

Направление подготовки бакалавров  
«Строительство»

## Строительные материалы



Лихачев Владислав Александрович, к.х.н.,  
доцент



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Сплавы железа

- **Сталь** – сплав железо-углерод с концентрацией углерода от **0,02 – 2,14%**;  
(реально С до 1,3%)

Стали значительно лучше чугунов по механическим характеристикам

- **Чугун** - – сплав железо-углерод с концентрацией углерода **2,14% - 6,67%**;  
(Реально С до 4,6%)

Более дешевы и лучше литейные свойства



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Классификация сталей

*Существует несколько видов классификаций сталей:*

*По составу:*

- Углеродистые;
- Легированные.

*По структуре:*

- Перлитные;
- Мартенситные;
- Аустенитные;
- Ферритные.

*По назначению:*

- **Конструкционные**
- **Инструментальные**



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Конструкционные стали

## 1. Углеродистые стали:

### а) обычного качества

*Ст0, Ст1, ... Ст3сп, ... Ст6 .*

Старое обозначение: БСт3кп, ВСт2пс

А – стали, гарантированные по механическим свойствам;

Б – стали, гарантированные по химическим свойствам;

В – стали, гарантированные по механическим и химическим свойствам.

КП – кипящая;

ПС – полуспокойная;

СП – спокойная.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Конструкционные стали

### б) качественные стали

*Сталь05; сталь08кп; сталь10; сталь15сп; сталь20;...;  
сталь 60. где: 0,8, 10,... 60 –среднее содержание углерода  
в сотых долях процента*

в) автоматные стали. Стали для крепежа, получающегося при высоких скоростях резания

*A15, A20, A25, ...A40.* – легируются серой;

*AE15* – легируются селеном;

*AC15* – легируются свинцом;

*AЦ15* – легируются кальцием.

**За счет вредных компонентов  
менее прочны и выше по  
коррозионной активности**

г) литейные стали. Стали для изготовления деталей методом литья.

*15Л, 20Л, 25Л,... 45Л.*



# Конструкционные стали

## 2. Легированные стали

Легирование:

- **низкое** (суммарная концентрация легирующих компонентов до 2,5%); (до 5%)
- **среднее** (от 2,5 до 10%); (от 5%)
- **высокое** (свыше 10%).

а) качественные

*40X, 30XГС, 34ХН1М2Ф, 10ХСНД, 22Х2Г2АЮ.*

где: 40, 30, 34, 10 – среднее содержание углерода в сотых долях процента;

Х, Г, Н, М – обозначение легирующего компонента;

1, 2 – среднее содержание легирующего компонента



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Обозначение легирующих элементов в сталях

- По **первой** букве русского названия:

Обозначение легирующих компонентов:

**Х – Cr, Н – Ni, М – Mo, Т – Ti, В – W, К – Co, А – N,**

По **последующим** буквам русского названия:

**Д – Cu, Г – Mn, Ю – Al, Б – Nb, Е – Se, Р – В,**

Исключения:

**Ф – V, П – P, С – Si,**



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

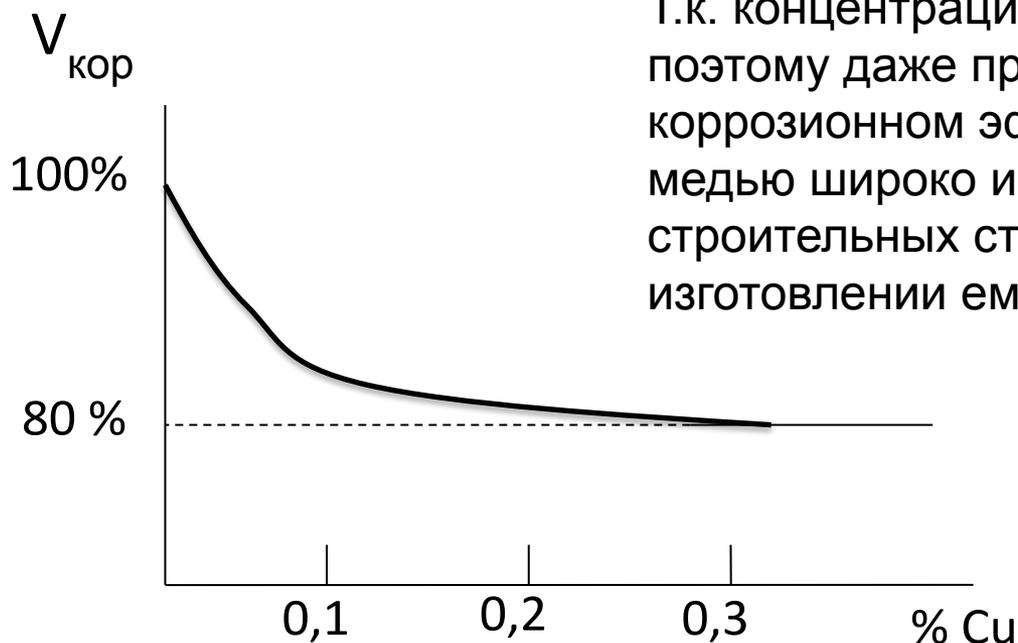
# Влияние низкого легирования на коррозионную стойкость сталей

- Низкое легирование с суммарной концентрацией легирующих элементов до 5% широко используется для улучшения **механических** характеристик сталей.
- Низкое легирование **мало** меняет **коррозионные характеристики сталей** в электролитах.
- Только **медь** в очень небольшом количестве (0,3%) повышает стойкость низколегированных сталей к атмосферной коррозии в условиях **открытой** атмосферы на 20%. Такое легирование широко используется в **строительных сталях**.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Влияние концентрации меди на скорость коррозии строительных сталей в условиях открытой атмосферы



Т.к. концентрация меди очень не высока, поэтому даже при небольшом коррозионном эффекте легирование медью широко используется в строительных сталях, вагоностроении, изготовлении емкостей и т.д.

Примеры сталей: **10ХСНД, 10Г2С1Д, 10ХДНП, 09Г2Д, 18Г2АФ(Д)**



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Конструкционные легированные стали

### б) высококачественные

*30ХГСА, 34ХН1М2ФА. С меньшим содержанием S и P.*

*Таким образом, буква А в маркировке сталей может встретиться в 3 положениях:*

- 1. В начале маркировки А15, АС12ХН, АЦ10ХНЗ, что означает, что сталь автоматная;*
- 2. В середине маркировки 30ХНАМ, что означает, что сталь азотированная, легированная азотом;*
- 3. В конце маркировки 35ХМА, 38Х2МЮА что означает, что сталь высококачественная.*



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Конструкционные легированные стали

## в) особо высококачественные

*30ХГС-Ш, 20ХМФ-ВД*

Вид переплава:

Ш – шлаковый; ВД – вакуумно-дуговой;

ПД – плазменно-дуговой;

ВИ – вакуумно-индукционный.

## г) шарикоподшипниковые

*ШХ4, ШХ15, где Ш – шарикоподшипниковая, Х  
легированная хромом, 4, 15 – содержание хрома в  
десятых долях процента.*



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Стали конструкционные особого назначения

### 3. Стали особого назначения

В сталях особого назначения используется **среднее и высокое легирование**, что позволяет менять, как механические, так и коррозионные характеристики сталей.

#### 3.1 Жаростойкие (окалиностойкие)

**Жаростойкость** – способность сталей сопротивляться химической коррозии при высоких температурах.

Достигается введением в сталь 3 легирующих компонентов:

Cr -**4-5 – 30%**, Al – 0-5%, Si – 0–4%

*Примеры:*

***15X5M, 40X9C2Ю, 12X13, 10X28.***



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Конструкционные стали особого назначения

## 3.2 Жаропрочные

Жаропрочность – способность сталей сохранять свои механические характеристики при высоких температурах.

Достигается дополнительным легированием сталей W, Mo, V, Co, Nb, В

***15X11МФ, 18X12ВМБФР.***

*Жаропрочные стали обязательно должны быть и жаростойкими, т.е. в своем составе содержать не менее 5% хрома.*



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Конструкционные стали особого назначения

### 3.3 Коррозионностойкие

Коррозионная стойкость – способность сталей сопротивляться электрохимической коррозии в электролитах.

*Достигается легированием стали **Cr, Ni, Mo, Cu***

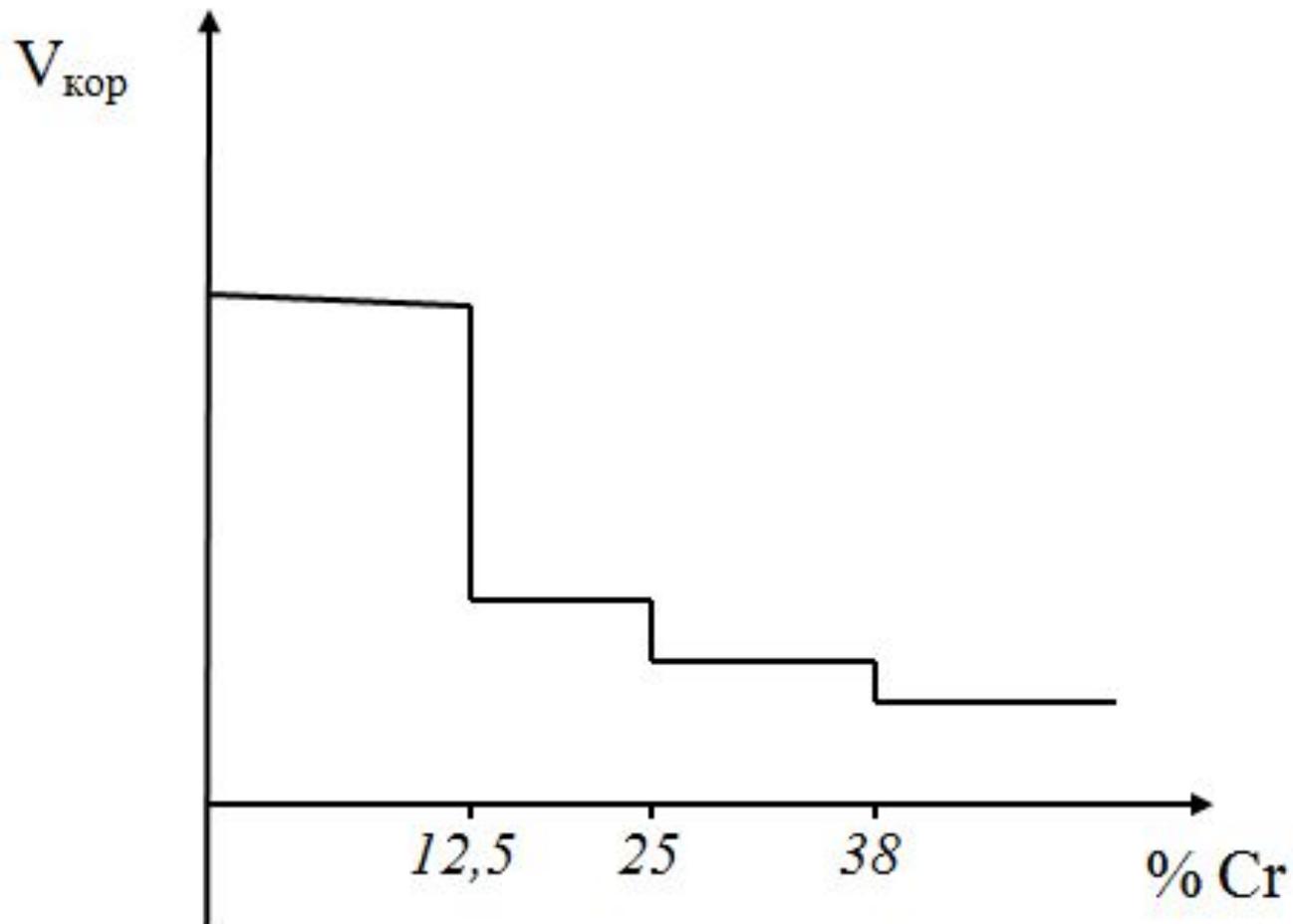
***Основной** легирующий элемент **Cr**, который вводится в сталь в соответствии с правилом **Таммана***

Правило Таммана: коррозионная стойкость сплавов с ростом содержания легирующего компонента меняется скачками. Скачки наблюдаются при достижении концентрации легирующего компонента  $n/8$  атомной доли, где  $n = 1, 2, \dots, 7$ .



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Правило Таммана для Cr в нержавеющей сталях





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Виды коррозионно-стойких сталей.

### **Хромистые**

*08X13, 10X13, 12X17, 20X13, 12X17*

**Хромникелевые** стали – самые распространённые коррозионностойкие стали.

*12X18H9T, 12X18H10T, 10X18Г8H2T.*

Cr : Ni = 18 : 9      Cr : Ni = 18 : 10

### **Хромникельмолибденомедные**

Mo, Cu – дополнительные легирующие компоненты, повышающие стойкость в хлоридах и кислотах. Ti – повышает стойкость к межкристаллитной коррозии.

*08X23H23M3Д3T. (08XH23MДT)*



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Арматурные стали

- Арматурный пруток может быть гладкий и с переменным профилем:



Кольцевой профиль



Серповидный профиль



Смешанный профиль



Арматура периодического профиля представляет собой круглые профили с двумя продольными и поперечными выступами.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Арматурные стали

- Арматура железобетона изготавливается по двум ГОСТам;
- **ГОСТ 5781-82** «Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций» Технические условия.
- **ГОСТ 10884-94** «Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций». Технические условия.
- Согласно **ГОСТ 5781-82** арматурная сталь различается по **классам**:
- А-I (А240); А-II (А300); Ас-II (Ас300); А-III (А400); А-IV (А600); А-V (А800); А-VI (А1000).
- Согласно **ГОСТ 10884-94** классы **упрочненной** арматурной стали следующие: Ат400С, Ат500С, Ат600, Ат600С, Ат600К, Ат800, Ат800К, Ат1000, Ат1000К и Ат1200.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Арматурные стали

- Чем **выше класс**, тем выше **прочность** арматурной стали, цифры в скобках определяют предел текучести ( $\sigma_{02}$ ) в **н/мм<sup>2</sup>**.
- Стержни арматурной стали класса:  
А-I - гладкие; А-II, А-III, А-IV, А-V, А-VI - периодического профиля.
- Примеры обозначения:  
**20-A-II ГОСТ 5781-82** - Арматурная сталь диаметром 20 мм, класса **A-II (A300)**.  
**20At800 ГОСТ 10884-94** - Арматурная сталь термически упрочненная диаметром 20 мм, класса прочности **At800**.  
**16At600K ГОСТ 10884-94** - То же, диаметром 16 мм, класса прочности **At600**, стойкая против коррозионного растрескивания



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Арматурные стали

Буквы в индексе стали обозначают:

"Т"- термически упрочненная арматурная сталь;

"В"- арматурная сталь, упрочненная вытяжкой.

«с» - специальная арматурная сталь. Ас-II (Ас300);

**С** – обозначение, которое обычно помещается после цифр класса показывает, что предложенную сталь можно варить электросваркой;

- **К** – обозначение указывающее на то, что выбранный вид арматуры имеет повышенную стойкость к коррозионному растрескиванию при дополнительных механических нагрузках.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Характеристики горячекатаной арматурной стали и состав.

Класс арматурно й стали	Предел текучести $\sigma_{0.2}$		Временное сопротивлени е разрыву $\sigma_{\delta}$		Относительно е удлинение $\delta$	Марка стали
	Н/мм <sup>2</sup>	кгс/мм <sup>2</sup>	Н/мм <sup>2</sup>	кгс/мм <sup>2</sup>		
<b>A-I (A240)</b>	235	24	373	38	25	<b>Ст3кп (пс, сп)</b>
<b>A-II (A300)</b>	295	30	490	50	19	<b>Ст5сп (пс) , 18Г2С</b>
<b>Ac-II (Ac300)</b>	295	30	441	45	25	<b>10ГТ</b>
<b>A-III (A400)</b>	390	40	590	60	14	<b>35ГС, 25Г2С, 32Г2Рпс</b>
<b>A-IV (A600)</b>	590	60	883	90	6	<b>80С, 20ХГ2С</b>
<b>A-V (A800)</b>	785	80	1030	105	7	<b>23Х2Г2Т</b>
<b>A-VI (A1000)</b>	980	100	1230	125	6	<b>22Х2Г2АЮ, 22Х2Г2Р, 20Х2Г2</b>



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Характеристики термомеханически упрочненной арматурной стали и ее состав

Класс арматурной стали	Обозначение по ранее действовавшей НТД	Номинальный размер	Марка стали
Ат400С	-	6 - 40	Ст3сп, Ст3пс
Ат500С	-	6 - 40	Ст5сп, Ст5пс
Ат600	Ат-IV		20ГС
Ат600С	Ат-IVС	10 - 40	25Г2С, 35ГС, 28С, 27ГС
Ат600К	Ат-IVК		10ГС2, 08Г2С, 25С2Р
Ат800	Ат-V	10 - 32	20ГС, 20ГС2, 08Г2С, 10ГС2, 28С, 25Г2С, 22С
Ат800К	Ат-VК	18 - 32	35ГС, 25С2Р, 20ГС2
Ат100	Ат-VI	18 - 32	35ГС, 25С2Р
Ат100К	Ат-VIK	10 - 32	20ГС, 20ГС2, 25С2Р
Ат1200	Ат-VII	10 - 32	20ХГС2
			30ХС2



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Арматурные стали

Для каждого класса **термомеханически** упрочненной арматуры установлены определенная маркировка сталей краской: Ат400С - белой;

Ат500С - белой и синей;

Ат600 - желтой;

Ат600С - желтой и белой;

Ат600К - желтой и красной;

Ат800 - зеленой;

Ат800К - зеленой и красной;

Ат1000 - синей;

Ат1000К - синей и красной;

Ат1200 - черной.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Современная арматура

Кроме обычной стальной арматуры упрочнение бетона может быть осуществлено современной композитной арматурой

- АСК – стеклокомпозитный тип.
- АУК – углекомпозитный.
- АКК – композитный комбинированный.
- АБК – базальтокомпозитный.
- ААК – арамидокомпозитный



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Строительный прокат

**В строительстве широко используется строительный прокат:**

**Лист;**

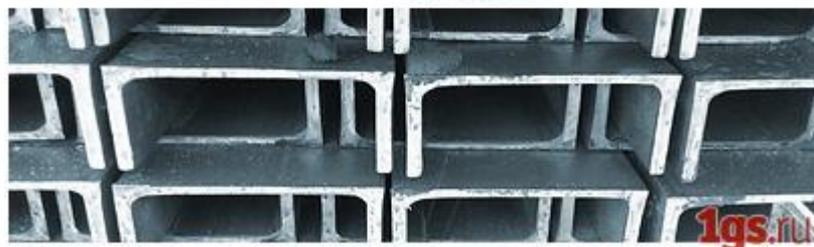
**Уголок;**

**Швеллер;**

**Стержень;**

**Труба**

**Квадрат;**





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Строительные стали

- Строительный прокат маркируется специфично.
- Фасонный прокат (уголки, швеллера, двутавр) изготавливают из стали [C235](#), [C245](#), [C255](#), [C275](#), [C285](#), [C345](#), [C345K](#), [C375](#),
- Листовой универсальный прокат и гнутые профили - из стали [C235](#), [C245](#), [C255](#), [C275](#), [C285](#), [C345](#), [C345K](#), [C375](#), [C390](#), [C390K](#), [C440](#), [C590](#), [C590K](#).
- Примечание. Буква С означает - сталь **строительная**, цифры условно обозначают **предел текучести ( $\sigma_T, \sigma_{02}$ )** проката, в н/мм<sup>2</sup>
- буква К - вариант химического состава.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Строительные стали

- Марки конструкционных сталей для строительного проката приведены в таблице.
- Чем прочнее сталь, тем больше в ней легирующих элементов.

Наименование стали	Марки по действующим стандартам Марка стали	Обозначение стандарта
<a href="#">С235</a> <a href="#">С245</a>	<a href="#">Ст3кп2</a>	<a href="#">ГОСТ 380-94, ГОСТ 535-88</a>
	<a href="#">Ст3пс5</a>	<a href="#">ГОСТ 380-94, ГОСТ 535-88</a>
	<a href="#">Ст3сп5</a>	<a href="#">ГОСТ 380-94, ГОСТ 535-88</a>
<a href="#">С255</a>	<a href="#">Ст3Гпс, Ст3Гсп</a>	<a href="#">ГОСТ 380-94</a>
<a href="#">С275</a>	<a href="#">Ст3пс</a>	<a href="#">ГОСТ 380-94</a>
<a href="#">С285</a>	<a href="#">Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп</a>	<a href="#">ГОСТ 380-94</a>
<a href="#">С345</a>	<a href="#">12Г2С</a>	-
	<a href="#">09Г2С</a>	<a href="#">ГОСТ 19282-73</a>
<a href="#">С345Д</a>	<a href="#">12Г2СД</a>	-
	<a href="#">09Г2СД</a>	-
<a href="#">С345К</a>	<a href="#">10ХНДП</a>	<a href="#">ГОСТ 19282-73</a>
<a href="#">С375</a>	<a href="#">12Г2С</a>	-
<a href="#">С375Д</a>	<a href="#">12Г2СД</a>	-
<a href="#">С390</a>	<a href="#">14Г2АФ</a>	<a href="#">ГОСТ 19282-73</a>
<a href="#">С390Д</a>	<a href="#">14Г2АФД</a>	<a href="#">ГОСТ 19282-73</a>
<a href="#">С390К</a>	<a href="#">15Г2АФДпс</a>	<a href="#">ГОСТ 19282-73</a>
<a href="#">С440</a>	<a href="#">16Г2АФ</a>	<a href="#">ГОСТ 19282-73</a>
<a href="#">С440Д</a>	<a href="#">16Г2АФД</a>	<a href="#">ГОСТ 19282-73</a>
<a href="#">С500</a>	<a href="#">12Г2СМФ</a>	



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Инструментальные стали.

Стали для изготовления инструмента, режущего, мерительного, штампов. Основное требование высокая твердость и износостойкость.

## 1. Углеродистые

*У7, У8, ... У13.*

*где 7,8,13 – среднее содержание углерода в десятых долях процента.*

*У9А, У10А – высококачественные.*

## 2. Легированные

*Х, 9Х, 6ХВГ, 9ХС, 7ХГ2ВМ, 4Х2В5МФ.*

Если перед обозначением стали нет цифры, то содержание углерода в ней 1 %



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Инструментальные быстрорежущие стали

### 3. Быстрорежущие стали. ГОСТ 19265-73

*P18, P6M3, P9K5, P6M5K5.*

где, P- быстрорежущая;

Быстрорежущие стали используются для изготовления инструмента (фрез, сверл, метчиков) для резания с большой скоростью, они должны обладать способностью сохранять высокую твердость, прочность и износостойкость при повышенных температурах.

В большинстве быстрорежущих сталей содержание углерода одинаково и составляет **0,8-0,9 %** и в маркировке стали не показывается, если содержание углерода иное, например, 1,1%, то 11P3AM3Ф2



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Инструментальные быстрорежущие стали

В процессе работы быстрорежущие стали нагреваются, поэтому должны быть **жаропрочными**, цифра после буквы **P** обозначает процентное содержание основного упрочняющего элемента жаропрочного легирования **W**.

- Для повышения жаропрочности быстрорежущие стали дополнительно часто легируются молибденом (**M**), кобальтом (**K**), ванадием (**Φ**)



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Инструментальные быстрорежущие стали

В процессе работы быстрорежущие стали нагреваются и следовательно должны быть еще и **жаростойкими**.

**Жаростойкость** обеспечивается введением в быстрорежущие стали **Cr**, который в них вводится всегда в одной и той же концентрации **4-5%**, обеспечивает жаростойкость до  $600^{\circ}\text{C}$  и в маркировке стали, также как и углерод не показывается.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Примеры классификации сталей

- **05кп** – конструкционная, углеродистая, качественная, кипящая, содержит 0,05% углерода, особых коррозионных свойств не имеет (ОКСН).
- **30ХГСА** – конструкционная, легированная, высококачественная, содержит: С .....0,3%,  
Cr, Mn, Si.....< 1%,  
особых коррозионных свойств не имеет (ОКСН).
- **10ХНДП** – конструкционная, легированная, содержит 0,1% С, Cr, Ni, Cu, P < 1%, за счет меди (Д) имеет повышенную стойкость в условиях открытой атмосферы.
- **12Х18Н9Т** – конструкционная легированная сталь, особого назначения, содержит: 0,12 % С, 18% Cr, 9% Ni, Ti < 1%, жаростойкая и коррозионностойкая.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Примеры классификации сталей

- **У9А** – инструментальная углеродистая сталь, высококачественная, содержит: 0,9%С, ОКСН.
- **4Х3ВМФ** – инструментальная легированная сталь, содержит: 0,4%С, 3%Cr, <1% W, Mo, V, ОКСН.
- **Р6М5** – инструментальная, быстрорежущая, содержит: 0,8-0,9% С, 6%W, 5% Mo, 5% Cr, жаростойкая, жаропрочная.
- **20-А-П (А300)**- арматурная горячекатанная сталь диаметром 20 мм класса **А-П**, с пределом текучести 300 Н/мм<sup>2</sup>
- **16Ат600К** – Арматурная термически упрочненная сталь, диаметром 16 мм, с пределом текучести **600** Н/мм<sup>2</sup> , стойкая против коррозионного растрескивания.