

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ  
С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА ИХ КОНСТРУКЦИЙ**

*Н. В. Панченко, к. т. н., доц.*

*Национальная академия природоохранного и курортного строительства, г. Симферополь*

**Ключевые слова:** *надежность, живучесть, долговечность, износ, дефект, конструкция*

**Постановка проблемы.** При проектировании жилых домов их эксплуатационные характеристики не являются заданными (расчетными). Эксплуатационные показатели ограждающих конструкций и особенно стыков преимущественно выбираются в проектах не по расчету, а конструктивно. Не моделируется физический износ конструктивных элементов и жилого дома в целом. Практически довольно сложно на стадии проектирования определить будущие затраты по обеспечению надежной эксплуатации здания. Особенно важной эта проблема является для социального и доступного жилья. Без ее решения государству невозможно планировать расходы на строительство и содержание социального жилья.

**Анализ основных исследований и публикаций.** В действующих нормативных документах предусмотрено, что конструкции категории А1 могут выделяться в составе категории А, к которой относятся конструкции и элементы, отказ которых может привести к полной непригодности здания к эксплуатации в целом или его значительной части [1]. Предусматривается, что такие конструкции должны поддерживаться в рабочем состоянии на протяжении всего срока эксплуатации жилого дома ( $T_{ef}$ ). Мероприятия по поддержанию рабочего состояния конструкций предусматривается устанавливать в специальных нормах, в проектной и эксплуатационной документации, с указанием затрат на эти мероприятия. Однако в различных исследованиях и публикациях не в полном объеме указываются пути подходов к конструктивно-планировочному и экономическому решению сокращения эксплуатационных затрат по содержанию жилых зданий. Согласно действующим нормам проектирования жилья, в составе рабочего проекта не предусмотрен раздел по мероприятиям поддержания рабочего состояния конструкций. Проектные организации в своем большинстве не разрабатывают проектов эксплуатации жилых зданий. Это, к сожалению, не предусматривается заданием на проектирование, т. к. отсутствуют нормативно-правовые и методические документы по проектированию социального и доступного жилья.

**Основная часть.** Сущность надежности жилого дома обеспечивается технической возможностью использования его по назначению на протяжении всего срока нормальной эксплуатации. В нормах [1] понятие надежности в строгой формулировке не предусмотрено. Определено близкое к нему понятие «надежность строительного объекта» как свойство объекта выполнять заданные функции на протяжении заданного промежутка времени. Какие функции и на протяжении какого времени? Можно, например, определить недопущение деформаций при оттаивании конструктивных элементов жилого здания, возводимого из кирпича, при отрицательных температурах методом замораживания. Да, это надежность строительного объекта. А надежность жилого дома после ввода его в эксплуатацию – это уже не надежность строительного объекта. В нормах [1] определено еще одно, близкое к надежности, понятие – «безотказность» как возможность объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние на протяжении заданного срока эксплуатации. Но, например, допускаемые деформации (трещины) не всегда обеспечивают комфортное состояние людей, находящихся в этих помещениях. То есть работоспособное состояние жилого дома обеспечивается, а нормальная эксплуатация не обеспечивается, так как, например, чрезмерные прогибы или трещины конструкций, видимые человеком, вызывают у него дискомфорт, что, в свою очередь, предопределяет дополнительные эксплуатационные затраты на выполнение ремонтных работ. Надежность – свойство комплексное, включающее в себя безотказность, живучесть, работоспособность, долговечность изделия в целом и его составных частей.

*Живучесть* – возможности объекта сохранять ограниченную работоспособность под влияниями, которые не предусмотрены условиями эксплуатации, при наличии некоторых дефектов и повреждений, а также при отказе некоторых компонентов объекта [1].

*Работоспособность* – техническое состояние, при котором объект выполняет все свои функции, сохраняя при этом допустимый уровень риска [1].

*Долговечность* – свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе эксплуатации, технического обслуживания и ремонтов [2]. Таким образом, безотказность, живучесть, работоспособность и долговечность – это надежность объекта по сохранению всех функций непрерывной, нормальной эксплуатации жилого здания в течение его жизненного цикла. При этом долговечность предусматривает работоспособность объекта с возможными перерывами для ремонта.

*Ремонт* – комплекс операций по возобновлению работоспособности объекта и (или) увеличению его долговечности [1]. Необходимость ремонта жилого дома, при его эксплуатации, возникает при обнаружении дефектов. Чем больше дефектов, тем больше эксплуатационные затраты по содержанию жилых домов. Нормы определяют дефекты как каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям (рис. 1).

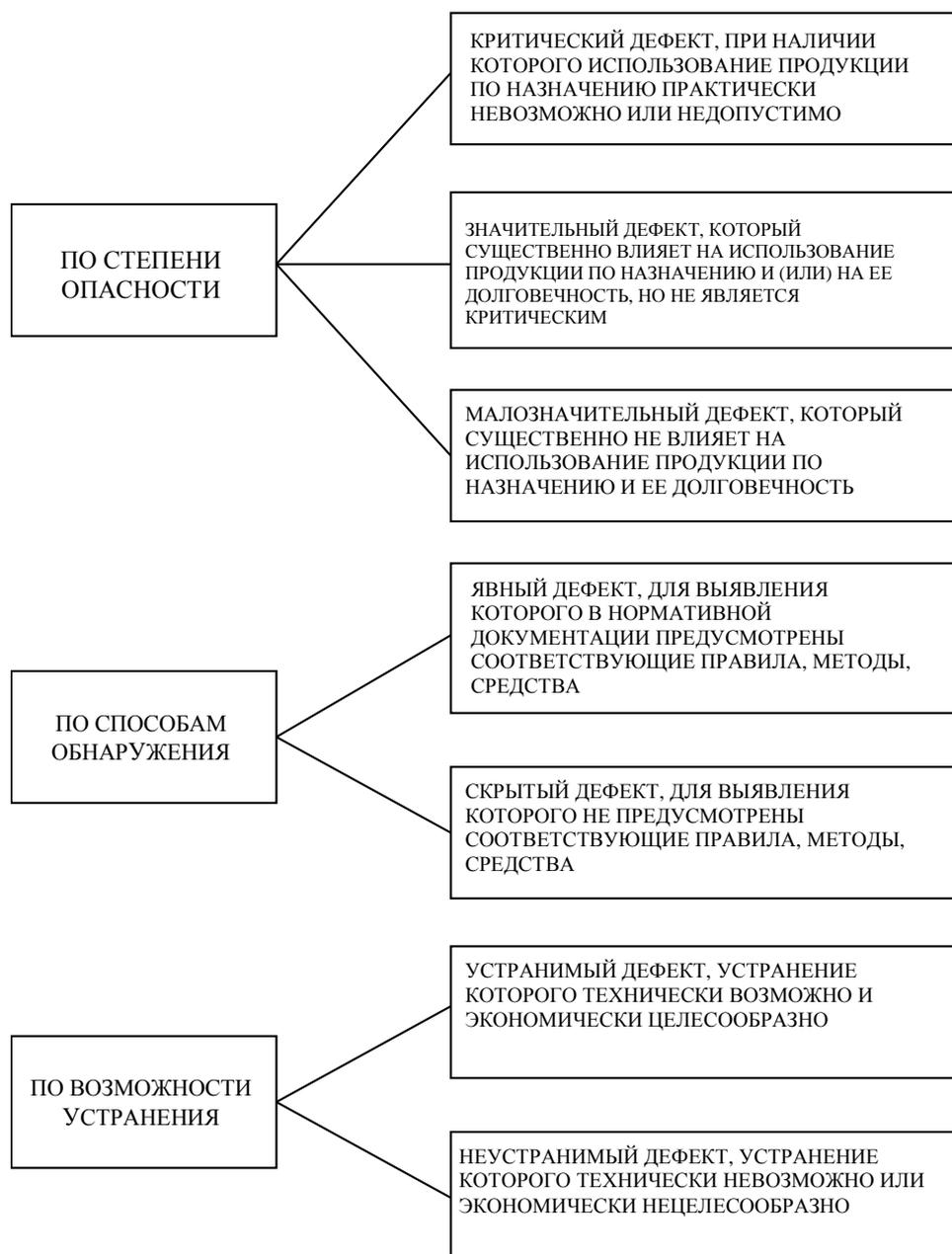


Рис. 1. Классификация дефектов

Дефекты выявляются на протяжении всего срока эксплуатации и довольно часто характеризуют физический износ элементов конструкций, в дальнейшем, без принятия соответствующих мер, износ конструкции в целом, что приводит к отказу конструкции. А отказ вызывает убытки, т. е. увеличивает эксплуатационные расходы ( $\mathcal{E}_{рем}$ ).

Расходы на проведение работ по текущему ремонту конструктивных элементов ( $\mathcal{E}_{рем}$ ) состоят из расходов на текущий ремонт фундамента, стен, перекрытий, крыши, кровли, подвальных и чердачных помещений, оконных и дверных проемов, лестниц, внешнюю отделку фасадов и иные работы, связанные с ремонтом конструктивных элементов [3]:

$$\mathcal{E}_{рем} = \sum_{n=1}^n \mathcal{E}_n(x_1, x_2, x_3, \dots, x_i), \quad (1)$$

где:  $\mathcal{E}_n$  – стоимость выполняемого вида работ по текущему ремонту;

$n$  – вид выполняемых работ,

$x_i$  – описание вида работ, их объем в зависимости от архитектурно-конструктивного решения здания.

В выражении (1), переменные  $n$  и  $x_i$  определяют вид дефекта и описание работ по его устранению. Опыт ЖКО по техническому содержанию жилых домов в городах Украины и других странах СНГ показывает, что наибольшее количество дефектов приходится на протечки и промерзание стыков панельных домов и коррозию стальных элементов крепления наружных панелей. Массовость этих дефектов переросла в большую техническую проблему обеспечения необходимого уровня надежности панельных жилых домов. На втором месте – протечки кровель и, как результат, разрушение несущих и ограждающих конструкций верхних этажей жилых домов. Для железобетонных конструкций явно выявлены два основных дефекта: *чрезмерное раскрытие трещин*, что приводит к коррозии арматуры с уменьшением ее поперечного сечения на 5 – 10 % и *недостаточный защитный слой для арматуры*, что также приводит к прогрессирующей коррозии арматуры. *Указанные дефекты в большинстве случаев появляются из-за физического старения бетона с учетом условий его эксплуатации.* Учет проектировщиками этих дефектов позволит значительно уменьшить эксплуатационные расходы.

Надежность жилых зданий и отдельных их конструкций обуславливается изменчивостью во времени внутренних свойств материалов (*физического старения*) и внешних условий (нагрузок и воздействий). Характеристики и показатели этих факторов к моменту окончания строительства здания определяют начальную его надежность, которая с первого дня эксплуатации здания постепенно снижается.

На надежность жилых зданий в процессе эксплуатации оказывают влияние внутренние напряжения, возникающие в конструкциях и не соответствующие проектным значениям, внешние воздействия (в заданных или иных режимах), организация и проведение технического обслуживания и ремонтов, квалификация обслуживающего персонала.

Безотказность жилого здания в целом как сложной технической системы шире, чем его элементов и простых систем, способных находиться лишь в двух состояниях – работоспособном либо неработоспособном. Дефекты отдельных ограждающих конструкций и элементов здания (кровли, межпанельных швов, полов и др.) обычно являются частичными и не приводящими к прекращению функционирования здания в целом. Они снижают только уровень нормальной эксплуатации жилого дома. В процессе эксплуатации дефекты накапливаются, изменяясь качественно и количественно. Оставленные без внимания незначительные дефекты могут привести к серьезным нарушениям целостности конструкций и даже к авариям. Надежная работа строительных конструкций возможна в случае, когда во время эксплуатации принимаются эффективные меры по устранению дефектов или ограничению их вредного влияния.

Замедленная и растянутая во времени реакция жилого здания на воздействие внешних условий возникает благодаря наличию некоторого запаса технических характеристик сверх минимально необходимых для выполнения заданных функций. Это результат того, что обеспечение локальных требований прочности и жесткости, звуко- и теплозащиты, пожарной безопасности сопровождается возникновением обратных связей, известным «перекрытием» отдельных функций конструкций жилого дома. В результате возникают различные виды резервирования – нагрузочное, структурное, функциональное и временное. В настоящее время созданы новые строительные материалы и технологии, позволяющие более эффективно рассчитывать и создавать конструкции в строгом соответствии с расчетными характеристиками (например по теплозащите, пожарозащите, звукоизоляции). Это позволяет до минимума уменьшить так называемое «перекрытие» функций конструкций и уменьшить их материалоемкость, что, в свою очередь, снижает стоимость строительства.

Изучение дефектов и отказов конструкций позволило классифицировать их по частным признакам (рис. 2) [2]. При этом обращено особое внимание на то, что в практике наиболее часто встречаются отказы, вызванные их сочетанием. Надежность зданий и отдельных конструкций обуславливается изменчивостью во времени внутренних свойств (материалов) и внешних условий (нагрузок и воздействий). Характеристики и показатели этих факторов постепенно снижаются (рис. 3). Если определить минимально допустимый уровень надежности на период расчетного срока службы  $N_{\min}$ , то можно за счет удорожания конструкции достичь высокого уровня начальной надежности  $N_0$  с учетом ее снижения во времени за период  $T_p$  до уровня  $N_{\min}$ . Это обстоятельство условно можно назвать начальным резервированием. Значение функции надежности или выбор этой функции для каждого несущего или ограждающего конструктивного элемента позволяет планировать ремонты. Величина начального резервирования в большей степени является задачей экономической. Можно предложить систему и без начального резервирования, но с такой последовательностью и количеством *определенного вида* ремонтов (кривая 2 на рис. 3), которые бы обеспечивали надежность на уровне не ниже  $N_{\min}$  на протяжении всего срока эксплуатации жилого дома.

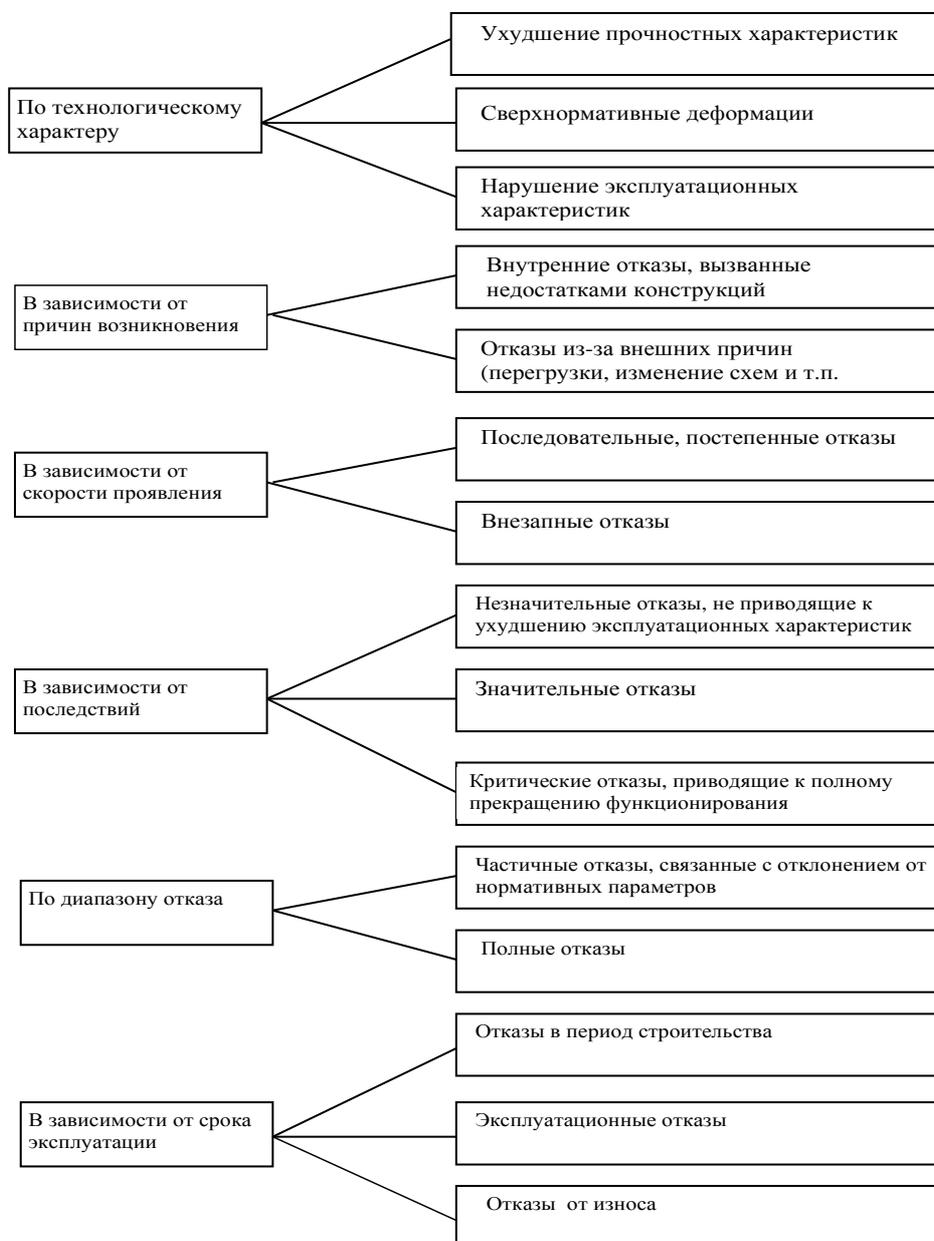


Рис. 2. Классификация отказов конструкций

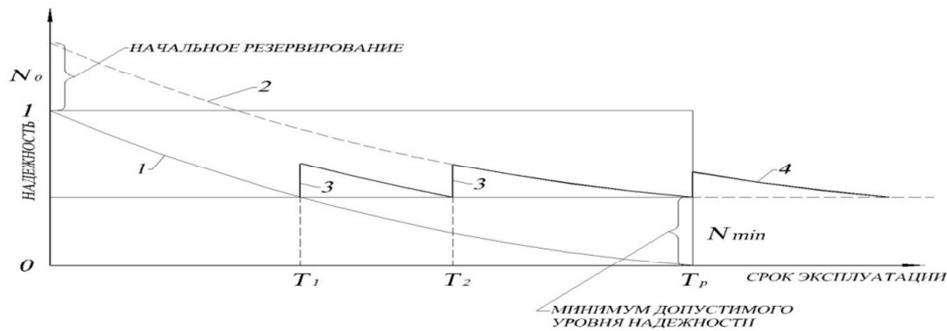


Рис. 3. График надёжности конструкций в течение жизненного цикла здания [2]

Минимизируя функцию полной сметной стоимости здания, можно получить функцию надёжности жилого здания и предусмотреть экономически эффективную систему технического содержания его в течение срока эксплуатации.

**Выводы.** На стадии проектирования жилого дома есть возможность предусмотреть минимально необходимые эксплуатационные затраты за счет установления более реального уровня надёжности всех конструктивных элементов, прогнозирования появления дефектов, возникающих в результате физического старения материалов, разработки мероприятий по обеспечению эксплуатации конструкций с расчетом затрат на их осуществление. Необходимо в обязательном порядке в составе рабочего проекта разрабатывать проектные указания по эксплуатации жилого дома в части содержания здания и его конструктивных элементов. Рекомендовать заказчикам в задании на проектирование указывать требование по разработке в проекте раздела – мероприятия по обеспечению технической эксплуатации здания.

Для дальнейшего изучения особый интерес представляет математическое моделирование физического старения материалов, из которых изготовлены конструкции, прогнозирование возможных дефектов и, соответственно, разработка эксплуатационных мероприятий.

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. ДБН В.1.2-14-2009. – К. : Мінрегіонбуд України Київ, 2009.
2. Ройтман А. Г. Предупреждение аварий жилых зданий.-М., Стройиздат, 1990, — 240 с.
3. Панченко Н. В. Некоторые особенности определения эксплуатационных затрат на социальное и доступное жилище / Строительство и техногенная безопасность. – Вып. 43. – НАПКС, 2012. – 132 с.

## УДК 728.1

**Обеспечение надежной эксплуатации жилых зданий с учетом физического износа их конструкций / Н. В. Панченко // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д. : ПГАСА, 2013. – № 1 – 2. – С. 72 – 76. – рис. 3. – Библиогр.: (3 назв.).**

Рассмотрены вопросы обеспечения надежности жилых домов с учетом возможных прогнозируемых дефектов, появляющихся в результате физического износа конструктивных элементов зданий, а также пути подхода к определению будущих эксплуатационных затрат и разработки технических указаний по устранению появившихся дефектов конструкций на основе анализа и прогнозирования их физического износа.

*Ключевые слова:* надежность, живучесть, долговечность, износ, дефект, конструкция.

**Забезпечення надійної експлуатації житлових будинків з урахуванням фізичного зносу їх конструкцій / М. В. Панченко // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д. : ПДАБА, 2013. – № 1 – 2. – С. 72 – 76. – рис. 3. – Бібліогр.: (3 назв.).**

розглянуто питання забезпечення надійності житлових будинків з урахуванням прогнозованих дефектів, що виникають при фізичному зносі конструктивних елементів будівлі, а також напрями підходу до визначення майбутніх експлуатаційних витрат і розробки технічних указівок щодо усунення дефектів, які з'явилися у конструкціях, на основі аналізу прогнозування їх фізичного зносу.

*Ключові слова:* надійність, живучість, довговічність, знос, дефект, конструкція.

**Ensure reliable operation of residential buildings to meet the physical deterioration of their structures / N. V. Panchenko // Visnyk of Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture. – D. : PSACEA, 2013. – № 1 – 2. – P. 72 – 76. – pic. 3. – Bibliogr.: (3 names).**

This article describes how to ensure the reliability of residential buildings with possible projected defects that result from wear and tear structural elements of buildings. And the path of approach to the determination of future operating costs and the development of technical guidelines for the elimination of a defect in design based on the analysis and prediction of their physical deterioration.

*Key words:* reliability, survivability, durability, wear, defect, design.