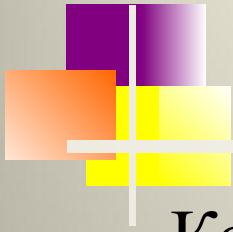




МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ

частина 1



Короткий історичний огляд розвитку металевих конструкцій



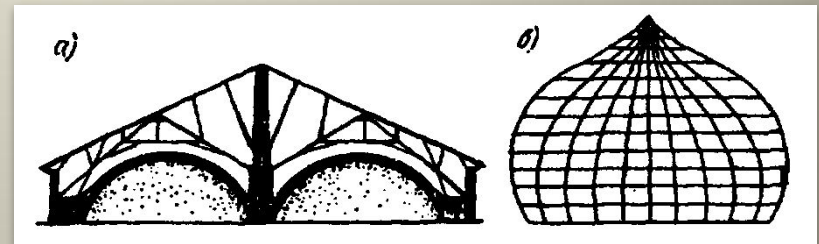
Бруски з кованого заліза (до кінця **18** ст.)

Застосування металевих конструкцій у будівництві завжди визначалося рівнем розвитку металургії та металообробки.

Найпростіші конструкції з заліза були відомі ще в глибоку давнину.

До кінця 18 століття в будівництві застосовувалися ковані бруски з кричного заліза, з'єднані на замках і скріплені горновий зварюванням. Спочатку їх використовували тільки як затяжок кам'яних склепінь, а з 17 століття - також як наслонних кроків і елементів каркасів куполів.

У Росії залізні затяжки куполів використовувалися з 12 -го століття (Успенський собор у Володимирі, 1158).



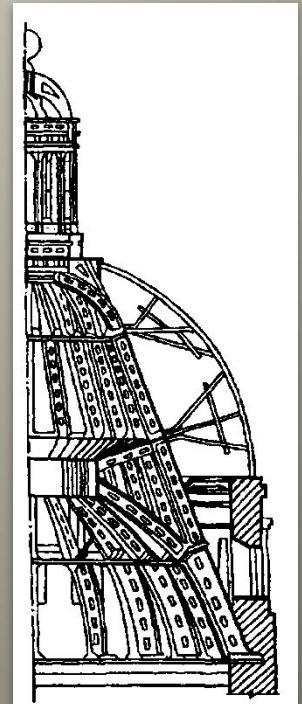
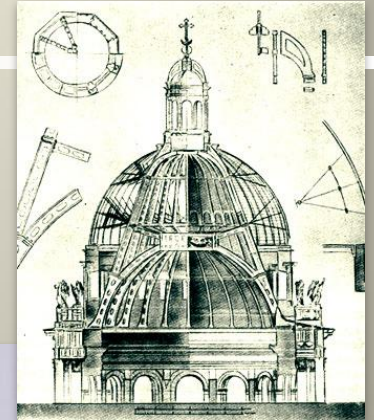
Чавунні конструкції (18 - 19 століття)

На початку 18 століття був освоєний процес чавунного лиття. З цього моменту і до кінця 19 століття чавун застосовувався для будівництва мостів і конструкцій перекриттів.

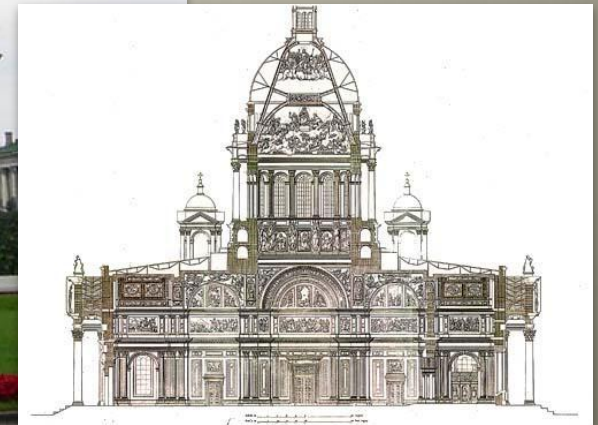
Купол Ісаакіївського собору в Петербурзі (40-ті роки 19 ст.) зібраний з чавунних косяків.

Перекриття Зимового палацу (1837 р.) виконано у вигляді трикутних залізчавунних ферм прольотом 12,9 м.

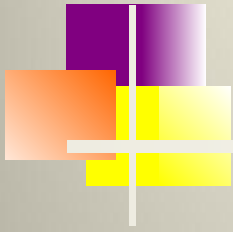
Миколаївський міст в Петербурзі з вісьмома арочними прольотами від 33 до 47 м (50-ті роки 19 ст.) є найбільшим чавунним мостом світу.



Купол Ісаакіївського собору (40-ті р. 19 століття)



Розвиток промислового виробництва сталі, зародження науки про металоконструкції (**19-те** століття)



У 1784 р. Г. Кортон (Англія) було запропоновано замінити крічний процес отримання заліза більш досконалим – пудлінговання.

У 30 -х роках 19 століття з'являються заклепочні з'єднання.

У другій половині 19 століття були розроблені основні способи промислового виробництва литої сталі : бесемерівський , (1856), мартенівський (1864), томасовський (1878).

З їх впровадженням отримало розвиток виробництво листових , уголкових і двотаврових прокатних профілів.

У цей період виникає наука про металевих конструкціях.

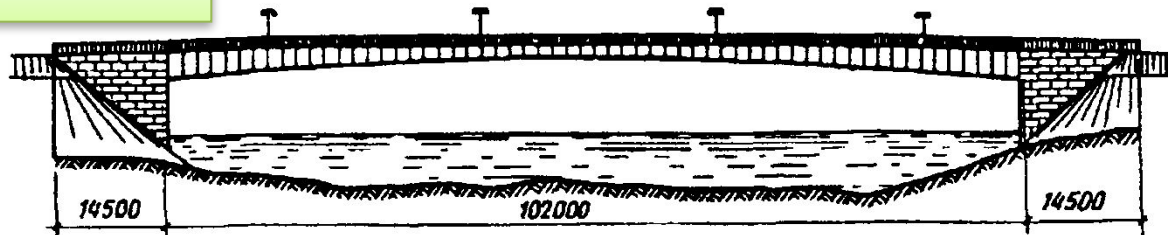
Сталь поступово витісняє чавун з будівельних конструкцій.

У 1889 р. для Всесвітньої виставки в Парижі зводиться Ейфелева вежа висотою 300 м

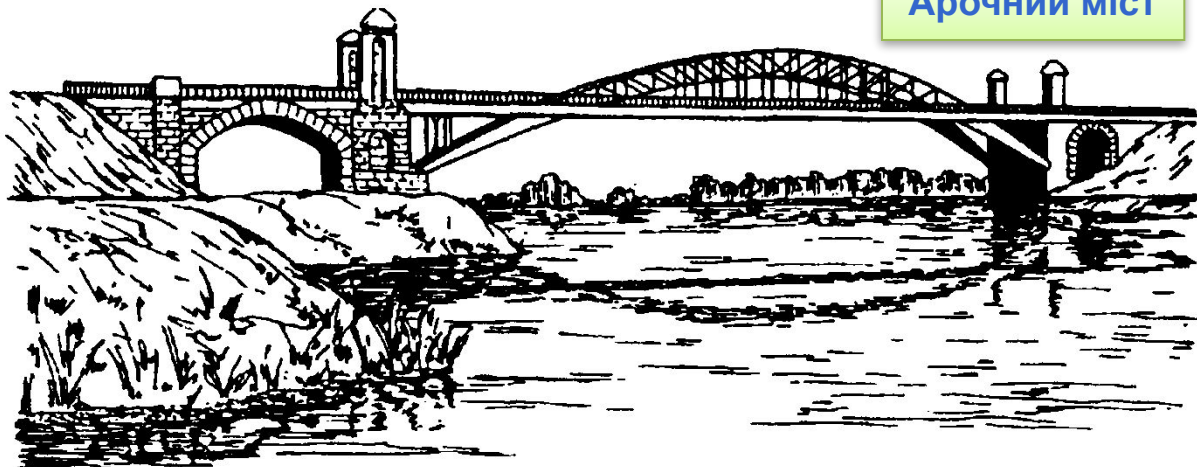


Розвиток мостобудування

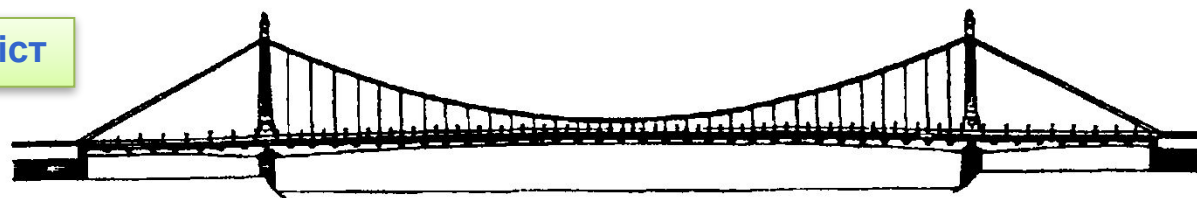
Балковий міст



Арочний міст



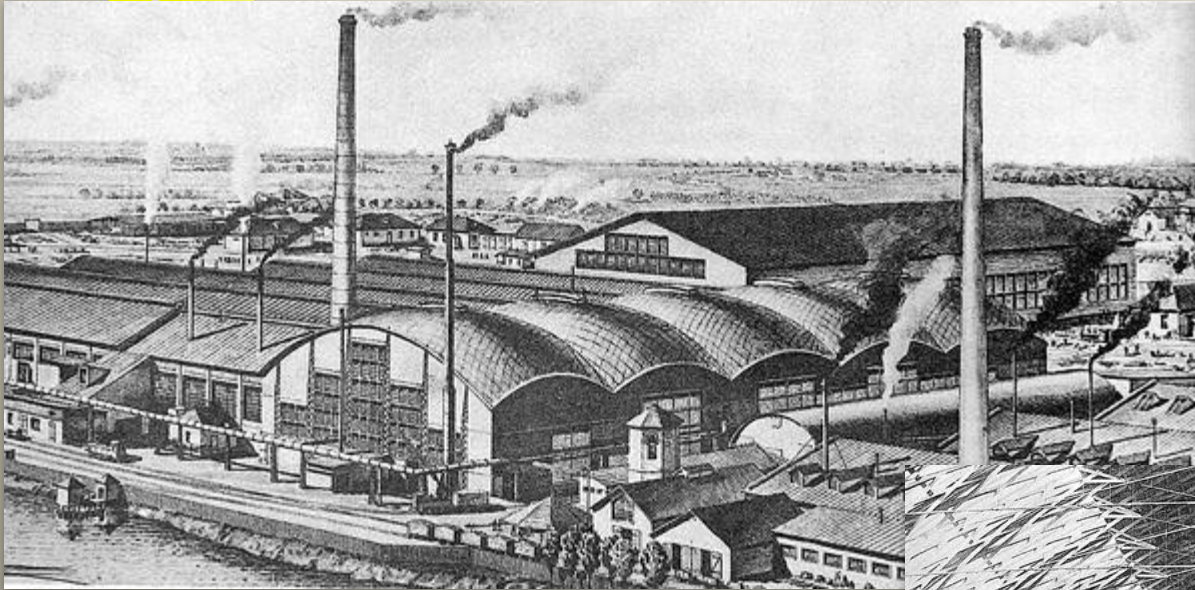
Висячий міст



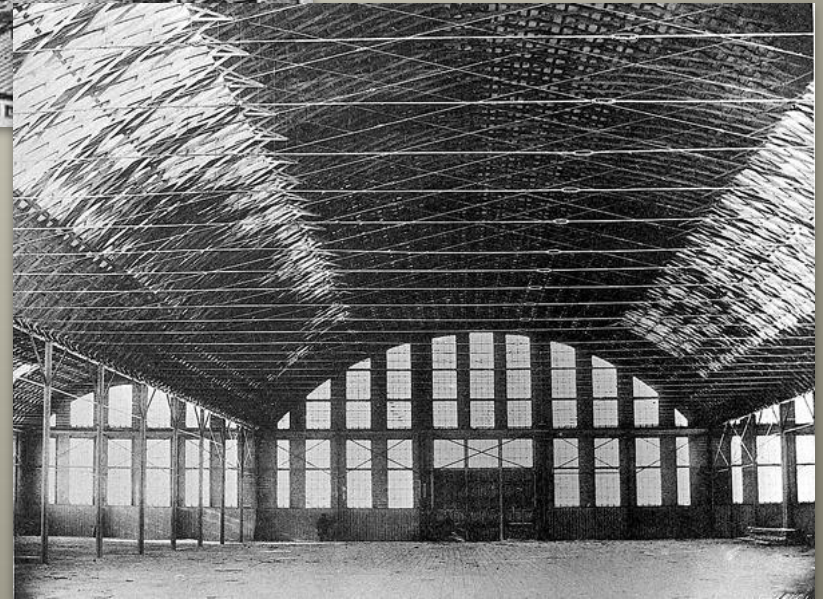
У зв'язку із зростанням залізниць інтенсивно розвивається металеве мостобудування. Розроблені в мостобудуванні принципи проектування переносяться на промислові і цивільні об'єкти.



Проекти В.Г. Шухова (1853-1939)

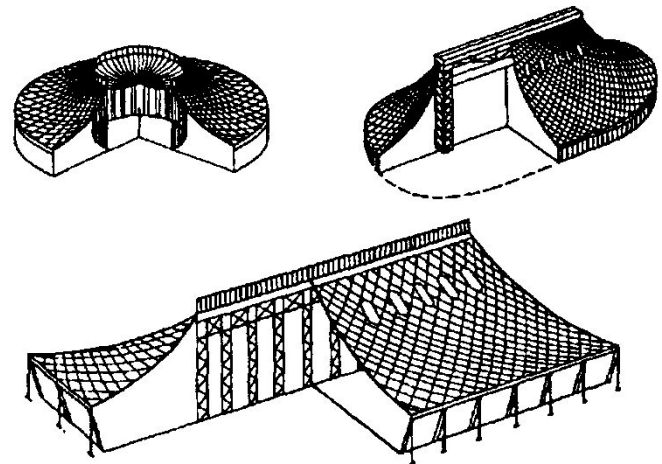
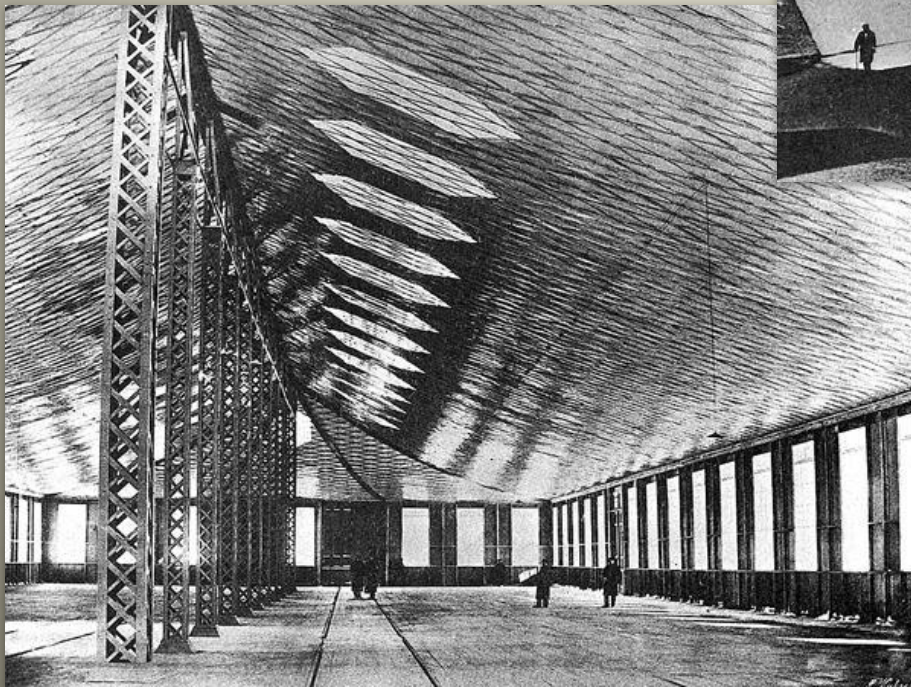


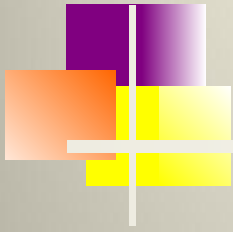
Покриття заводу в м. Вика - перша просторова конструкція (сітчаста оболонка).



Проекти В.Г. Шухова (1853-1939)

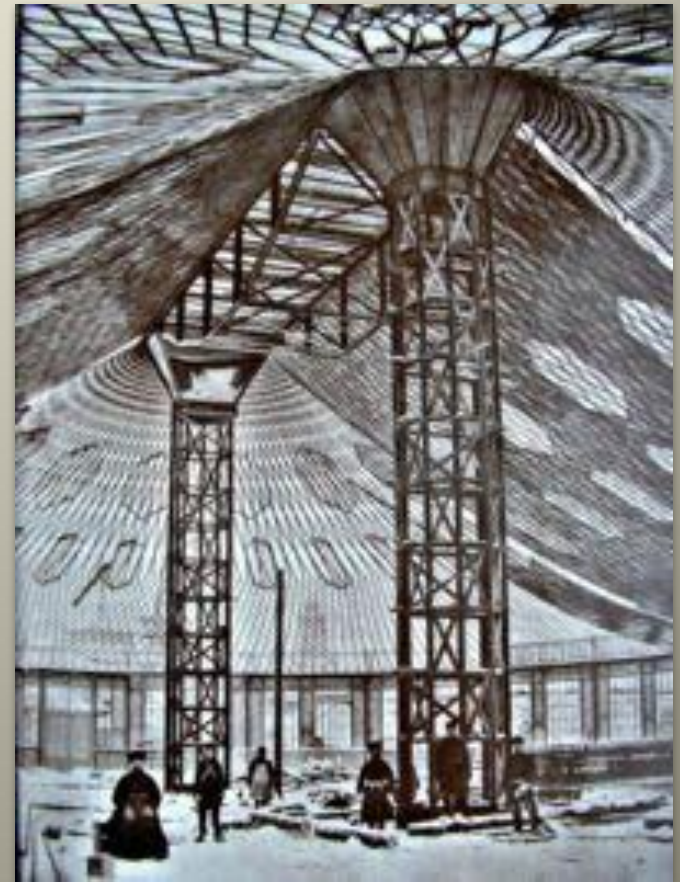
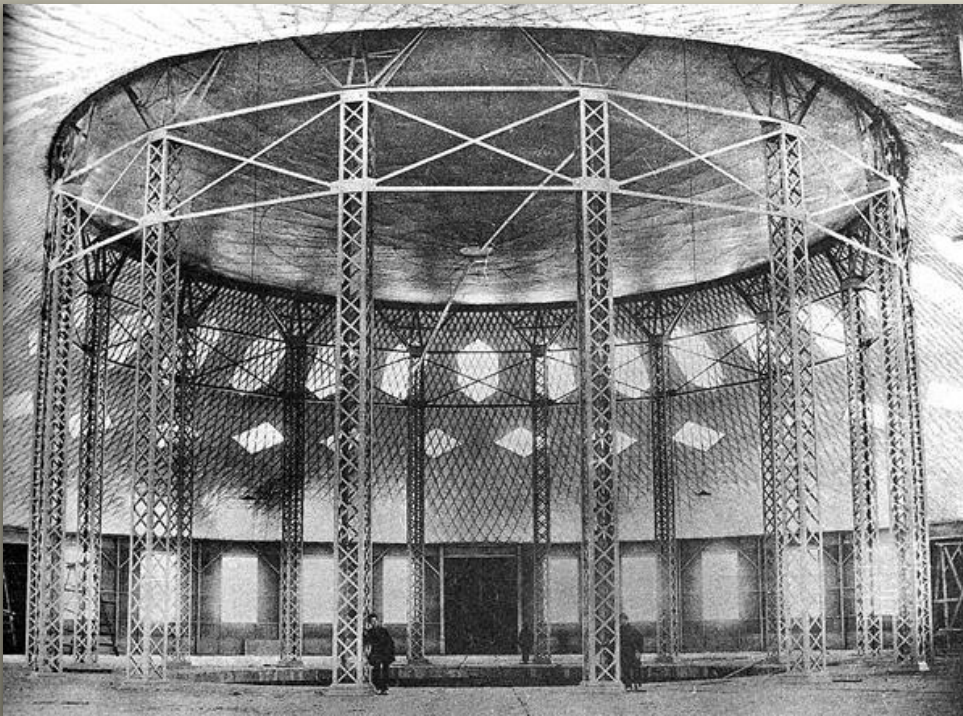
Перші висячі сітчасті покриття були представлені на Всеросійській промисловій виставці (Нижній Новгород, 1896 р.)





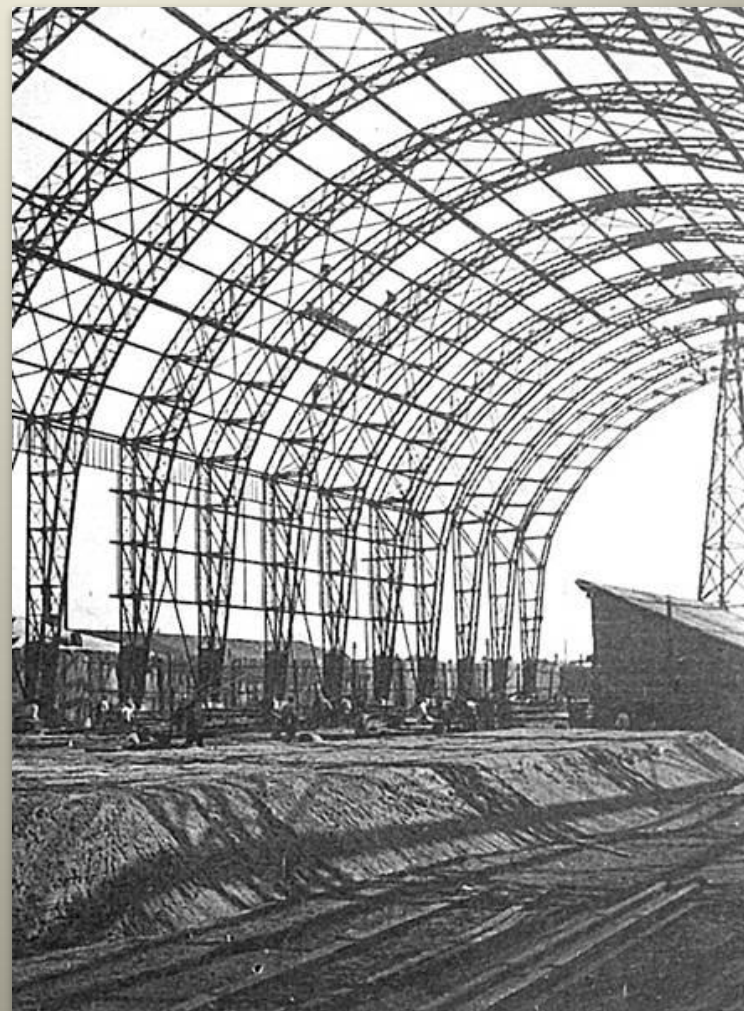
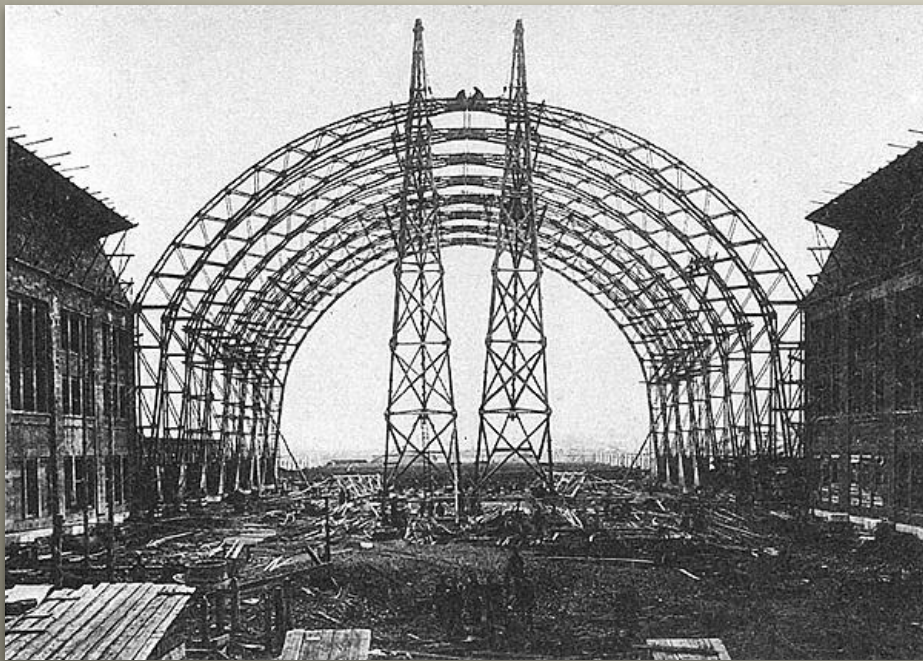
Проекти В.Г. Шухова (1853-1939)

Висячі сітчасті покриття на
Нижньоміській виставці (1896 р.)



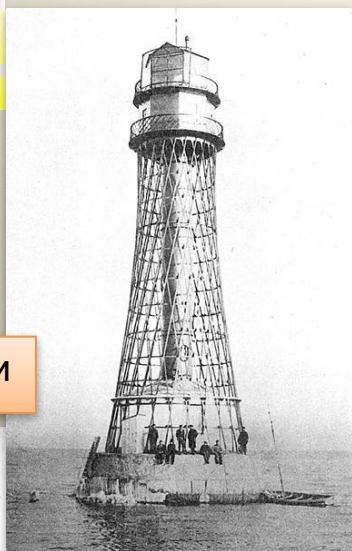
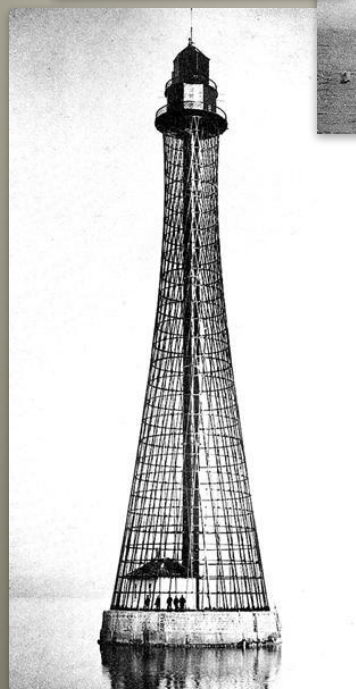
Проекти В.Г. Шухова (1853-1939)

У 1914 р. за проектом В.Г. Шухова була побудована рамно-арочна конструкція дебаркадера Київського вокзалу в Москві. В.Г. Шухов також спроектував ародні покриття МУМу, Петровського пасажу, готелю «Метрополь».

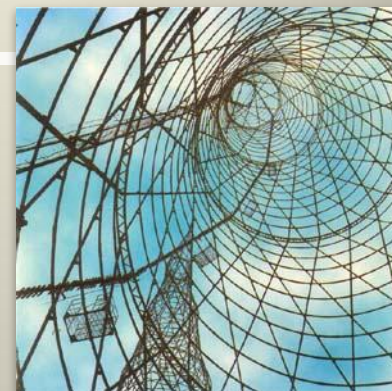
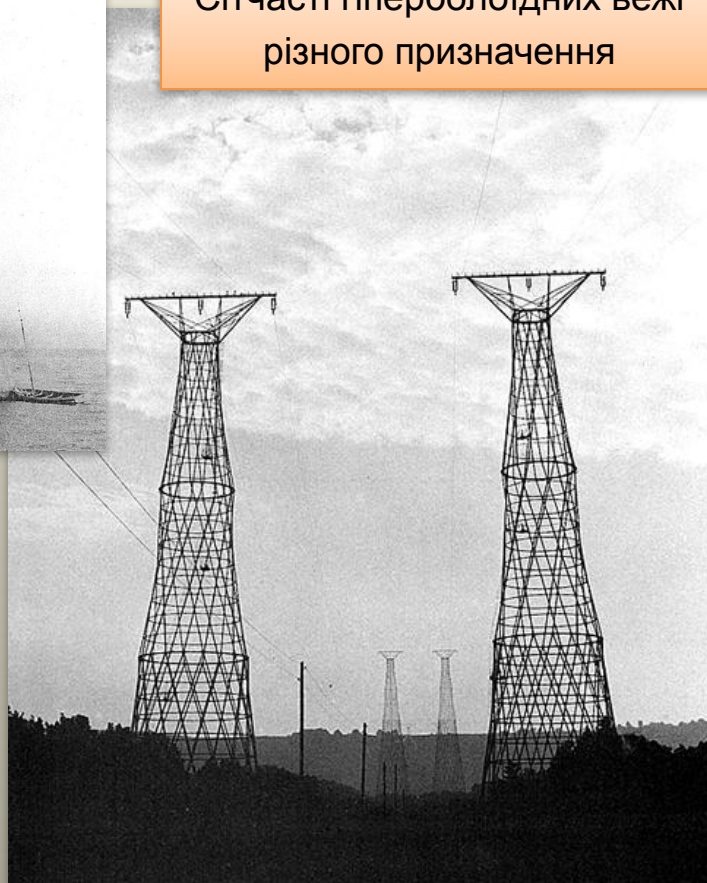


Проекти В.Г. Шухова (1853-1939)

Плавучі маяки



Сітчасті гіперболоїдних вежі
різного призначення



Шаболовская вежа в Москві (1922 р.)



Empire State Building (New York, 1931)

У США було розгорнуто висотне будівництво. Перший багатоповерховий будинок (8 поверхів) зі сталевим каркасом був побудований в 1891 р. в Чикаго.

А вже в 1931 р. в центрі Нью-Йорка за 15 місяців був побудований «Емпайр Стейт» заввишки 312 м з причальною вежею для дирижаблів висотою 62 м.



Empire State Building (New York, 1931)



Empire State Building (New York, 1931)



Йде будівництво
«Емпайр Стейт» -
«восьмого дива
світу»



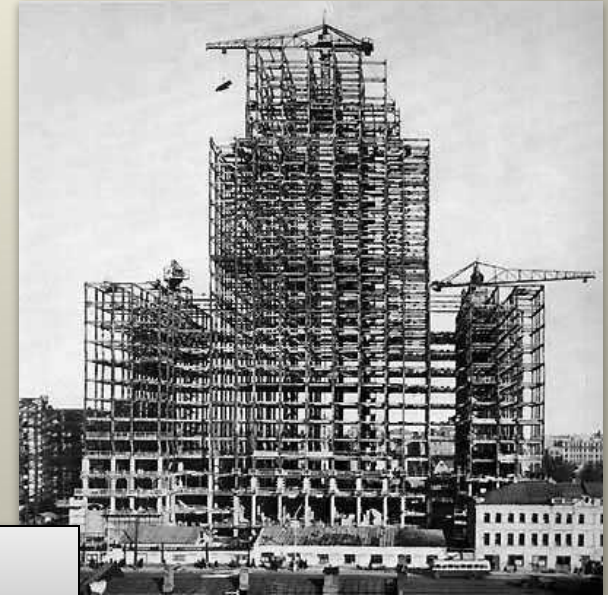
Висячий міст «Золоті ворота» (Сан-Франциско, **1937**), Середній проліт **1237** м



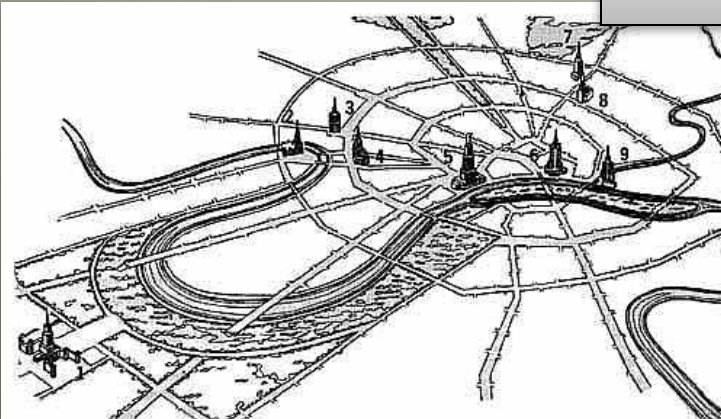
Розвиток металоконструкцій в сер. **20** ст.

Подальший розвиток метало-конструкцій пов'язаний із збільшенням прольотів і поверховості споруд, зростанням навантажень на них.

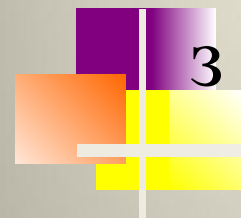
Впроваджуються сталі підвищеної міцності, розробляються полегшені металеві конструкції, удосконалюються методики розрахунку і конструювання.



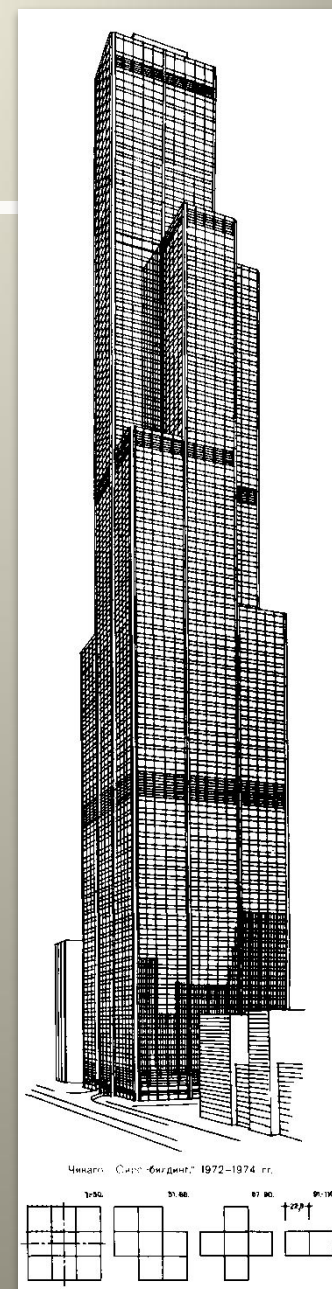
Московські «висотки» -
початок 50-х років



Висотне будівництво з металоконструкцій



Чикаго, «Сірс-білдінг»
(1972-1974 р.) 109 поверхів,
висота 445 м.



Сучасне висотне будівництво

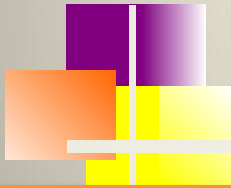


Таїпеї 101 (Тайбей), Тайвань
(2003 р.)
101 поверх, висота 509 м.



Petronas Twin Towers (Петронас)
Малайзія (1988 р.)
88 поверхів, висота 452 м

Вимоги до металевих конструкцій, що враховуються при проектуванні



(1) Технічні

Сприйняття і передача конструкцією діючих навантажень при збереженні міцності, жорсткості і стійкості з необхідною надійністю і довговічністю.

Локальні руйнування окремих конструкцій не повинні призводити до прогресуючого руйнування всієї споруди

Вимоги до конструкцій

(2) Економічні

Забезпечення найменшої вартості, праці- і енергоємності виготовлення, монтажу та експлуатації конструкції

(3) Технологічні

Узгодженість конструктивних рішень з технологією виготовлення, транспортування, монтажу та експлуатації конструкції

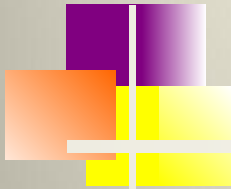
(4) Естетичні

Створення сприятливого враження про міцність конструкції, архітектурна виразність

(5) Екологічні

Неспричинення шкоди довкіллю,
можливість вторинного використання матеріалів по закінченні терміну служби конструкції

Особливості забезпечення економічних вимог



Технічні та економічні вимоги багато в чому є суперечливими: нерідко скорочення витрати матеріалу знижує не тільки вартість, але і надійність конструкції.

Проектування конструкцій неминуче пов'язане з вибором компромісу між економічністю і ризиками. Пошук найбільш економічного конструктивного рішення досягається порівнянням різних варіантів (варіантне проектування) або пошуком оптимального співвідношення параметрів в межах одного варіанта оптимальне проектування .

Концентрація матеріалу - зосередження маси в окремих конструктивних елементах, сприймають значні зусилля.

Зниження ваги конструкцій приводить до зменшення навантаження на них.

Уніфікація - приведення до одноманітності розмірів і форм конструктивних елементів.

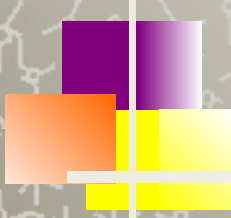
Забезпечення економічності конструктивних рішень

Удосконалення методів розрахунку

Застосування раціональних конструктивних форм, концентрація матеріалу

Зниження ваги конструкцій

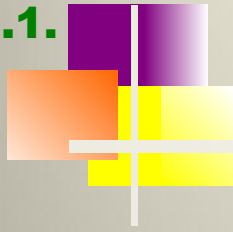
Уніфікація і типізація



1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

- 1.1.** Матеріали для металевих конструкцій
- 1.2.** Переваги та недоліки сталевих конструкцій
- 1.3.** Галузь застосування
- 1.4.** Структура вартості сталевих конструкцій
- 1.5.** Сортамент

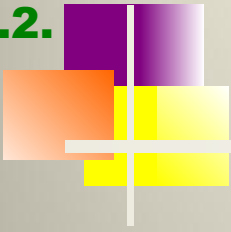
1.1.



Матеріали для металевих конструкцій

Для металевих конструкцій в основному використовується сталь і значно рідше – алюмінієві сплави.

1.2.



Переваги та недоліки сталених конструкцій

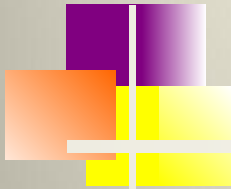
[+]

- Надійність роботи, що обумовлена однорідністю структури сталі;
- Висока міцність при відносно невеликій власній масі;
- Висока індустріальність, зручність виготовлення та підсилення;
- Герметичність для рідин та газів.

[-]

- Схильність до корозії;
- Низька вогнестійкість, необхідність облаштування захисту від полум'я;
- Висока вартість.

Методи підвищення довговічності і вогнестійкості металевих конструкцій



Вогнестійкість незахищених металевих конструкцій невелика: при пожежі вони втрачають несучу здатність вже через 12...15 хв.

Для підвищення вогнестійкості передбачають вогнезахист конструкцій, дія якої базується на уповільненні прогріву металу.

Вогнезахист металевих конструкцій

Облицювання негорючими матеріалами

Нанесення покриттів, що спучуються

Влаштування підвісних стелі та екранів

У вологому середовищі сталь піддається корозії.

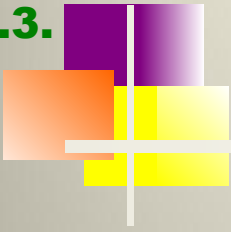
Підвищення атмосферної та хімічної стійкості сталевих конструкцій

Застосування сталі з підвищеною корозійною стійкістю

Влаштування захисних лакофарбових покриттів

Використання конструктивних рішень з найменшою кількістю щілин і пазух, в яких можуть скупчуватися волога і пил

1.3.



Галузь застосування

- Каркаси промислових будівель – одноповерхових та багатоповерхових;
- Каркаси багатоповерхових та висотних цивільних будівель та споруд;
- Багатопрольотні покриття будівель і споруд (спортивні споруди, ангари тощо);
- Мости, естакади;
- Вежі та мачти;
- Резервуари;
- Конструкції підйомно-транспортного обладнання (крани);
- Деталі машин.

Ефективність застосування сталених конструкцій підвищується зі зростанням прольотів, висоти споруд та зі зростанням навантажень на них.

Одноповерхові промислові будівлі

Прогони

В'язі

Стропильні ферми

Підкранові балки

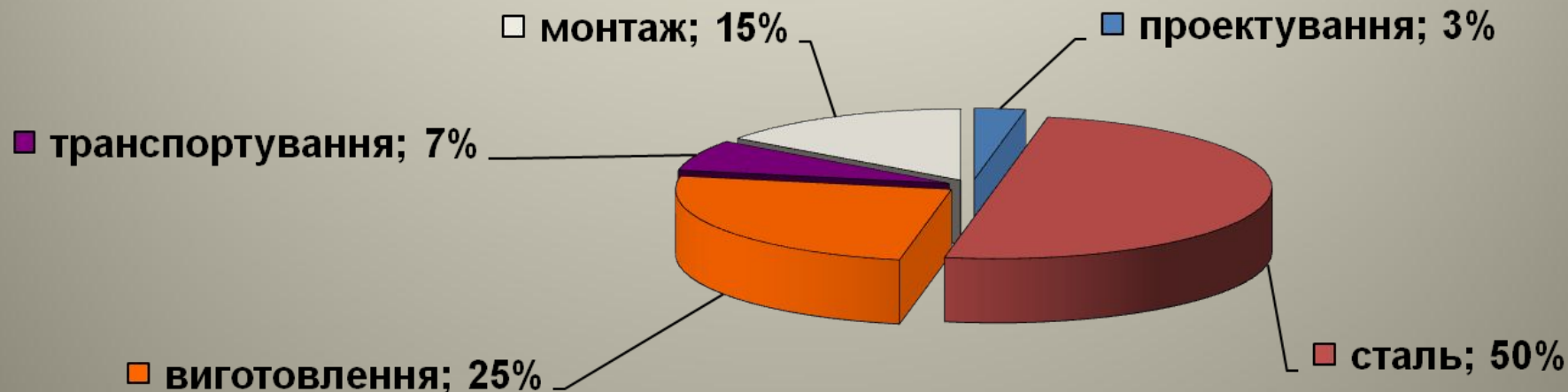
Колони



1.4.

Структура вартості сталевих конструкцій

Значну частину вартості металевих конструкцій складає **вартість матеріалів**:



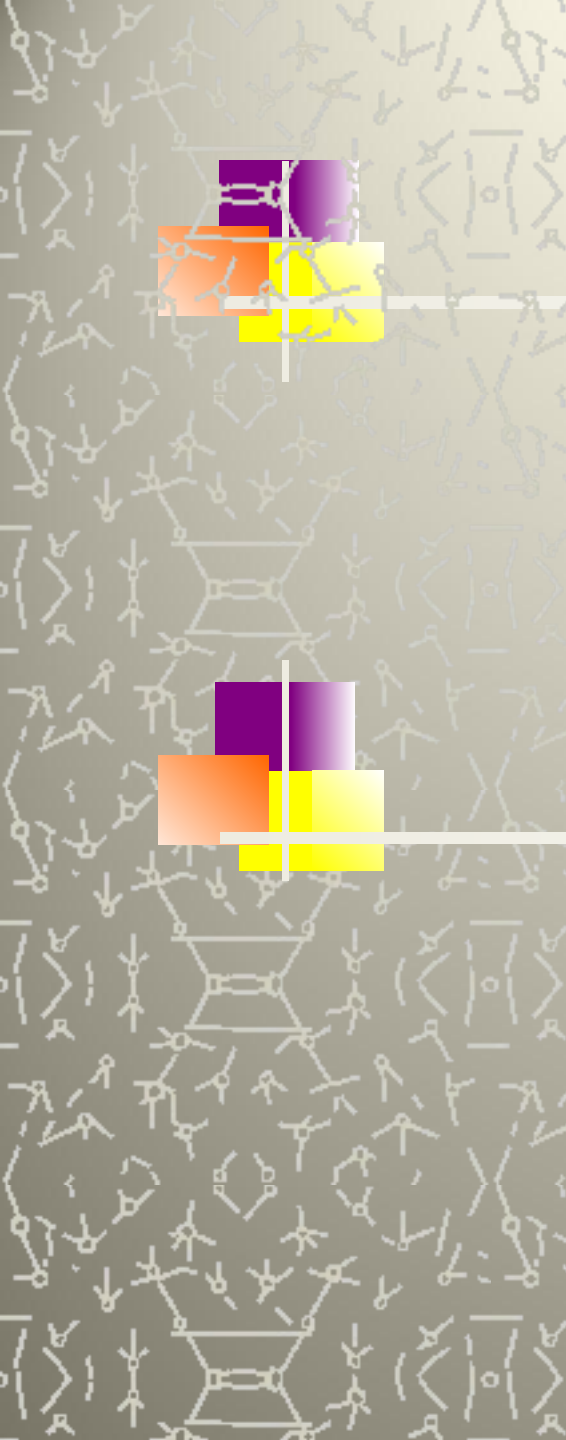
1.5.

Сортамент

Сортамент – це каталог профілів із наведенням форми перерізу, геометричних характеристик та мас одиниці довжини.



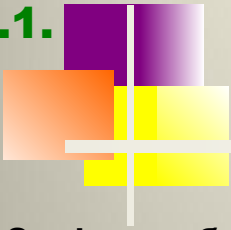




2. СТАЛІ ТА СПЛАВИ

- 2.1.** Хімічний склад сталей
- 2.2.** Діаграма деформування стали
- 2.3.** Нормування механічних характеристик сталі
- 2.4.** Маркування сталей
- 2.5.** Класифікація сталей по міцності

2.1.



Хімічний склад сталей

Сталь - це сплав заліза з вуглецем і деякими добавками.

Залізо забезпечує пластичність. Пластичне руйнування відбувається поступово, йому передують значні деформації, тому розвинені пластичні властивості мають істотне значення для безпечної роботи конструкції.

Вуглець забезпечує міцність, але знижує пластичність і зварюваність, тому зміст вуглецю обмежується (не більше 0,22 %).

Легуючі добавки (кремній, марганець, мідь, хром, нікель, ванадій, молібден, алюміній) підвищують міцність і пластичність сталі. В основному застосовуються низьколеговані сталі з сумарним вмістом легуючих добавок не більше 5%.

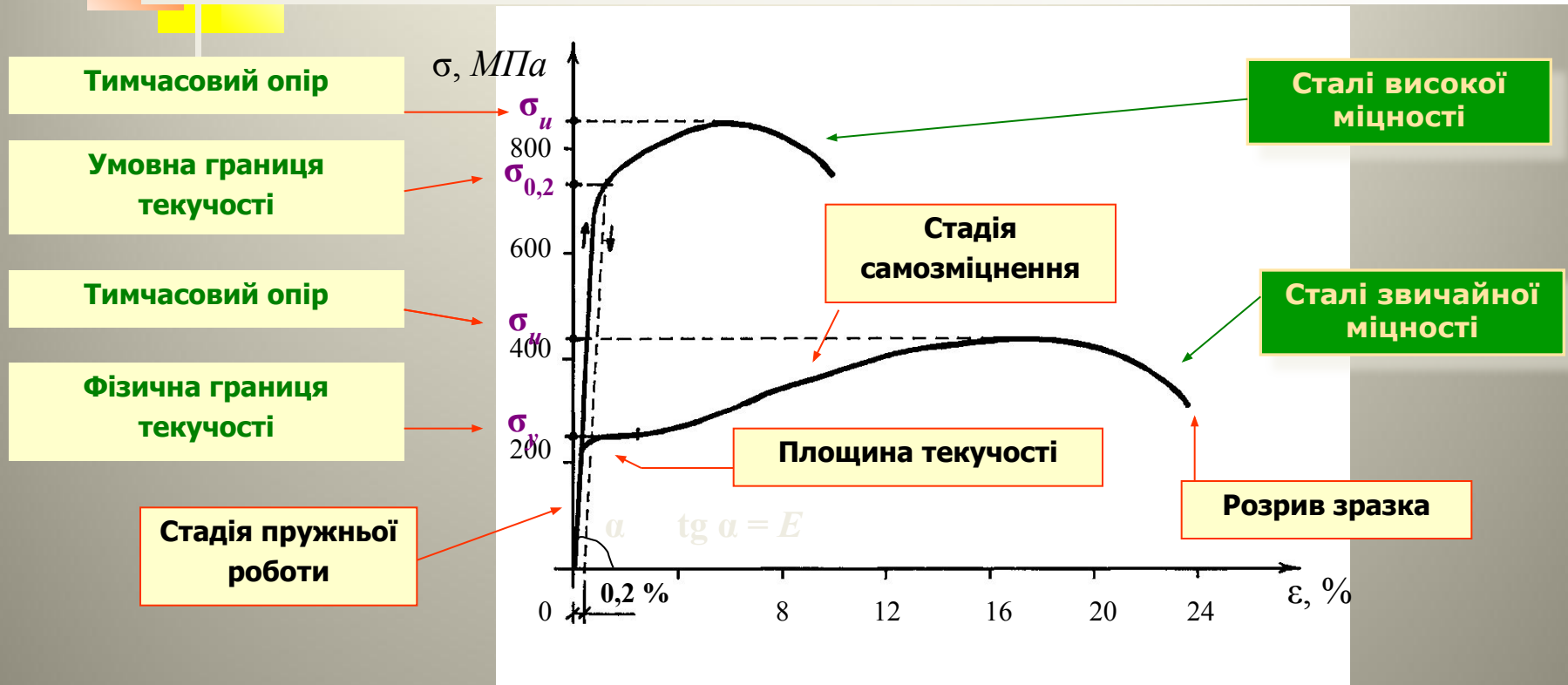
Шкідливі домішки (сірка, фосфор, кисень, водень, незв'язаний азот) підвищують крихкість сталі; їх зміст обмежується (не більше 0,04 ... 0,05 %). Щоб уникнути потрапляння шкідливих домішок при зварюванні розплавлений метал необхідно захищати від впливу атмосфери.

Способи підвищення міцності стали:

- ☐ легування;
- ☐ термічне зміцнення (нагрівання і наступне охолодження за заданим режимом).

2.2.

Діаграма деформування сталі



Фізична межа (границя текучості) (σ_y) – напруження, при якому відбувається зростання пластичних деформацій без збільшення зовнішнього навантаження;

Умовна межа (границя) текучості ($\sigma_{0.2}$) – напруження, при якому залишкові деформації складають 0,2%;

Тимчасовий опір (σ_u) – напруження, яке відповідає найбільшому навантаженню, що передуює руйнуванню зразка.

2.3.

Нормування механічних характеристик сталі

Нормативний опір матеріалу - це значення його міцнісної характеристики, прийняте з забезпеченістю 0,95 на підставі статистичної обробки результатів стандартних випробувань зразків;

Розрахунковий опір визначається діленням нормативного на коефіцієнт надійності за матеріалом γ_m ;

для сталі $\gamma_m = 1,025 \dots 1,15$ (в залежності від марки); для бетону $\gamma_m = 1,15 \dots 1,50$.

Умовні позначення

	Нормативний опір	Розрахунковий опір
за границею текучості (σ_y)	R_{yn}	R_y
за тимчасовим опором (σ_u)	R_{un}	R_u

Модуль пружності приймається постійним для всіх марок сталі: $E = 2,06 \cdot 10^5 \text{ МПа}$

2.4.

Маркування сталей та сплавів

C 235

Сталь будівельна

R_{yn} (кратне 5 МПа)

Нормативні та розрахункові опори прокату, МПа

Марка сталі	Товщина прокату, мм	нормативні				розрахункові			
		листового, широкополкового, універсального		фасонного		листового, широкополкового, універсального		фасонного	
		R_{yn}	R_{un}	R_{yn}	R_{un}	R_y	R_u	R_y	R_u
C 245	от 2 до 20	245	370	245	370	240	360	240	360
	св. 20 до 30	-	-	235	370	-	-	230	360
C 345	от 2 до 10	345	490	345	490	335	480	335	480
	св. 10 до 20	325	470	325	470	315	460	315	460
	св. 20 до 40	305	460	305	460	300	450	300	450
C 375	от 2 до 10	375	510	375	510	365	500	365	500
	св. 10 до 20	355	490	355	490	345	480	345	480
	св. 20 до 40	335	480	335	480	325	470	325	470

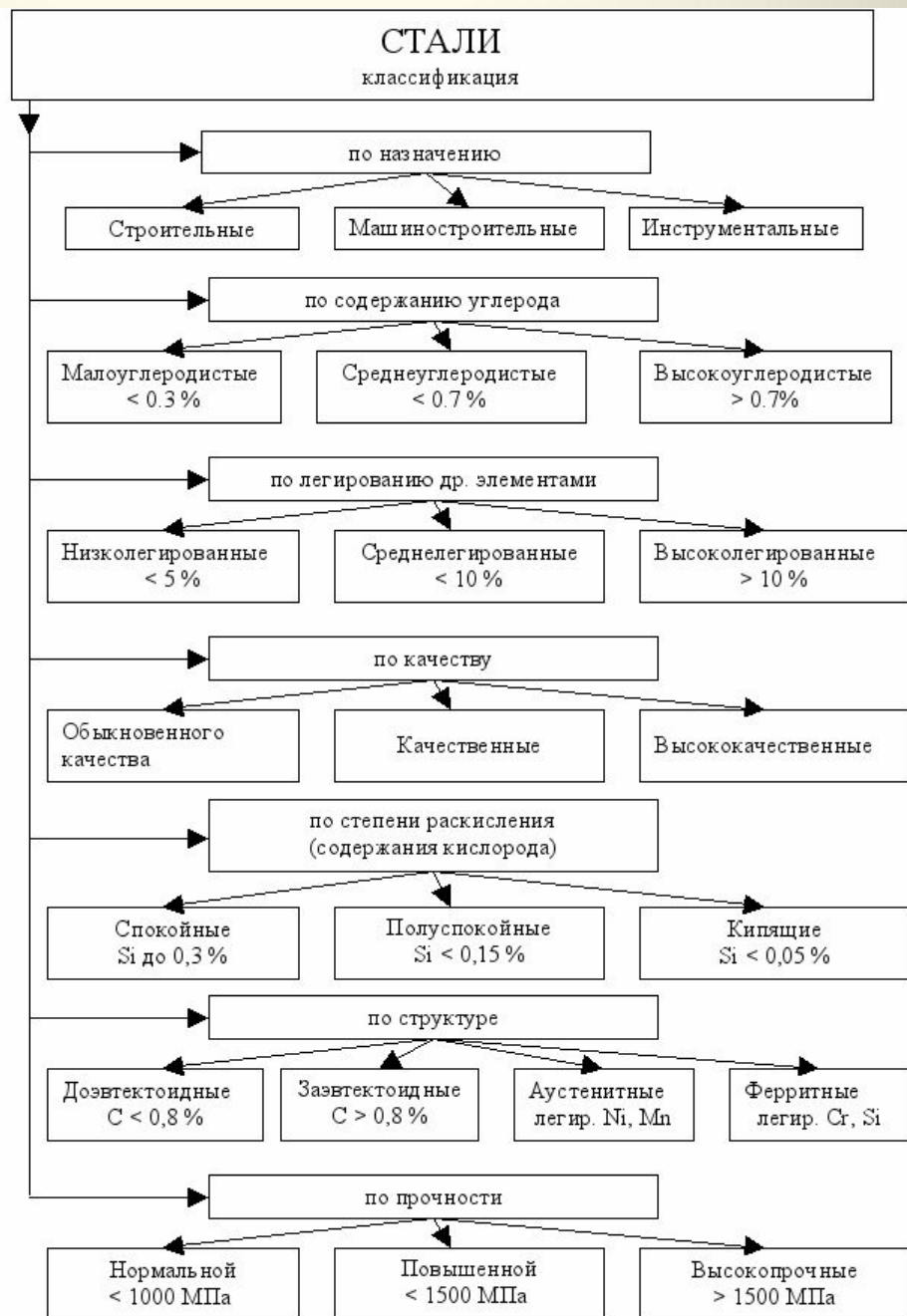
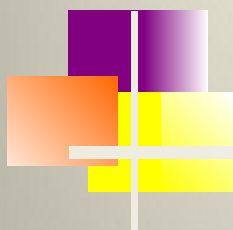
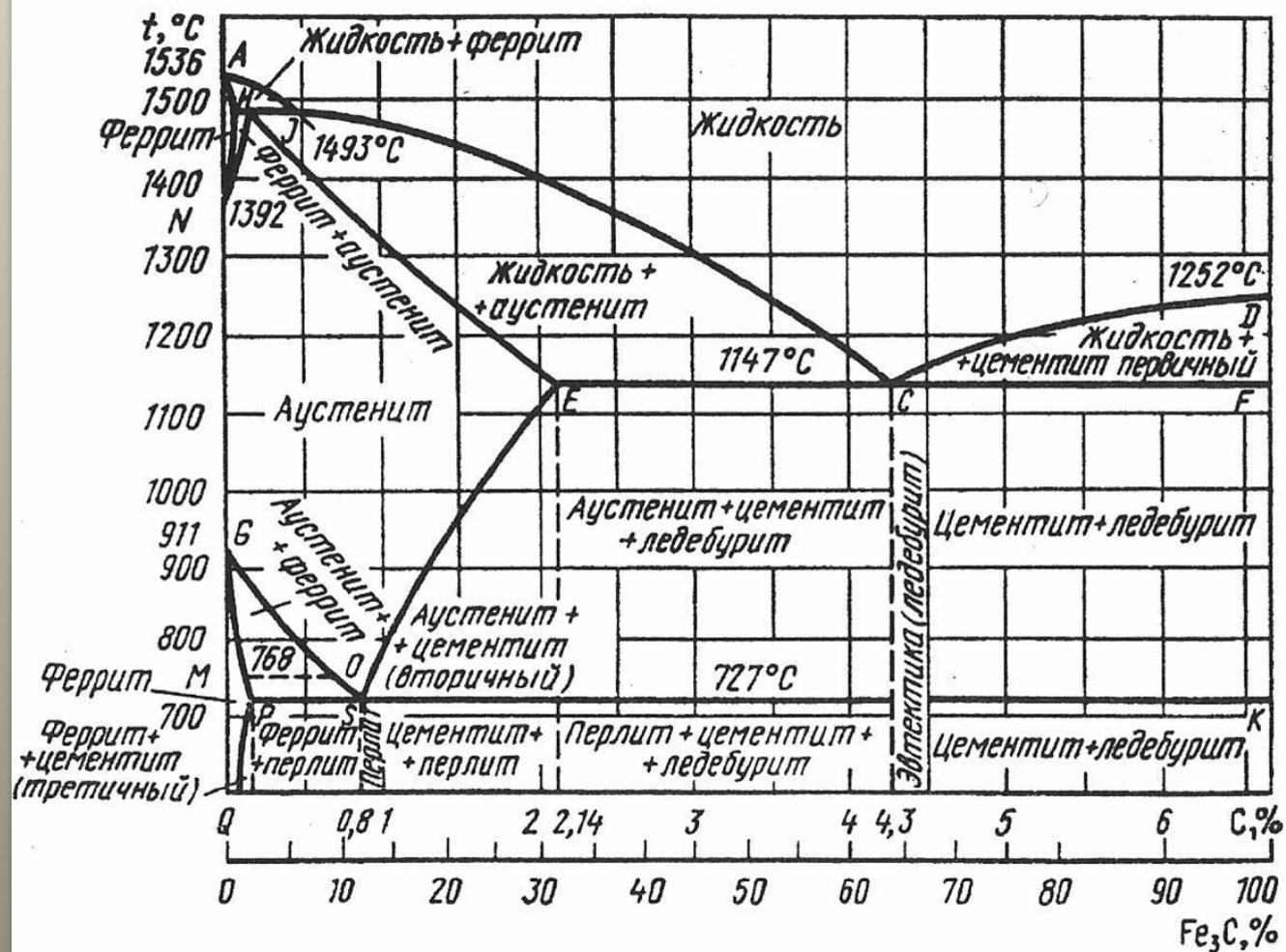
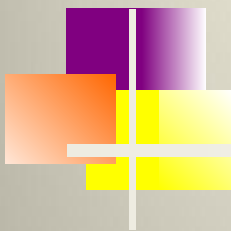


Диаграмма состояния $\text{Fe-Fe}_3\text{C}$



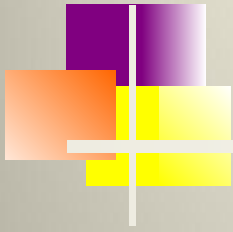


Залізовуглецеві сплави



Сталі (сплави)

Чавуни



Леговані сталі та сплави

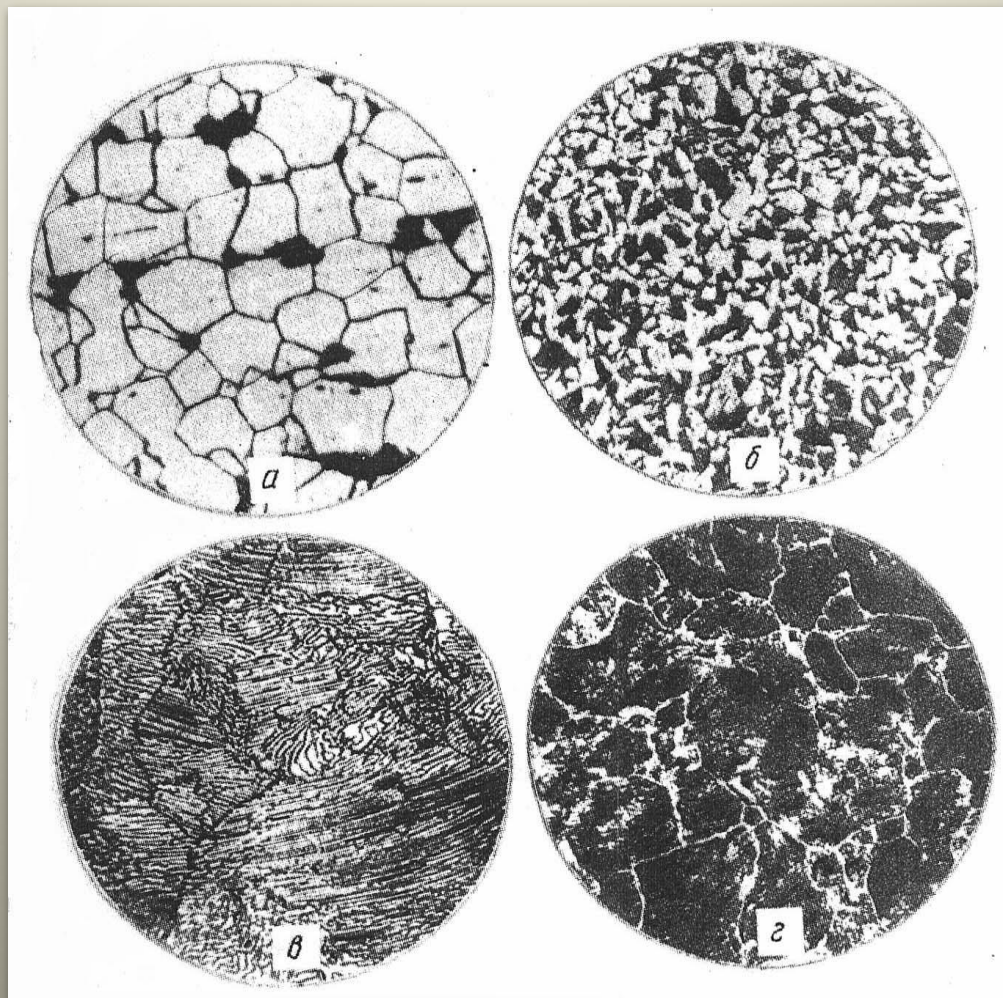
Легування – це введення в сплави, окрім заліза та вуглецю, інших хімічних компонентів.

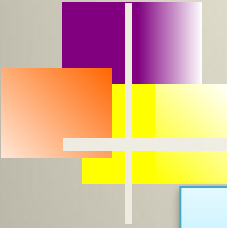
Класифікація легованих сталей за структурою:

- ☐ Перлітні;
- ☐ Мартенситні;
- ☐ Феритні;
- ☐ Аустенітні;
- ☐ Ледебуритні

- ❖ Ферит - твердий розчин вуглицю в α –залізі;
- ❖ Аустеніт - твердий розчин вуглицю в γ –залізі;
- ❖ Цементит – карбід заліза **Fe_3C** ;
- ❖ Перліт – механічна суміш фериту та цементиту;
- ❖ Ледебурит первинний - механічна суміш аустеніту й цементиту;
- ❖ Ледебурит вторинний – механічна суміш перліту й цементиту.

Мікроструктура сталей з різним вмістом вуглецю





Конструкційні сталі

Марки будівельних сталей:

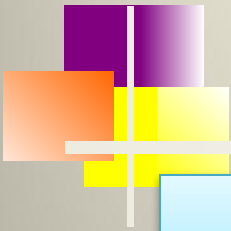
Ст3, 09Г2С, 10ХСНД

Марки арматурних сталей:

25Г2С, 45С

Марки сталей, що цементуються:

10, 20, 15Х, 20ХН, 18ХГТ



Конструкційні сталі

Марки покращених сталей:

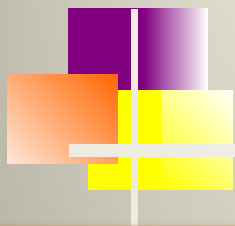
40, 45, 40ХН, 40ХГР, 30ХГТ

Марки сталей ресорно-пружинних:

60, 65Г, 60С2, 50ХФА

Марки високоміцних сталей:

03Н18К9М5Т, 03Н12К15М10



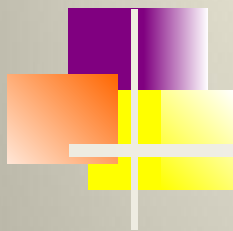
Конструкційні сталі

Марки підшипникових сталей:

ШХ6, ШХ15, ШХ20СГ

Марки автоматних сталей:

А20, АС40, АС35Г2



Инструментальные сплавы

За призначенням поділяються на сплави для:

- ☐ріжучого інструменту;
- ☐вимірювального інструменту;
- ☐штампового інструменту

Марки вуглецевих
інструментальних сталей:

У7 - У13, У7А - У13А

Марки легованих інструментальних
сталей:

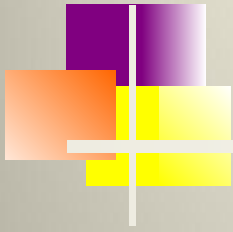
ХВГ, 9ХС, ХВСГ1

Марки швидкоріжучих
інструментальних сталей:

Р9, Р18, Р6М5

Марки твердих інструментальних
сплавів:

ВК8, Т5К10, ТТ7К12



Спеціальні сплави

Марки жаростойких сплавов:

Марки хромистих
нержавіючих сталей:

**08X13, 12X13,
40X13**

Марки хромонікелевих нержавіючих
сталей:

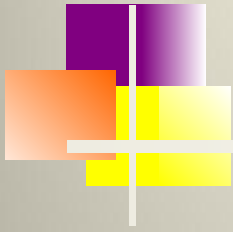
**12X18Н10Т, 7X18Н9,
03X18Н10**

Марки зносостійких сплавів:

**11ОГ13Л,
12ОГ10ФЛ**

Марки жаростійких
сплавів:

**12ХМ,
15Х25Т, 10Х23Н18**



Спеціальні сплави

Марки холодостійких
та кріогенних сплавів:

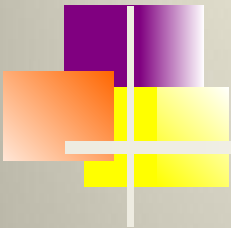
**09Г2С, 12Г2МФТ,
12Х18Н10Т**

Марки магнітних сплавів:

**ЮНДК31Т3БА,
ЮНДК15**

Марки електротехнічних сплавів:

**МНМц 40-1,5 (константан),
МНМц 43-0,5 (копель)**



Кольорові сплави

Сплави **Cu**

Латуні

Бронзи

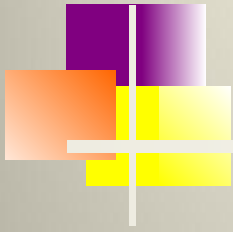
Марки латуней:

**Л68, ЛК80-3,
ЛЖМц59-1-1**

Марки бронз:

**Бр. ОФ10-1, Бр. Б2,
Бр. АЖМц10-3-1,5**

Кольорові сплави



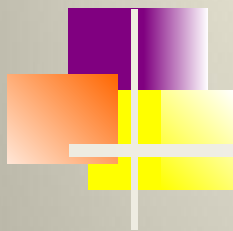
Сплави **Al**

Сплави, що
деформуються:

Д16, АМц, АМГ2

Ливарні
сплави:

АК12, АК9



Кольорові сплави

Марки сплавів
титану:

BT3-1, BT5-1, OT4-1

Марки магнієвих сплавів:

МА5, МЛ8

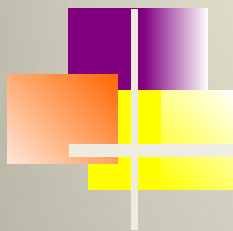
Марки сплавів цинку:

ЦА4, ЦАМ4-1, ЦАМ15

Хімічний склад чавуну різних сортів (в %)

Сорт чавуну	C*	Si	Mn	P	не більше
Переробні: (ГОСТ 805—57)					
- мартенівський	3,8-4,3	0,3-1,25	0,5-3,75	0,15-0,3	0,07
- томасівський	3,2-3,5	0,2-0,6	0,8-1,3	1,6-2,0	0,08
- бесімерівський	3,8-4,2	0,7-1,75	0,5-1,2	не більше 0,07	0,06
Ливарні (ГОСТ 4832— 58)	3,5-4,5	0,75-3,75	0,5-1,3	0,1-1,2	0,07
Феросплави:					
- дзеркальний (ГОСТ 5164—49)	4,0-5,5	до 2	10—25	не більше 0,22	0,03
- феромарганець (ГОСТ 5165—49)	5,0-7,0	до 2	70—50	не більше 0,45	0,03
- ферросиліцій (ГОСТ 5163—49)	1,0-2,5	9-15	до 3	не більше 0,20	0,04

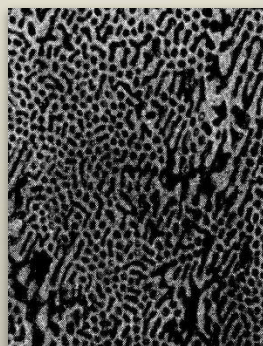
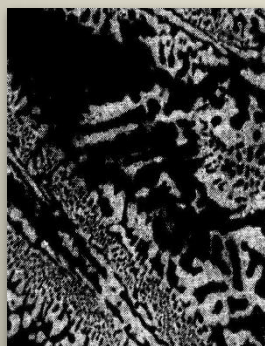
* - у ГОСТ зміст вуглецю не обговорено, крім ливарного чавуну.



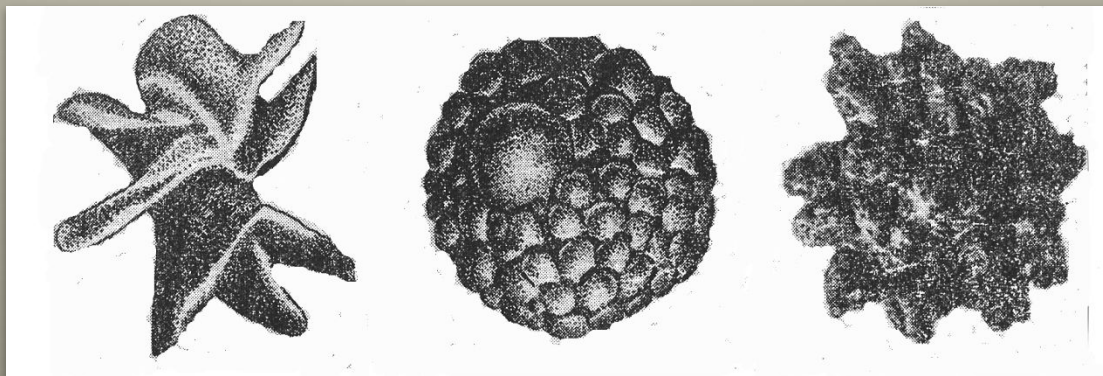
Чавуни

(білі, сірі, ковкі, високоміцні)

Мікроструктура білих чавунів

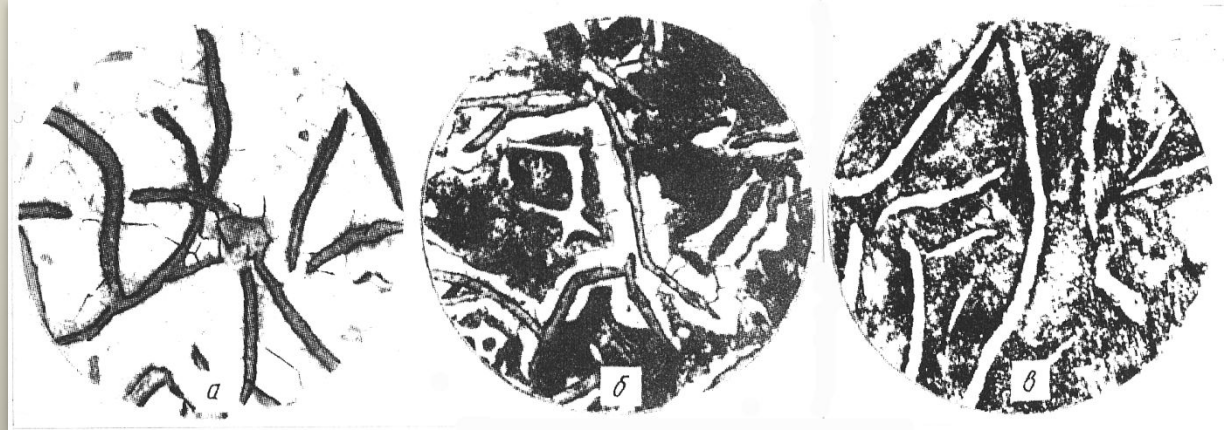


Форма графітових включень в чавунах

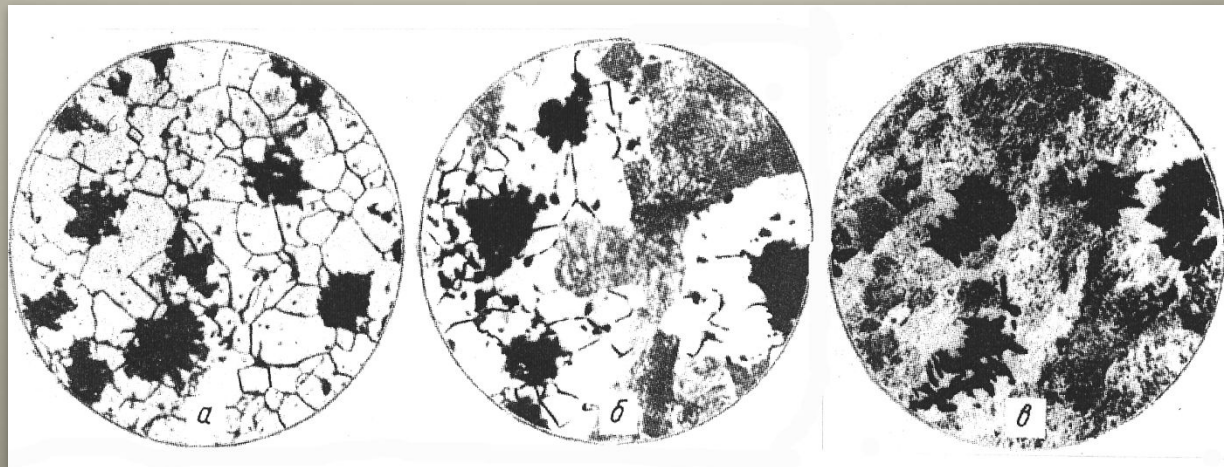


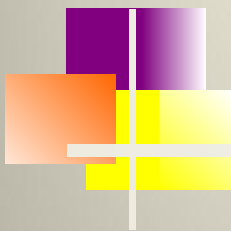
Чавуни

Мікроструктура сірих чавунів



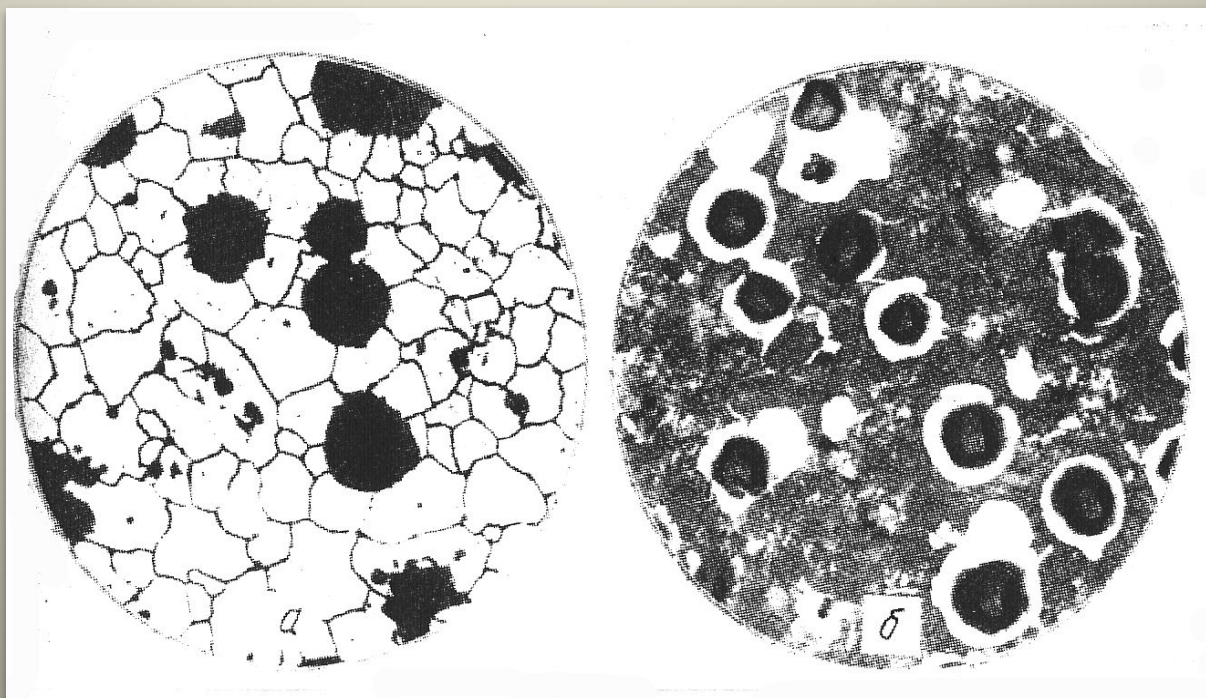
Мікроструктура ковких чавунів



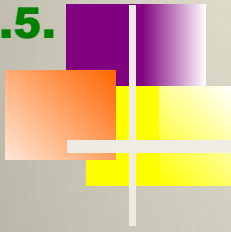


Чавуни

Мікроструктура високоміцних чавунів



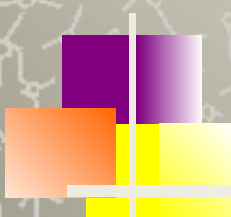
2.5.



Класифікація будівельних сталей за міцністю

Характеристика	Марки	Склад
Сталі звичайної міцності	C235; C245; C255; C275; C285	маловуглецеві
Сталі підвищеної міцності	C345; C375; C390	маловуглецеві - термічнозміцнені; низьколеговані
Сталі високої міцності	C440; C590	

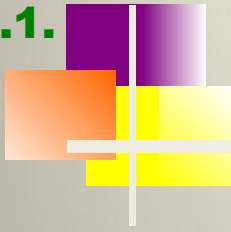
Сталі звичайної міцності мають обмежене використання в районах з низькими кліматичними температурами (нижче -40°C).



3. ОСНОВИ РОЗРАХУНКУ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

- 3.1.** Граничні стани металевих конструкцій
- 3.2.** Розрахунок на міцність при розтязі
- 3.3.** Розрахунок на міцність при плоскому згині
- 3.4.** Розрахунок на міцність при зрізі і зминанні
- 3.5.** Розрахунок на загальну стійкість
- 3.6.** Розрахунок на місцеву стійкість

3.1.



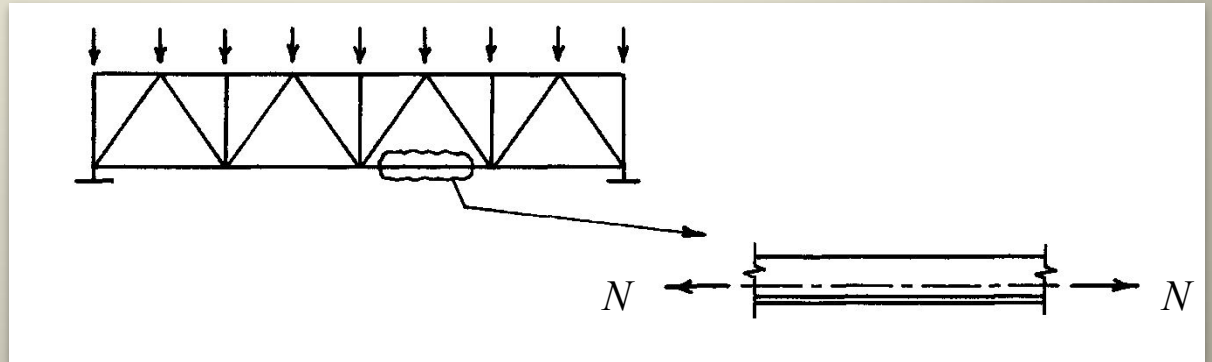
Граничні стани металевих конструкцій

Групи граничних станів	Основні розрахунки	Навантаження, що враховуються
Перша група - за несучою здатністю	• на міцність; • на стійкість (загальну і місцеву)	розрахункові
Друга група - за придатністю до нормальної експлуатації	• на жорсткість (деформативність)	нормативні

Для конструкцій, що безпосередньо відчувають вплив багаторазово-повторних навантажень (мости, підкранові балки), додатково проводять розрахунок на витривалість (1-я група граничних станів).

3.2.

Розрахунок на міцність при осьовому розтязі



4 Умова міцності:

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq R_y \gamma_c;$$

σ – нормальне напруження, кН/см²;

N – розрахункове подовжнє зусилля, кН;

A_n – площа перерізу нетто (с урахуванням послаблень), см²;

R_y – розрахунковий опір сталі за границею текучості, кН/см²;

γ_c – коефіцієнт умов роботи (по табл. 6* СНиП II-23-81*); враховує небезпечні умови роботи елементів, звичайно 1,00.

3.3.

Расчёт на прочность при плоском изгибе

Условия прочности:

4 по нормальным
напряжениям:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} \leq R_y \gamma_c;$$

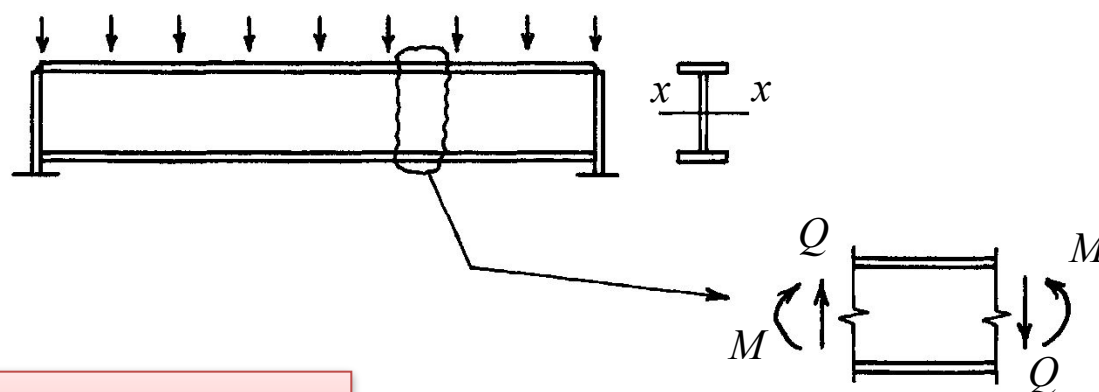
4 по касательным
напряжениям:

$$\tau = \frac{Q S_x}{t_w J_x} \leq R_s \gamma_c;$$

4 по приведённым
напряжениям:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq 1,15 R_y \gamma_c;$$

(reduced = приведённый)



M – расчётный изгибающий момент, кН·см;

W_x – момент сопротивления сечения, см³;

T – касательные напряжения; кН/см²;

Q – расчётное поперечное усилие, кН;

S_x – статический момент полусечения, см³;

J_x – момент инерции сечения, см⁴;

t_w – толщина стенки, см;

R_s – расчётное сопротивление стали срезу, кН/см²; $R_s = 0,58 R_y$;

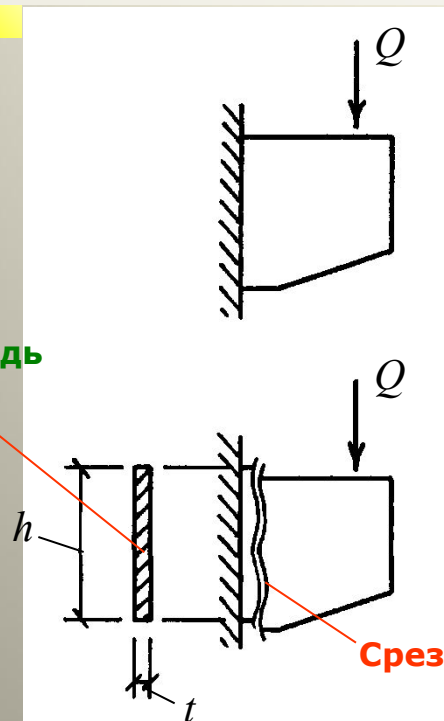
1,15 – коэффициент, учитывающий развитие пластических деформаций.

Расчёт на прочность при срезе и смятии

3.4.

Срез

Площадь
среза



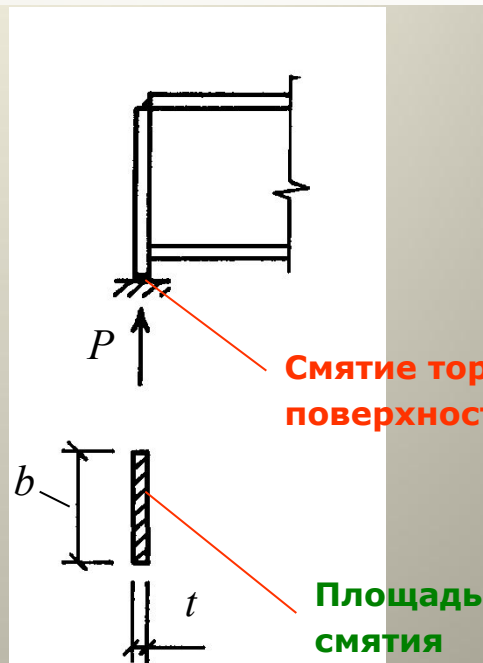
4 Условие прочности:

$$\tau = \frac{Q}{ht} \leq R_s \gamma_c ;$$

Q – расчётное поперечное усилие, кН;
 ht – площадь среза, см².

Смятие

Смятие торцевой
поверхности



4 Условие прочности:

$$\sigma = \frac{P}{bt} \leq R_p \gamma_c ;$$

P – расчётное усилие, кН;
 bt – площадь смятия, см²;
 R_p – расчётное сопротивление смятию; $R_p = R_u$.

3.5.

Расчёт на общую устойчивость

- 4 Условие устойчивости при осевом сжатии:

$$\sigma = \frac{N}{A\phi} \leq R_y \gamma_c;$$

N – расчётное продольное усилие, кН;
 ϕ – коэффициент продольного изгиба; определяется по табл. 72* СНиП II-23-81* (или по графику □) в зависимости от максимальной гибкости стержня λ :

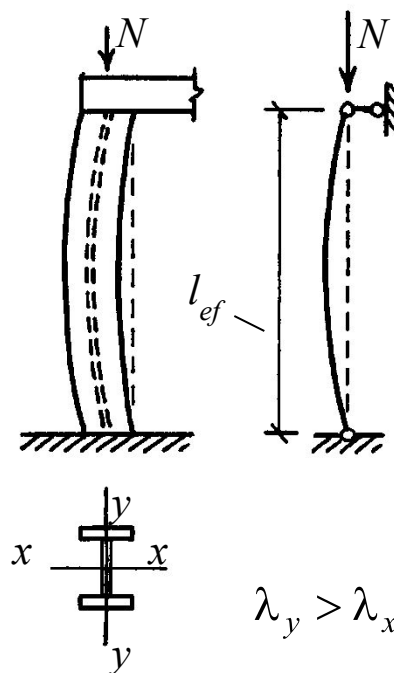
$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i};$$

l_{ef} – расчётная длина стержня, см;
 i – радиус инерции сечения, см.

Потеря общей устойчивости характеризуется изменением первоначальной формы деформирования всей конструкции под действием сжимающей нагрузки.



констр. сх. расч. сх.

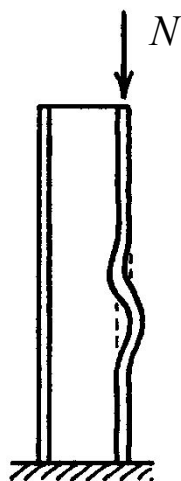


Потеря устойчивости происходит относительно оси с наибольшей гибкостью, при этом стержень искривляется в направлении, перпендикулярном этой оси.

3.6.

Расчёт на местную устойчивость

Изменение первоначальной формы отдельного элемента конструкции при сохранении формы всей конструкции называется **потерей местной устойчивости**.



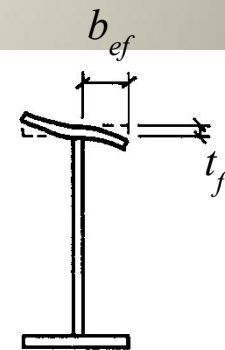
4 Общий вид условия обеспечения местной устойчивости полки:

$$\frac{b_{ef}}{t_f} \leq k \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y}} ;$$

b_{ef} – ширина свеса полки, см;

t_f – толщина полки, см;

k – коэффициент, определяемый по СНиП II-23-81*.



4 Общий вид условия обеспечения местной устойчивости стенки:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \cdot \sqrt{\frac{E}{R_y}} ;$$

h_w – высота стенки, см;

t_w – толщина стенки, см;

k – коэффициент, определяемый по СНиП II-23-81*.

