



2.5

**ИЗНАШИВАНИЕ  
НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ.**

# В конструкциях ЛА

- применяется большое количество **неметаллических материалов:**  
**резины, органическое стекло, пластмассы, фрикционные материалы, ткани, лакокрасочные покрытия, декоративные материалы, древесина.**

# Основой

многих неметаллических

материалов являются

**естественные** и

**искусственные**

полимерные вещества

(**каучуки**, **смолы** и др.)

# Старение полимеров

Оно представляет собой такое **необратимое изменение свойств**, которое происходит под действием **тепла, кислорода, солнечного света, ионизирующих излучений, озона, механических напряжений** и др.

# В процессе старения

происходят химические превращения макромолекул, приводящие к их деструкции.

- **Деструкция** - разрушение макромолекул под действием тепла, кислорода, влаги, света, радиации, механических напряжений.

# В следствия старения

ухудшаются механические характеристики полимеров, появляются трещины на поверхности, разрастающиеся с течением времени.

- Рассмотрим старение полимеров на некоторых примерах.

# Органическое стекло

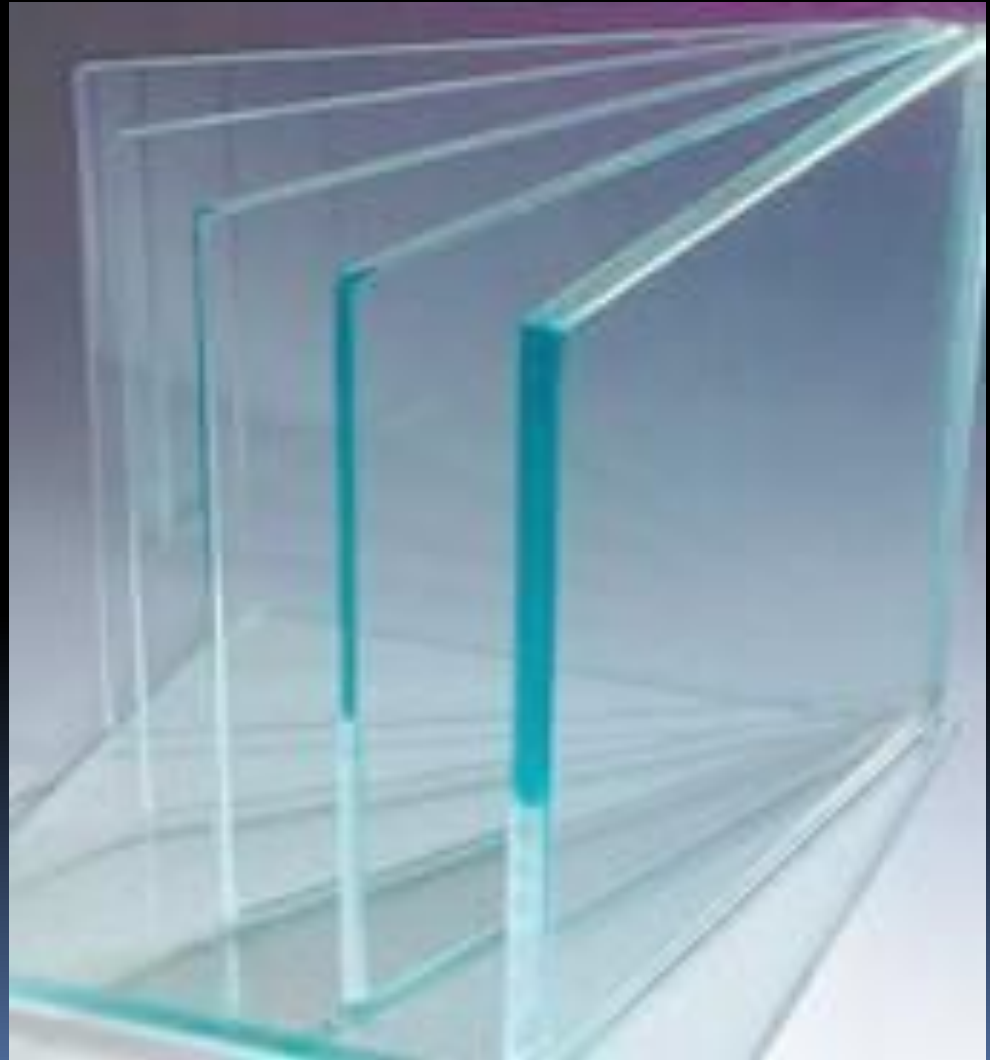
(Полиметилметакрилат)

Обладает **малой** теплопроводностью и **одновременно с ЭТИМ** **значительным** коэффициентом **линейного** **термического** **расширения.**



# При резкой

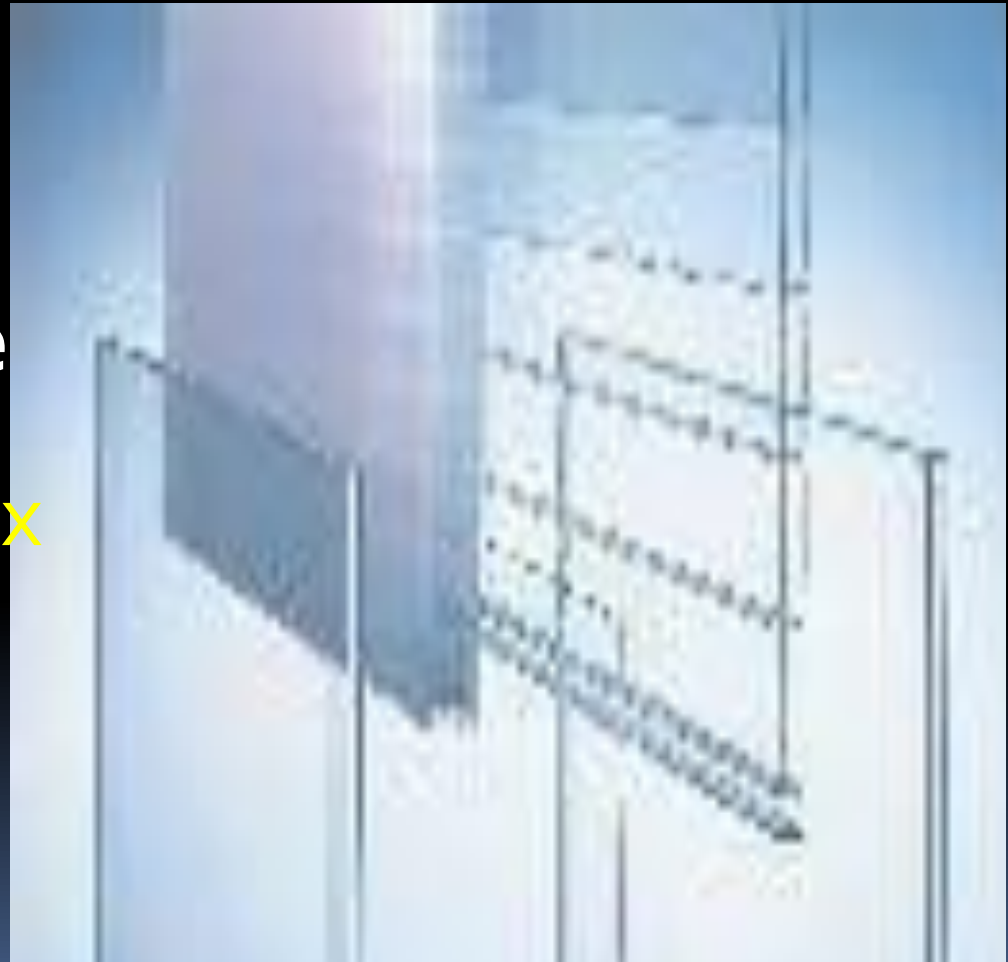
смене температур  
отдельные слои  
вследствие малой  
теплопроводности  
приобретают  
различную  
температуру.





# Это вызывает

появление внутренних напряжений в органическом стекле и может привести к образованию мелких поверхностных трещин, которые обычно называют «серебром».





# Внутренние напряжения

- МОГУТ ВОЗНИКНУТЬ при монтаже деталей из оргстекла вследствие неравномерной затяжки.
- Под воздействием этих напряжений может произойти деструкция , которая с течением времени приведёт к появлению трещин.

# Деструкция

- макромолекул некоторых каучуков в среде воздуха происходит вследствие окисления, что также с течением времени приводит к появлению поверхностных трещин.
- Во многих гидрогазовых системах воздух заменяют азотом, поскольку основные уплотнения изготавливаются из резин

# Старение резин

- может происходить от действия солнечного света, вызывающего ухудшение её физико-механических свойств.
- Вследствие этого хранение изделий из резины на открытом воздухе, с доступом солнечного света приводит к преждевременному выходу их из строя.

# Старение полимеров.

- Поскольку полимеры входят в состав многих авиационных материалов и особенно лакокрасочных покрытий – то их старение имеет такую же природу .

# Изнашивание резин и неметаллических материалов

- Резина широко применяется в подвижных и неподвижных соединениях различных систем в качестве уплотнителей (манжеты, кольца, прокладки и т.п.) и мембран.
- В подвижных соединениях резиновые детали изнашиваются вследствие контактирования с металлическими поверхностями

# Из-за значительного различия

- механических свойств  
трущихся материалов  
решающее влияние на трение  
и изнашивание резин  
оказывает шероховатость  
металлической поверхности.



**Здесь следует учесть**

**, что очень гладкие  
металлические поверхности  
( $Ra=0.04-0.16$  мкм) неспособны  
удерживать смазку в зоне  
контакта с уплотняющим  
элементом, а это увеличивает  
износ.**

# Грубо обработанные поверхности

( $R_a = 2.50 - 1.25$ ) хорошо

удерживают смазку, но большие микронеровности деформируют поверхностный слой резины, что также увеличивает износ.

# Максимальная долговечность

манжетных уплотнений

достигается при параметре

шероховатости поверхности

металла ( $Ra=0.16-0.63$ )

- При трении резин по твёрдым поверхностям наибольшее значение имеет усталостный ИЗНОС

# Т.к. в процессе

внешнего трения происходит многократное деформирование резины в отдельных пятнах фактического контакта, которое приводит к разрушению и последующему отделению материала.

# Влияние температуры

- Значительное влияние на изнашивание резин оказывает температура.
- Температурный режим работы уплотнений определяется температурой уплотняемой среды и количеством тепла, выделяющегося при трении.

# Температура трения

- может при **определённых** режимах работы уплотнений **превышать** температуру уплотняемой среды на **80-100°C**.
- При **значительном износе** и **повышенной температуре** наблюдаются **термоокислительные процессы**, приводящие к **деструкции полимера**.

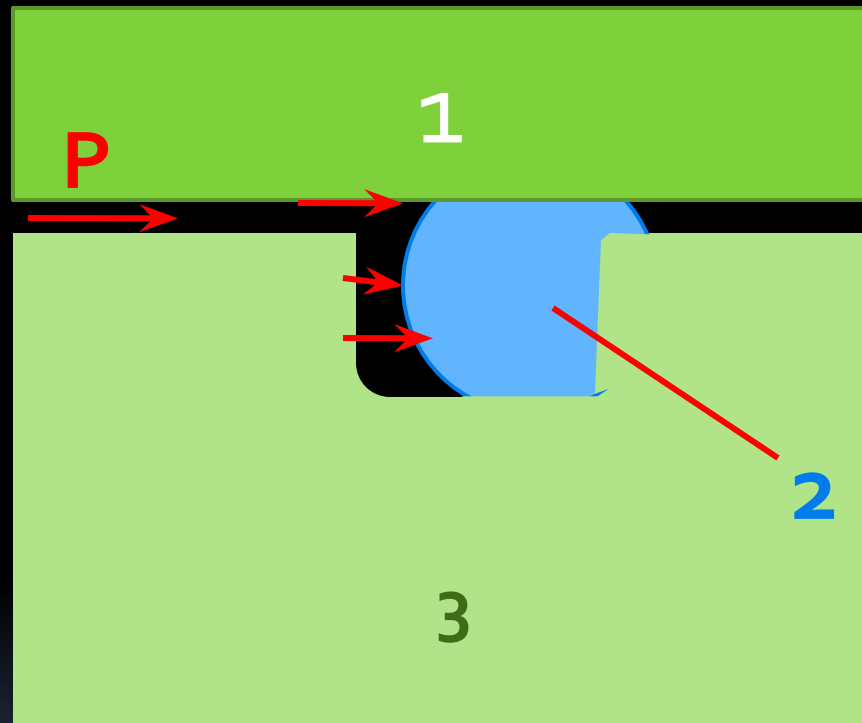
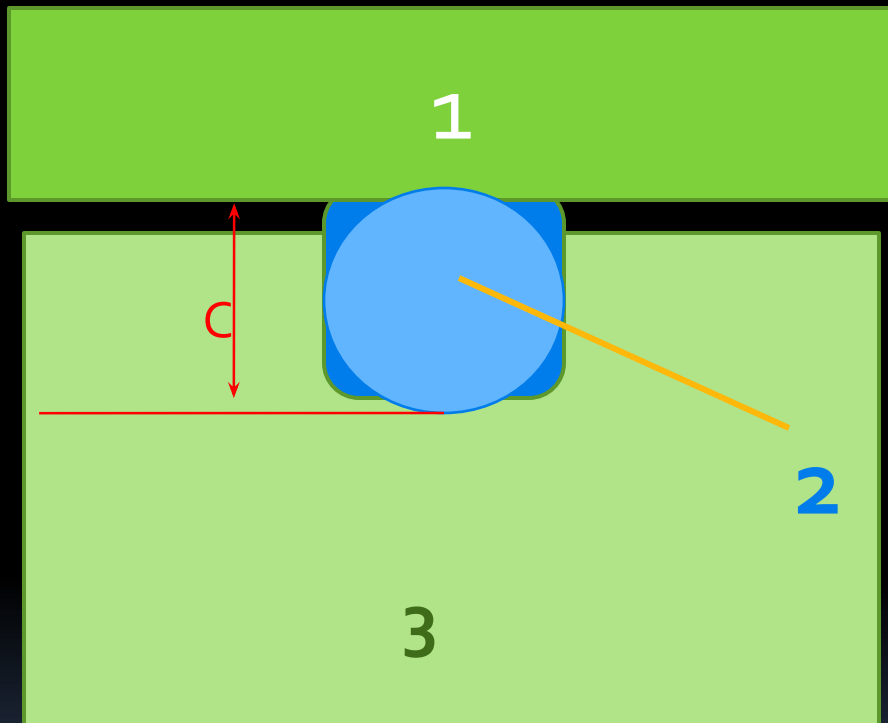
# Износы резин

увеличиваются при их деформации.

Рассмотрим это положение на примере работы уплотнительного резинового кольца.

Как известно, каждое кольцо установлено с определённым обжатием, иначе в противном случае не произойдёт уплотнения.

# Деформация резинового кольца в процессе работы





Диаметр резинового кольца 2,

установленного для уплотнения

зазора между поршнем 3 и

цилиндром 1, больше чем размер С.

- в процессе работы давлением Р кольцо может быть вытеснено в зазор, при этом резина дополнительно деформируется

# Эта деформация

- увеличивает **скорость изнашивания**.
- **очень важно** в связи с этим **правильно подбирать размеры колец в соответствии с размерами установочных мест, избегая излишней деформации.**

# Резиновые протекторы

шин шасси интенсивно изнашиваются в период эксплуатации и **хранения** .

- Вся шина подвергается деформации при рулении.
- **Поверхностный** слой протектора шины испытывает влияние температуры **при трении о** поверхность взлётно-посадочной и рулѐжной **полос**.

# В результате

- окисление **происходит** поверхностного слоя, что приводит к **росту интенсивности изнашивания**.
- Износ протекторов имеет преимущественно **усталостный** характер вследствие многократного **деформирования** при **контактировании** с поверхностью покрытия **полос**.

# Однако

- здесь имеет место также абразивный износ, поскольку на поверхности всегда имеются твёрдые частицы.
- Износы неметаллических фрикционных материалов, например в тормозных устройствах, связаны с их функционированием в рабочем состоянии.

# Их фрикционно-износные характеристики

расчитываются при проектировании, что даёт **возможность** установить их ресурс на стадии проектирования.

- Остальные **неметаллические материалы** в **большинстве** случаев изнашиваются **вследствие механических напряжений**, воздействия внешней среды, особенно температуры.

# Декоративные материалы

- в следствие влияния и воздействия на них механических нагрузок, солнечного света, радиации, электростатических напряжений загрязняются, вытягиваются, теряют форму и их заменяют.



2.6

**РАЗРУШЕНИЕ  
ЛАКОКРАСОЧНЫХ  
ПОКРЫТИЙ**



# ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАЗРУШЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

C-130  
29.0km



# На долговечность

лакокрасочных покрытий  
оказывают влияние  
технологические факторы  
( подготовка поверхности,  
условия сушки и т.п.), качество  
материала покрытий, условия  
эксплуатации.

# ОСОБЕННОСТЬЮ

- авиационных конструкций является довольно длительное их пребывание на значительном удалении от земли, что приводит к более сильному воздействию солнечной радиации, способствующей процессу светового старения лакокрасочного покрытия.

# При подъёме на высоту

возрастает **перепад температур**.

- До высоты **11000 м** **понижение температуры** на каждые **1000 м** достигает **6,5 град.С**.
- При этом на высоте **6000-7000 м** **температура окружающего воздуха** **понижается чаще всего ниже -40 град.С**

# Перепад температур

способствует **разрушению** покрытий.

- **значительное** влияние на **защитные** свойства покрытий оказывают **отрицательные** температуры.
- При **длительном** воздействии **холода** (-50град.С) плёнки **теряют** **эластичность**, **делаются хрупкими**.

# Обшивка

сверхзвуковых самолётов на скоростях полёта около 2000 км/час нагревается до 130 град.С.

- Некоторые детали реактивного двигателя нагреваются до 400град С.
- При таких температурах плёнки теряют массу и снижают свои защитные свойства.

# На поверхности

- летящего аппарата **образуется электрический потенциал**, который **может меняться** в зависимости от **электрических процессов**, протекающих в **нижних слоях атмосферы**.
- Выпадение осадков **способствует возникновению разности потенциалов** на **отдельных участках конструкции**, что ускоряет **разрушения** покрытий.

# В воздухе

- во взвешенном состоянии могут находиться абразивные частицы (пыль, песок, град), способствующие изнашиванию покрытий (эрозии), особенно на лобовых кромках крыла, стабилизатора, лопастей воздушных винтов, лопастей вертолѐта, обтекателей антенн, лопаток воздушного компрессора реактивного двигателя и других поверхностях.



# Концентрация влаги

- на окрашенной поверхности, особенно задержка её на длительное время приводят к понижению защитных свойств покрытий.

# Под влиянием

перечисленных факторов

происходят :

- изнашивание,
- разрушение,
- изменение цвета,
- потеря защитных свойств лакокрасочных покрытий.



# Виды дефектов

# Характер их разрушений

классифицируется по видам **дефектов**:

- **меление,**
- **выветривание,**
- **растрескивание,**
- **отслаивание,**
- **пузыри,**
- **сыпь,**
- **коррозия**

# Меление-

разрушение поверхностного и пигментированного слоя.

- Под воздействием солнечной радиации, кислорода, озона постепенно изменяется структура полимера, происходит фотоокислительная деструкция.
- В результате этого плёнка теряет *прочность* и под действием потока воздуха изнашивается поверхностный слой.

# Затем

незащищённые плёнкой  
частицы пигмента  
вымываются дождём,  
уносятся потоком воздуха,  
происходит уменьшение  
толщины и разрушение  
покрытия.

# Выветривание-

- это процесс *эрозионного* разрушения покрытия , при котором *набегающим* потоком воздуха *уносятся* частицы лакокрасочного покрытия .
- При *интенсивном* выветривании защищаемая поверхность *может* быть полностью *оголена*.

# Растрескивание

лакокрасочного покрытия происходит :

- вследствие старения (изменения свойств покрытия под действием окружающей среды),
- под действием температурных факторов,
- при неоднократных деформациях окрашенной поверхности.

При этом плёнка теряет механическую прочность и эластичность.

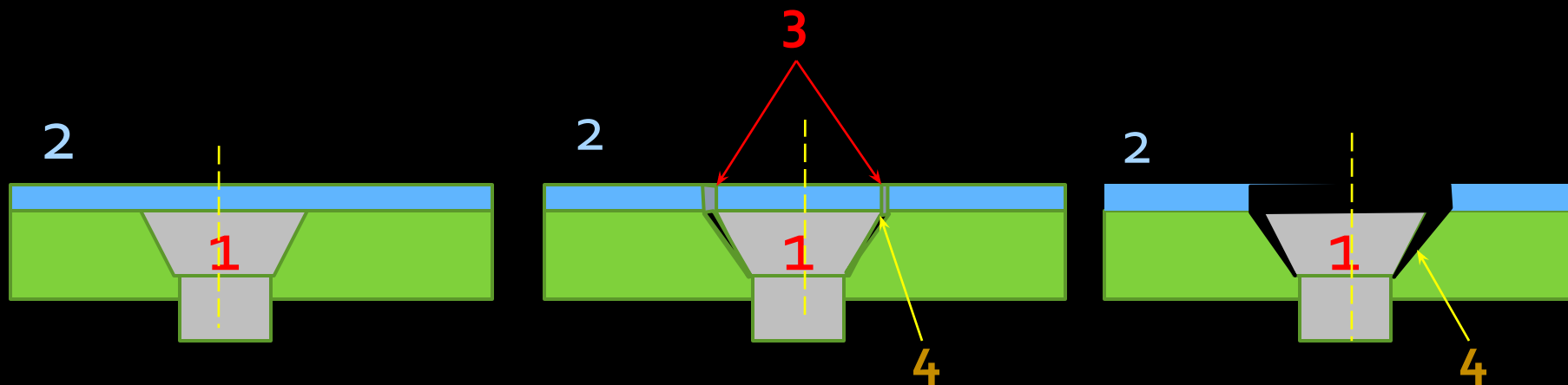


# Под действием

сил внутренних напряжений в плёнке возникают трещины или шелушения.

- Под влиянием деформаций окрашенного элемента конструкции также может происходить растрескивание покрытия.

# Схема разрушения защитной плёнки



- На рис.4.19 изображён **ход разрушения** **защитной плёнки 2**, вокруг головки **заклёпки 1**.
- **Разрушение** начинается с **образования трещин 3**, сквозь которые проникает **влага** и образуется **коррозия 4**, после чего происходит **шелушение**.

# Отслаивание

Происходит вследствие нарушения адгезии (сцепления) между слоями покрытия или между покрытием и окрашенной поверхностью.

- Отслаивание является следствием *технологического брака*:
  - **плохой подготовки поверхности,**
  - нарушения **режима сушки,**
  - применения *некачественных* материалов и т.п.

# Сыпь и пузыри

- Образуются главным образом под воздействием влаги, которая проникает в тело плёнки через капилляры (образовавшиеся при испарении растворителя), поры, микрозазоры.
- Вследствие поглощения молекул воды плёнка набухает, происходит в отдельных местах деформация покрытия с образованием пузырей, сыпи.

# Потеря прочности

плёнки из-за

**деформации** ведёт к

нарушению адгезии и

дальнейшему

**разрушению** покрытия.

# Коррозия

- Это появление продуктов коррозии на поверхности покрытия **в виде бурых или тёмно-коричневых точек, пятен,** а также **вспучивания** покрытия в результате **скопления продуктов коррозии** под защитной плёнкой

# Образование коррозии

под лакокрасочной плёнкой  
может быть вызвано

**неудовлетворительной**

подготовкой поверхности или

**недостаточными защитными**

*свойствами* покрытия.

# Покрyтия могут разрушаться

- вследствие **растворения** или **размягчения** под воздействием **агрессивных жидкостей** – бензина, минеральных и синтетических масел, химикатов и ядохимикатов.
- Стойкость покрытия к действию агрессивных веществ **зависит от вида лакокрасочных материалов**, которые входят в систему покрытия.



# Лакокрасочные плёнки

могут повреждаться в процессе эксплуатации вследствие небрежного обращения (*риски, царапины, забоины*) или контактирования в конструкции (*потертости*)

# Разрушение

лакокрасочных покрытий  
лишает металл защиты от  
коррозии, ухудшает внешний  
вид деталей, поэтому их  
восстановление при ремонте  
имеет весьма важное  
значение.