

# «Оцинкованный арматурный прокат: применение в мире и перспективы в России».



к.т.н. Полькин В.И.  
Н КП «Центр по развитию Цинка»  
[www.zdc.ru](http://www.zdc.ru) \*\*\* [polkin@zdc.ru](mailto:polkin@zdc.ru)

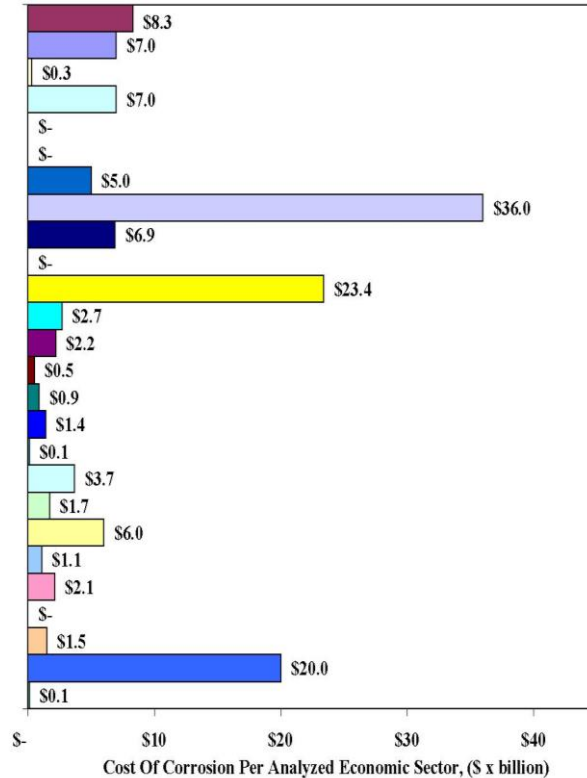


Сокращение срока службы и эксплуатационной надежности ЖБ, вызванного коррозией является основной причиной раннего ремонта, и даже разрушения несущих конструкций за долго до предельных сроков эксплуатации.



В металле потери составляют 10-20% годового производства стали.  
 США – порядка 100 млрд. долларов/год

- Highway Bridges
- Gas and Liquid Transm. Pipelines
- Waterways and Ports
- Hazardous Materials Storage
- Airports
- Railroads
- Gas Distribution
- Drinking Water and Sewer Systems
- Electrical Utilities
- Telecommunication
- Motor Vehicles
- Ships
- Aircraft
- Railroad Cars
- Hazardous Materials Transport
- Oil and Gas Expl.and Production
- Mining
- Petroleum Refining
- Chem., Petrochem., Pharm.
- Pulp and Paper
- Agricultural
- Food Processing
- Electronics
- Home Appliances
- Defense
- Nuclear Waste Storage



## Коррозия арматуры в бетоне

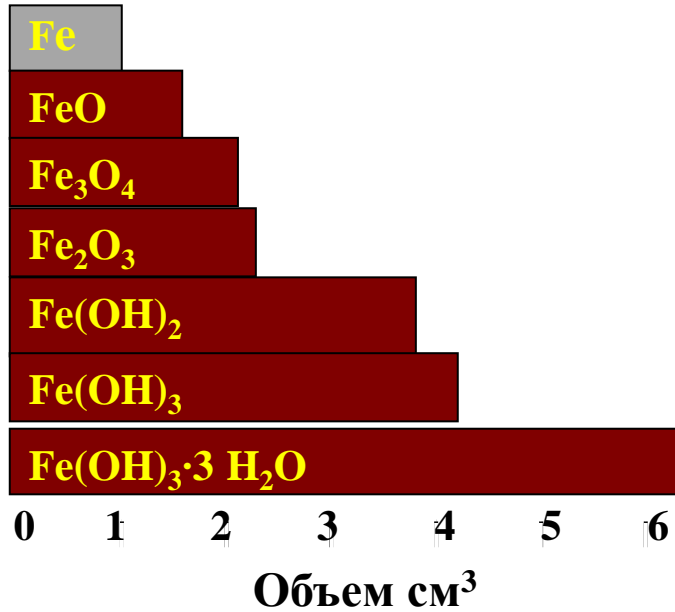
- Защитный слой бетона затрудняет доступ к арматуре влаги, кислорода, воздуха или кислотообразующих газов
- С увеличением пористости бетона и его разрушения под действием агрессивных сред, проницаемость бетона растет.
- Реакция с углекислым газом из атмосферы
- Присутствие хлоридов (прибрежные районы, использование соли при удалении льда, не качественное сырье при производстве бетона)



# Разрушение несущих конструкций



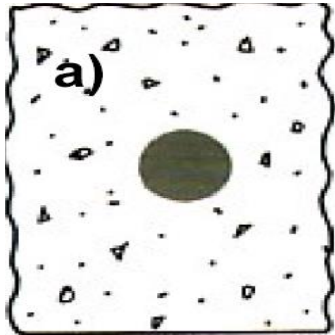
# Причины разрушения зданий – коррозия.



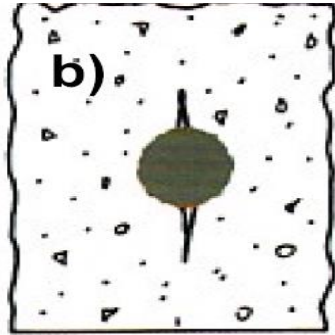
- Через поры в бетоне, не защищенная сталь подвергается воздействию хлоридов, воды и кислорода.
- Как только коррозия начинает разрушать сталь, продукты коррозии расширяясь взламывают окружающий бетон



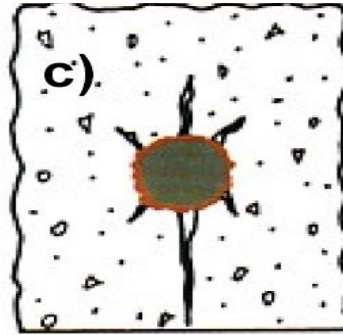
# Коррозия в ЖБК



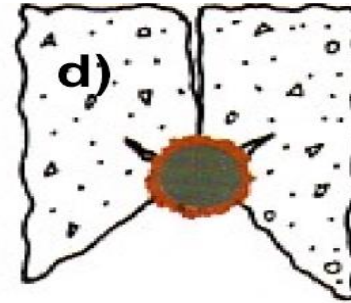
a) До начала коррозии



b) Активная стадия коррозии – появление внутренних трещин



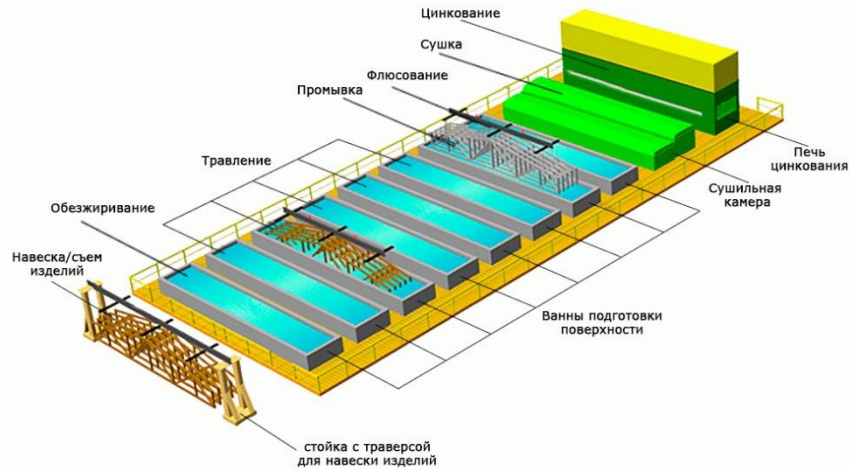
c) Дальнейшая коррозия – Сквозные трещины + потеки ржавчины



d) Разрушение бетона и «раскрытие» арматуры



# Решение – горячее цинкование

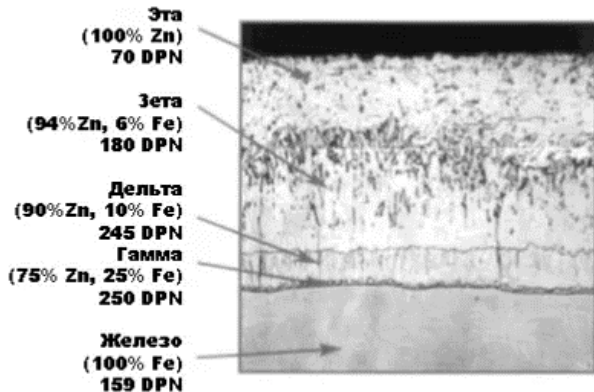
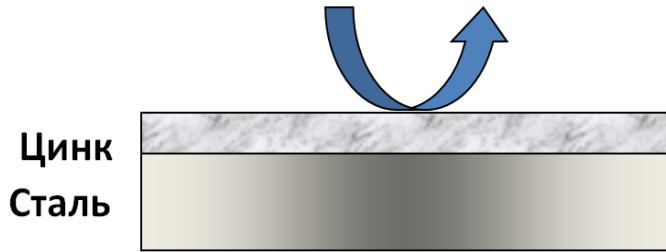


- Концентрация хлоридов, выше которой начинается коррозия, для оцинкованной стали примерно в 2-3 раза выше, чем для непокрытой.
- В условиях высокохлористых сред бетонные конструкции с оцинкованной арматурой могут служить до 50-100-лет.
- С 30-х годов XX-го века используют горячее цинкование арматуры и закладных деталей
- Считается, что оцинкованная арматура дороже чуть ли не вдвое, но, с учетом расходов на эксплуатацию сооружения и дорогостоящей замены несущих конструкций, она оказывается дешевле....

# Цинк- защита от коррозии

## Барьерная защита

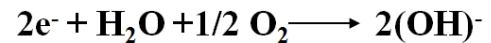
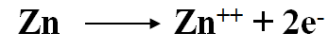
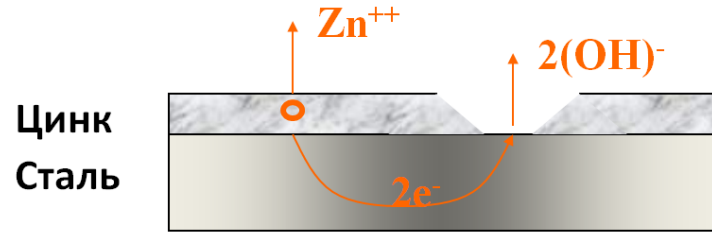
Предотвращает контакт стальной арматуры с атмосферой, солями и кислотными растворами



## Электрохимическая защита

«Жертвенный анод»

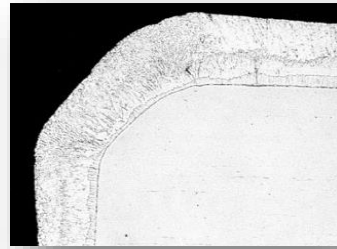
- Растворяясь Zn защищает сталь



# Оцинкованная арматура в бетоне

- На поверхности цинка в кислой среде ( $> \text{pH } 12.5$ ) образуется пассивирующая пленка – патина, которая изолирует цинк от внешнего воздействия;
- Цинкование не снижает ни прочность, ни пластичность армирующих сталей, в том числе высокопрочных;
- Исследование не выявило снижения связующей способности оцинкованной арматуры по сравнению с черной. На практике оцинкованная арматура обладает даже лучшей связующей способностью.
- К транспортировке и обращению с оцинкованной арматурой не существует специальных требований, кроме отслеживания радиусов изгиба для минимизации растрескивания покрытия. Процесс монтажа, заливки бетона и его уплотнения также не требуют особых технологических мер.

- Защита на кромке



- Стойкость к истиранию



- Последующая деформация



Срок службы арматуры с покрытием

- эпоксидным - 55лет
- цинковым – 100лет

# Объекты, где желателен применение оцинкованной арматуры

- настил моста, тротуары и защитные барьеры;
- прибрежные мосты и дорожная инфраструктура;
- градирни и трубы;
- глубокие фундаменты, сваи и тоннельные прокладки;
- портовые сооружения, волнорезы и прибрежные платформы, дамбы и набережные;
- в химическом и нефтехимическом производстве, электроэнергетике, целлюлозно-бумажных комбинатах, канализации, предприятия очистки и др..
- в дорогих и престижных объектах, где очень долгий срок жизни и важен для поддержания внешнего вида



30  
**Zn**  
Zinc  
65.38



# Оцинкованная арматура (штучное цинкование)

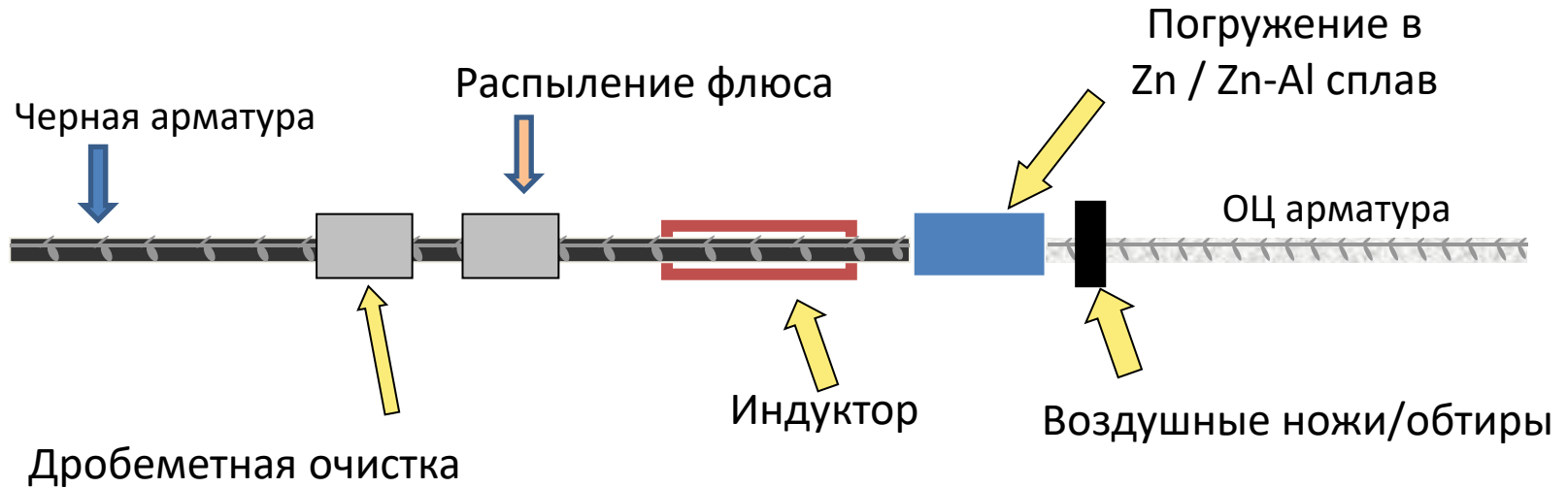
- Удорожание арматуры на 40-45%;
- Хрупкое покрытие – без возможности гибки;
- Низкая производительность, высокая себестоимость;



# Горячее цинкование (непрерывное)

## Подготовка поверхности

## Горячее цинкование



# Горячее цинкование (непрерывное)

- Прочное, гибкое покрытие
- Более дешевый вариант
- Обработка после нанесения покрытия
- Чистый цинк на поверхности - повышенная коррозионная стойкость
- Меньше вес, проще отгрузка, меньше вес и т. д.



## Различия между стандартами ASTM

- **A1094/A1094M**— это арматура оцинкованная по технологии непрерывного цинкования. Минимальная толщина покрытия 50 мкм. (Обычно до 68 мкм)
- **A767/A767M** — это арматура оцинкованная по технологии штучного цинкования. Минимальная толщина покрытия для класса I = 150 мкм и для класса II = 86 мкм. (Обычно до 240мкм)
- **A1055/A1055M** — это арматура с двойным цинково-эпоксидным покрытием. Тип I (A767) толщина покрытия > 150 мкм. Тип II (A1094) минимальная толщина покрытия -50 мкм

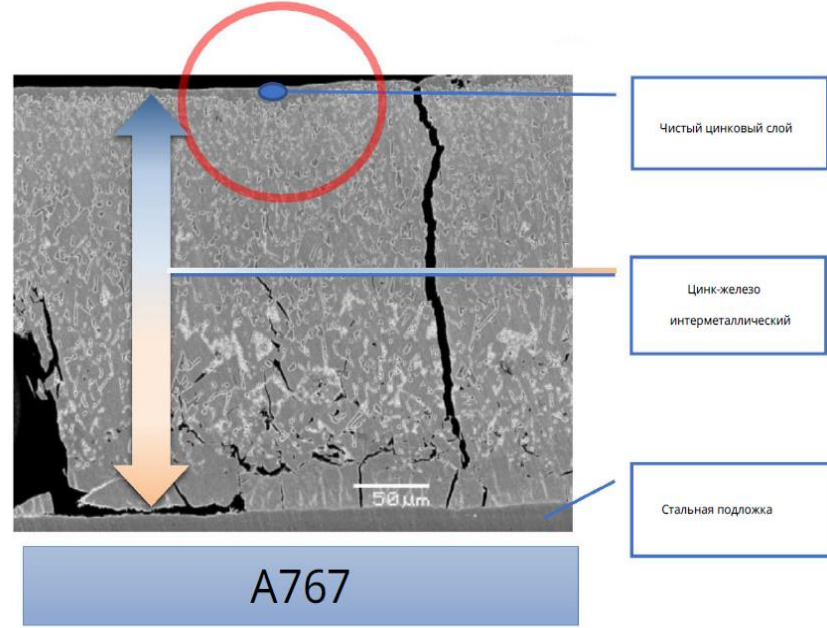
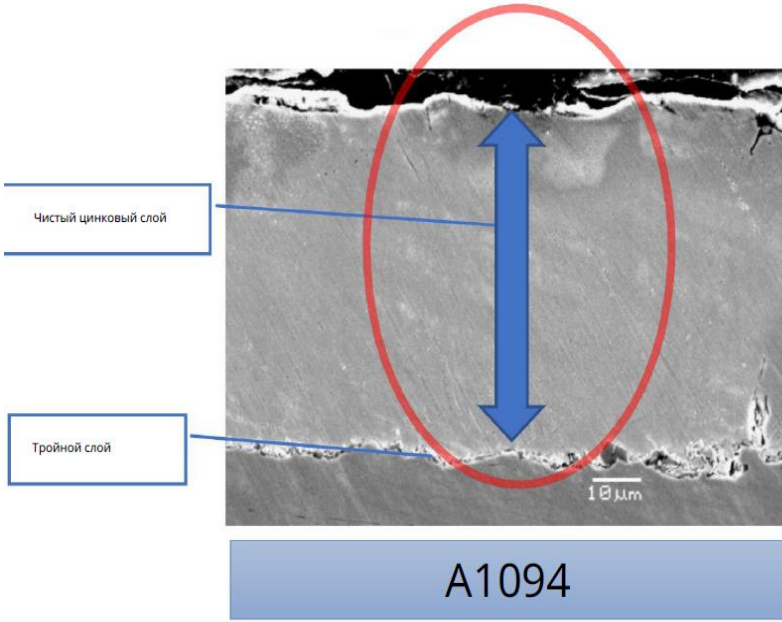


# Стандарт ASTM A780 – ремонт ОЦ с использованием цинкнаполненных красок Zn > 92%



Только торцы в местах реза

# Однофазная структура(A1094) и слои интерметаллидов цинка и железа (A767)



# Производственный цикл для оцинкованной арматуры

**A767**

Склад

Производство

Цинкование

Производство

Монтаж



**A1094**

Склад

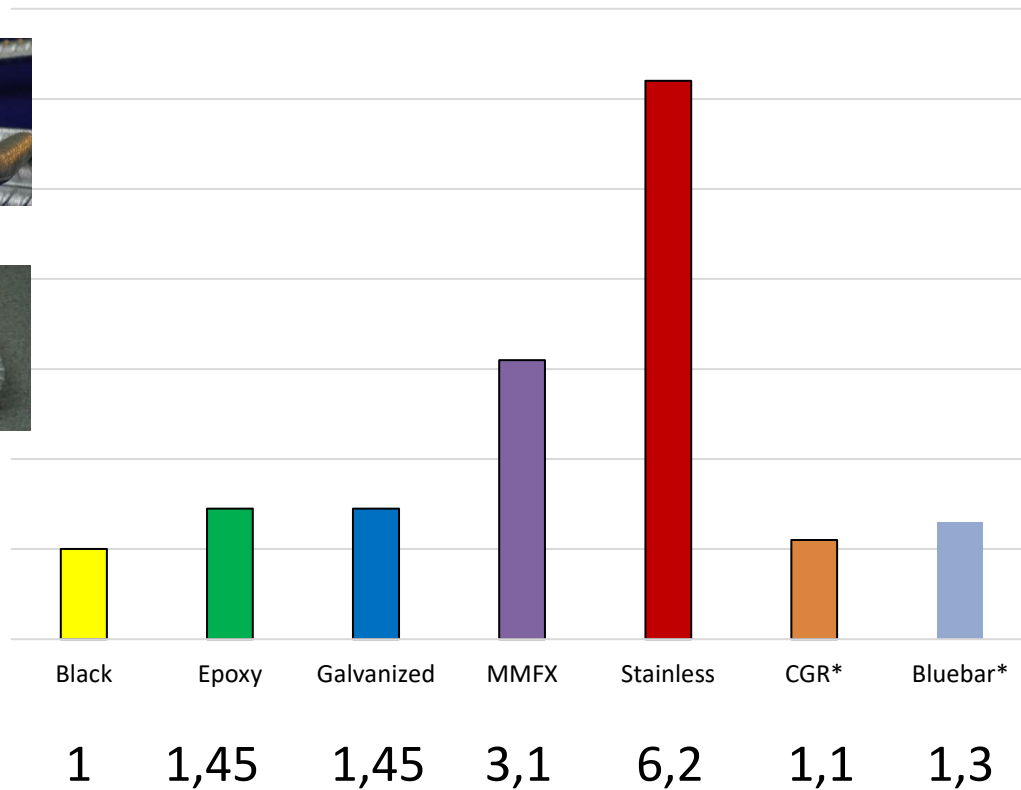
Цинкование

Производство

Монтаж



# Сравнение стоимости арматурного проката



# Рынок оцинкованной арматуры

В США, около 4%

В Европе около 2%.



Мост Boca Chica, Florida



ANDOC North Sea нефтяная платформа



Sydney Opera House, Sydney, Australia



Приморский дренажный коллектор (Сингапур)



# Cape Town Sea Wall, Cape Town, South Africa

- 85 лет эксплуатации
- Бетонные секции из «черной» и оцинкованной арматуры



# Мосты и магистрали



## Важные экономические и промышленные объекты



Коксовая печь



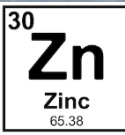
Завод по очистки жидких отходов



Прибрежные сооружения.



Портовые сооружения, причалы и боны

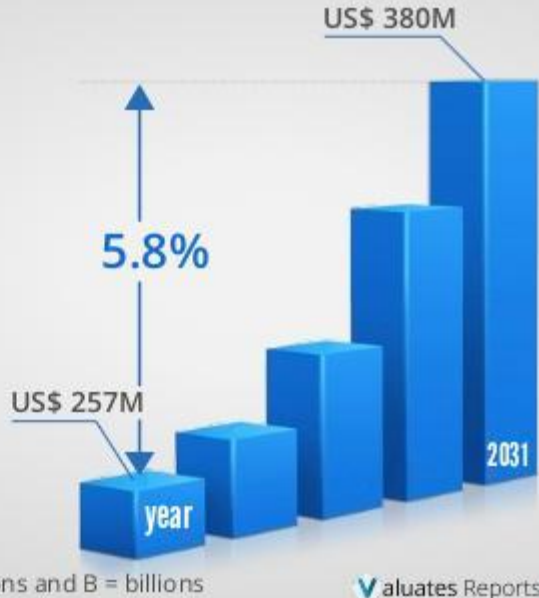


- ГЦ (HDG) штучное – дорого но надежно!
- ГЦ (CGR) непрерывное – дешево и удобно



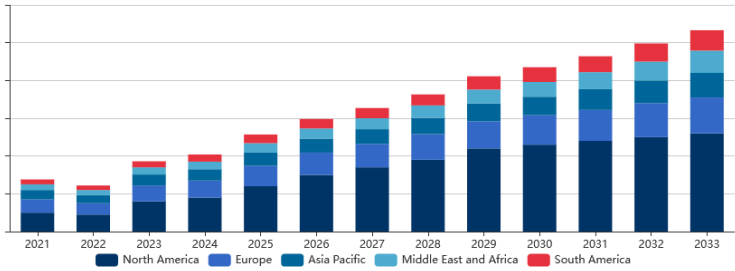
# Galvanized Rebar Market

**by Type** - Conventional Hot-dip Galvanized Rebar, Continuous Hot-dip Galvanized Rebar  
**by Application** - Infrastructure, Commercial and Residential, Others  
**By Company** - Commercial Metals Company, Nucor, ZINKPOWER, Debrunner Acifer Bewehrungen, Tata Steel, TG Co., Ltd, Madhav KRG Group, Xiamen New Steel Metal Products Co., Ltd, Jenco Group

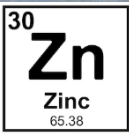


В настоящее время доля оцинкованной арматуры в развитых странах составляет от 3 до 5%, но надо учитывать ежегодный рост потребления этой продукции в 5%.

Galvanized Rebar Market Share (%) by Region (2021-2033)



Мировой рынок оцинкованной арматуры оценивался в 257 млн. дол. США в 2024 году и, по прогнозам, достигнет размера в 380 миллионов долларов США к 2031 году, при этом среднегодовой темп роста составит 5,8% в течение прогнозируемого периода.



# Рынок России

Если с учетом тенденций мирового и внутреннего рынка оценить **объем внутреннего рынка России к 2030 году** в 16 200 тыс. т, то емкость рынка оцинкованной арматуры составит (с учетом мировых показателей в 3-5%) **480-800 тыс. т.**

- РосАтом, Метрострой, РосАвтодор; Строительство;
- Строительство ВСМ;
- Освоение Северного морского пути;
- Реконструкция морской и речной инфраструктуры;

**Любые объекты будут служить намного дольше, если при их строительстве будет использоваться оцинкованная арматура.**



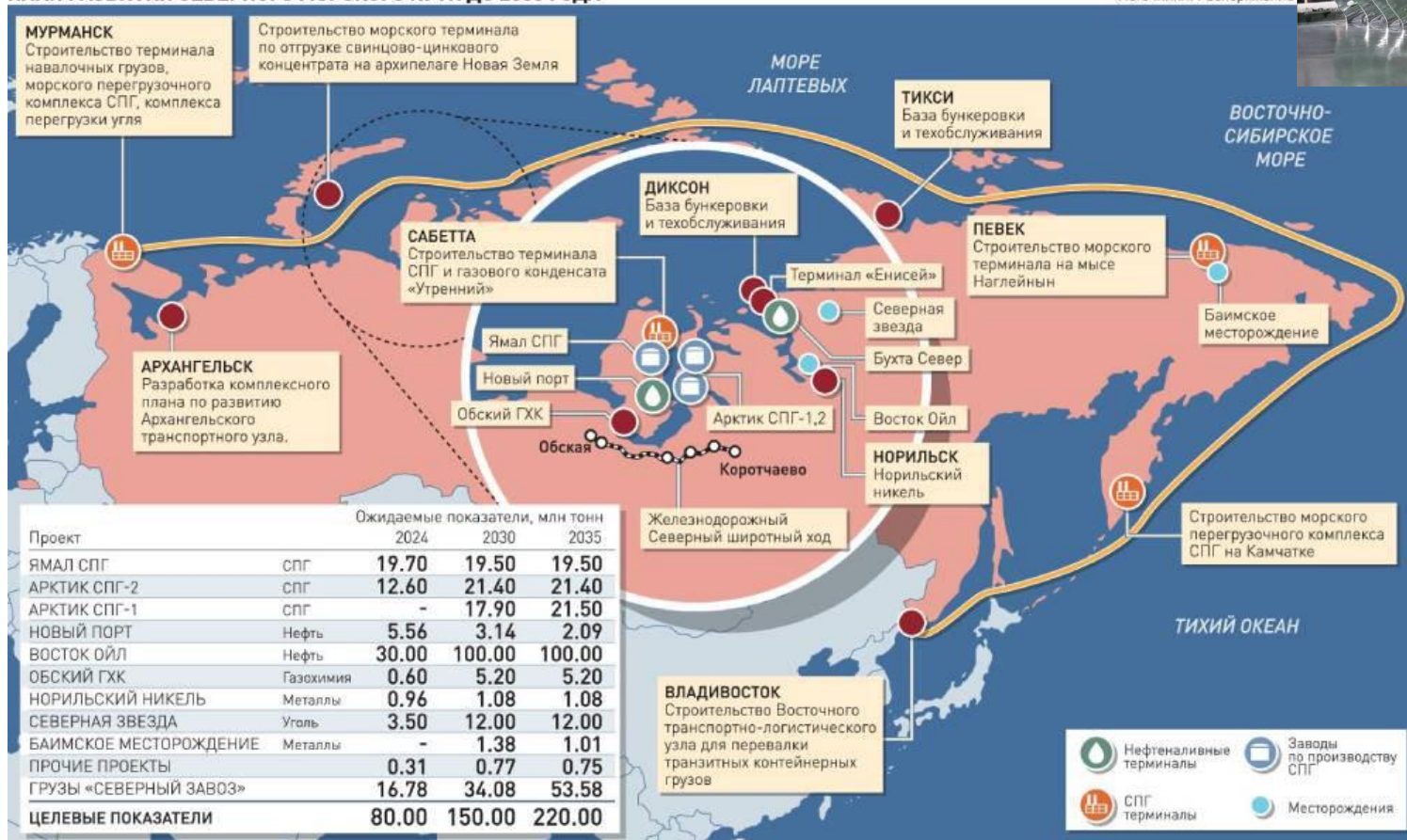
Арматура – перспективный рынок...

Но бороться с коррозией надо уже сейчас!



## ПЛАН РАЗВИТИЯ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ ДО 2035 ГОДА

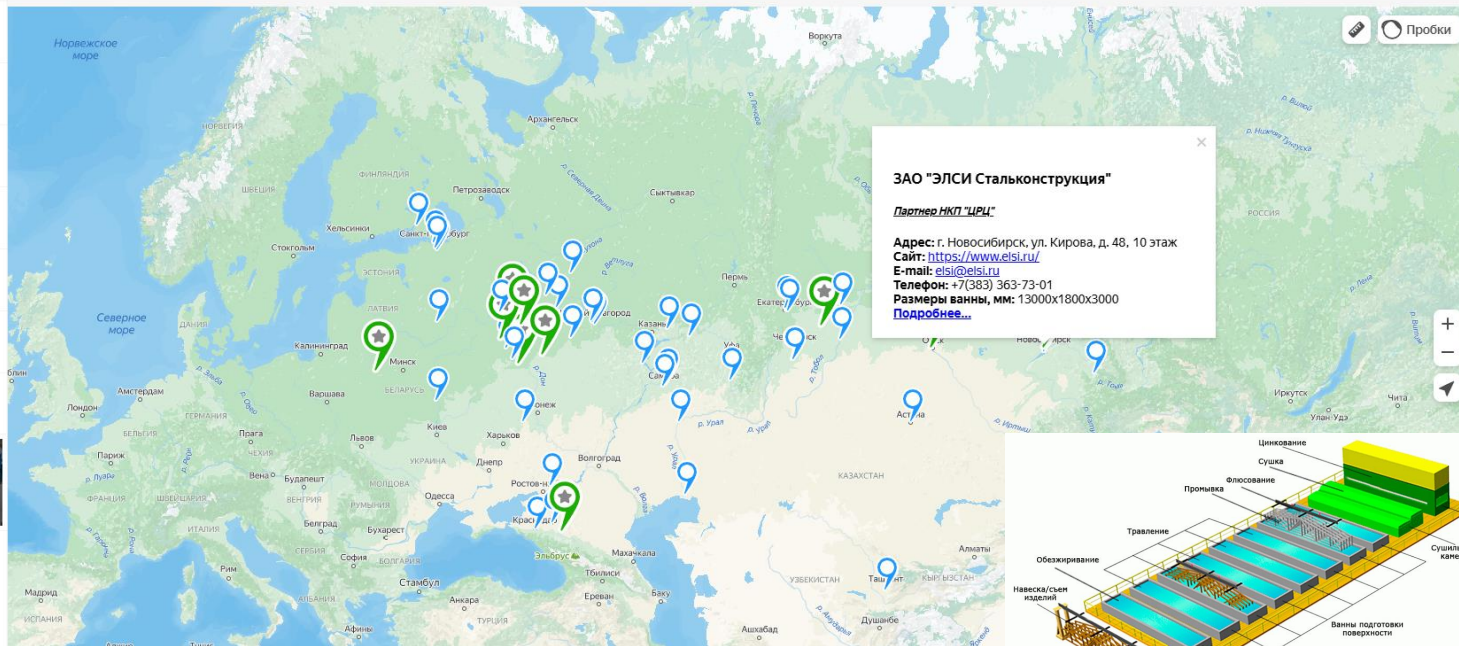
Источники: Распоряжение





## АДРЕСА ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРЯЧЕГО ЦИНКОВАНИЯ

Нашли ошибку?  
Напишите нам!



ГДЕ ОЦИНКОВАТЬ? >

РАСЧЁТ СРОКА СЛУЖБЫ (PREDICTOR)

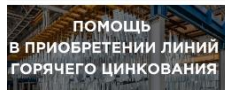
ВИДЫ ЦИНКОВАНИЯ >

ЦИНКОВОЕ ЛИТЬЁ

ОКСИД ЦИНКА И КРАСКИ

ЦИНКОВЫЙ ПОРОШОК

ЛАТУНИ И БРОНЗЫ



© НКП «Центр по развитию Цинка» 2000-2024.

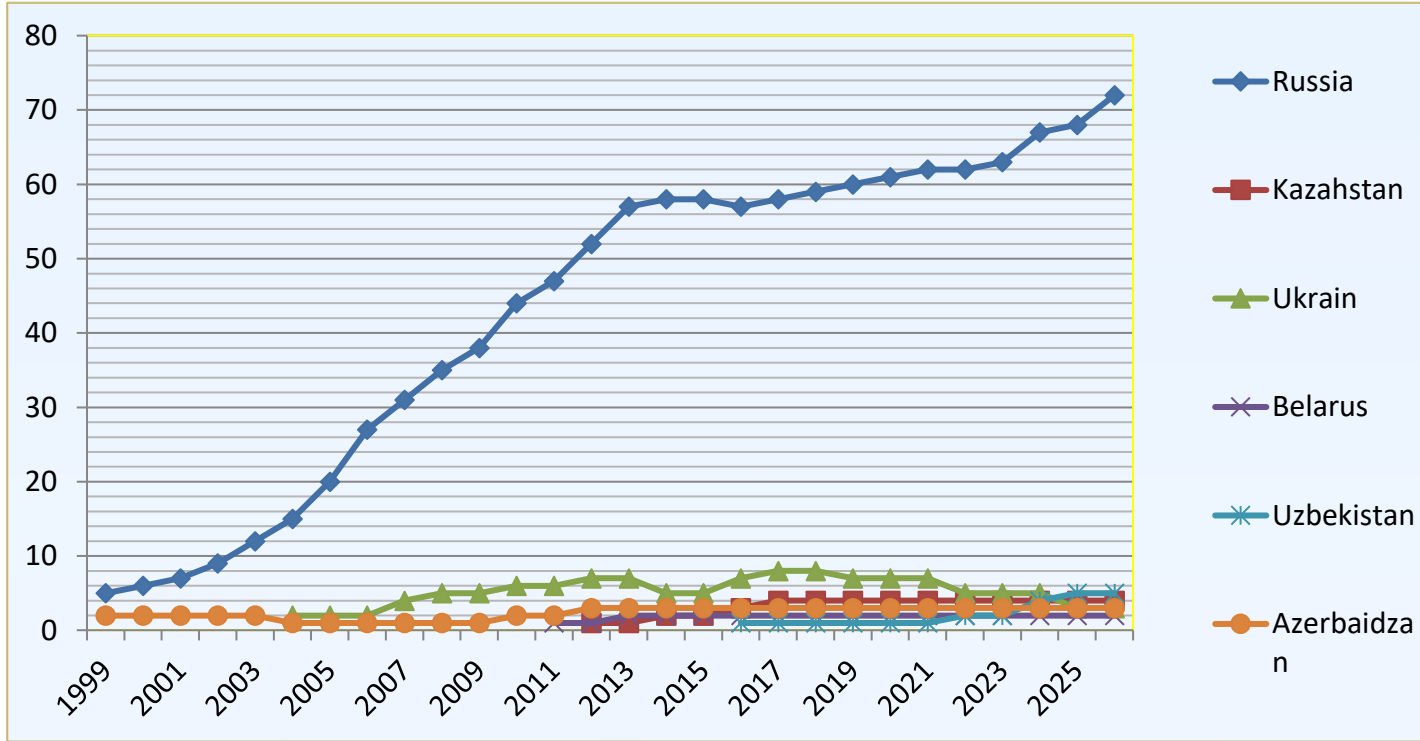
Все права защищены

Политика конфиденциальности





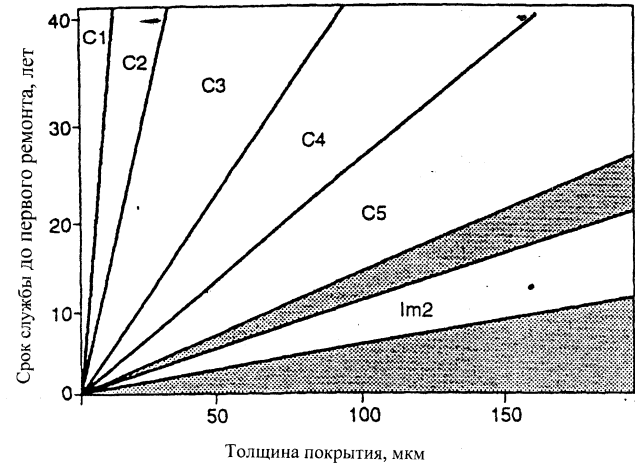
# Рост числа заводов ГЦ 1999-2026



## по ISO 9223, EN ISO 14713

Время жизни оцинкованного изделия с толщиной покрытия 100 мкм:

- для сельской местности - >100 лет
- для приморского климата и промышленного города - 50-40 лет
- для морского климата и насыщенного промышленностью индустриального района - 25-20 лет.

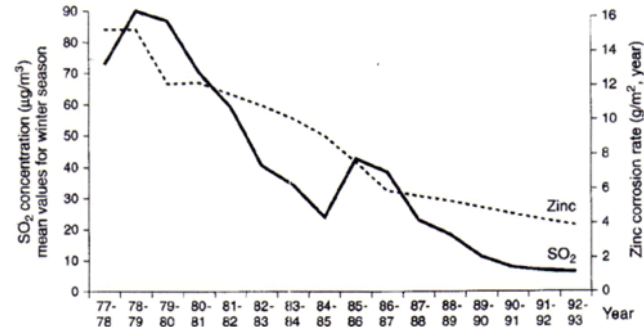


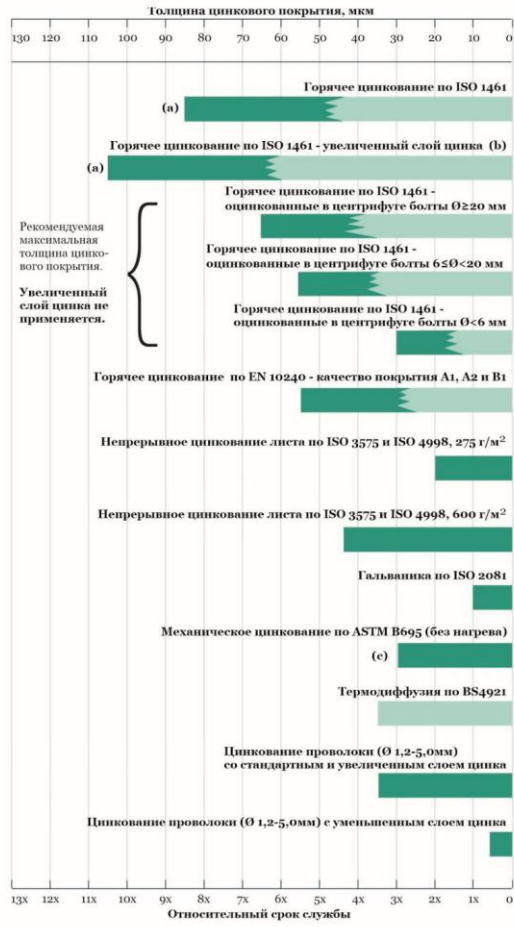
Оценка срока службы покрытия для различных категорий агрессивности окружающей среды :  
C1- очень слабая; C2 – слабая; C3 – умеренная; C4 – суровая; C5 – очень суровая; lm2 – морская вода в районах умеренного климата

## На скорость коррозии цинкового покрытия влияют следующие взаимосвязанные факторы:

- атмосферные условия окружающей среды: в помещении, на открытом воздухе, в условиях сельской местности, в городских условиях, в промышленных условиях, в условиях морского климата;
- скорость осаждения  $\text{SO}_2$ ;
- относительная влажность.

**60 мкм удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к жизнестойкости оцинкованных изделий** - в большинстве условий как континентального, так и приморского климата





### Срок службы изделий в зависимости от толщины цинкового покрытия

Железо-цинковые сплавы      Чистый цинк

- (a) Зависит от толщины материала. Для примера взята стальная конструкция, с толщиной стенки 6 мм.
- (b) Увеличенный слой цинка означает превышение максимальной толщины покрытия на 25%.  
 ПРИМЕЧАНИЕ: Если цинкуемая сталь не относится к реактивной, то увеличение слоя цинка достигается с трудом.
- (c) В случае механического покрытия метизов необходимо следить за габаритными размерами и резьбой.



# ILZRO SC-4 «Оцинкованные стальные конструкции для жилых зданий.»

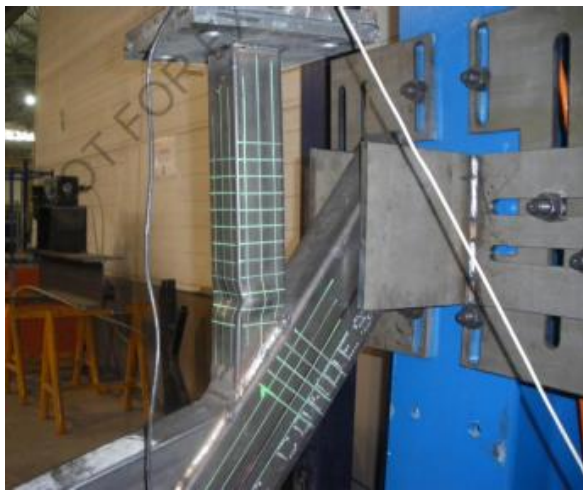
**Цель:** Натурные измерение существующего уровня коррозии на ОЦ стальных конструкциях за 7 лет.



## Выводы:

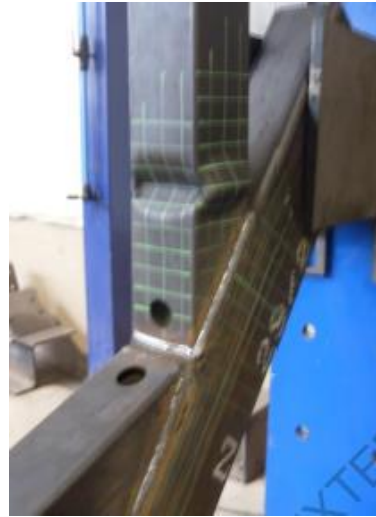
- Расчетный срок службы, был в среднем на -17,8% ниже экспериментального.
- Срок эксплуатации, исчисляемый по реальной скорости коррозии от 112 до 401 лет.

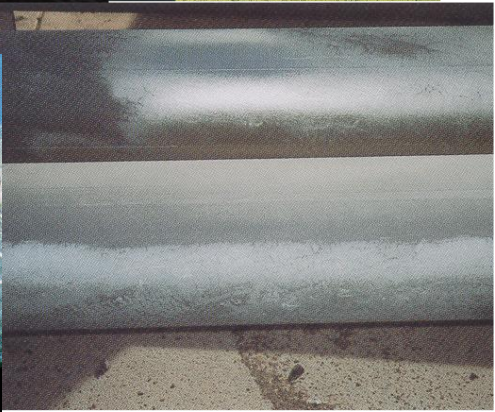
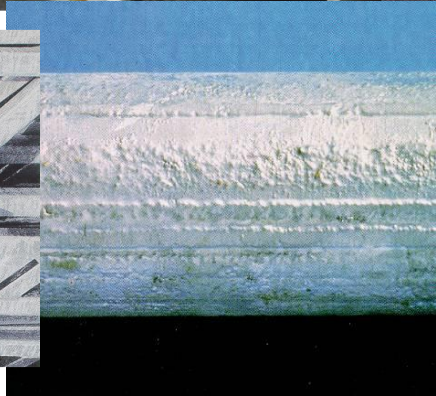
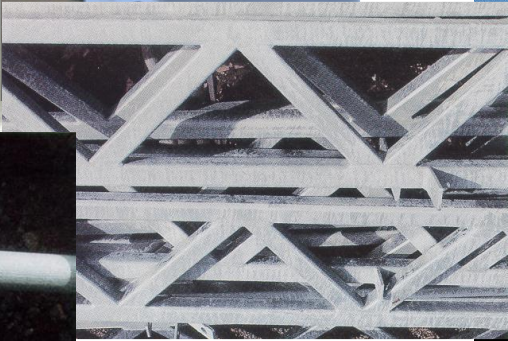
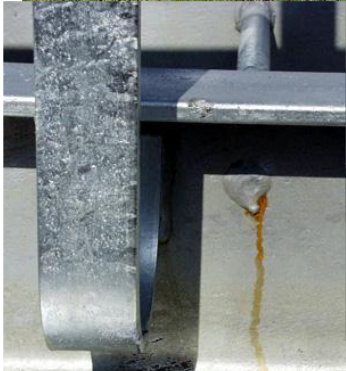
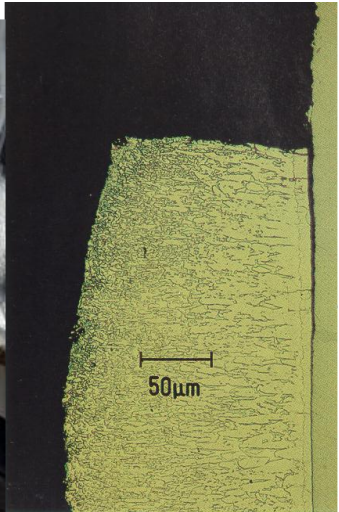
МАТЕРИАЛ	СПЕЦИФИКАЦИЯ ПОКРЫТИЯ (метрический)	НОМИНАЛЬНАЯ ТОЛЩИНА ПОКРЫТИЯ (микрон)	ИЗМЕРЕННАЯ ТОЛЩИНА ПОКРЫТИЯ (микрон)	ПЛОТНОСТЬ ПОКРЫТИЯ (g/cm <sup>3</sup> )	ВЕС ПОКРЫТИЯ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА (g/m <sup>2</sup> )
Оцинкован. 1	Z180	25	38	7.14	273
Оцинкован 2	Z180	25	29	7.14	206
Гальванич.	ZGF275	41	47	6.7	315
Алюмоцинк. 1	AZ180	49	60	3.75	227
Алюмоцинк. 2	AZ180	41	45	3.75	168



Деформированный  
образец без  
дренажных  
отверстий

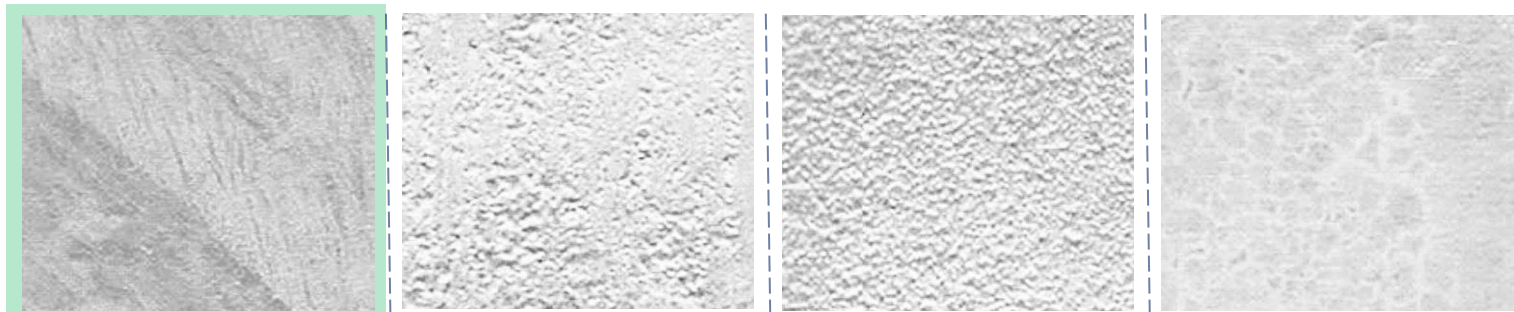
Деформированные  
образцы с  
дренажными  
отверстиями и  
после ГЦ





# Поверхность стали с различным содержанием кремния (Si)

**Время  
выдержки в  
расплаве  
цинка 6  
минут**



Si, %	0,02-0,05%	0,06-0,09%	0,10-0,12%	0,18-0,24%
Толщина покрытия	65-100 мкм	210-250 мкм	свыше 275 мкм	130-155 мкм
Поверхность	гладкая	зернистая	крупнозернистая	гладкая с рисунком
Расход цинка	~50-60 кг/т	~125-150 кг/т	свыше 160 кг/т	~95-120 кг/т

Для получения качественного покрытия с низким расходом цинка в стали нужно ограничивать содержание кремния и фосфора. Согласно исследований эти ограничения описываются эмпирической формулой:

$$Si\% + 2,5P\% < A$$

A = 0,09% для горячекатаных сталей  
A = 0,05% для холоднокатаных сталей





# СТО 34.01-2.2-008-2016

5.4. Антикоррозионная защита металлоконструкций должна соответствовать степени агрессивности атмосферного воздуха	Соответствие	СНиП 2.03.11-85 (СП 28.13330.2012) п.4.2
---	--------------	--

Наименование функциональных показателей	Требуемое значение	Документ, устанавливающий требования
1	2	3
5.5. Защита от коррозии осуществляется: -Конструкций опор вне зоны промышленных загрязнений и приморской зоны - Конструкций опор в зоне промышленных загрязнений или в приморской зоне –  Крепёжных изделий –	горячим цинкованием 80 – 100 мкм.  дополнительно к горячему цинкованию лакокрасочными покрытиями IV группы по СНиП 2.03.11 толщиной не менее 150 мкм.  горячим цинкованием при толщине не менее 42 мкм. Резьба гаек не оцинковывается.  - По согласованию с Заказчиком допускается для крепёжных изделий применение термодиффузионного цинкования толщиной не менее 42 мкм. При этом технология должна предусматривать мероприятия по исключению появления бурого налёта	НТП ВЛ-2014 г СНиП 2.03.11-85 (СП 28.13330.2012)

- ГОСТ 9.307-89
- Требуемое значение:  
ГЦ -42мкм, ТДЦ-21мкм





# Внесение изменений в ГОСТ 9.307-21



Дорогие друзья!

Начинаем сбор данных и замечаний к новой редакции **ГОСТ 9.307-2021**.  
Ваши предложения и замечания просим направлять на почту: [gost9.307-2021@zdc.ru](mailto:gost9.307-2021@zdc.ru)



Вопросы, пожелания, изменения, дополнения??

Ждем !

# Наши издания!

Любая печатная продукция НКЦ «ЦРЦ» может быть напечатана с Вашей рекламой.

### Горячее цинкование - долговечность, эффективность, надежность

### Возможные дефекты горячеоцинкованного покрытия

### Сварка и горячее цинкование

### Проектирование и дизайн конструкций для горячего цинкования

### ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОЦИНКОВАННОГО ПРОКАТА

### Белая РЖАВЧИНА

Продукция «белая ржавчина» — это оцинкованный прокат с покрытием толщиной от 5 до 15 мкм. Он отличается от обычного оцинкованного проката тем, что имеет более высокую коррозионную стойкость. Это достигается за счет использования более чистого цинка и более толстого покрытия.

Белая ржавчина — это вид коррозии, который возникает на поверхности оцинкованного металла в результате взаимодействия с окружающей средой. Она характеризуется образованием белого порошкообразного осадка, который легко удаляется с поверхности.

Для предотвращения появления белой ржавчины необходимо использовать специальные защитные покрытия и соблюдать условия эксплуатации.

### ЦИНКУЕШЬ ИЛИ ТЕРЯЕШЬ?

### Дополнительная защита оцинкованного и подготовка оцинкованной поверхности под покраску

Пассивация оцинкованной поверхности — это процесс нанесения тонкого слоя хромата или фосфата на поверхность металла. Это предотвращает образование белой ржавчины и улучшает адгезию лакокрасочных материалов.

Подготовка поверхности под покраску включает удаление загрязнений, обезжиривание и нанесение грунтовки. Это обеспечивает долговечность и качество покрытия.



## Создание Руководящего документа (РД):

«Горячее цинкование изделий для ПАО «РОССЕТИ». правила  
изготовления и приемки.»

Технические требования

Предлагаем сотрудничество, помощь и консультации.



**10-13 НОЯБРЯ**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ,  
КВЦ «ЭКСПОФОРУМ»**

32-я Международная  
промышленная выставка

# **МЕТАЛЛ ЭКСПО 2026**

12+

Генеральный  
информационный партнер:



Металлоснабжение и сбыт

При поддержке:



Минпромторг  
России



МЭРТ



UFI  
Approved  
Event



**МЕТАЛЛ  
ЭКСПО**

Оргкомитет выставки:  
тел./факс +7 (495) 734-99-66

[www.metal-expo.ru](http://www.metal-expo.ru)



**Спасибо за внимание!**

**НКП «Центр по развитию Цинка»**

**[www.zdc.ru](http://www.zdc.ru)**

**+7-906-772-07-39**

**к.т.н. Польшкин В.И.**

**[polkin@zdc.ru](mailto:polkin@zdc.ru)**