



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Основы коррозии и защиты металлов

**Лихачев Владислав
Александрович**

8-922-913-36-20



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Необходимость изучения курса «Защита строительных конструкций от коррозии»

- Коррозия металлов приносит в любом развитом государстве гигантские экономические потери, которые составляют **от 6% до 12%** национального дохода страны.
- Причем эти потери постоянно растут за счет 2 причин:
 1. Увеличения массы эксплуатируемых конструкционных материалов;
 2. Ужесточения условий коррозии.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Термин коррозия

- **Коррозия - самопроизвольное разрушение материалов при их физико-химическом взаимодействии с окружающей средой.**

Для строителей это:

- Коррозия **металлов** (стали, чугун, сплавы алюминия);
- Коррозия **бетона и железобетона**;
- Коррозия (старение) **пластмасс**;
- Коррозия (разрушение) **дерева**.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Литература

1. Семенова, И. В. Коррозия и защита от коррозии [Текст] : учеб. пособие / И. В. Семенова, Г. М. Флорианович, А. В. Хорошилов; под ред. И. В. Семеновой. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 376 с.
2. ГОСТы **ЕСЗКС, СНиПы**



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Типы коррозии

ХИМИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Определение

Химической коррозией
называется самопроизвольный
процесс разрушения металлов под
действием ***сухих газов и***
неэлектролитов, при котором
окисление металла и
восстановление окислителя
протекают в виде ***одной***
гетерогенной химической



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Виды химической коррозии

Химическая коррозия

Газовая коррозия

Коррозия в не электролитах

Топочные газы

Органические
жидкости

Сухой воздух

Нефть и
продукты её перегонки

В строительной практике наиболее распространенные виды химической коррозии: в **сухом воздухе** и в **топочных газах**.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Термодинамика химической коррозии

Согласно термодинамическим оценкам все металлы, за исключением золота, должны корродировать под действием кислорода воздуха, при этом на поверхности металла протекает гетерогенная химическая реакция



в результате которой на металле появляются продукты в виде оксидов и солей.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Скорость газовой коррозии

**Скорость
химической газовой
коррозии зависит от
свойств
получающихся
продуктов коррозии**



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Скорость газовой коррозии

при коррозии **ОКСИДОВ** и
СОЛЕВЫХ ПЛЁНОК

определяются тремя
ОСНОВНЫМИ факторами:

- **природой** корродирующего металла
- **температурой** коррозии
- **составом** коррозионной среды



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Влияние природы металла на химическую коррозию

- Разные по природе металлы могут образовывать при химической коррозии **сплошной и не сплошной** оксид.

Сплошность оксида зависит от соотношения двух объемов:

V_{ok} – объём оксида (продуктов коррозии),

V_{Me} – объём корродирующего металла



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Химическая коррозия при **не сплошном** оксиде

При $V_{ok}/V_{Me} < 1$, оксид не сплошной, образующаяся плёнка не может защитить металл и не оказывает тормозящего влияния на скорость коррозии.

Щелочные и щелочеземельные металлы **Na, K, Ca**



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Химическая коррозия при не сплошном оксиде

Сплошная защитная плёнка не может
получиться также, если

$$V_{ок} / V_{Me} > 2,5 \div 3,5$$

Оксид из-за больших внутренних напряжений
постоянно отскакивает от поверхности и
металл оголяется

**Металлы: W, Mo, V при
температурах более 600 С**



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Рост во времени не сплошного оксида

При не сплошном оксиде коррозия протекает по линейному закону

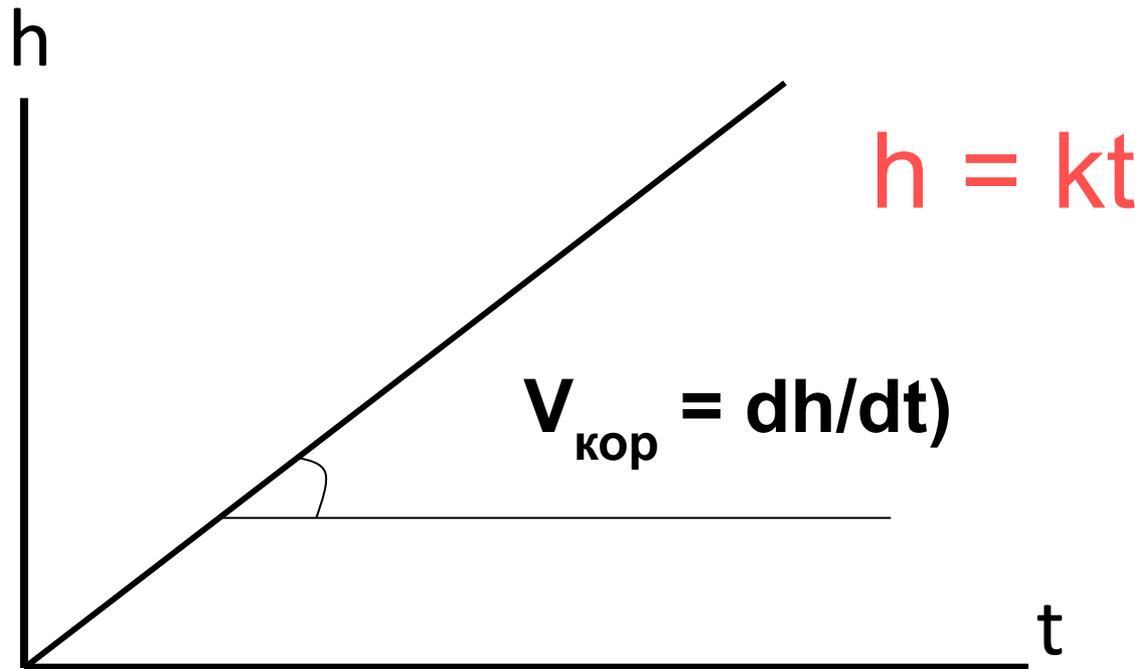


Рис. 1.1 Линейный закон роста оксидной плёнки



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Изменение скорости коррозии при не сплошном оксиде

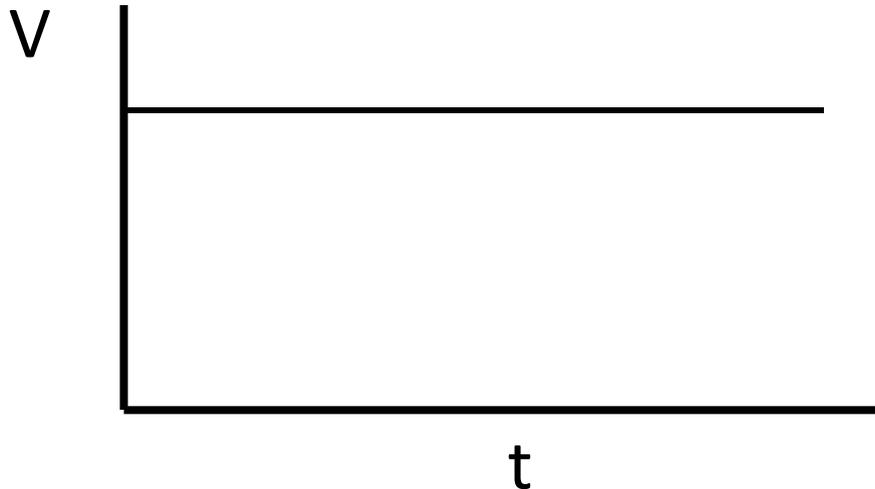


Рис. 1.2 Изменение скорости коррозии во времени при линейном законе роста оксидной плёнки

$$V_{\text{кор}} = dh/dt$$

*Скорость химической коррозии велика и постоянна во времени, металл **не только эксплуатироваться, но храниться на воздухе не может.**



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Химическая коррозия при сплошном оксиде

**Для большинства технических
металлов (Fe, Cu, Al, Ni, Ti и т.д.)
оксид получается сплошным, т.е.
выполняется условие сплошности
:**

$$1 < V_{\text{ок}} / V_{\text{Me}} < 2,5 \div 3,5$$



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Скорость коррозии при сплошном оксиде

При сплошном оксиде скорость химической коррозии зависит от **упорядоченности, плотности оксида**, которая в свою очередь определяется **температурой, составом газовой среды и природой металла**

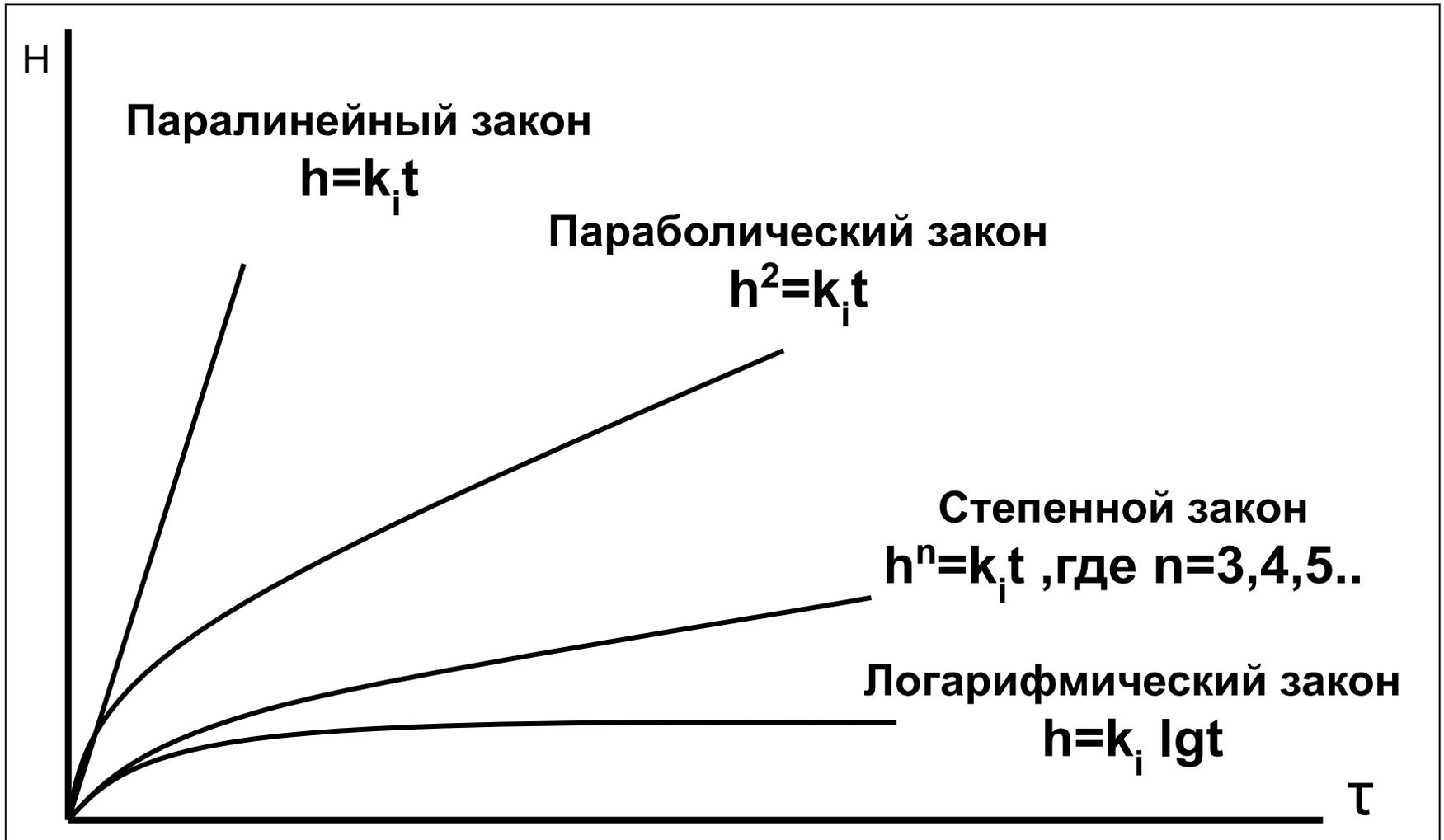


ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Законы роста оксидной плёнки

Самый главный фактор, влияющий на **упорядоченность**, **плотность оксида**, а значит и на скорость химической газовой коррозии – это **температура**. В зависимости от температуры оксид растёт по разным законам

- логарифмический $t \text{ }^{\circ}\text{C} < 250 - 300$
- Степенной (переходный)
- параболический $t \text{ }^{\circ}\text{C} > 250 - 300$
- паралинейный $t \text{ }^{\circ}\text{C} > 800 - 900$



- Рис. 1.3 Зависимость толщины плёнки продуктов коррозии от времени при различных законах роста оксидной плёнки



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Изменение скорости коррозии во времени при различных температурах

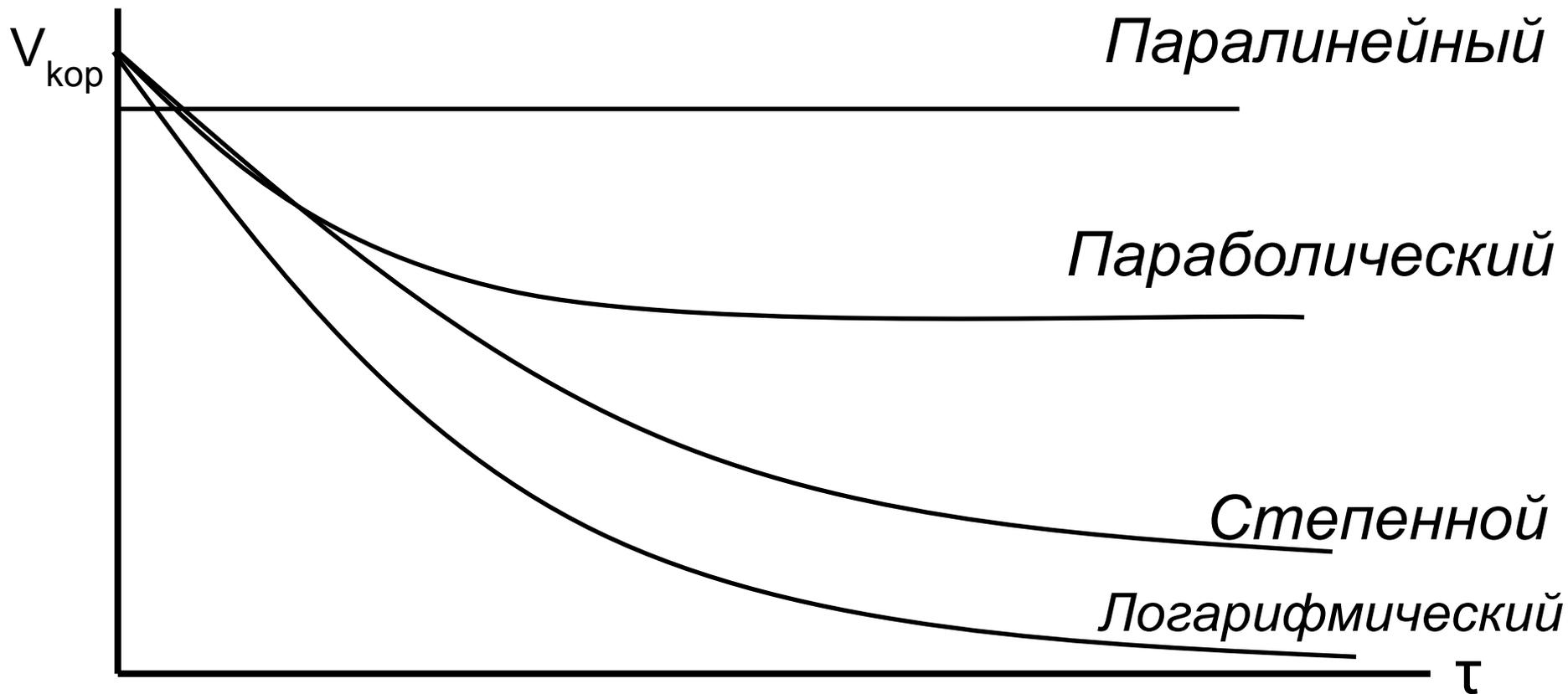


Рис. 1.4 Изменение скорости коррозии во времени при различных законах роста оксидной плёнки



Влияние температуры на скорость химической коррозии

- **Вывод:** Химическая коррозия становится опасной, когда оксид растет по параболическому закону и получается неупорядоченным, неплотным. Такой оксид называется **окалина**.
- Защитное действие окалины не велико и скорость коррозии даже через большое время при достаточно большом по толщине оксиде остается высокой.
- **Металл нужно защищать.**



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

температура
окалинообразования -
температура при которой
наблюдается переход к
параболическому закону и на
поверхности металла начинает
образовываться **окалина**
является характеристикой
жаростойкости металла



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Понятие о жаростойкости и жаропрочности

Поведение металла при высоких температурах описывается двумя характеристиками:

- **Жаростойкость** – способность металла сопротивляться химической коррозии при высоких температурах.
- **Жаропрочность** – способность металла сохранять свои механические характеристики при высоких температурах.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Влияние температуры на скорость газовой коррозии

Выводы

1. Чем **выше температура**, тем **выше скорость** химической газовой коррозии.
2. С газовой коррозией под действием сухого воздуха сталкиваются области промышленности, имеющие дело с **горячим металлом**.
3. **Строители** химическую газовую коррозию должны учитывать и по возможности уменьшать:
 - при сварке;
 - при термообработке;
 - при использовании печей.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Химическая коррозия печи





ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Влияние состава коррозионной среды на газовую коррозию Ст3

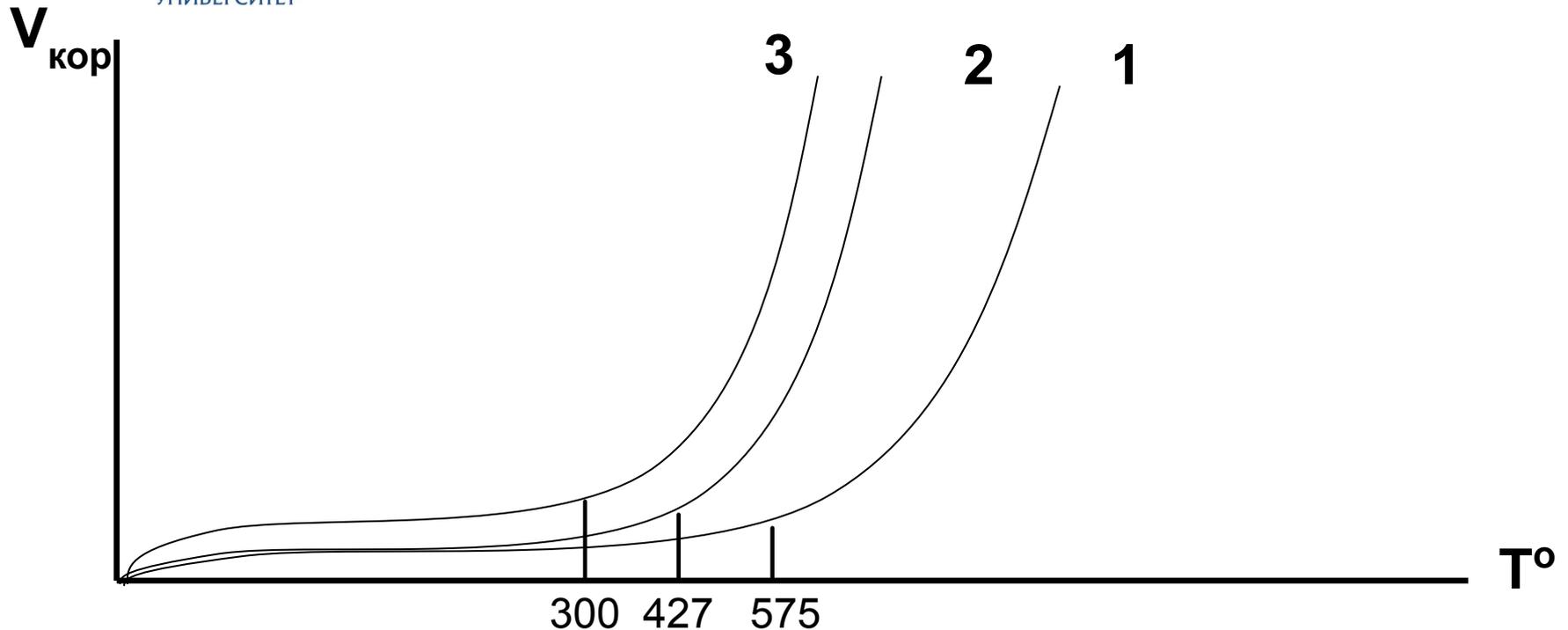


Рис.1.5 Поведение железа в условиях химической коррозии

- 1 - железо в чистом воздухе
- 2 - железо в чистом воздухе с 5% парами воды.
- 3 - железо в воздухе+пары воды + 0,02% серосодержащих газов(SO_2 , SO_3 , H_2S)



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Поведение железа и углеродистых сталей при химической коррозии

- Таким образом железо, углеродистые и низколегированные стали в условиях химической коррозии необходимо защищать при температуре выше 300°C .
- 300°C – реальная температура окалинообразования железа.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Понятие о жаростойком металле

- Большинство технических металлов **не жаростойки.**
- Но некоторые металлы обладают **жаростойкостью.**
- Жаростойкий металл – это металл который даёт упорядоченный оксид до температуры близкой к температуре **плавления.**



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Жаростойкие металлы

Al: $t_{\text{пл}} = 658^{\circ}\text{C}$ упорядоченная
плёнка, упорядоченный оксид
до температуры плавления $t_{\text{пл}}$

Cr: $t_{\text{пл}} = 1857^{\circ}\text{C}$

$t_{\text{окалинообразования}} = 1300^{\circ}\text{C}$



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Защита от химической коррозии

Три направления борьбы с химической коррозией:

1. изменение природы металла (жаростойкое легирование);
2. защитные покрытия;
3. защитные атмосферы.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Жаростойкое легирование

- Основные элементы жаростойкого легирования **Cr, Al, Si**.
- Самый главный элемент **Cr**, вводится в количестве от **4-5%** до **30%**;
- **Al** и **Si** – дополнительные компоненты,
- **Al** вводится в количестве **0 – 5%**;
- **Si** – в количестве **0-4%**



Примеры жаростойких сталей

- 15X5M, 12X5MA – 550-600 С;
- 15X6CM - 650-700 С;
- 10X9C2Ю, 12X13 - 800 – 850 С;
- 12 X17, 08X17Т - 850-900 С;
- 12X25Т, 15X28, 15X28Н – 1100-1200 С;

Никелевые сплавы

- Нихром, нимоник, хастеллой, хромель, алюминель – 1100-1200 С



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Жаростойкие покрытия

Вид покрытия	Рабочие температуры	Примечание
Неорганические эмали	до 900 °С	Не выдерживают температурных перепадов
Покрытия оксидами (керамические покрытия)	до 2000 °С	-»-
Покрытия композицией металл – оксид (керметовые покрытия)	до 1700 °С	-»-
Термодиффузионные покрытия Термоалитирование; Термохромирование, термосилицирование	до 900 °С	Поверхностное легирование
Покрытия тугоплавкими материалами (боридами)	до 900 °С	Азотирование, борирование



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Защитные атмосферы

1. Применяются широко при **сварке**. Сварка идет при температуре выше температуры плавления стали, и при ее проведении всегда используются флюсы. **Флюс** разлагается и частично вытесняет кислород из зоны сварки.
2. Нержавеющие стали, алюминий, титан не могут вариться даже под слоем флюса, а только в атмосфере инертного газа: **аргона**.
3. Применяются при **термообработке** (прежде всего при отжиге). Отжиг проводят в герметичных печах, куда специально закачивается инертная атмосфера или она формируется в печи за счет сжигания угля.