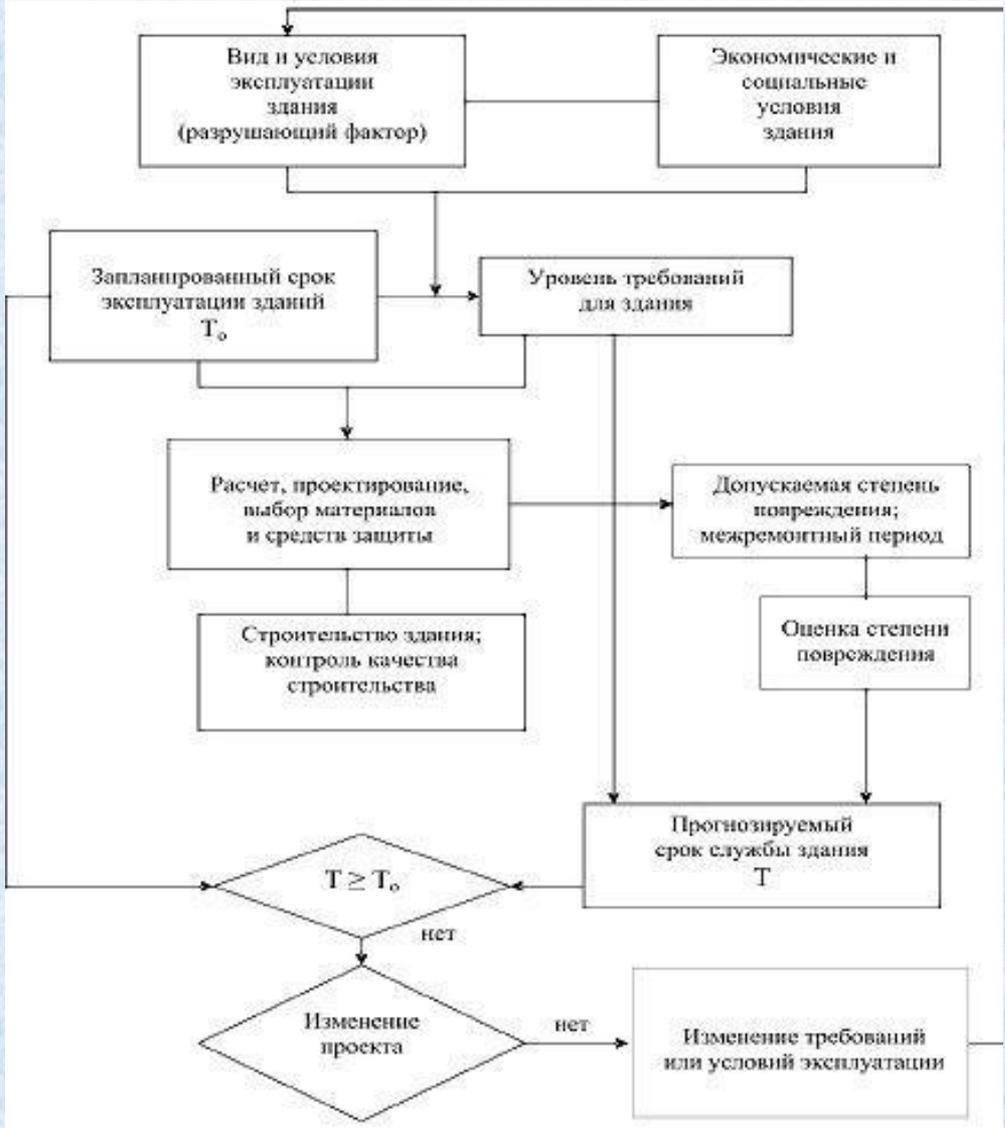




# ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И ФАКТОРЫ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ ИЗНОС ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

**Долговечность** характеризуется временем, в течение которого в зданиях и сооружениях с перерывами на ремонт эксплуатационные качества сохраняются на заданном в проекте (нормах) уровне. Она определяется сроком службы несменяемых при капитальном ремонте конструкций. Различают физическую и моральную, (или, применительно к промзданиям, технологическую) долговечность и обратные им понятия – физический износ и моральное старение.

# ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И ФАКТОРЫ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ ИЗНОС ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ



# ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И ФАКТОРЫ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ ИЗНОС ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

**Физическая долговечность** зависит от физико-технических характеристик конструкций: прочности, тепло- и звукоизоляции, герметичности и других параметров.



# ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И ФАКТОРЫ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ ИЗНОС ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

**Моральная долговечность** зависит от соответствия здания по размерам, благоустройству, архитектуре и т.д. своему функциональному назначению.

Проект 4-5 этажного двухсекционного дома  
с 2-х и 3-х комнатными квартирами (2-3). Вариант 1

План типового этажа



Архитектор проекта Хасянова Элина

# ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И ФАКТОРЫ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ ИЗНОС ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Кроме того, существует понятие **оптимальной долговечности**, т. е. срока службы здания, в течение которого экономически целесообразно его восстанавливать. Затем наступает срок, когда затраты на восстановление становятся нецелесообразными, ибо превышают стоимость строительства нового здания.

# ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И ФАКТОРЫ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ ИЗНОС ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

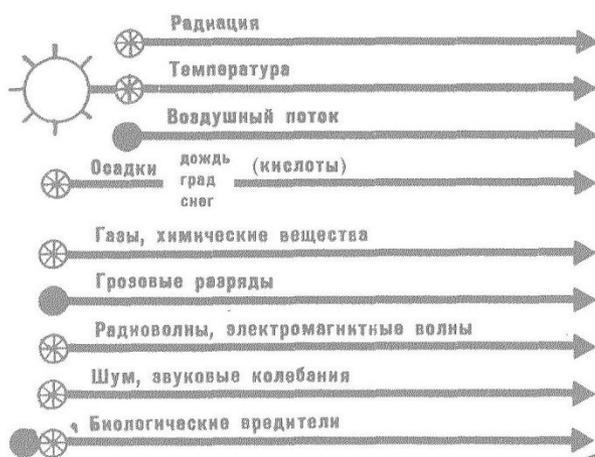
В ходе эксплуатации сооружения подвергаются многочисленным природным, технологическим воздействиям, учитываемым в проекте при выборе материалов, конструкций и т. п., однако на практике соответствие характеристик строительных материалов и конструкций может отличаться от установленных нормативами, в результате суммарное воздействие многих факторов может привести к ускоренному износу сооружений. Таким образом, износ сооружений весьма разнообразен и сложен; на его предупреждение расходуются значительные материальные средства, ограничиваемые экономическими соображениями. Рациональная эксплуатация сооружений – задача во многом специфическая, решение ее требует специальной подготовки.

Правильное техническое обслуживание и ремонт заключаются в предотвращении профилактическими мерами преждевременного физического износа.

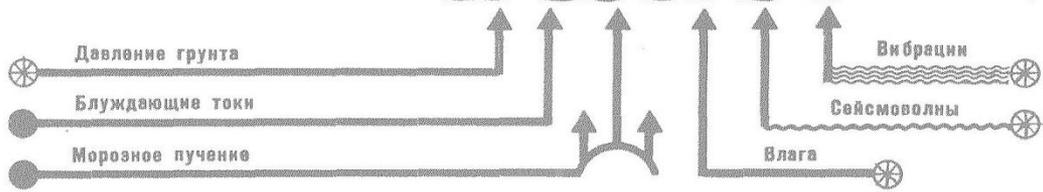
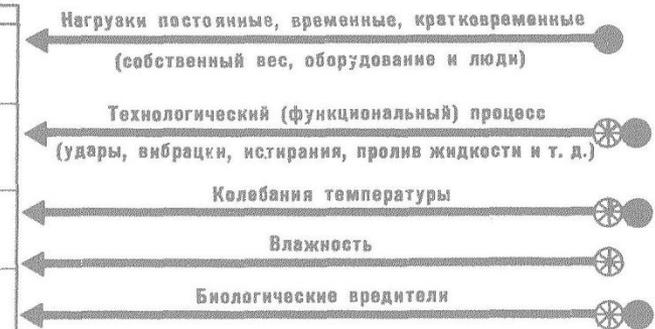
# ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И ФАКТОРЫ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ ИЗНОС ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

## ФАКТОРЫ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

ВНЕШНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
(природные и искусственные)



ВНУТРЕННИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
(технологические и функциональные)



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- ⊗ — Физико-химические воздействия
- — Механические (силовые) воздействия

# ФИЗИЧЕСКИЙ ИЗНОС ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Физический износ конструкций – это потеря ими своих первоначальных качеств. В процессе износа конструкций и оборудования можно выделить:

- участок I – период приработки, деформаций, повышенного износа; этот период непродолжителен и на него распространяется гарантия, выданная строителями на пять лет; в этот период производится так называемый послеосадочный ремонт;
- участок II – период нормальной эксплуатации, медленного износа, во время которого накапливаются необратимые деформации, приводящие к структурным изменениям материала, медленному его разрушению;
- участок III – период ускоренного износа, когда он достигает критического значения и возникает вопрос о целесообразности ремонта или списания и разборки сооружений.

# ФИЗИЧЕСКИЙ ИЗНОС ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Агрессивной является среда, под воздействие которой изменяются структура и свойства материалов. Это приводит к непрерывному снижению прочности и разрушению структуры: такое разрушение называется коррозией.

Вещества и явления, способствующие разрушению и коррозии, называются стимуляторами или факторами, содействующими коррозии. Вещества и явления, затрудняющие и замедляющие разрушение и коррозию, называются пассиваторами, или ингибиторами коррозии.

Агрессивность или пассивность среды не имеют универсального характера, т.е. они могут меняться ролями: в одних условиях определенная среда агрессивна, в других – она же пассивна. Так, теплый влажный воздух весьма агрессивен по отношению к стали, но цементный бетон он упрочняет.

Разрушение строительных материалов носит весьма разнообразный характер: *химический, электрохимический, физический, физико-химический.*

# ФИЗИЧЕСКИЙ ИЗНОС ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ



# ФИЗИЧЕСКИЙ ИЗНОС ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

*Газовые среды* – это такие соединения, как сероуглерод ( $CS_2$ ), углекислый газ ( $CO_2$ ), сернистый газ ( $SO_2$ ) и др. Их агрессивность характеризуют три главных показателя: вид и концентрация газов, их растворимость в воде, влажность и температура газов.

*Жидкие среды* – это растворы кислот, щелочей и солей, а также масла, нефть, растворители и др. Агрессивность таких сред определяется тремя показателями: концентрацией агрессивных агентов, их температурой, скоростью движения или величиной напора у поверхности конструкции. Коррозионные процессы протекают более интенсивно в жидких агрессивных средах.

*Твердые среды* – это пыль, грунты и т. п. Их агрессивность оценивается четырьмя показателями: дисперсностью, растворимостью в воде, гигроскопичностью и влажностью окружающей среды. Особенно активную роль в твердых средах играет влага.

Рассмотрим основные факторы, воздействующие на сооружения.

# ФИЗИЧЕСКИЙ ИЗНОС ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

**Воздействие воздушной среды.** В атмосфере содержатся пыль и грязь, способствующие разрушению зданий. Загрязненный воздух, особенно в сочетании с влагой, приводит к преждевременному износу, коррозии, растрескиванию и разрушению строительных конструкций. Вместе с тем в чистой и сухой атмосфере камни, бетон и даже металлы могут сохраняться сотни и тысячи лет, что свидетельствует о слабой агрессивности (или ее полном отсутствии) такой воздушной среды.

Наиболее интенсивными загрязнителями воздуха являются продукты сгорания различных топлив. Поэтому в городах и промышленных центрах металлы корродируют в 2-4 раза быстрее, чем в сельской местности, где сжигается меньше угля и нефтепродуктов.

К основным продуктам сгорания большинства видов топлива относятся углекислый ( $\text{CO}_2$ ) и сернистый ( $\text{SO}_2$ ) газы. При растворении углекислого газа в воде образуется угольная кислота – конечный продукт сгорания многих видов топлива: она разрушающе воздействует на бетон и другие строительные материалы. При растворении сернистого газа в воде образуется серная кислота, также разрушающая бетон.

Кроме угольной и серной кислоты в дымах накапливаются и другие (более 100) вредные соединения: азотная и фосфорная кислоты, смолистые и иные вещества, несгорающие частицы топлива, которые, попадая на конструкции, загрязняют их и способствуют разрушению.

В приморских районах в атмосфере могут содержаться хлориды, соли серной кислоты и другие вредные для строительных материалов вещества. Вследствие

# ФИЗИЧЕСКИЙ ИЗНОС ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

**Воздействие грунтовой воды.** Имеющаяся в природе грунтовая вода может быть: связанной (химически, гигроскопически и осмотически всосанной или пленочной); свободной, парообразной (перемещающейся по порам из мест с большей упругостью водяного пара в места с меньшей его упругостью).

Грунтовая вода взаимодействует физически и химически с минеральными и органическими частицами грунта; все ее виды также находятся во взаимодействии и переходят один в другой. Вода в грунтах всегда представляет собой раствор с изменяющимися концентрацией и химическим составом, что отражается и на степени ее агрессивности. Оценивая агрессивность грунтовых вод, следует учитывать, что с течением времени возле подземных частей сооружений водный режим может измениться, в связи с чем агрессивность среды будет повышаться или снижаться.

Грунтовая вода по капиллярам перемещается вверх на значительную высоту и обводняет верхние слои грунта. В некоторых условиях капиллярные и грунтовые воды могут сливаться и устойчиво обводнять подземные части сооружений, в результате чего усиливается коррозия конструкций, снижается прочность оснований.

Изменение минералогического состава грунтовых вод меняет их агрессивность по отношению к подземным частям сооружений. В районах с большим количеством осадков (северных) уровень грунтовых вод поднимается и снижается, вследствие чего изменяется их карбонатная жесткость (в результате разбавления осадками). Это усиливает способность вод к выщелачиванию извести в бетонных конструкциях. В засушливых районах, наоборот, из-за большого испарения влаги увеличивается концентрация минеральных солей в воде, что вызывает кристаллизационное разрушение бетонных конструкций. Увлажнение грунтов и испарение из них влаги приводят к движению в грунтах воздуха (кислорода), что также повышает их коррозионную активность.

Известно много разновидностей агрессивности грунтовых вод; из них чаще всего выделяют общекислотную, выщелачивающую, сульфатную, магниезиальную и уголекислотную – в зависимости от содержания в воде соответствующих примесей и их концентрации, указанных в

# ФИЗИЧЕСКИЙ ИЗНОС ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

**Воздействие отрицательной температуры.** Некоторые конструкции, например цоколь, находятся в зоне переменного увлажнения и периодического замораживания. Отрицательная температура (если она ниже расчетной или не приняты специальные меры для защиты конструкций от увлажнения), приводящая к замерзанию влаги в конструкциях и грунтах оснований, разрушающе воздействует на здания.

При замерзании воды ее объем в порах материала увеличивается, что создает внутренние напряжения, все возрастающие вследствие сжатия самого материала под воздействием охлаждения. Давление льда в замкнутых порах весьма велико – до 20 Па. Разрушение конструкций в результате замораживания происходит только при полном (критическом) насыщении (влажносодержании) материала. Максимальный объем льда достигается при температуре  $-22^{\circ}\text{C}$ , когда вся вода превращается в лед. Интенсивность замерзания влаги зависит от объема пор.

# ФИЗИЧЕСКИЙ ИЗНОС ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Напряжение в конструкциях зависит не только от температуры, но и от скорости замерзания и числа переходов через  $0^{\circ}\text{C}$ : оно тем сильнее, чем быстрее происходит замораживание. Камни и бетоны с пористостью до 15% выдерживают 100-300 циклов замораживания. Уменьшение пористости, а следовательно, и количества влаги повышает морозостойкость конструкций.

Для зданий и их конструкций опасны три вида воздействия отрицательной температуры: 1) промерзание увлажненных конструкций и их разрушение; 2) промерзание ограждающих конструкций и нарушение в помещениях температурно-влажностного режима, комфортности; 3) промерзание оснований, их пучение и вследствие этого разрушение вышележащих конструкций.

Последствия каждого из этих воздействий бывают негативными, даже катастрофическими. Поэтому о них необходимо помнить и всеми мерами, на всех этапах строительного цикла предупреждать, а в процессе эксплуатации зданий своевременно и эффективно

# ФИЗИЧЕСКИЙ ИЗНОС ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Самыми опасными и трудноустраняемыми являются промерзание оснований и их пучение. Промерзание грунтов оснований опасно для зданий, построенных на глинистых и пылеватых грунтах, мелко- и среднезернистых песках, в которых вода по капиллярам и порам поднимается над уровнем грунтовых вод и находится в связанном виде. Такая вода замерзает не сразу и по мере замерзания, которое идет от дневной поверхности, перемещается из зон толстых оболочек в зоны с оболочками меньшей толщины; этим объясняется подсосывание воды из нижних слоев в зону промерзающего грунта.

Промерзание и выпучивание грунтов опасны только для наземных сооружений, поскольку уже на глубине примерно 1,5-2 м от поверхности нет разницы в колебаниях дневной и ночной температур, а на глубине 10-30 м не ощущается изменение зимних и летних температур.

# ФИЗИЧЕСКИЙ ИЗНОС ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Вода в грунте основания независимо от того, является ли она поверхностной, грунтовой или капиллярной, всегда создает опасность промерзания грунта из-за повышения теплопроводности при его увлажнении. (Здесь стоит отметить, что если при изысканиях грунтов для проектирования или при обследовании здания грунтовые воды обнаруживают на глубине выше 2 м от поверхности земли, то обязательно предусматривают создание дренажной системы)

**Эксплуатационникам следует знать, что** повреждения здания из-за промерзаний и выпучивания оснований могут произойти и происходят после многих лет эксплуатации, если допущены срезка грунта вблизи фундаментов, увлажнение основания, а также под воздействием других факторов, способствующих промерзанию (например, поднятие уровня грунтовых вод вследствие протечек водопроводов).

# ФИЗИЧЕСКИЙ ИЗНОС ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

## Воздействие технологических процессов.

Нередко оно весьма существенно. Хотя каждое здание и сооружение проектируется и строится с учетом воздействия предусматриваемых в нем процессов, но из-за неодинаковой стойкости и долговечности материалов конструкций и различного влияния на них среды износ их неравномерен.

В первую очередь, разрушаются защитные покрытия стен и окна, двери, кровля, затем стены, каркас и фундаменты. Сжатые элементы и элементы больших сечений, работающие при статических нагрузках, изнашиваются медленнее, чем изгибаемые и растянутые тонкостенные, которые работают под динамической нагрузкой, в условиях высокой

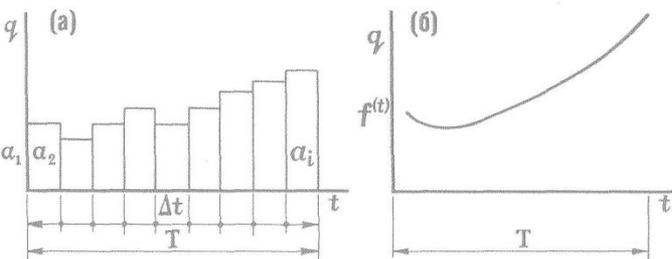
# ФИЗИЧЕСКИЙ ИЗНОС ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Минеральные масла химически неактивны по отношению к бетонам, но в то же время воздействуют на них отрицательно, так как их поверхностное натяжение в 2-3 раза меньше, чем у воды; обладая поэтому большей смачивающей способностью, они расклинивают бетон.

Способность материалов сопротивляться разрушительному воздействию внешней среды называется коррозионной стойкостью, а предельный срок службы сооружений, в течение которого они сохраняют заданные эксплуатационные качества и есть долговечность.

# ФИЗИЧЕСКИЙ ИЗНОС ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗНОСА ВО ВРЕМЕНИ ПО ОТДЕЛЬНЫМ УЧАСТКАМ (а) И КРИВАЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗНОСА (б)



$$q_{t=0}^{t_1-t_k} = \sum a_i$$

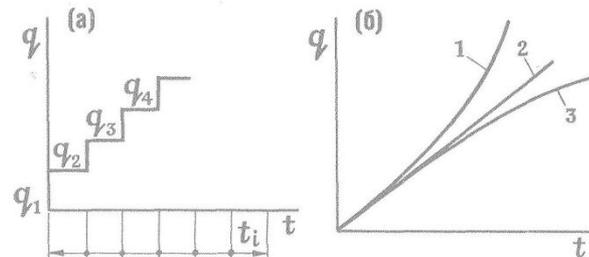
## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО И МОРАЛЬНОГО ИЗНОСА

СТОИМОСТНОЕ ВЫРАЖЕНИЕ ИЗНОСА

$$J = \frac{Q \cdot B}{100},$$

где Q — износ сооружения, %,  
B — восстановительная стоимость, руб.

КРИВАЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ИЗНОСА (а) И НАРАСТАНИЯ ЕГО ВО ВРЕМЕНИ (б)



1. Ускоренный износ
2. Равномерный износ
3. Замедленный износ

## МЕТОДЫ РАСЧЕТА ИЗНОСА

### ФИЗИЧЕСКИЙ ИЗНОС

Физический износ  $Q^\Phi$  — это потеря конструкциями и материалами физико-технических свойств, несущей способности. Суммарный физический износ  $Q^\Phi$  определяется по формуле

$$Q^\Phi = \frac{\sum_{i=1}^n d_i e_i^\Phi}{100},$$

где  $d_i$  — удельный вес стоимости конструктивного элемента от восстановительной стоимости, % (по таблицам „Методики“);

$e^\Phi$  — показатель физического износа конструктивного элемента, установленного при техническом обследовании, % (по таблицам „Методики“<sup>(\*)</sup>).

\*) Методика определения физического износа зданий и сооружений. МХ РСФСР, 1970 г.

КАЖДАЯ ИЗ УКАЗАННЫХ ТАБЛИЦ СОДЕРЖИТ:

- удельный вес стоимости конструктивного элемента в %;
- показатель физического износа с интервалом в 20%, а для основных конструктивных элементов стен, перекрытий — в 10%;
- описание признаков для данного процента износа;
- примерный состав ремонтных работ при данном износе.

Максимальный износ эксплуатируемых строений может быть до ≈ 80%; при износе более ≈ 80% наступает полное разрушение и здание подлежит разбору.

### МОРАЛЬНЫЙ ИЗНОС (СТАРЕНИЕ) ЗДАНИЙ

Моральный износ первой формы  $M_1$  — это снижение стоимости сооружения в связи с научно-техническим прогрессом и удешевлением строительства:

$$M_1 = (1 - \varphi) K = P_1 \cdot K,$$

где  $M_1$  — абсолютная величина обесценивания, руб.;

$P_1$  — показатель первой формы морального износа;

$K$  — стоимость аналогичного старого сооружения;

$\varphi$  — отношение стоимости аналогичных, нового  $K_n$  и старого  $K$  сооружений

Моральный износ второй формы  $M_2$  — это дополнительные затраты для ликвидации технологического старения:

$$M_2 = P_2 \cdot K = R_m,$$

где  $K$  — первоначальная стоимость сооружения, руб.;

$P_2$  — показатель второй формы морального износа сооружения;

$R_m$  — капитальные вложения в реконструкцию, вызванные моральным старением, руб.

### СУММАРНАЯ ВЕЛИЧИНА МОРАЛЬНОГО ИЗНОСА

$$M_{сум} = M_1 + M_2 = P_1 K + P_2 K = P_2 K$$

Заменяя  $P_1 = 1 - \varphi = 1 - \frac{K_n}{K}$ , получаем  $M_{сум} = (K - K_n) + R_m$

где  $K - K_n$  — абсолютное обесценивание, вызванное научно-техническим прогрессом;

$R_m$  — капитальные вложения, вызванные технологическим старением

# МОРАЛЬНОЕ СТАРЕНИЕ ЗДАНИЙ

Различают две формы морального старения, или износа сооружений.

***Моральное старение первой формы*** – обесценение ранее построенных зданий – имеет небольшое практическое значение, оценивается только при продаже.

***Моральное старение второй формы*** – технологическое старение – требует дополнительных капитальных вложений на модернизацию зданий применительно к современным требованиям. С устранением этого вида старения приходится постоянно **встречаться на практике**. Определение морального старения второй формы более сложно и индивидуально, поэтому еще нет официальной методики его расчета.

## МОРАЛЬНОЕ СТАРЕНИЕ ЗДАНИЙ

В отличие от морального износа первой формы, не связанного с дополнительными затратами, моральный износ второй формы поглощает почти треть стоимости капитального ремонта, а иногда и больше.

Величину морального износа второй формы оценивают путем сравнения восстановительной (балансовой) стоимости старого здания и нового, построенного в соответствии с современными требованиями.

Цель технической эксплуатации состоит в «торможении» износа зданий. Физический износ можно уменьшить путем капитального ремонта, а моральный – только реконструкцией.

# СОВМЕСТНЫЙ УЧЕТ ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА И МОРАЛЬНОГО СТАРЕНИЯ ЗДАНИЙ

Каждое здание характеризуется обоими видами износа – как физическим, так и моральным, но на практике нередко определяющим является один из видов износа. Например, уровень благоустройства и комфорта не отвечают современным требованиям, и приходится реконструировать здание, хотя находится оно в хорошем физическом состоянии, или, наоборот, – здание стало совсем ветхим и его необходимо сносить по соображениям безопасности, хотя оно еще пригодно по функциональным назначению.

# СОВМЕСТНЫЙ УЧЕТ ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА И МОРАЛЬНОГО СТАРЕНИЯ ЗДАНИЙ

Особенно интенсивен моральный износ второй формы производственных зданий в связи с быстрым обновлением технологии производства в современных условиях. Так, полная смена технологии в машиностроении происходит через пять лет, в радиоэлектронике – в течение одного года, что требует переоборудования и модернизации зданий.

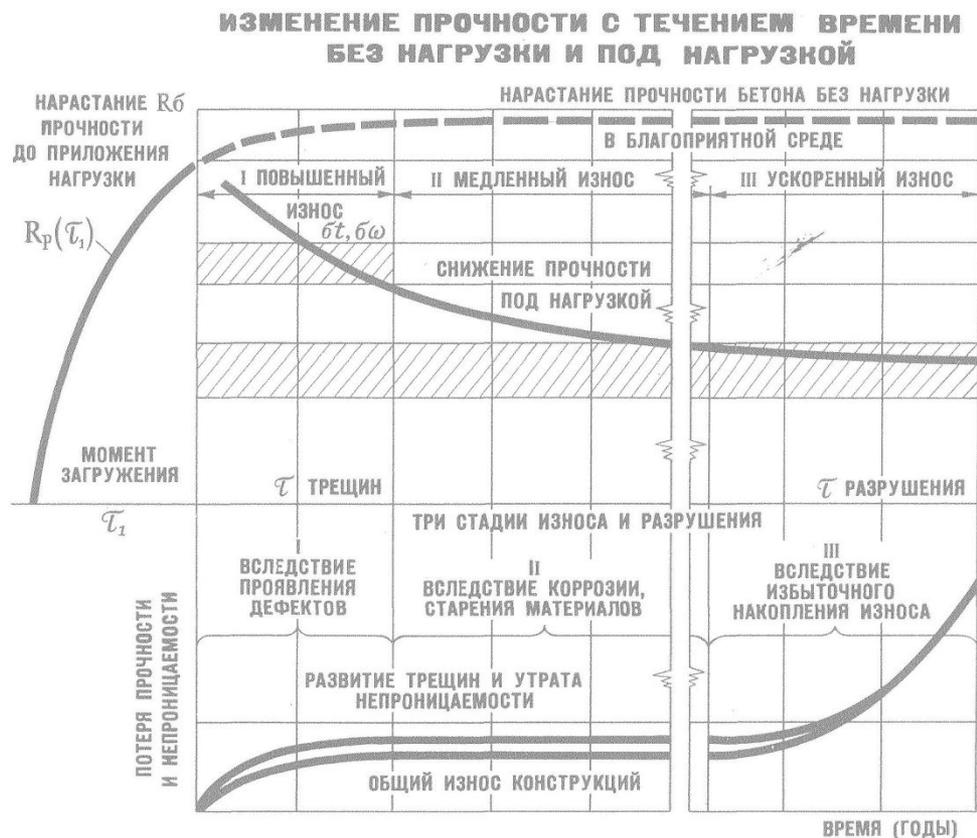
Моральный износ происходит скачкообразно по мере изменения требований не только к промышленной технологии, но и к жилью. Так, если раньше требования к жилью не изменялись столетиями, то теперь они сохраняются не более десяти лет. Например, если еще совсем недавно газификация считалась положительным элементом благоустройства, то сегодня делается упор на замену газа электричеством, газовых колонок –

# СОВМЕСТНЫЙ УЧЕТ ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА И МОРАЛЬНОГО СТАРЕНИЯ ЗДАНИЙ

Устранение морального износа второй формы сопряжено с необходимостью проведения капитального ремонта, переоборудования и модернизации зданий. Допустимая величина затрат на устранение морального износа существующего здания не должна превышать затрат на новое строительство здания, равного по площади, но отвечающего требованиям новой технологии и благоустройства.

Для практических целей важно рассчитывать межремонтный период, чтобы обоснованно проводить профилактические ремонты и тем самым обеспечивать расчетный срок службы, предусмотренный проектом.

# СОВМЕСТНЫЙ УЧЕТ ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА И МОРАЛЬНОГО СТАРЕНИЯ ЗДАНИЙ



# СОВМЕСТНЫЙ УЧЕТ ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА И МОРАЛЬНОГО СТАРЕНИЯ ЗДАНИЙ

## СНИЖЕНИЕ ИЗНОСА ЗА СЧЕТ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПРОВЕДЕНИЯ РЕМОНТА УРАВНЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОГО ИЗНОСА БЕЗ РЕМОНТА

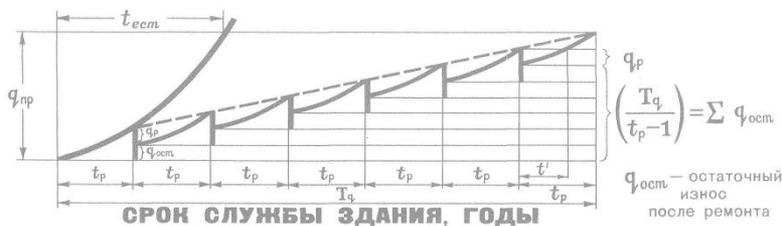
$$q = \alpha \cdot t$$

где  $\alpha$  — ежегодный износ (доля износа за время  $t$ ), %  
 $t$  — срок эксплуатации, годы

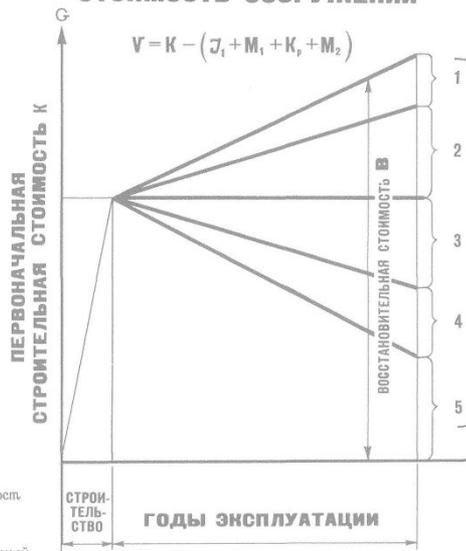
### МЕЖРЕМОНТНЫЙ ПЕРИОД

$$t = \frac{t_{есм} - (1-K) \cdot T_q}{1-K} \quad \text{или} \quad t_p = \frac{q_p \cdot T_q}{\alpha T_q + q - q_{пр}} \leq T_{ф}$$

где  $t_{есм}$  — срок эксплуатации до предельного износа без ремонта;  
 $T_q$  — срок эксплуатации до предельного износа при ремонтах;  
 $K$  — доля остаточного износа при ремонтах;  
 $q_p$  — предельный (допустимый) износ;  
 $T_{ф}$  — физическая долговечность  
 $q_p$  — доля снижаемого износа за счет ремонта;



## ИЗНОС И БАЛАНСОВАЯ СТОИМОСТЬ СООРУЖЕНИЙ



1. Капитальный ремонт  $K_1$
2. Моральный износ 2-й формы  $M_2$
3. Моральный износ 1-й формы  $M_1$
4. Физический износ  $J_1$
5. Действительная балансовая стоимость  $V$