

УДК 69.059.4:006.3/8

**ПРОБЛЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ СРОКОВ СЛУЖБЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ***д-р техн. наук, проф. В.Г. КАЗАЧЕК**(Комитет по техническому нормированию и стандартизации  
в области архитектуры и строительства «Эксплуатация, обследование,  
реконструкция зданий и сооружений» (ТКС 12), Минск)*

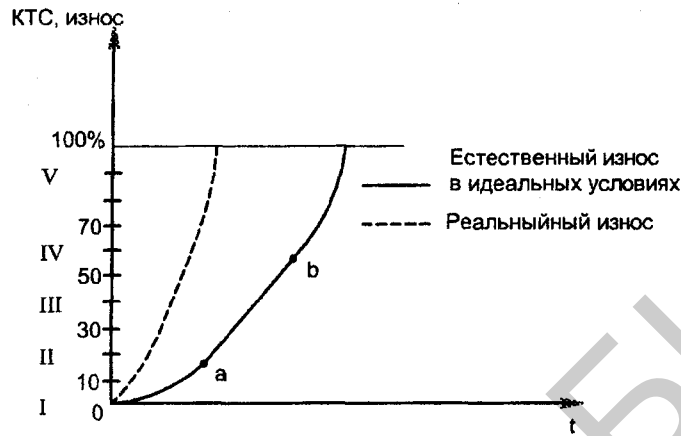
*Рассматривается проблема нормирования сроков службы зданий и сооружений. Исследуется износ конструкций и здания в целом, другими словами, потеря первоначальных показателей эксплуатационных качеств во времени. Основная задача при эксплуатации состоит в своевременном ремонте, замене конструкций с малыми сроками службы, усилении капитальных конструкций. Показана важность регулярного проведения диагностики конструкций. Необходимо отслеживать динамику изменения технического состояния, что позволит более обоснованно осуществлять его прогноз, обеспечивать соблюдение проектных сроков службы зданий и их обоснованное продление. На это нацелена недавно введенная в действие на территории Евросоюза система стандартов ISO 15686. Определения большинства терминов, примененных в данных стандартах, близки по смыслу к использованным в ТНПА Республики Беларусь.*

В Республике Беларусь на основании обобщения предшествующего опыта бывшего СССР разработана система ТНПА, регламентирующая общие принципы организации и проведения надзора за зданиями и сооружениями, правила их обследования и технической эксплуатации, установлена концепция и терминология, связанная с видами работ, проводимых в процессе эксплуатации зданий и сооружений [8]. В данных документах с учетом реальной ситуации в Республике Беларусь установлены минимально необходимые требования, которые обязаны соблюдать владельцы зданий, государственные и ведомственные структуры. Однако до настоящего времени общая ситуация с техническими и экономическими проблемами в области эксплуатации зданий и сооружений, эффективности вложений в сферу обслуживания недвижимости улучшается слишком медленно [5 – 7]. Без коренного перелома ситуации на основе внедрения инновационных технологий и методов планирования технической эксплуатации с жестким контролем безусловного выполнения необходимых мероприятий наше отставание от передовых стран будет возрастать.

В связи с переходом Республики Беларусь на европейские стандарты в области проектирования и строительства следует изучить также их систему стандартов в области эксплуатации зданий и сооружений, нормирования сроков службы недвижимости (ISO 15686-1), а также большой опыт бывшего СССР в данном вопросе. Термин «срок службы» является ключевым при проектировании, оценке и прогнозировании долговечности зданий и сооружений. Следует отметить, что «срок службы» нормами проектирования как у нас в республике, так и за рубежом в последнее время не нормировали. Считалось, что выполнение расчетов по I и II группам предельных состояний и соблюдение нормативных требований (в части параметров защитного слоя, антикоррозионных покрытий и т.д.) обеспечивают «достаточную» долговечность. Исключение, по-видимому, составлял СНиП П-22-81 «Каменные и армокаменные конструкции», где требования к каменным материалам и кладочным растворам увязывались с предполагаемым сроком службы зданий (25, 50 и 100 лет). В этой связи следует напомнить, что в отечественных нормативных и руководящих документах не всегда отсутствовала регламентация сроков службы.

В бывшем СССР в области строительства впервые в мире благодаря трудам советских ученых [1, 2 и др.] на основе группы стандартов «Надежность в технике» в начале 60-х годов прошлого века был разработан системный подход к обеспечению надежности и долговечности зданий и сооружений, главными составляющими элементами которого являются безотказность (свойство непрерывно сохранять работоспособное состояние (I – III группы технического состояния по СНБ 1.04.01-04) в течение некоторого времени – наработки), долговечность (свойство сохранить работоспособность вплоть до наступления предельного состояния (ресурсный отказ, V, категория, Т.С.) и др. Долговечность характеризуется временем, в течение которого в сооружениях (с перерывами на ремонт) показатели эксплуатационных качеств (ПЭК) не снижаются ниже уровня, заданного в проекте или в нормах. Она определяется полным сроком службы несменяемых при капитальном ремонте конструкций: фундаментов, несущих стен, колонн, железобетонных перекрытий и др. Как правило, это срок наступления предельного состояния, критерии которого могут определяться не только несущими свойствами конструкций, но и экономическими, эстетическими и другими соображениями. Некоторые элементы зданий – кровля, полы, заполнения проемов, инженерное оборудование – имеют, как правило, меньшие сроки службы. Поэтому они защищаются покрытиями и по мере износа восстанавливаются или заменяются.

Износ конструкций и здания в целом – это потеря первоначальных ПЭК во времени. Этот процесс неизбежен, и основная задача при эксплуатации состоит в своевременном ремонте, замене конструкций с малыми сроками службы, усилении капитальных конструкций и т.д. Даже в идеальных условиях ПЭК со временем снижаются из-за естественного старения материалов, их взаимодействия с окружающей средой и т.д. (рис. 1).



Категории технического состояния (КТС):  
I – исправное; II – работоспособное; III – ограниченно работоспособное;  
IV – неработоспособное; V – предаварийное (предельное)

Рис. 1. Схема изменения износа (технического состояния) конструкций по времени

В реальных условиях особенно при низком начальном качестве материалов, работ, при нарушении норм эксплуатации интенсивность износа значительно возрастает, и без строгого соблюдения установленных объемов и сроков обслуживания и ремонтно-восстановительных работ долговечность конструкций может снизиться в несколько раз. Износ с течением времени после периода приработки (0 – a) на некоторое время стабилизируется (a – b), а затем постепенно ускоряется, особенно значительно после достижения «возраста» конструкций 80 % и более от полного срока их службы (см. рис. 1). Период эксплуатации является наиболее продолжительной стадией жизненного цикла здания (от зарождения идеи до утилизации). При «нормальной» эксплуатации за это время конструкции и здание в целом последовательно проходят все этапы изменения технического состояния (см. рис. 1). Однако процесс постепенного накопления повреждений может быть нарушен неожиданным проявлением скрытых дефектов, приводящих конструкцию в предаварийное состояние и к созданию при неблагоприятном сочетании внешних и внутренних факторов, аварийной ситуации на объекте и собственно к аварии. Аварийность зданий непосредственно связана с их качеством. Несмотря на большое количество отечественных публикаций по статистике аварий, их объективность вызывает сомнение, и не только из-за отсутствия четкой системы учета и анализа отказов и аварий. К сожалению, расследование причин аварий часто носит субъективный характер, проводится ведомственными комиссиями и приводимые в официальных документах выводы носят также субъективный характер. Так, статистика аварий обычно завышена в сторону «ошибок проектирования», так как во многих случаях конкретный производственный дефект практически невозможно обнаружить в разрушенной конструкции, а в любом проектом решении или методе расчета легко выявить те или иные недостатки. Интересные данные об аварийности стальных конструкций (594 случая) за послевоенный период в Германии приведены в независимом исследовании [29] (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Распределение аварийных случаев по типам зданий и сооружений

Тип сооружения	Число аварий	Проценты
Здания	223	39,5
Автомобильные мосты	79	14,0
Железнодорожные мосты	80	14,2
Инженерные сооружения	40	7,1
Крановые конструкции	88	15,6
прочие	22	3,9

Как видно из таблицы 1, основное число аварий произошло не в специальных сооружениях, а в зданиях, характеризующихся обычно большим разнообразием конструктивных решений, условий эксплуатации, качества исполнения.

Таблица 2

Распределение аварийных случаев в зависимости от срока эксплуатации объектов

Продолжительность эксплуатации до обрушения (годы)	Число аварий	%
1 – 10	142	32,4
11 – 20	87	19,9
21 – 30	38	8,7
31 – 40	17	3,9
41 – 50	33	7,5
51 – 60	21	4,8
61 – 70	29	6,6
71 – 80	11	2,5
Более 80	9	2,1
Не установлено	51	11,5
Всего	430	100,0

Основное количество аварий происходит в первые 10 – 15 лет эксплуатации, в течение которых проявляются грубые ошибки проектирования и производства работ (табл. 2). Далее, до возраста  $\approx 70$  лет, следует период относительно равномерного распределения ресурсного отказа конструкций. Значительное снижение аварийности «старых» зданий в Германии объясняется, с одной стороны, их сравнительно малым абсолютным количеством из-за многочисленных разрушений в военный период, а также большим, как правило, запасом прочности зданий старой постройки, более тщательным надзором за ними и своевременной утилизацией или качественной реставрацией зданий, имеющих историческую ценность. Можно выделить оптимальную долговечность – срок службы зданий (массовой застройки), при котором их еще целесообразно (экономически) восстанавливать. При превышении этого срока, особенно при невыполнении необходимых своевременных ремонтных работ, затраты на восстановление резко возрастают и могут превысить стоимость строительства нового здания (рис. 2).

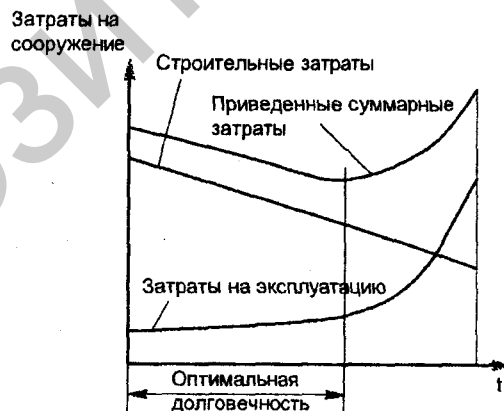


Рис. 2. Схема изменения затрат на эксплуатацию во времени

Соответствующие методики расчета экономической целесообразности восстановления зданий используются специализированными организациями при проектировании капитальных ремонтов. Практически важен одновременный учет физического и морального старения, которое имеет свою специфику, особенно в производственных зданиях, так как в современных условиях частая модернизация технологии требует соответствующей реконструкции (модернизации) зданий. Моральный износ зданий при современных производствах часто наступает уже через 10 – 15 лет, и важно, чтобы строительная система была приспособлена для реконструкции. Известно, что практически всегда для замены крупногабаритного оборудования в конструкциях отсутствуют монтажные проемы, часто невозможно качественно возобновлять антикоррозионную защиту и т.д. Все это значительно увеличивает эксплуатационные расходы.

Существует две стратегии в планировании ремонта:

- 1) планово-предупредительный ремонт (ППР);
- 2) ремонт «по техническому состоянию».

Во втором случае предполагается оперативное устранение повреждений по мере их появления или замена элементов (в том числе в рамках гарантийных обязательств). Такая система требует в целом несколько меньших затрат на ремонты, но предполагает качественный надзор за состоянием элементов здания. Основная задача в системе ППР – предупреждение отказов, что обеспечивается периодическим проведением определенных объемов профилактических ремонтных работ. Это гарантирует безотказную работу всех элементов и системы в целом. Объемы и сроки работ установлены в зависимости от сроков службы конкретных элементов зданий, причем межремонтные сроки должны назначаться до истечения их нормативных сроков службы.

В графическом виде изложенные закономерности упрощенно для отдельного несущего элемента здания представлены на рисунке 3.

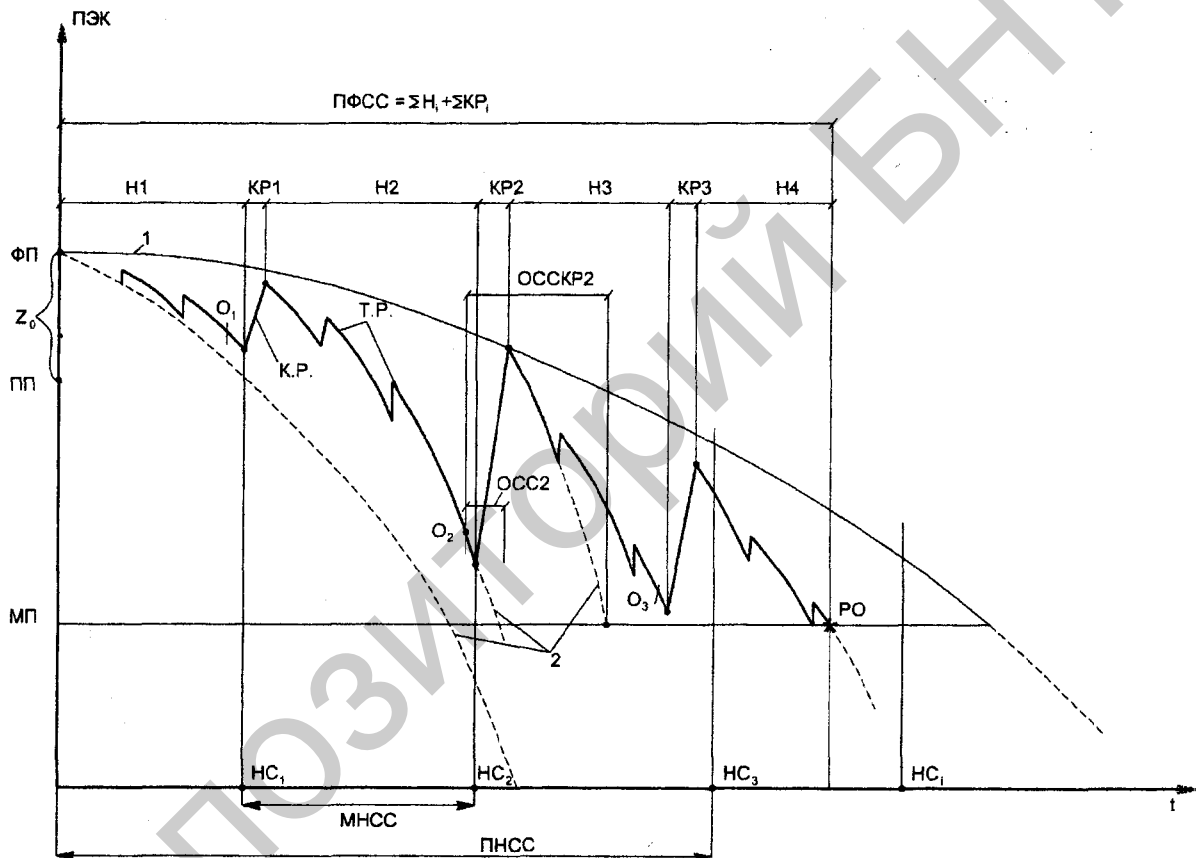


Рис. 3. Общая схема деградации конструкции за весь период жизненного цикла:  
 ПЭК – показатели эксплуатационных качеств (например, несущая способность);  
 ПП – проектные ПЭК; ФП – фактический ПЭК; 1 – естественный износ;  
 2 – износ при отсутствии технического обслуживания (ТО), текущих (ТР)  
 и капитальных (КР) ремонтов на рассматриваемом этапе;  
 $N_{1,2,3,i}$  – наработка от окончания восстановления до следующего отказа;  
 $O_i$  – предпроектное обследование перед  $i$ -тым капитальным ремонтом;  $НС_i$  – нормативный срок до начала  $i$ -того капитального ремонта (может не соответствовать фактическому,  $НС_3$  на рис. 3)

Обычно конструкция имеет начальный запас ПЭК по отношению к проектным данным ( $z_0$ ) из-за унификации элементов, планового резервирования и т.д. Реальная интенсивность деградации (износа), кроме всего прочего, зависит от начального резерва: чем он меньше, тем больше напряжения в конструкции и выше интенсивность износа. Стратегия планово-предупредительного ремонта предполагает периодическое восстановление конструкций до массового появления отказов (до достижения межремонтных сроков). Безотказность и надежность отдельных элементов и здания в целом имеют вероятностную природу, так как место и время возникновения неисправностей и отказов, длительность службы до первого отказа, капитального ремонта, последующий поток отказов и восстановлений, общий срок службы эле-

ментов и объектов являются случайными функциями времени, т.е. представляют собой совокупность одновременных непрерывных стационарных и нестационарных процессов. Задача оптимизации межремонтных сроков с вероятностных позиций, особенно для здания в целом, весьма сложна, так как должна кроме технических учитывать, экономические и даже социальные аспекты. Вероятность разрушения стержневой или слоистой системы при одинаковых эксплуатационных условиях зависит, кроме того, от числа элементов и степени статической неопределимости. По этим соображениям в строительстве оправданно более широкое применение монолитных и сборно-монолитных конструкций, имеющих повышенную надежность, лучше сопротивляющихся прогрессирующему разрушению. Рост интенсивности потока отказов (снижение вероятности безотказной работы) за пределами периода стабильной (нормальной) эксплуатации в многоэлементной системе не означает, что ее нужно прекратить. Как правило, эксплуатацию неосновных элементов здания можно продолжать, выполняя лишь поддерживающий ремонт или даже без ремонта, заставляя их на определенный период работать на износ, если это не связано с существенным ростом эксплуатационных расходов. Естественно, необходим повышенный надзор за такими элементами для возможности принятия оперативных управленческих решений владельцем здания.

Еще на этапе проектирования следует определиться: либо иметь большие капитальные вложения в долговечность элементов здания и небольшие текущие затраты, либо иметь меньше начальных капитальных вложений в менее долговечные элементы здания, но высокие последующие затраты средств и времени на их техническое обслуживание и ремонты. Решение принимать владельцу здания с учетом конкретной ситуации, степени инфляции и т.д. Различные системы примерно равной долговечности могут заметно отличаться распределением времени безотказной работы, причем в неоптимальных системах весь срок службы может быть заполнен непрерывными ремонтами, свидетельствующими о ненадежности системы (здания) в целом. Некоторые специалисты трактуют нормативный срок службы отдельного элемента как срок до его замены. В этом случае элемент эксплуатируется на износ без текущих и капитальных ремонтов. Однако практически все строительные элементы и системы инженерного оборудования являются восстанавливаемыми, и именно текущее и капитальные ремонты, сочетаемые с частичными заменами, обеспечивают их полный нормативный срок службы. Изложенные соображения в той или иной мере (с учетом уровня развития теории на то время) принимались во внимание при разработке в бывшем СССР системы ППР. Основным моментом в данной системе является назначение общего и межремонтных сроков службы элементов и зданий. В целом можно сформулировать следующие определения данных терминов (см. рис. 3):

- *полный нормативный срок службы (ПНСС)* отдельных элементов и здания в целом – установленная нормами общая календарная продолжительность эксплуатации до достижения предельного состояния, характеризующегося ресурсным отказом (РО, см. рис. 3). При этом дальнейшая эксплуатация должна быть прекращена из-за неустраняемого нарушения требований безопасности или из-за массового неустраняемого «выхода» заданных ПЭК основных конструкций за минимальные допустимые пределы (МП), что приводит к непропорциональному снижению эффективности эксплуатационных расходов и т.д. Полный нормативный срок службы количественно определяется как ориентировочный технический ресурс, т.е. суммарная наработка до предельного состояния. Он характеризует долговечность изделия – стадию жизненного цикла, на которой реализуется, поддерживается (ТО) и восстанавливается (ТР и КР) его качество;

- *полный фактический срок службы (ПФСС)* должен быть (и чаще всего есть) не меньше нормативного, значения которого установлены с определенной доверительной вероятностью, и при этом фактические характеристики материалов не полностью исчерпывают свой ресурс. Степень превышения ПФСС над ПНСС зависит от начальной надежности конструкций и уровня ее технической эксплуатации;

- *остаточный срок службы (ресурс) (ОСС)* – суммарная наработка от момента обследования до наступления предельного состояния;

- *межремонтный нормативный срок службы (МНСС)* – установленная в нормах ориентировочная средняя календарная продолжительность эксплуатации между капитальными ремонтами; МНСС наряду с ПНСС используется для планирования капитальных ремонтов и оценки эффективности организации технической эксплуатации между ремонтами с точки зрения обеспечения безотказной работы элементов. В этот период осуществляются только техническое обслуживание и текущие ремонты, включая надзор за возможным появлением единичных отказов, оценку значимости появившихся дефектов и динамику изменения технического состояния здания в целом. При этом уточняются фактические объемы работ по текущим ремонтам, а также сроки проведения предпроектных обследований и капитальных ремонтов в зависимости от того, какая стратегия технической эксплуатации применяется на данном объекте. На этой стадии, как правило, имеют дело с постепенными деградационными отказами или «сбоями» (мелкими отказами), не проявляющимися в виде появления критических дефектов. Объемы и сроки восстановительных мероприятий при этом определяются накопившимся объемом отказов в несущих и ненесущих конструкциях. В стратегии плано-предупредительных ремонтов в межремонтные сроки осуществляют поддержание ПЭК на заданном уровне (ТО), текущий ремонт для устранения мелких дефектов (ТР) и

отдаление капитальных ремонтов (КР), которые восстанавливают техническое состояние, существенно сниженное за счет ошутимого объема накопившихся дефектов (в основном некритического характера) до уровня, обеспечивающего нормальные эксплуатационные качества.

При установлении нормативных сроков службы зданий учитывались их назначение и группа капитальности. В [3] для жилых зданий выделено шесть групп по капитальности и девять для общественных, а в [4] для производственных зданий установлено семь групп. Выходу данных документов предшествовали обширные исследования износа зданий и их элементов в натуральных условиях и теоретические проработки, в том числе с элементами приближенных вероятностных расчетов. Не подвергая анализу конкретные численные данные, следует отметить, что они, тем не менее, получены в основном методами экспертных оценок и экстраполяции, что в данной области является весьма приближенным приемом, особенно для производственных зданий, где классификация по долговечности значительно затруднена из-за большого разнообразия функциональных требований к зданиям, видов и интенсивности воздействий в зданиях с различными технологическими режимами. В связи с этим для жилых и общественных зданий были нормированы полные сроки службы для здания в целом и для его отдельных элементов, а также рекомендована периодичность текущих и капитальных ремонтов, а для производственных – только периодичность капитальных ремонтов для трех групп условий эксплуатации.

Учитывая, что данные документы уже давно стали библиографической редкостью, для иллюстрации исторического подхода к планированию технической эксплуатации в таблицах 3 – 5 приведены фрагменты соответствующих нормативов, касающихся основных несущих конструкций зданий.

Таблица 3

Нормативные усредненные сроки службы жилых домов, их конструктивных элементов (извлечение из [3])

Наименование зданий, их конструктивных элементов и отделки	Усредненные сроки службы в годах по группам капитальности зданий				
	I	II	III	IV	V
<b>1. ЖИЛЫЕ ДОМА</b>					
Сроки службы жилого дома в целом	150	125	100	50	30
<b>Конструктивные элементы зданий</b>					
<b>2. ФУНДАМЕНТЫ:</b>					
Ленточные бутовые на сложном или цементном растворе, бетонные и железобетонные	150	125	100		
Ленточные бутовые на известковом растворе				50	
Бутовые и бетонные столбы					30
Деревянные столбы					10
<b>3. СТЕНЫ:</b>					
Особо капитальные, каменные (кирпичные при толщине 2,5 – 3,5 кирпича) и крупноблочные на сложном или цементном растворе	143				
Каменные обыкновенные (кирпичные при толщине 2 – 2,5 кирпича), крупноблочные и крупнопанельные		125			
Каменные облегченной кладки из кирпича, шлакоблоков и ракушечника			100		
Деревянные рубленые и брусчатые				50	
Деревянные сборно-щитовые, каркасные: глинобитные и саманные					30
<b>4. ПЕРЕКРЫТИЯ:</b>					
Железобетонные сборные и монолитные	150	125	100		
С кирпичными сводами или бетонным заполнением по металлическим балкам		175	100		
Деревянные по металлическим балкам		80	60		
Деревянные по деревянным балкам		60	80	50	30
<b>5. ЛЕСТНИЦЫ:</b>					
Площадки железобетонные, ступени плитные каменные по металлическим, железобетонным косоурам или железобетонной плите	100	100	100		
Накладные бетонные ступени с мраморной крошкой	50	50	50		
Деревянные				15	15

Таблица 4

Периодичность выборочного и комплексного капитального ремонта для зданий различных групп капитальности (извлечение из [3])

Наименование групп здания	Общий срок службы здания, год	Периодичность ремонтов
<b>А. ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ</b>		
I. Здания каменные, особо капитальные; фундаменты каменные и бетонные; стены каменные (кирпичные и крупноблочные); перекрытия железобетонные	150	ВК – через 6 лет КК – через 30 лет
II. Здания каменные, обыкновенные; фундаменты каменные; стены каменные (кирпичные, крупноблочные и крупнопанельные) перекрытия железобетонные или смешанные	125	ВК – через 6 лет КК – через 30 лет
III. Здания каменные облегченные; фундаменты каменные и бетонные; стены с облегченной кладкой из кирпича, шлакоблоков и ракушечника; перекрытия деревянные или железобетонные	100	ВК – через 6 лет КК – через 24
IV. Здания деревянные рубленые и брусчатые, смешанные; фундаменты ленточные бутовые; стены рубленые, брусчатые и смешанные (кирпичные и деревянные); перекрытия деревянные	50	ВК – через 6 лет КК – через 18
V. Здания сборно-щитовые, каркасные, сырцовые, глинобитные, саманные и фахверковые; фундаменты на деревянных стульях или бутовых столбах; стены каркасные, глинобитные и др.; перекрытия деревянные	30	ВК – через 6 лет КК – нет
<b>Б. ОБЩЕСТВЕННЫЕ ЗДАНИЯ</b>		
I. Здания каркасные с железобетонным или металлическим каркасом, с заполнением каркаса каменным материалом	175	ВК – через 6 лет КК – через 30 лет
II. Здания с каменными стенами из штучных камней или крупноблочные; колонны и столбы железобетонные или кирпичные; перекрытия железобетонные	150	ВК – через 6 лет КК – через 30 лет
III. Здания с каменными стенами из штучных камней или крупноблочные; колонны и столбы железобетонные или кирпичные; перекрытия деревянные	125	ВК – через 6 лет КК – через 30 лет
IV. Здания со стенами из облегченной каменной кладки; колонны и столбы железобетонные или кирпичные; перекрытия железобетонные	100	ВК – через 6 лет КК – через 30 лет
V. Здания со стенами из обеченной каменной кладки; колонны и столбы кирпичные или деревянные, перекрытия деревянные	80	ВК – через 6 лет КК – через 24
VI. Здания деревянные с бревенчатыми или брусчатыми рублеными стенами	50	ВК – через 6 лет КК – через 18
VII – IX. Здания деревянные (каркасные и щитовые), палатки, лотки, киоски и т. п.	25 – 10	ВК – через 6 – 5 лет КК – нет

Таблица 5

Периодичность капитального ремонта производственных зданий в зависимости от группы капитальности и условий эксплуатации (извлечение из [4])

Капитальность здания	Периодичность капитальных ремонтов, годы		
	в нормальных условиях	в агрессивной среде и при переувлажнении	при вибрационных нагрузках
С железобетонным или металлическим каркасом, с заполнением каркаса каменными материалами	20	15	6
С каменными стенами из штучных камней или крупноблочные; колонны и столбы железобетонные или кирпичные с железобетонными перекрытиями	15	10	6
То же с деревянными перекрытиями	12	10	6
Со стенами из обеченной каменной кладки; колонны и столбы кирпичные или железобетонные, перекрытия железобетонные	12	10	5
Со стенами из облегченной каменной кладки; колонны и столбы кирпичные или деревянные; перекрытия деревянные	10	7	6
Деревянные с брусчатыми или бревенчатыми рублеными стенами	10	8	5

К сожалению, данная система планирования (ППР) оказалась нежизнеспособной в бывшем СССР из-за отсутствия надлежащего контроля и финансирования, и в 1991 году Положения [3, 4] были отменены, а для жилых и общественных зданий приняты ВСН [9], в которых межремонтные сроки для элементов здания остались в целом прежние, а таблицы для нормативных сроков проведения капитальных ремонтов жилых и общественных зданий скорректированы (упрощены) с уменьшением в целом межремонтных сроков. Общий срок службы зданий был исключен из перечня нормируемых (или хотя бы рекомендуемых) параметров. Думается, что этого делать не следовало, так как, кроме уже изложенного, во-первых, общий срок службы (нормированный) является основой для определения норм амортизационных отчислений, а во-вторых, долговечность здания является важным параметром при построении продуманной долгосрочной градостроительной политики.

В системе ТНПА Республики Беларусь в области нормирования технических характеристик зданий, методов их оценки, планирования мероприятий по технической эксплуатации и т.д. [8, 10 – 14] практически сохранены конкретные численные значения межремонтных сроков, чтобы не нарушать сложившуюся структуру финансирования содержания основных фондов. Были лишь несколько изменены соответствующие таблицы с учетом появления новых типов здания и видов строительных материалов [11, 12]. По сути, полный срок службы зданий косвенно учитывается при назначении норм амортизационных отчислений (НАО). Данные [15], действующие до настоящего времени на территории Республики Беларусь, свидетельствуют, что существующие НАО для сходных видов зданий аналогичны принятым в 60-х годах XX века, т.е. их долговечность подразумевается такой же. Характерно, что для высотных особо капитальных зданий современного типа и для многоэтажных зданий (включая здания ГЭС и др.) установлены НОА соответственно 0,4 и 1,0, чему отвечает полный срок службы 250 лет и 100 лет. Это предполагает выполнение многочисленных капитальных ремонтов, если ориентироваться на межремонтные сроки, установленные в [9, 11, 12]. Очевидно, что данные [11, 12] требуют более тщательного научного обоснования и уточнения. Следует продолжить исследование долговечности современных строительных систем с предложениями по нормированию сроков их службы, учесть зарубежный опыт по аналогичным объектам. Это дает возможность при разработке проектов на научной основе выбирать набор типов конструкций в зданиях с позиции разумного сочетания их долговечности. В этой связи не вполне рациональным представляется часто применяемая в настоящее время конструкция с долговечным монолитным железобетонным каркасом и наружными стенами из газосиликатных блоков. Не вполне логично, что установленная в [9 – 12] периодичность капитальных ремонтов отдельных элементов зданий ощутимо превышает межремонтные сроки для зданий в целом. Тем не менее наибольшие рекомендованные значения в зависимости от вида зданий, типа конструкций, условий работы и т.д. не превышают 30 – 35 лет. Отметим, что данные цифры в целом неплохо соответствуют реальной ситуации с качеством строительства и эксплуатации зданий во второй половине XX века в бывших республиках СССР.

Однако более чем 40-летняя личная практика обследования зданий позволяет утверждать, что установленные межремонтные сроки практически никогда не соблюдаются, износ конструкций быстро прогрессирует, и часто встает вопрос: стоит ли вообще восстанавливать здание, так как кроме физического износа требуется одновременно устранять моральный (несоответствие параметров здания современным нормам в части архитектурно-планировочных требований, требований по энергоснабжению, значительно возросшим нормируемым снеговым нагрузкам и т.д.). Если ответ владельца «нет», то важно знать, каков остаточный ресурс здания и какие «поддерживающие» мероприятия следует предусмотреть для обеспечения минимально достаточных требований безопасности на этот период? Если ответ «да», то, опять же, надо оценить остаточный ресурс по фактическому состоянию (т.е. сколько еще можно эксплуатировать здание или конструкцию, если не выполнить ремонтных работ (см. рис. 3, ОСС2) и, кроме того, оценить реальную возможность продления срока службы по крайней мере на обозримый период после выполнения капремонта (ОССКР2), а также разработать соответствующие ремонтные мероприятия, установить максимальные сроки их начала и окончания, так как во многих случаях ситуация быстро ухудшается во времени. Общие требования в этой части приведены в [16].

В контексте вышеизложенного следует отметить, что установленные в нормах проектирования EN-1990 [17] проектные сроки эксплуатации (*design working life*), по сути, являются межремонтными сроками, на которые при проектировании следует ориентироваться, подбирая параметры, определяющие долговечность конструкции (защитные слои и плотность бетона и т.д.), а также определяя значения параметров безопасности для характеристик материалов и нагрузок. Они установлены в зависимости от класса здания (определяемого его назначением и т.д.) в пределах 10 – 100 лет (табл. 6) и для сопоставимых классов значительно превышают значения межремонтных сроков, установленные в наших нормах по эксплуатации [11, 12].



Таблица 6

Ориентировочные значения проектного срока эксплуатации из ТКП EN 1990 – 2009

Категория расчетного срока службы	Ориентировочный срок службы (в годах)	Примеры
1	10	Временные конструкции <sup>1)</sup>
2	От 10 до 25	Заменяемые части конструкций, например, подкрановые балки, опоры
3	От 15 до 30	Сельскохозяйственные и подобные им конструкции
4	50	Конструкции зданий и другие обычные конструкции
5	100	Конструкции монументальных зданий, мосты и другие инженерные сооружения

<sup>1)</sup> Конструкции или части конструкций, которые могут быть демонтированы для повторного использования, не рассматриваются как временные.

Общий срок службы зданий в Европейских стандартах не занормирован. Отсюда следует, что, проектируя здания на указанные в таблице 4 (межремонтные) сроки, уровень безопасности назначается через максимально приемлемую вероятность разрушения, которая в вероятностных методах расчета определяется через индекс надежности  $\beta$ . Проектные значения  $\beta_{\text{req}}$  определены в нормах [17] в зависимости от класса здания и заданного срока службы. Соблюдение требований безопасности (допустимой вероятности наступления предельного состояния в заданный межремонтный срок) обеспечивается соблюдением требований норм проектирования конструкций. Например, для железобетона – это соблюдение требований расчетных предельных состояний для заданного индекса надежности, требований к плотности бетона, защитным слоям и покрытиям, требованиям к качеству изготовления и надзора за зданиями для конкретных условий эксплуатации и т.д. Для эксплуатируемых конструкций существует множество «обратных задач», например, нахождения остаточного срока службы, прогноз надежности на заданный период эксплуатации, оценка рисков разрушения и т.д. Такой подход означает, что с позиций несущей способности конструкция в конце межремонтного срока (например, 50 лет) близка к предельному состоянию и для возможности дальнейшей эксплуатации она должна быть восстановлена. С теоретической точки зрения такой подход конечно разумен, так как очевидно, что если проектировать конструкцию сразу на полный срок службы (например, 150 лет) вероятность наступления предельного состояния (в течение более длительного отрезка времени) возрастает с учетом изменчивости нагрузок и характеристик материалов, соответственно, увеличивается требуемый индекс надежности (в вероятностных методах расчета) или коэффициенты безопасности (в основном по нагрузкам), что приводит к необходимости увеличения расходов материалов. Однако с практической точки зрения при отсутствии нормируемого конечного ориентира (полного срока службы) это мало что дает, так как остается неясным, на сколько конкретно восстанавливать конструкцию, каков дальнейший прогноз ее долговечности, особенно в условиях одновременного воздействия нескольких типов нестационарных, в том числе агрессивных воздействий, и т. д. Запись уравнений теории надежности в общем виде в [18, 19] для практической оценки остаточного ресурса конструкции еще не реализована. Возможность расчетной оценки полного срока службы точными методами с учетом периодически выполняемых ремонтных мероприятий вообще сомнительна. Попытки решения практических задач по оценке и прогнозу состояния существующих конструкций в вероятностной постановке имеются лишь для отдельных конструкций конкретного вида и режима воздействий, например, мостовых [20].

Для отдельного межремонтного этапа конструкции при нагрузке одного вида упрощенная принципиальная схема оценки состояния с учетом вероятностной природы сопротивления конструкции (в условиях ее деградации без учета влияния текущих ремонтов) и изменчивости нагрузки представлена на рисунке 4. В детерминистической постановке задачи достаточная надежность конструкции на различных этапах обеспечивается превышением расчетного сопротивления конструкции над расчетными усилиями от воздействий, определенными на заданном доверительном уровне. Соотношение между ними (запас несущей способности  $Z$ ) с течением времени меняется, но учет вероятностной природы вносит определенные особенности и позволяет в принципе и в рамках полувероятностных расчетов (с применением коэффициентов безопасности) учесть некоторые важные особенности изменения надежности во времени и способах ее оценки и прогнозирования. Так, очевидно, что в пределах межремонтного цикла свойства конструкции деградируют, причем статистическая изменчивость характеристик материалов, как правило, несколько возрастает из-за влияния дополнительной изменчивости параметров деградационных дефектов. Эти факторы могут оцениваться натурными исследованиями в процессе периодических обследований или теоретическими расчетами, достаточно хорошо разработанными для различных видов агрессивных

воздействий [21 – 23]. Стадия завершения межремонтного цикла характеризуется необходимостью капитального ремонта (ресурсный отказ), хотя в целом она может наступать, как отмечено ранее, и до него, например, при накоплении определенного объема мелких отказов и т.п. (в системе ППР). Соответственно, достаточно велика и номенклатура критериев отказов (глубина проникновения агрессивных воздействий, степень коррозии и т.д.). Существует и достаточно большое количество методов и приемов оценки времени до соответствующего отказа [20 – 23]. Возможную схему оценки срока ресурсного отказа, вызванного нарушением условия прочности, иллюстрирует рисунок 4.

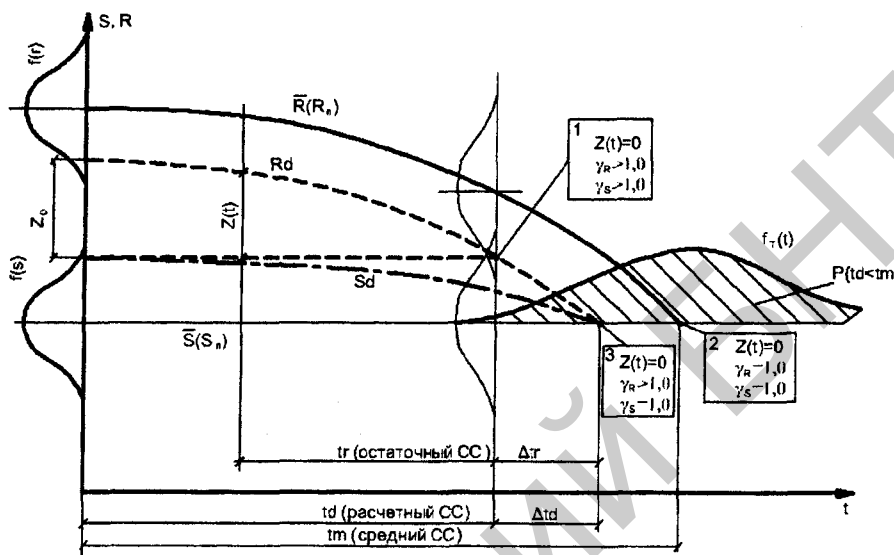


Рис. 4. Схемы деградации конструкции до предельного состояния в течение одного межремонтного срока:  
 $S$  – эффект воздействий;  $R$  – сопротивление конструкции;

$\bar{S}$ ;  $\bar{R}$ ;  $S_d$ ;  $R_d$  – соответственно математические ожидания и расчетные значения параметров;

$Z$  – расчетный «запас» несущей способности;  $t_m$  – средний (ожидаемый) срок службы;

$t_d$  – нормируемый проектный (расчетный) срок службы (межремонтный – working-life);

$t_r$  – остаточный срок службы;  $Z(t) = 0$  – расчетное предельное состояние;  $\gamma_R > 1.0$ ;  $\gamma_S > 1.0$ ;

$Z(t) = 0$  – фактическое (ожидаемое) предельное состояние;  $\gamma_R = 1.0$ ;  $\gamma_S = 1.0$

$Z(t) = 0$  – расчетное предельное состояние с учетом коэффициента безопасности по нагрузкам  $\gamma_S = 1.0$ . ( $\gamma_R > 1$ ).

$\Delta t_r$ ;  $\Delta t_d$  – возможное увеличение расчетного срока службы при «модификации» коэффициента безопасности по нагрузкам

Наиболее вероятный, средний (межремонтный) срок службы определяется пересечением линий математических ожиданий сопротивления конструкций  $\bar{R}$  и эффектов от воздействий  $\bar{S}$  ( $t_m$ ). Очевидно, что при планировании ремонтов соответствующие сроки (расчетные) должны быть установлены с определенной обеспеченностью в зависимости от ответственности конструкций, здания в целом и т. д. Расчетный межремонтный срок определяется графически пересечением во времени линий расчетного сопротивления конструкций и расчетного эффекта воздействий ( $S_d$  и  $R_d$ ), см. рис. 4). Альтернативно, расчетный срок службы  $t_d$  можно определить, зная функцию плотности распределения вероятности  $P(t_d < t_m)$  на принятом уровне значимости  $t_d = t_m - \beta_s S_t$ . Отдельные документы [21] рекомендуют при оценке надежности существующих конструкций в рассматриваемый момент времени учитывать конкретный остаточный срок службы конструкции корректировкой значений индексов надежности и соответствующих коэффициентов безопасности для нагрузок и материалов (в детерминистических расчетах), хотя конкретных методик не предлагается. По-видимому, подразумевается, что с течением времени (увеличением  $t_i$  и уменьшением  $t_r$ ) снижается не только сопротивление сечения, но и вероятность отказа (реализации минимального сопротивления и максимального усилия, которые имеют статистическую изменчивость) в остаточный срок службы  $t_r$ . Иными словами, для остаточного срока можно снизить требуемый индекс надежности  $\beta_{tag}$  и, соответственно, коэффициенты безопасности по материалам. В пределе при  $t_i$  получим  $t_r = 0$ ;  $\gamma_s$  и  $\gamma_r = 1$  и реализуется отказ при средних характеристиках материалов и нагрузках (точка 2 на рисунке 4). При этом  $\beta_t = 0$  и  $t_d = t_m$ . Впрочем, в отношении подобной корректировки коэффициентов безопасности (в зависимости от срока службы) есть одно принципиальное возражение, кроме многих других, изложенных несколько позже. Дело в том, что естественная изменчивость свойств материалов имеет иную природу, чем изменчивость нагрузок, зависит от способа и качества их изготовления [28], но

не имеет четкой привязки к временной шкале (остаточному сроку службы) и определяется конкретно на момент обследования. При этом коэффициенты безопасности материалов (или конструкции в целом) должны сохраняться на прежнем уровне, вплоть до момента наступления расчетного предельно состояния (точка 3 на рисунке 4). Полный расчетный срок службы в этом случае увеличится по сравнению с проектным (расчетным) на  $\Delta t_d$  ( $\Delta t_r$ ), но будет меньше среднего. Для обоснованного назначения и большей дифференциации при анализе текущей надежности следует чаще проводить обследования, уточняя для каждого (уменьшающегося) остаточного срока службы параметры конструкций, значения  $\beta$  и коэффициенты безопасности нагрузок, что позволяет в принципе уточнить во времени запас надежности и отдалить исчерпание назначенного срока службы (рис. 5).

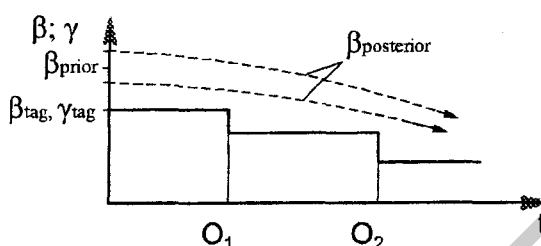


Рис. 5. Возможная схема изменения параметров надежности конструкций во времени:

$Q_1$  – срок первого обследования;  $\beta_{tag}$  – нормативный индекс надежности;

$\beta_{prior}$  – проектный индекс надежности;  $\beta_{posterior}$  – фактический индекс надежности

Считается, что из экономических соображений также нецелесообразно поддерживать начальный уровень безопасности конструкций на всем периоде эксплуатации, а допускается возможность его постепенного снижения до минимально приемлемого уровня из-за значительных затрат на восстановление. Намного эффективнее (до 3 – 5 раз) было бы вложить данные средства на этапе строительства в повышение начальной надежности здания за счет ее резервирования.

Таким образом, вероятностный или полувосстановительный подход позволяет, в принципе, проверять надежность конструкций на отдельных межремонтных циклах. Дальнейшая стратегия нормами проектирования не регламентируется, но наиболее очевидная схема такова. После окончания 1-го межремонтного срока конструкцию обследуют, восстанавливают до приемлемого уровня, назначают следующий межремонтный срок (он может отличаться от первого в зависимости от конкретной ситуации), соответственно, для него назначают новый  $\beta_{tag}$ , уточняют периодичность обследования, конкретные мероприятия по надзору и обслуживанию и т. д. При реализации такого алгоритма обеспечения жизненного цикла здания (service life) необходимо учитывать:

1) полное восстановление конструкций вряд ли целесообразно, а в наших условиях и практически невозможно из-за выборочного характера и низкого качества обследований и наличия скрытых дефектов, низкой культуры ремонтных работ. Поэтому интенсивность износа на следующем послеремонтном цикле может существенно измениться (как правило, в большую сторону);

2) в зависимости от вида конкретных выполненных работ могут значительно измениться фактически условия работы конструкций, возможности надзора за ними и т. д. В частности, появление новой отделки (подвесные потолки, декоративные панели, облицовки и т. д.) существенно затрудняет надзор за конструкциями и одновременно может ухудшать температурно-влажностный режим в скрытом пространстве, что снижает долговечность конструкций.

В целом в отношении озвученных выше теоретических предложений по корректировке (модификации) коэффициентов безопасности в контексте рассматриваемых в данной статье проблем, в дополнение к озвученным выше аргументам против практического использования данных предложений следует отметить следующее:

1) как известно дифференциация вопросов надежности в европейских стандартах ISO и EN на этапе проектирования конструкций предусмотрена назначением переменных значений индексов надежности  $\beta$ , в зависимости от срока службы, класса зданий, последствий их разрушения, уровня затрат на восстановление и т.д. Соответствующие значения коэффициентов надежности по материалам и нагрузкам для детерминированных методов расчета по [19] должны подбираться (калиброваться) одновременно, строго говоря, для каждого конкретного объекта по определенной процедуре, гарантирующей получение таких значений  $\gamma$ , которые обеспечивают при проектировании заданный проектный уровень надежности. Кроме того, при расчетах допускается корректировка полученных значений  $\gamma$  в зависимости от предполагае-

мого уровня контроля качества проектирования (три уровня) и изготовление (три уровня). Практическая реализация данных принципов в условиях сложившейся у нас практики проектирования, строительства и надзора за этими стадиями жизненного цикла зданий существенно затруднена и слишком велика вероятность, что на этапах приемки объекта в эксплуатацию будут выявлены несоблюдение требований продекларированного производителями работ уровня качества, что будет свидетельствовать о несоответствии здания установленному классу надежности;

2) для существующих конструкций в поверочных расчетах стандарты [17 – 19] допускают при определении «расчетных» значений характеристик материалов или нагрузок «классический» двухступенчатый переход от средних (опытных) значений к расчетным через нормативные  $\bar{R} \rightarrow R_n \rightarrow R = R_n/\gamma$ , где  $\gamma$  определяют путем калибровки с использованием вероятностных подходов. Также допускается прямое определение расчетных значений из результатов испытаний на заданном уровне их обеспеченности. В работе [7] уже отмечалось, что от второго подхода в бывшем СССР отказались еще в 60-х годах прошлого века из-за возможности «опасного» сближения «средних» и расчетных значений, возникающих при его реализации методических и технических проблем. Характерно, что специальные нормативы по опытному определению фактических классов бетона существующих конструкций ориентированы только на «классический» подход [24 – 26]. Кроме того, достаточно некорректным представляется раздельное определение коэффициентов безопасности бетона, арматуры и нагрузок в практических задачах, а не их одновременная калибровка [21]. Такое упрощение строго говоря, справедливо только при соблюдении двух условий:

- все случайные переменные подчиняются нормальному закону распределения;
- запас  $Z = R - S$  есть линейная функция случайных переменных.

Очевидно, что оба этих требования в большинстве случаев не соблюдаются, и вносимая при этом погрешность пока тщательно не исследована. В [21], например, предлагается определять связь между расчетной и средней прочностью материала в виде:

$$R_d = \bar{R} \cdot \exp(\alpha_R \beta_m V). \quad (1)$$

При этом следует, во-первых, отметить, что принятие требуемого индекса надежности материала равным проектному индексу надежности всей конструкции ( $\beta_m = \beta_{tag}$ ) неправомерно, так как вероятность совпадения минимальных значений прочности бетона и арматуры в одном сечении существенно меньше, чем для одного материала [7]. Кроме того, правомерность вычисления так называемого объединенного(?) коэффициента вариации  $V'$ , как векторной суммы собственно  $V$  рассматриваемого материала, вариации расчетной модели и вариации геометрических характеристик сечения, также сомнительна. Во-первых, из-за разнородности данных факторов, а во-вторых, известно, что если какой либо параметр есть функция нескольких независимых случайных величин, то вычисление его коэффициента вариации зависит от вида функции. Дискретные значения коэффициентов чувствительности  $\alpha_R$  в формуле для доминирующих (0,8) и сопутствующих (0,27) параметров достаточно понятны только для сечений из одного материала при одноосном воздействии. На самом деле, например, для изгибаемого элемента в области нормального армирования «доминирующими» являются и бетон, и арматура. Аналогичная ситуация и для многих других расчетов, например, на поперечную силу. Сложности в практической оценке изменчивости необходимых параметров при обследовании описаны в [7]. В результате степень «незнания» при оценке надежности существующих конструкций в подавляющем большинстве случаев настолько высока, что не позволяет считать полученную при обследовании информацию статистически значимой как для возможности выполнения «полностью» вероятностного расчета, так и для модификации коэффициентов безопасности в полувероятностных методах расчета;

3) учитывая вышеизложенное, сами авторы методик модификации коэффициентов безопасности [21] (или прямого определения расчетных параметров существующих конструкций) предостерегают от активных действий в данном направлении, рекомендуя рассматривать их пока только как предложения, предназначенные для простейших напряженных состояний (где в минимальной степени используются эмпирические формулы), и только для использования в сочетании с одной (не самой удачной, см. [7]) из предлагаемых европейскими стандартами формой записи основного уравнения предельного состояния (в детерминистической постановке):

$$R_d = \{\eta_i; R_d = \left\{ \eta_i \cdot \frac{X_{ki}}{\gamma_{mi}}; a_d \right\}; \quad (2)$$

4) для практических расчетов основополагающие европейские стандарты рекомендуют для существующих конструкций все же применять на весь проектный срок службы (межремонтный) при расчетах по I группе предельных состояний постоянное значение индекса надежности  $\beta$ , равное проектному зна-

чению для новых (проектируемых) конструкций  $\beta_{tag}$  [18]. Лишь в отдельных случаях для конструкций с простой расчетной схемой и ограниченной номенклатурой достаточно хорошо изученных воздействий (например, мостовых, где принято осуществлять постоянный мониторинг за их техническим состоянием) имеются общие предложения о допустимости снижения требуемого индекса надежности (коэффициентов безопасности) во времени для экономии ресурсов на проведение ремонтных работ.

Однако, как отмечают ведущие специалисты в данной области, там, где речь идет о безопасности людей, экономические проблемы должны отходить на второй план. Намного важнее тщательнее и регулярнее проводить диагностику конструкций, отслеживать динамику изменения технического состояния, что позволит более обоснованно осуществлять его прогноз, обеспечивать соблюдение проектных сроков службы зданий и их обоснованное продление. На это нацелена недавно введенная в действие на территории Евросоюза система стандартов ISO 15686 (части 1 – 8). «Здания и недвижимое имущество. Планирование срока службы», разработанная в рамках технического комитета ISO/TC 59. «Строительные конструкции» специализированным подкомитетом SC-14 «Проектный срок службы» [27]. Основная цель данных документов – создание механизма выработки правил и мер, гарантирующих соблюдение требований Директивы 89/106 ЕЭС и требований национальных регламентов в части обеспечения безопасности в течение всего остаточного периода службы существующих зданий и сооружений, оптимизации технического обслуживания и ремонта. Следует отметить, что определения большинства терминов, примененных в данных стандартах, близки по смыслу к использованным в ТНПА Республики Беларусь [10 – 14]. Необходимо привести еще несколько полезных для изучения рассматриваемой проблемы терминов:

- service life (SL – срок службы) – период времени после возведения здания, в течение которого параметры эксплуатационных качеств всего здания и его отдельных элементов соответствуют установленным требованиям;

- design life (DL – проектный срок службы) – трактуется как предполагаемый заданный (назначенный в проекте) срок службы;

- estimated SL (ESL – оцененный расчетом) – уточненный по натурным данным срок службы в конкретных условиях эксплуатации;

- reference (RSL – рассматриваемый, стандартный срок службы) – характеризует установленную соответствующими документами долговечность в стандартных условиях эксплуатации. Он может быть установлен:

- производителем;
- на основе предыдущего опыта эксплуатации аналогичных материалов или элементов;
- в документах и сертификатах, выданных уполномоченными органами;
- в строительных нормах.

Характерно требование ISO 15686, чтобы все действия по техническому обслуживанию и замене конструкций, элементов и материалов обосновывались экономически. В стандарте детально расписано, какие эксплуатационные качества должны учитываться и оцениваться, какие установлены ПЭК и как (в целом) они должны контролироваться. Важным моментом является рекомендуемая классификация минимальных проектных сроков службы отдельных элементов здания в зависимости от полного проектного срока службы всего здания (табл. 7).

Таблица 7

Рекомендуемый минимальный срок службы (долговечность) элементов зданий (извлечение из [27])

Группа зданий	Проектный срок службы здания	Недоступные или основные несущие элементы зданий	Элементы, замена которых технически сложна или затратна	Массовые заменяемые элементы	Элементы и детали, заменяемые в процессе технического обслуживания
1	не ограничен	не ограничен	100	40	25
2	150	150	100	40	25
3	100	100	100	40	25
4	60	60	60	40	25
5	25	25	25	25	25
6	15	15	15	15	15
7	10	10	10	10	10

Даны практические рекомендации по выбору долговечности элементов здания с короткими или длительными сроками службы. Для конкретных видов элементов из всей массы ПЭК надо выделять критические, которые определяют возможность отказа элементов, и на них сконцентрировать усилия по надзору и восстановлению. В ISO 15686 прописано, какие воздействия наиболее опасны для долговечности элементов из различных материалов. Полезной является классификация категорий возможных последствий отказов и их причин (табл. 8).

Таблица 8

Рекомендуемая градация последствий отказов (извлечение из [27])

Категория	Последствия	Примеры отказов
1	Угроза для жизни	Внезапное разрушение конструкции
2	Риск травматизма	Дефекты ступеней, повреждение лестниц
3	Опасность для здоровья	Постоянная сырость
4	Дорогостоящий ремонт	Значительное укрепление основания и фундаментов
5	Большие затраты на многократно повторяющиеся ремонты	Замена оконных запорных устройств, отделки
6	Перерыв в использовании здания	Авария в системе теплоснабжения
7	Нарушение уровня защиты от проникновения	Повреждения дверных замков
8	Несущественные неудобства	Замена осветительных приборов

Даны рекомендации по выбору критериев отказов, требующих капитального ремонта или полной замены. Для оценки долговечности материалов и элементов здания в конкретных условиях эксплуатации и последующего планирования их срока службы, периодичности ремонта и замены предлагаются несколько методов, в том числе строгих, основанных на проведении обследований, испытаний (в том числе ускоренных) и исследовании интенсивности процессов деградации конструкций в ходе технической эксплуатации опытными инженерами и экспертами.

Возможен также приближенный подход (например, factor method), основанный на том, что «стандартная» долговечность материала или элемента (RSLC), установленная соответствующими документами, корректируется группой коэффициентов, учитывающих конкретные условия эксплуатации, значение которых (0,8...1,2) установлены на основе экспертных оценок. Учитывается семь факторов:

- 1) качество компонентов (в состоянии поставки);
- 2) качество проектного решения (в части наличия и надежности антикоррозионной защиты и т. п.);
- 3) уровень исполнения (в части точности соблюдения установленных требований к качеству строительных работ);
- 4) параметры микроклимата (в части влияния конкретных условий эксплуатации на степень деградации свойств материалов и элементов);
- 5) параметры природных климатических воздействий и условий, таких как ветер, осадки, отрицательные температуры и их сочетания (в той же части, что и в пункте 4);
- 6) специфика конкретных условий эксплуатации, зависящих от назначения здания (например, в жилых зданиях, на производственных предприятиях);
- 7) уровень обслуживания (в части точности соблюдения конкретных требований по надзору и обслуживанию, например, для труднодоступных элементов, указаний по применению специального оборудования и т. д.).

Еще на этапе проектирования следует предусматривать возможность применения эффективных методов изменения назначения здания без значительных затрат, прекращения использования и демонтажа отдельных элементов и здания в целом. Среди возможных причин таких действий выделяют:

- функциональные (отпала необходимость дальнейшего использования здания, например, при прекращении производства данных изделий);
- технологические (требуется изменить основные показатели здания или элементов в связи с изменением назначения);
- экономические (элементы полностью работоспособны, но их эксплуатация затратна, например, замена устаревших обогревательных приборов на более эффективные).

Должны применяться наиболее эффективные способы описанных вмешательств в процесс эксплуатации с минимальными экономическими и социальными потерями. При проектировании надо иметь в виду, что долговечность рассматриваемого имущества (здания и сооружения) может быть достаточно,

велика и за весь срок службы могут неоднократно меняться их владельцы, выполняться пристройки, надстройки, изменяться назначение и т. д. Поэтому вся история его жизненного цикла должна тщательно документироваться. Демонтаж здания при прекращении его использования, особенно зданий, не достигших предельного износа, а также разборных и временных зданий, должен выполняться с максимальным сохранением конструкций, предполагая их дальнейшее повторное использование. Методы решения изложенных в части I стандарта ISO 15686 основных проблем, возникающих в процессе эксплуатации зданий, конкретизируются в последующих частях стандарта.

**Заключение.** Несмотря на определенные отличия европейских норм, связанных с эксплуатацией здания, от отечественных по структуре, наполнению, многим терминам и определениям, их введение в Республике Беларусь в качестве информационных документов (в рамках процесса гармонизации) позволило бы использовать большой опыт стран Еврoзоны, сблизить наши нормы в той части, где это позволяют реальные возможности и национальная специфика. В частности, это касается системы стандартов ISO 15686-1. При этом следует принимать во внимание, что в различных Европейских документах многие термины, связанные с долговечностью, сроками службы зданий и их обслуживанием, имеют различные определения, иногда противоречащие друг другу. В качестве примера можно привести термин *repair* (ремонт). Определение, принятое в Республике Беларусь [13], ближе к принятому в ISO 15686-1, разработанному специалистами в области эксплуатации зданий и точнее отражающему суть вопроса – ремонт это восстановление утраченных свойств (устранение физического износа) в отличие от реконструкции, которая изменяет основные технико-экономические показатели, приводит параметры здания к уровню современных требований. Такие нестыковки неизбежны при международной кооперации в области строительного бизнеса, так как многочисленные Европейские нормы и стандарты разрабатываются различными международными организациями (ISO, CEN и др.). У каждой из них свои источники финансирования, планы работы технических комитетов, различная квалификация и амбиции авторов и т.д. При разработке ТНПА в Республике Беларусь, принимая все ценное из наработанного зарубежными специалистами, не следует повторять их ошибок, необходимо использовать большой опыт, накопленный в СССР.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Колотилкин, Б.М. Долговечность жилых зданий / Б.М. Колотилкин. – М.: Стройиздат, 1965.
2. Рогонский, В.А. Математический метод оценки долговечности и надежности элементов зданий / В.А. Рогонский; АН СССР // Экономика и математические методы, 1969. – Т. V, вып. 1.
3. Положение о проведении плано-предупредительного ремонта жилых и общественных зданий / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1965.
4. Положение о проведении плано-предупредительного ремонта производственных зданий и сооружений / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1974.
5. Казачек, В.Г. Актуальные проблемы повышения эксплуатационной надежности зданий и сооружений / В.Г. Казачек, Д.Н. Лазовский // Инженерные проблемы современного бетона и железобетона: генеральные докл. междунар. конф. – Минск, 1997.
6. Казачек, В.Г. Здания и сооружения: не допустить аварии при строительстве и эксплуатации / В.Г. Казачек // Инженер-консультант в строительстве. – 2002. – № 19. – 9 окт.
7. Казачек, В.Г. Проблемы обеспечения надежности железобетонных конструкций при проектировании, обследовании и эксплуатации зданий и сооружений / В.Г. Казачек // Строительная наука и техника. – 2007. – № 6.
8. Казачек, В.Г. Нормативная база Республики Беларусь в области технической эксплуатации, обследования и реконструкции зданий и сооружений. Предотвращение аварий зданий и сооружений / В.Г. Казачек // Сб. науч. тр. – М., 2009. – Вып. 8.
9. Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения. Нормы проектирования / Госкомархитектуры: ВСН 58-88 (Р). – М., 1990.
10. Здания и сооружения. Основные требования к техническому состоянию и обслуживанию строительных конструкций и инженерных систем, оценке их пригодности к эксплуатации: СНБ 1-04.01-04 / Минстройархитектуры Респ. Беларусь. – Минск, 2004.
11. Техническая эксплуатация жилых и общественных зданий и сооружений. Порядок проведения. Минстройархитектуры Респ. Беларусь: ТКП 45-1.04-14-2005. – Минск, 2006.
12. Техническая эксплуатация производственных зданий и сооружений. Порядок проведения: ТКП 45-1.04-78-200 / Минстройархитектуры Респ. Беларусь. – Минск, 2007.

13. Ремонт, реконструкция и реставрация жилых и общественных зданий и сооружений. Минстройархитектуры Респ. Беларусь: СНБ 1.04.02-02. – Минск, 2002.
14. Проектная документация на ремонт, модернизацию и реконструкцию жилых и общественных зданий и сооружений. Порядок, разработка и согласование. Минстройархитектуры Респ. Беларусь: ТКП 45-1.02-104-2008. – Минск, 2008.
15. Единые нормы амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов народного хозяйства СССР: утв. Постановлением Совета Министров СССР от 22.10.1990 № 1072.
16. Обследование строительных конструкций зданий и сооружений. Правила проведения: ТКП 45-1.04-37-2008 / Минстройархитектура Респ. Беларусь. – Минск, 2008.
17. Основы проектирования конструкций: ТКП TN 1990-2009 / Минстройархитектуры Респ. Беларусь. – Минск, 2010.
18. ISO 13822 Bases for design of structures – Assessment of existing Structures, 2009.
19. ISO 2394: 1998 (E) General principles on reliability for structures, 1998.
20. Monitoring and Safety Evaluation of existing Concrete Structures. State-of-the-art-Report/ Fib Task Group 5.1, 2002.
21. Contecvet. A validated Users Manual for assessing the residual service life of concrete structures. DCA; Geoci sa, 2002.
22. Рекомендации по обеспечению надежности и долговечности железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений при их реконструкции и восстановлении / Харьк. Промстройиниинпроект. – М.: Стройиздат, 1990.
23. ACI 365. 1R-00. Service-life Prediction – State of the-Art.Report. ACI committee 365, 2000.
24. Оценка прочности бетона на сжатие в строительных конструкциях и сборных элементах: СТБ EN 13791-2009, 2009.
25. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности: ГОСТ Р 53231-2008. – М., 2009.
26. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений: СП 13-102-2003. – М., 2004.
27. ISO 15686-1: 2000 (E). Buildings and constructed assets-service life planning (Parts 1 – 9), 2009.
28. Казачек, В.Г. Зарубежный опыт нормирования методов оценки прочности бетона в существующих конструкциях / В.Г. Казачек // Техническое нормирование, стандартизация и сертификация в строительстве. – 2010. – № 2.
29. Oehme, P. Scheden an Sthahltrawerken Siaristische Schadensanalyse unter Deachtung juristischer Aspekte / P. Oehme. – Berlin: Bauinfrmation, 1990. – 40 s.

Поступила 04.06.2010

## NORMALIZATION PROBLEMS OF LIFE CYCLES OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

V. KAZACHEK

*Normalization problems of life cycles of buildings and constructions are observed. Wearout of constructions and the whole building, in other words, loss of initial parameters of service properties in time is studied. The primary goal at maintenance consists in timely repair, replacement of constructions with small life cycles, reinforcement of capital structures. Importance of the regular carrying out construction diagnostic is performed. It is necessary to trace time history of technical state that will allow more justified to carry out its forecast, to provide observance of design life cycles of buildings and their proved extension. The system of standards ISO 15686 recently installed on territory of the European Union is aimed to do these actions. Definitions of the majority of the terms applied in given standards close by implication to used in TNPA in Belarus.*