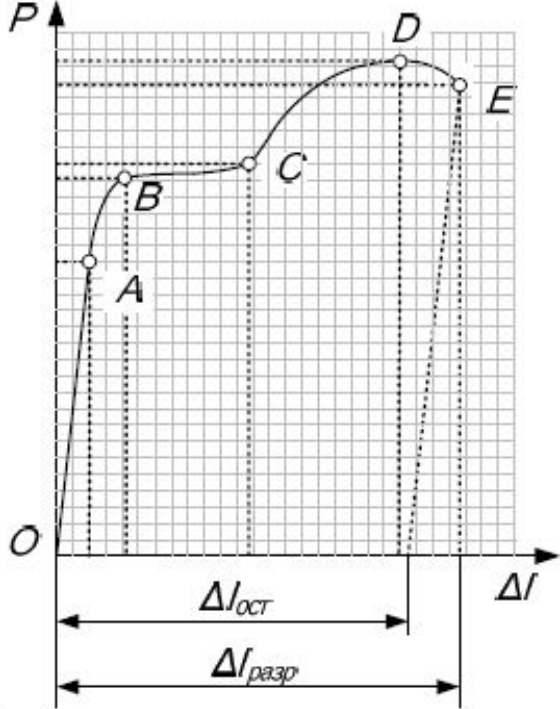


Начиная с точки **D** деформация образца приобретает местный характер течения материала в области шейки. Сечение образца быстро уменьшается, поэтому для его деформирования требуется меньшая нагрузка. Точка **N** соответствует моменту разрушения образца

продолжить

завершить

- Разрушение образца



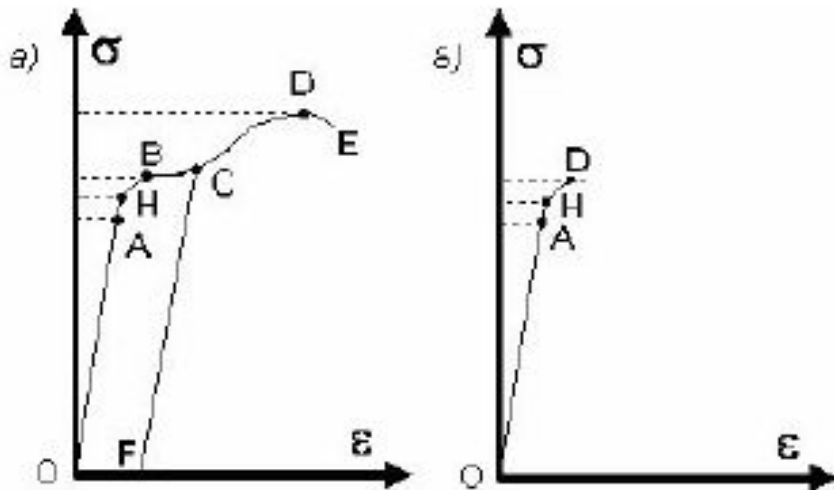
Машинная диаграмма растяжения пластичного материала

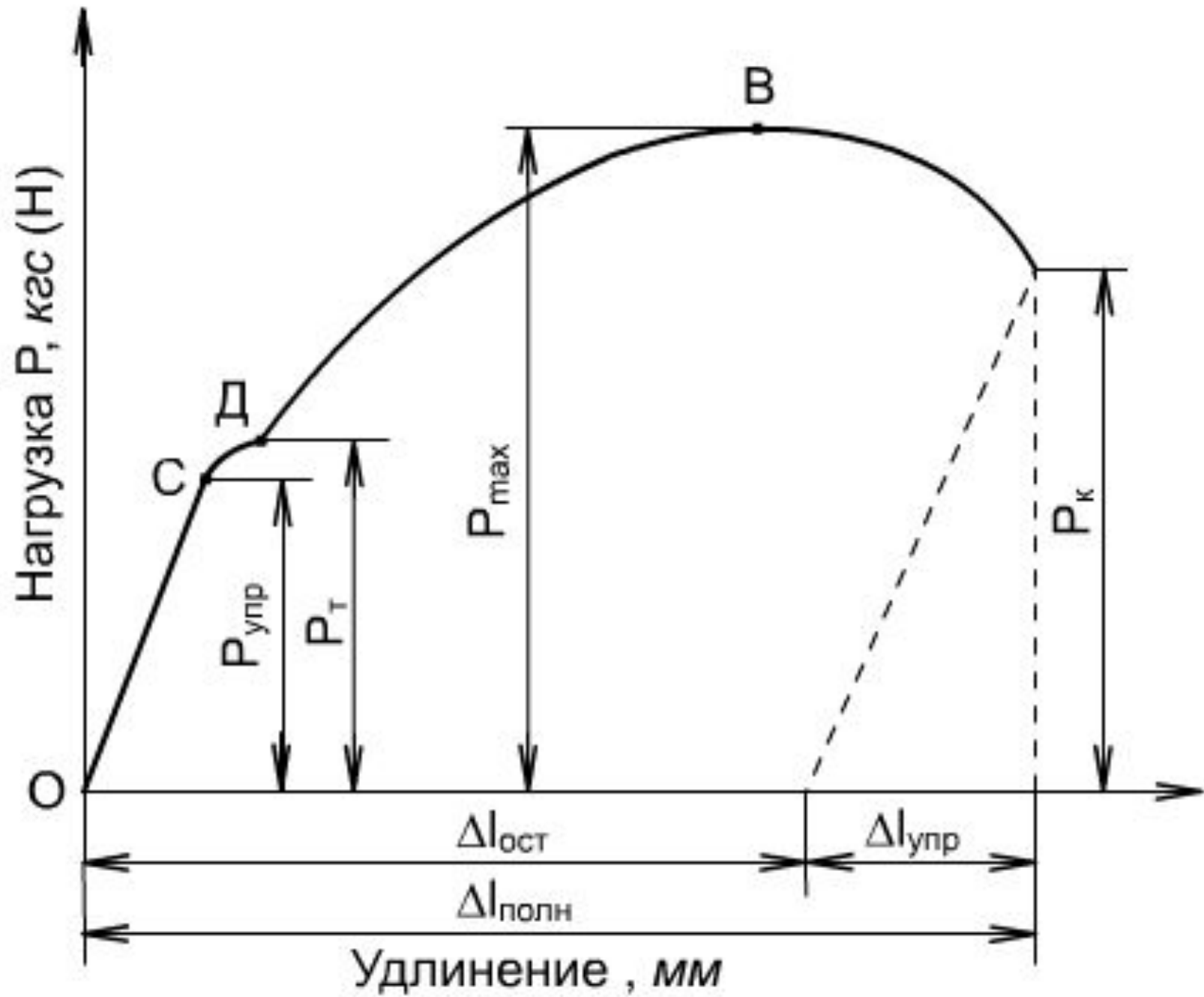
- Далее машинную диаграмму вручную перестраивают в координатах «напряжение – относительная деформация».
- Для этого значения для характерных точек диаграммы (точки O, A, B, C, D, E) пересчитывают по формулам

$$\sigma = \frac{P}{F} \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100 \%$$

Где F – площадь сечения образца, l_0 – начальная длина образца.

- В итоге получается диаграмма растяжения.





ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ РАСТЯЖЕНИЯ

- **Машина: Разрывная**
- **Диаметр образца 20 мм**
- **Расчетная длина 200 мм**



Таблица значений, снятых с диаграммы, построенной самописцем в осях P-ΔL:

| № Координаты точки на диаграмме | Ст 3 | Ст 20 |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Сила в кН, соответствующая пределу пропорциональности $R_{пц} =$ | 69,76 кН | 98.79 кН |
| Сила в кН, соответствующая пределу текучести $R_t =$ | 71,34 кН | 98,79 кН |
| Сила в кН, соответствующая пределу прочности $R_{вр} =$ | 127,44 кН | 149,61 кН |
| Сила в кН, соответствующая разрыву образца $R_p =$ | 121,14 кН | 141,08 кН |
| Абсолютная деформация в м, соответствующая пределу пропорциональности = | $2,12 \cdot 10^{-4}$ | $3,01 \cdot 10^{-4}$ |
| Абсолютная деформация в м, соответствующая концу площадки текучести = | $4.55 \cdot 10^{-4}$ | $4,3 \cdot 10^{-4}$ |
| Абсолютная деформация в м, соответствующая пределу прочности $\Delta l_{пр} =$ | $2.4 \cdot 10^{-2}$ | $1,79 \cdot 10^{-2}$ |
| Абсолютная деформация в м, соответствующая разрыву образца = | $3.19 \cdot 10^{-2}$ | $1,82 \cdot 10^{-2}$ |

Таблица значений вычисления координат точек диаграммы растяжения

в осях σ - ϵ

| № | Координаты точки на диаграмме | Ст 3 | Ст 20 |
|---|----------------------------------------------------------------------|------|-------|
| 1 | Предел пропорциональности в МПа | | |
| 2 | Предел текучести в МПа | | |
| 3 | Предел прочности в МПа | | |
| 4 | Относительная деформация, соответствующая пределу пропорциональности | | |
| 5 | Относительная деформация, соответствующая концу площадки текучести | | |
| 6 | Относительная деформация, соответствующая пределу прочности | | |

- Все механические характеристики, которыми оцениваются свойства материала, определяют по отношению к начальным размерам образца:
- площади F_0 , длина l_0 не учитывают изменений размеров образца в процессе его деформирования – уменьшения площади и увеличения длины.
- Существенно заметить, что не есть напряжение, при котором разрушается образец. Если относить разрушающую силу не к начальной площади, а к площади в наиболее узком месте, то можно обнаружить, что **истинные напряжения** существенно больше, чем σ .
- В этом заключается ***их условность.***

Рассчитать количественные характеристики пластичности стали

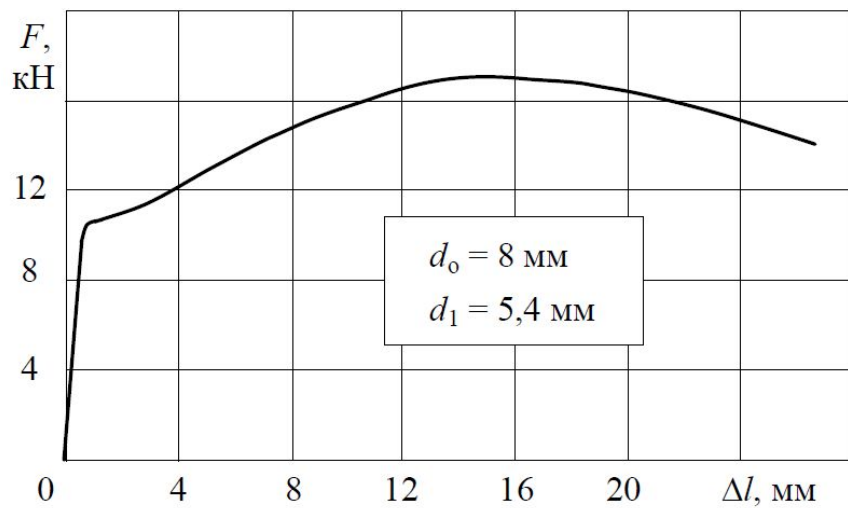
1. Начальная расчетная длина $l_{нр} = 50$ мм;
Конечная расчетная длина $l_{кр} = 58,4$ мм.
2. Начальная площадь поперечного сечения (10×30 мм) образца $F_0 = 300$ мм².
 - Конечная площадь поперечного сечения образца $F_{кр} = 258$ мм²



Индивидуальное задание

- Постройте диаграмму растяжения и проанализируйте ее, сравнив характеристики материалов:
- Стали определенной марки, но подвергнутой разной термообработке;
- Сплавов одной группы, но с разным содержанием элементов

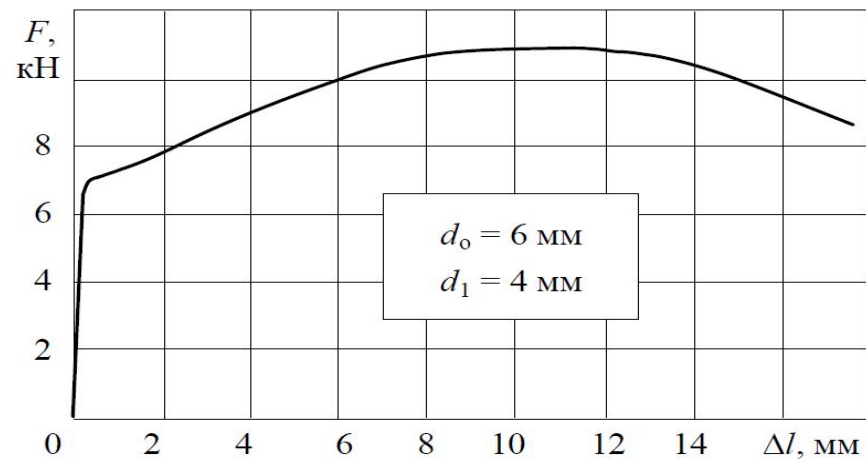
Сталь 10
(нормализация)



Вариант 1 а

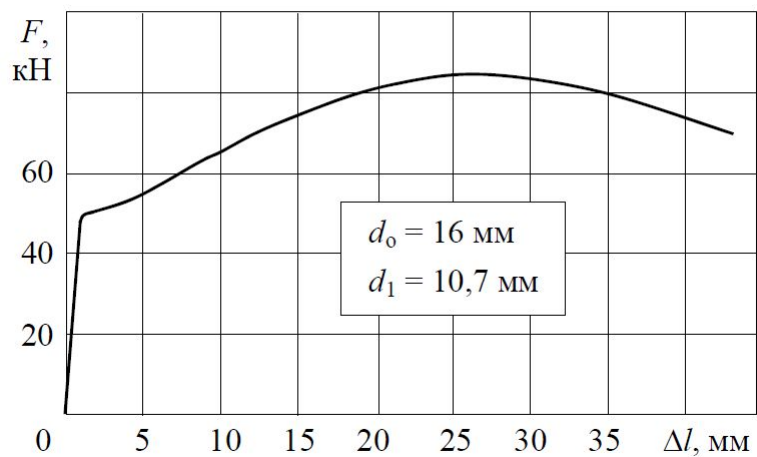
Сталь 10

(цементация и закалка с охлаждением в воде)



Вариант 1 б

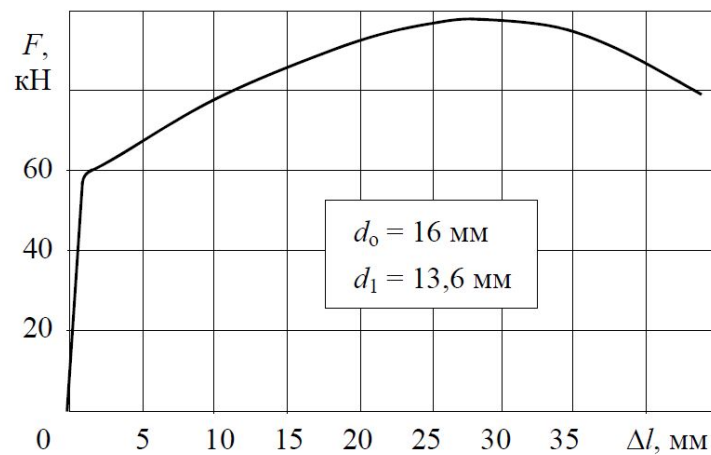
Сталь 20
(нормализация)



Вариант 2 а

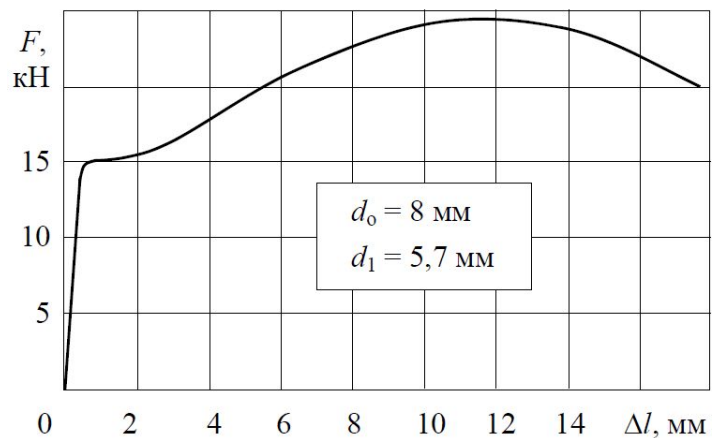
Сталь 20

(цементация и закалка с охлаждением в воде)



Вариант 2 б

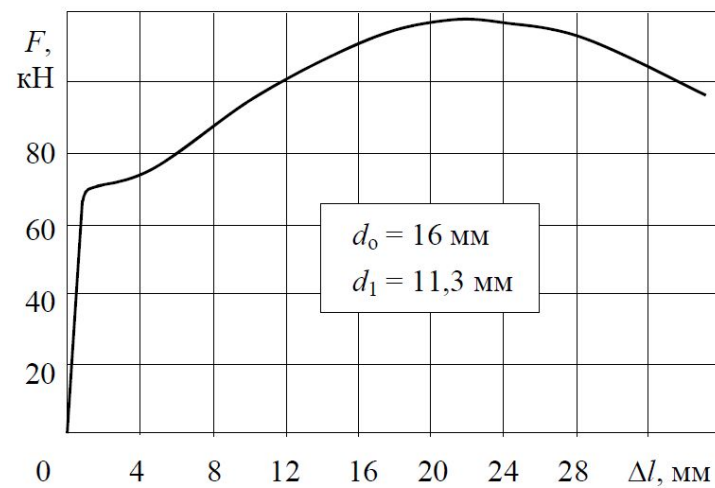
Сталь 30
(нормализация)



Вариант 4 а

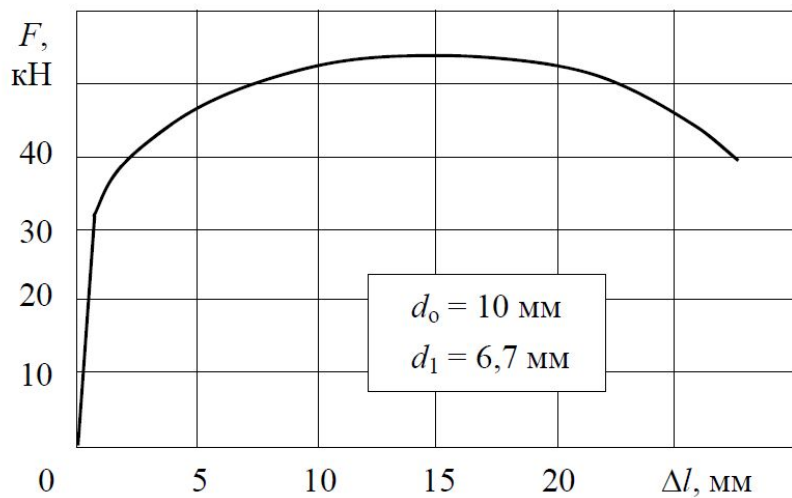
Сталь 30

(улучшение)



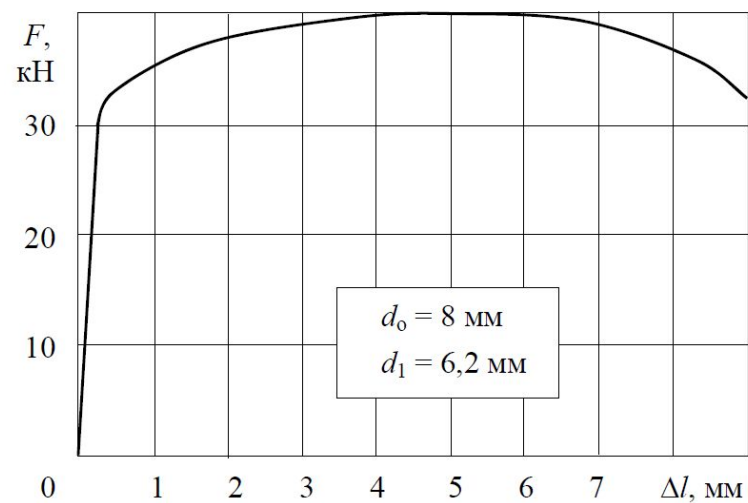
Вариант 4б

Сталь 20Х
(отжиг)



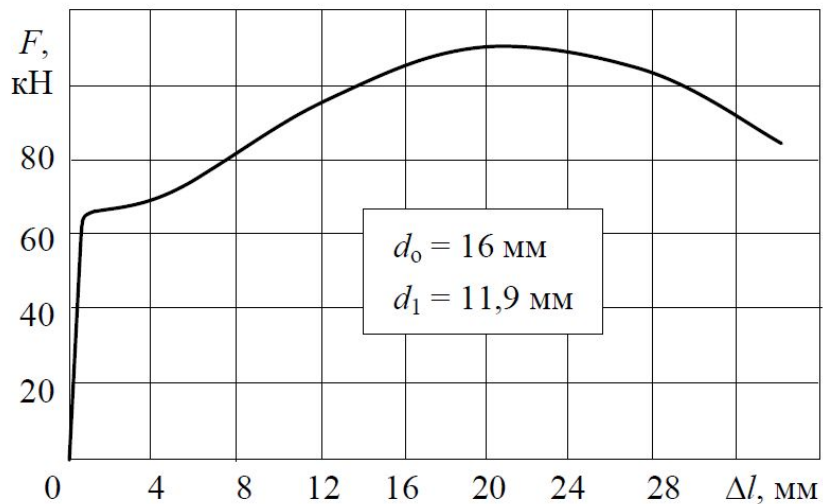
Вариант 5а

Сталь 20Х
(закалка, отпуск 180°C)



Вариант 5б

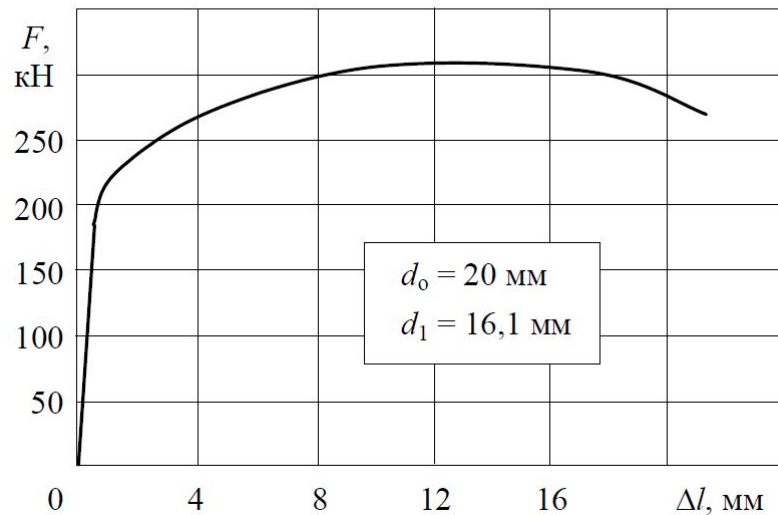
Сталь 35
(нормализация)



Вариант 6 а

Сталь 35

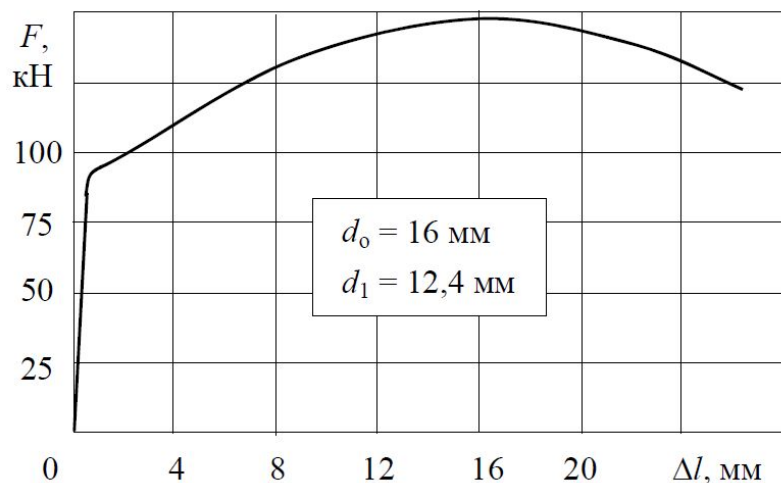
(закалка с охлаждением в воде)



Вариант 6 б

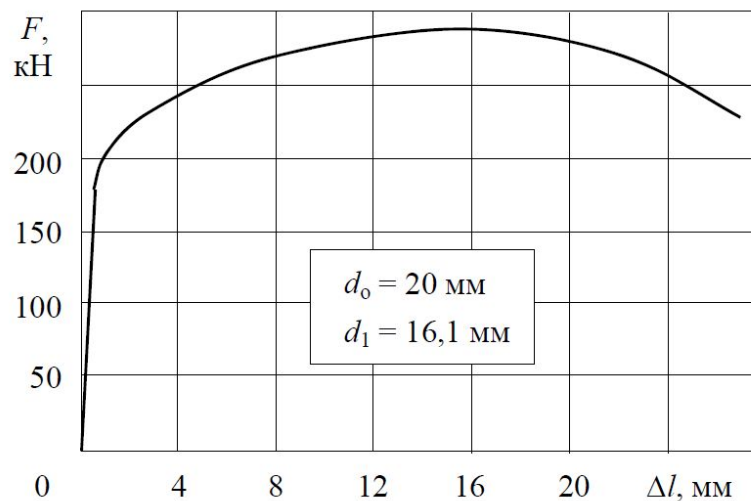
Сталь 45

Сталь 45
(закалка с нагревом т.в.ч.)



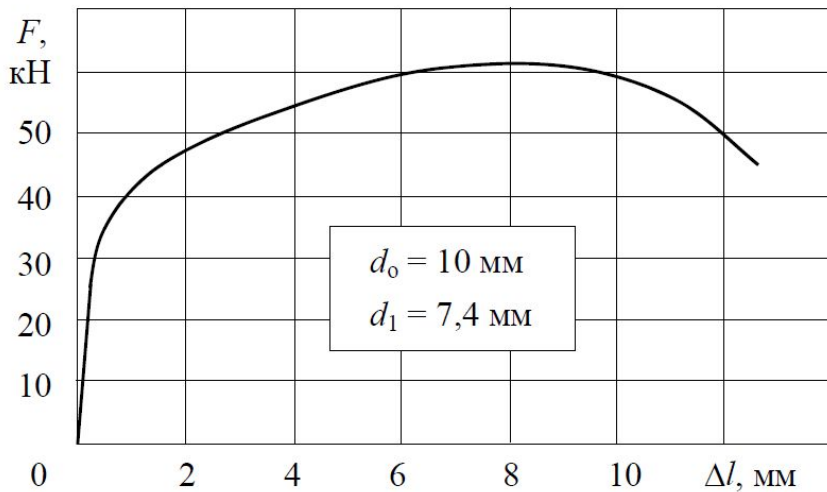
Вариант 7 а

(закалка с охлаждением в масле)



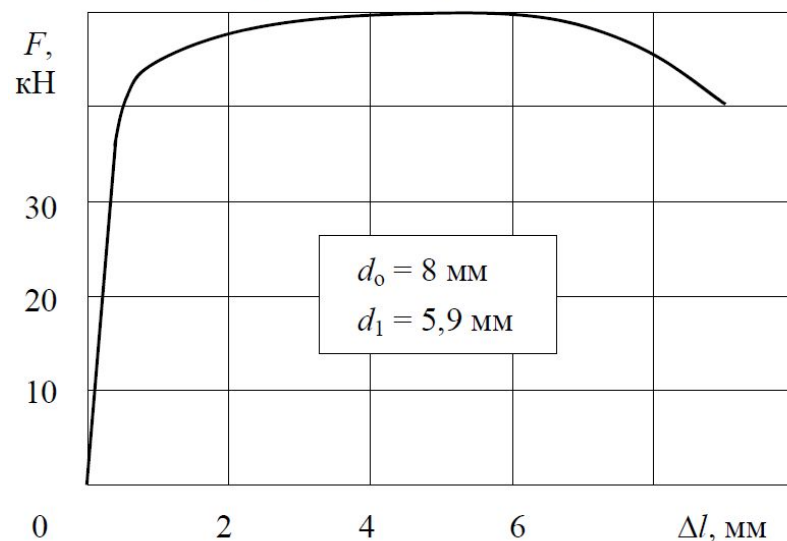
Вариант 7 б

Сталь 40ХН
(нормализация)



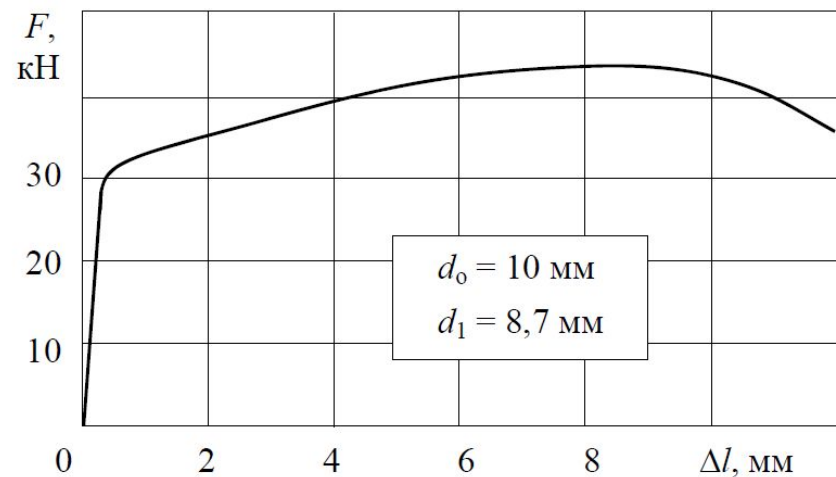
Вариант 7 а

Сталь 40ХН
(закалка, отпуск 550°C)



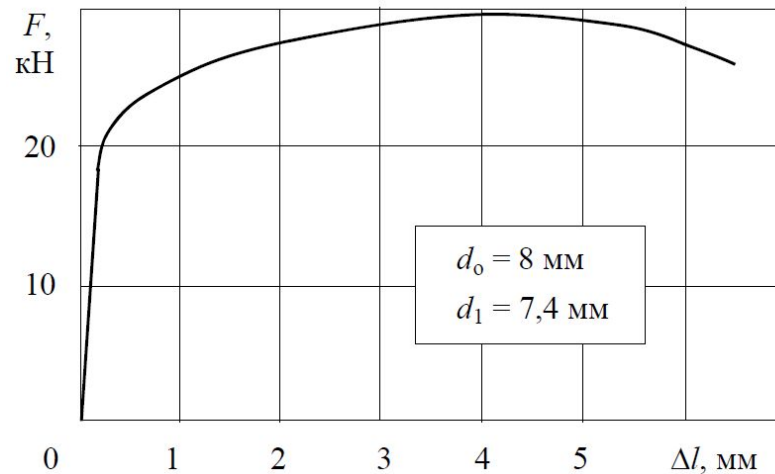
Вариант 7 б

Дюралюминий Д16
(закалка, естественное старение)



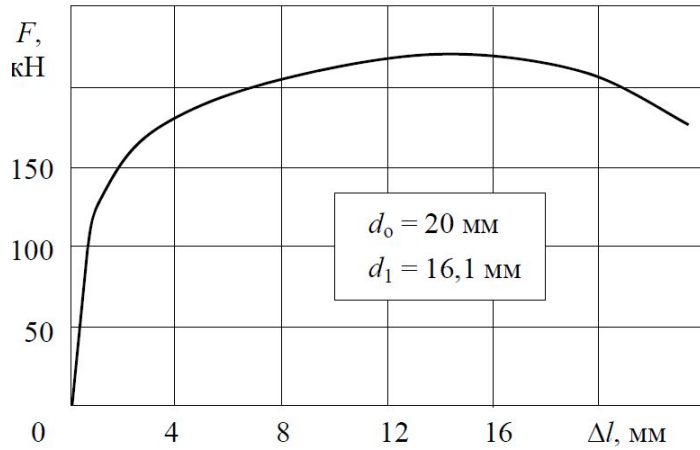
Вариант 8а

Высокопрочный алюминиевый сплав В95
(закалка, искусственное старение)



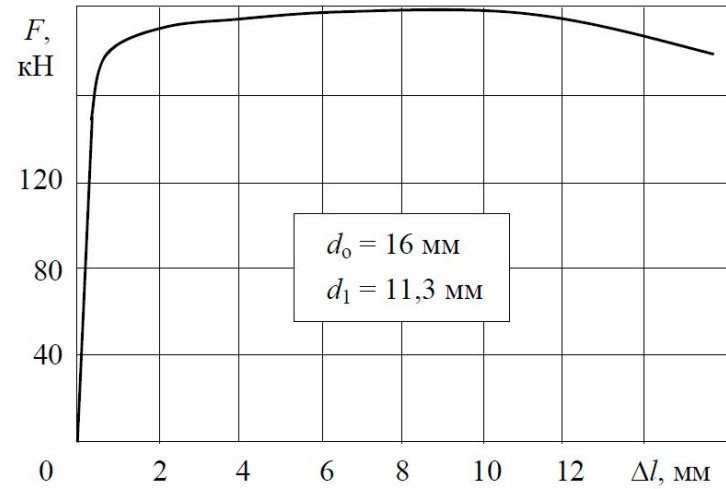
Вариант 8б

Сталь 18ХГТ
(нормализация)



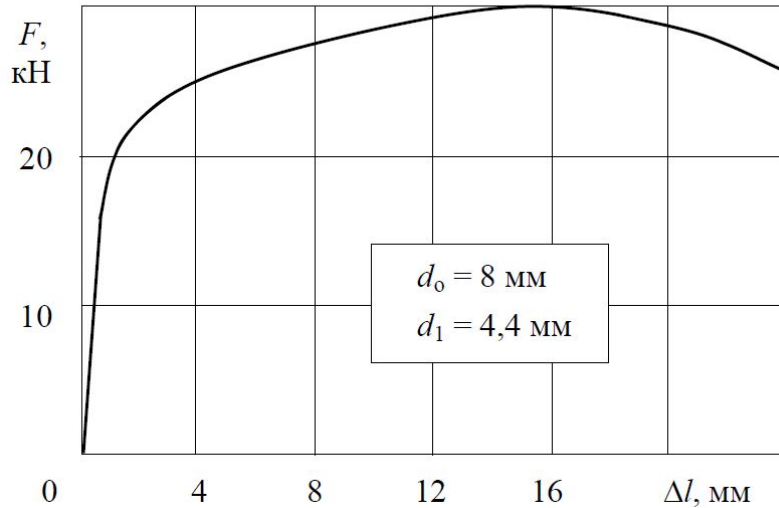
Вариант 9а

Сталь 18ХГТ
(закалка, отпуск 200°С)



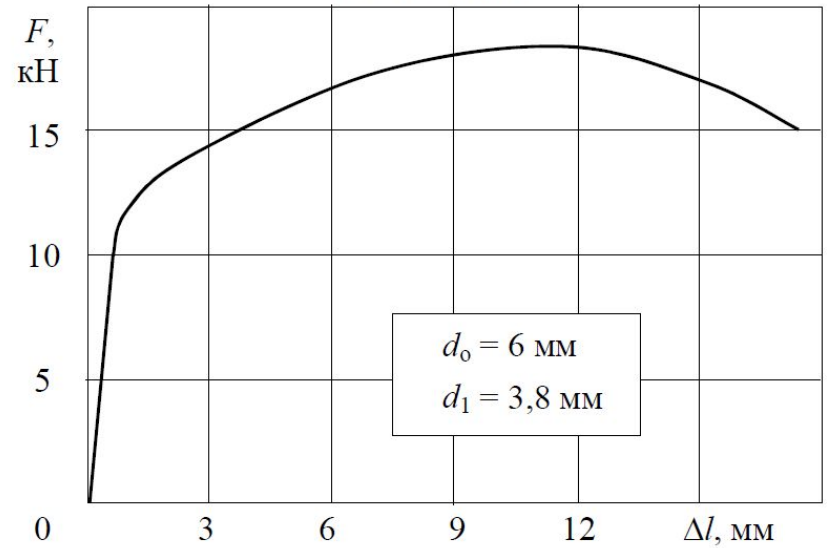
Вариант 9б

Сталь 08Х13 %С = 0,08



Вариант 10а

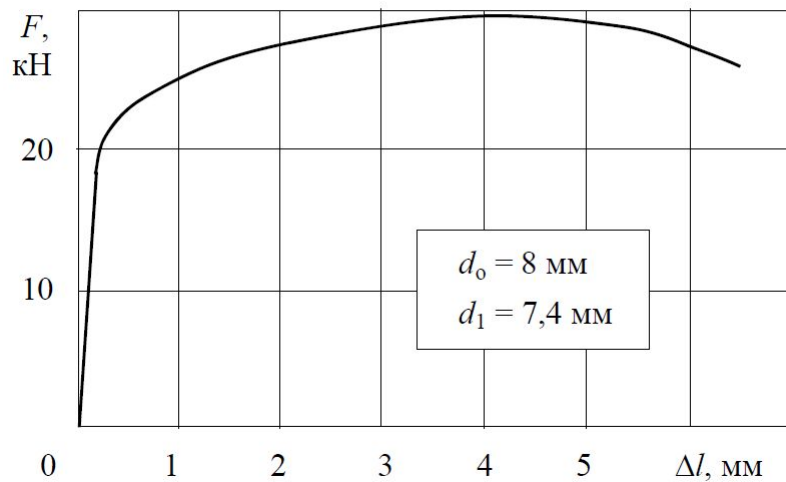
Сталь 1Х13 %С = 0,1



Вариант 10б

Высокопрочный алюминиевый сплав В95

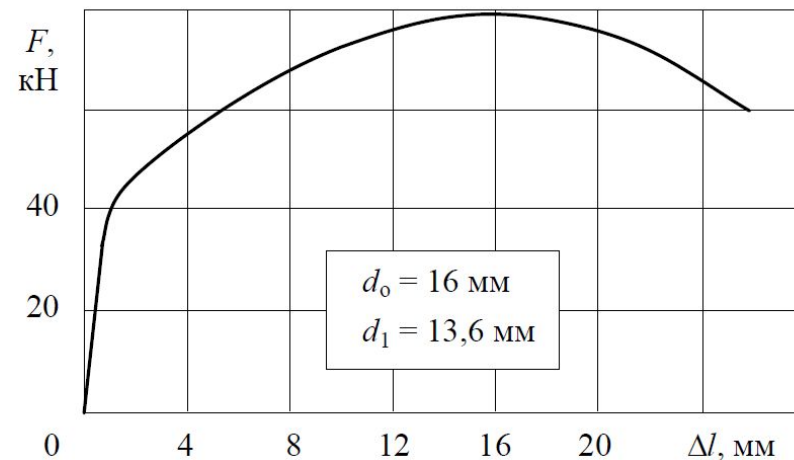
(закалка, искусственное старение)



Вариант 11а

Алюминиевый сплав АК4

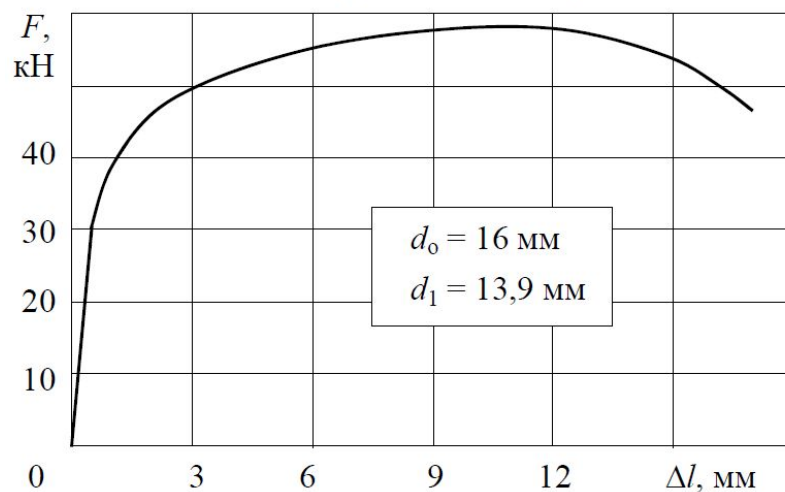
(закалка, искусственное старение)



Вариант 11б

Деформируемый магниевый сплав МА5

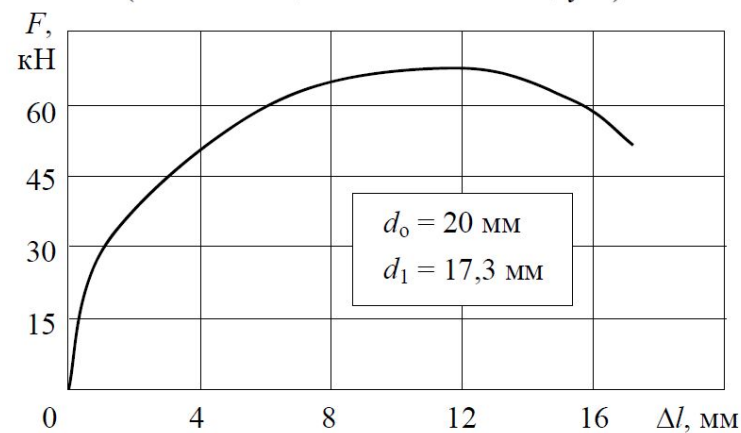
(закалка, искусственное старение)



Вариант 12а

Литейный магниевый сплав МЛ15

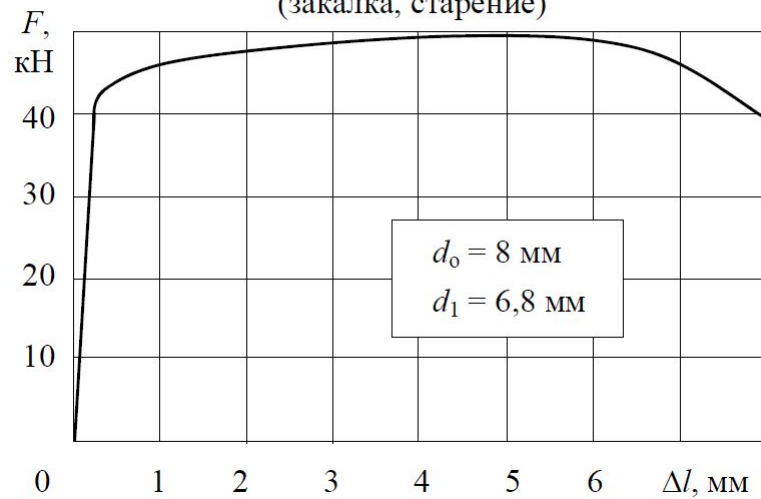
(гомогенизация и закалка на воздухе)



Вариант 12б

Титановый сплав ВТ6

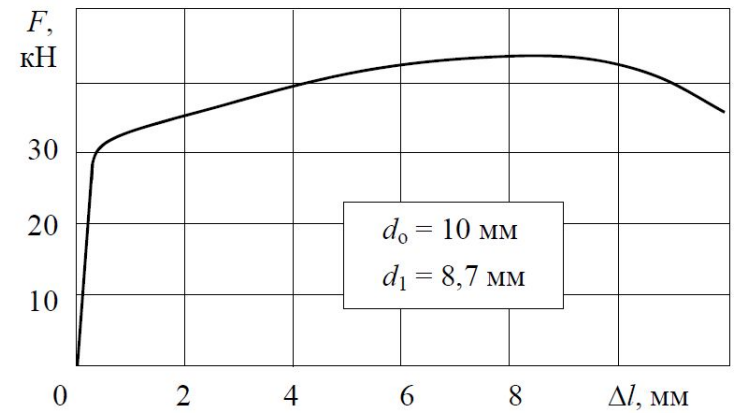
(закалка, старение)



Вариант 13а

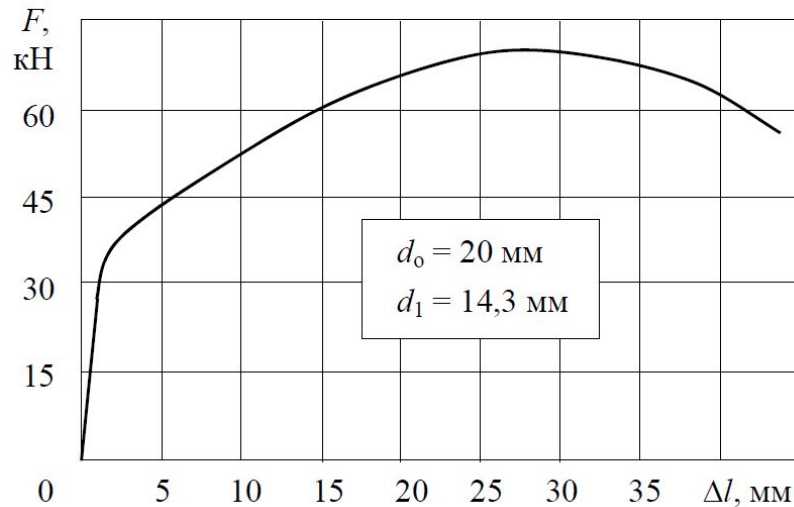
Дюралюминий Д16

(закалка, естественное старение)



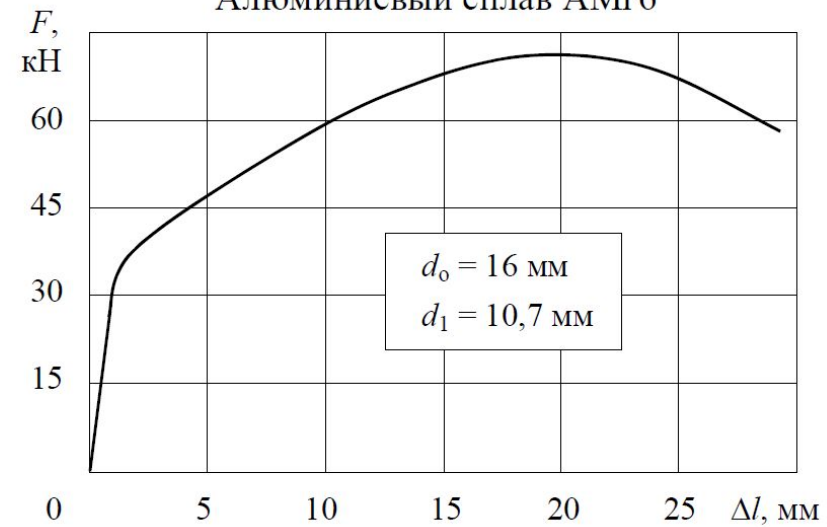
Вариант 13а

Алюминиевый сплав АМГ3



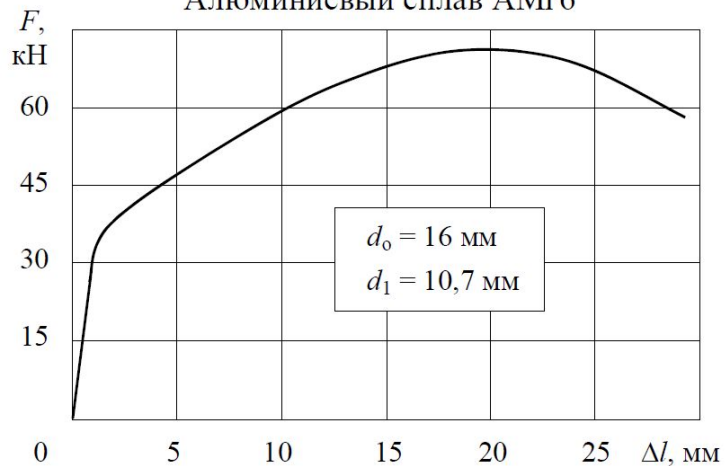
Вариант 14а

Алюминиевый сплав АМГ6

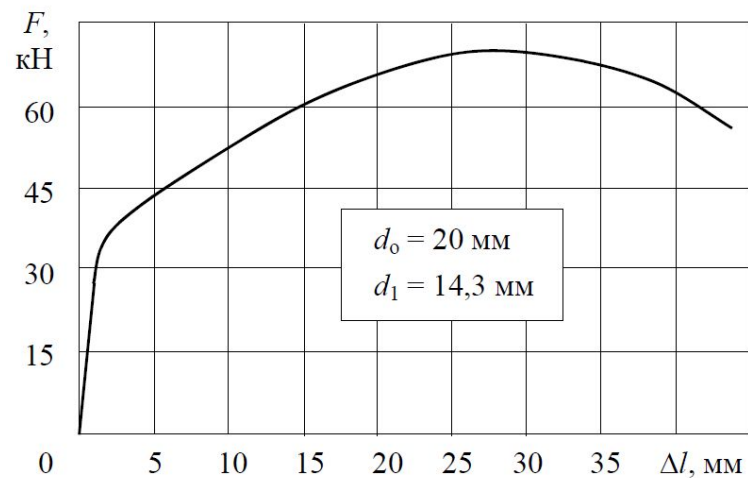


Вариант 14б

Алюминиевый сплав АМг6

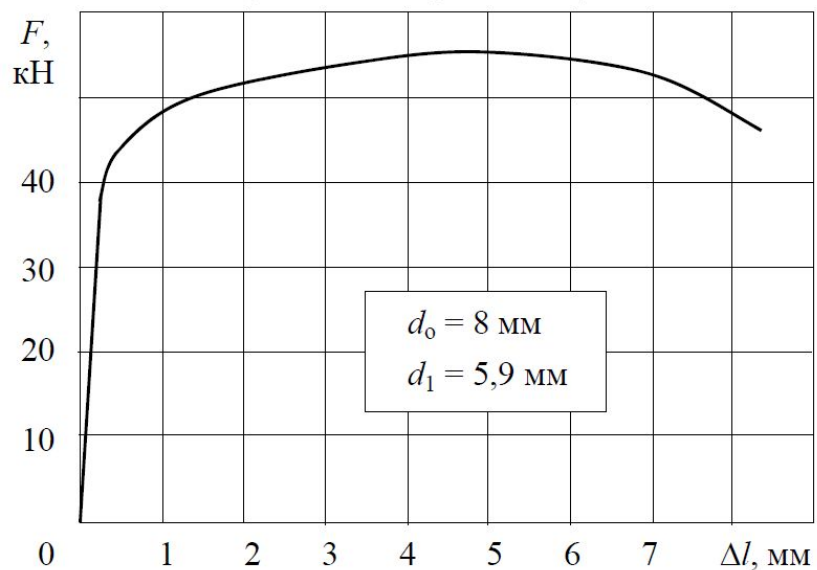


Алюминиевый сплав АМг3



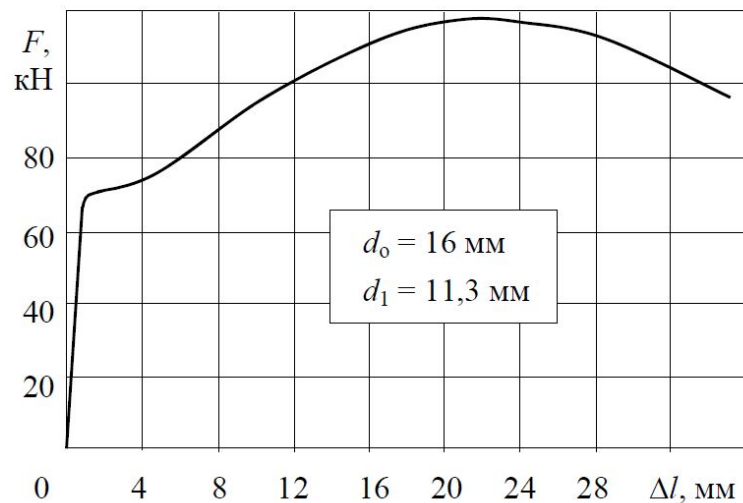
Вариант 14а

Сталь 30ХГСА
(закалка, отпуск 540°C)



Вариант 14б

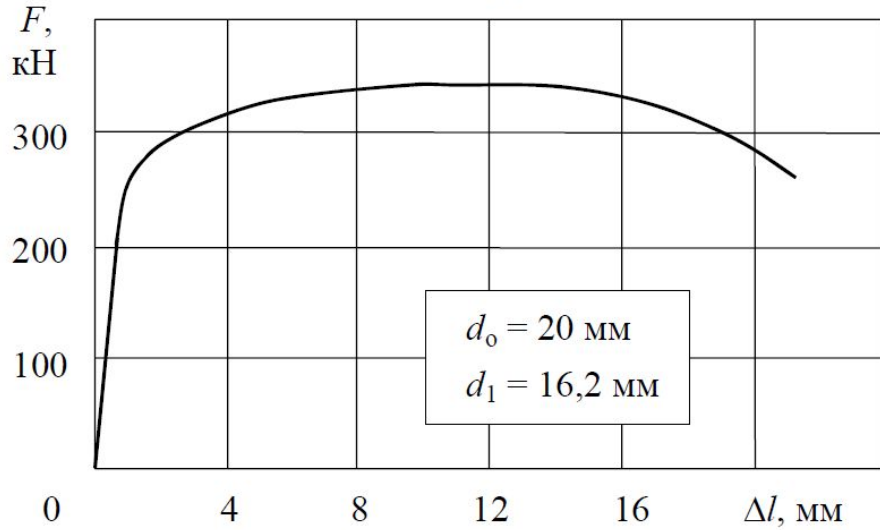
Сталь 30
(улучшение)



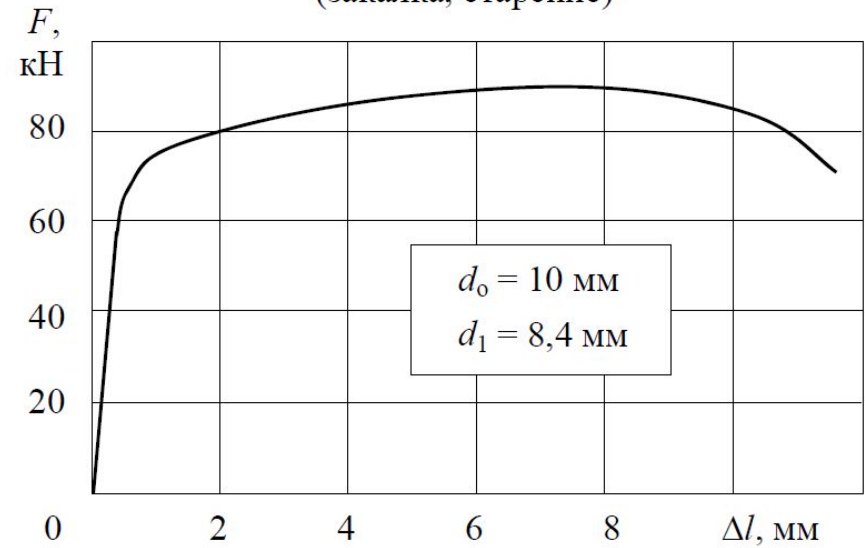
Вариант 15а

Вариант 15б

Титановый сплав ВТ14
(закалка, старение)

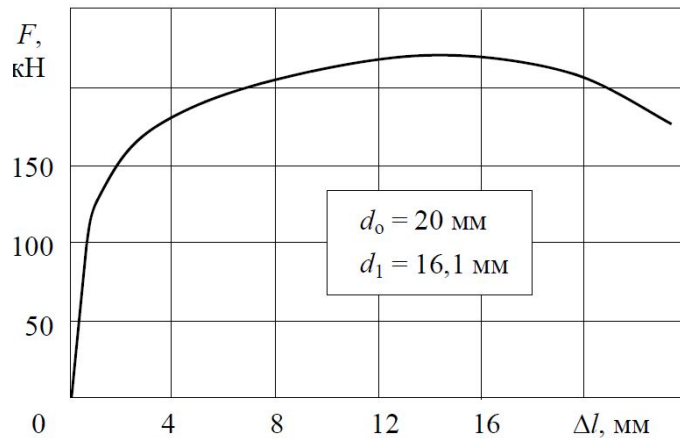


Титановый сплав ВТ3-1
(закалка, старение)



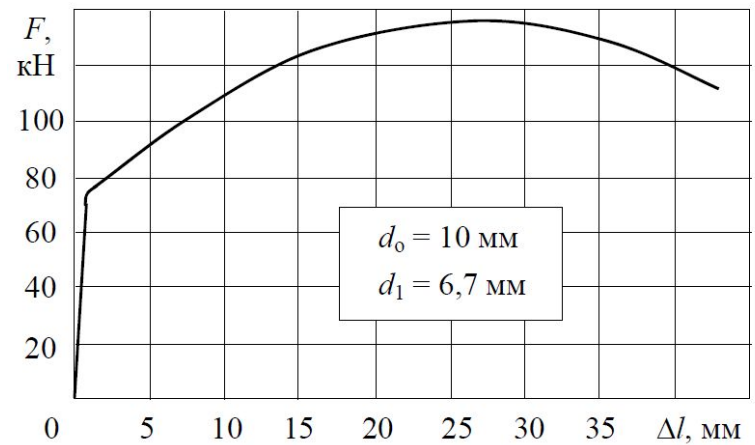
Вариант 15а

Сталь 18ХГТ
(нормализация)



Вариант 15б

Сталь 10Г2
(нормализация)



Вариант 16а

Вариант 16б