

Управление стоимостью объектов капитального строительства с применением механизма планирования отчислений на их воспроизводство

© 2015 Белых Андрей Вячеславович
MRICS, член экспертного совета СРО НП “Кадастр-Оценка”,
руководитель проектов, УК “Магистр”
Санкт-Петербургский государственный экономический университет=
191023, г. Санкт-Петербург, ул. Садовая, д. 21
E-mail: andrey_belykh@mail.ru

Представлены результаты исследования процесса потери стоимости вследствие физического износа, по данным о 42 640 нежилых зданий Санкт-Петербурга. Предложен алгоритм управления воспроизводством зданий. Результатом исследования является получение трех моделей, описывающих процесс потери стоимости зданий из различных конструктивных материалов.

Ключевые слова: управление недвижимостью, оценка, физический износ, управление стоимостью.

Для собственников коммерческих объектов недвижимости процесс управления стоимостью объектом капитального строительства в первую очередь связан с планированием будущих потоков доходов от объекта недвижимости. То есть желаемые будущие доходы формируют стратегию собственника относительно управления объектом. Между тем потоки доходов от здания коммерческого назначения, помимо существенной зависимости от уровня отделки и качества инженерных систем, также напрямую зависят от физического состояния основных конструкций, поскольку именно их срок жизни определяет срок жизни здания в целом, а значит и период, в течение которого возможно поступление доходов от эксплуатации. Таким образом, стоимость объекта коммерческого назначения в немалой степени зависит от этапа жизненного цикла объекта недвижимости, определяемого (формируемого) фактическим процессом физического износа здания. Рассматривая объекты капитального строительства, не генерирующие доход напрямую, можно говорить о том, что их стоимость непосредственно определяется состоянием, в котором они пригодны для функционирования и могут эксплуатироваться, т.е. целиком определяется физическим состоянием. В символическом виде изложенное выше может быть сформулировано функциональной зависимостью $V = f(\phi)$, где V - стоимость объекта, ϕ - физический износ, при прочих равных. Так как $\phi = g(t)$, где t - возраст объекта, т.е. величина физического износа определяется фактическим возрастом объекта, то, во-первых, необходимо определение функциональной связи g , а во-вторых, функциональ-

ной связи f , выражающей потерю стоимости в зависимости от значения физического износа.

Автор исследовал фактический процесс физического износа (функцию g) в работе¹ на основе базы данных, содержащих сведения о 42 640 объектах фонда нежилой недвижимости Санкт-Петербурга, и получил модели, описывающие данный процесс до определенного возраста. В ходе исследования было проведено разделение объектов на три группы.

В первую группу, условно обозначенную как “деревянные”, были объединены здания с рублеными, дощатыми, каркасно-засыпными, сборно-щитовыми и каркасно-обшивными стенами. Во вторую группу, условно обозначенную как “каменные”, были объединены остальные здания за исключением имеющих металлические стены. К третьей группе были отнесены металлические здания.

Для объектов первых двух групп определены значения предельного возраста и получены графики, отражающие зависимости развития процесса физического износа до данного возраста (см. рисунок). Под введенным термином “предельный возраст” следует понимать возраст, начиная с которого происходит существенное возрастание волатильности в данных, т.е. в наблюдениях часто начинают встречаться данные с физическим износом, на значение которого было оказано существенное влияние со стороны какого-либо события.

Для объектов рассматриваемых групп старше предельного возраста было произведено разделение объектов, находящихся в относительно лучших условиях эксплуатации и в относительно худших. Разделение происходило из предпо-

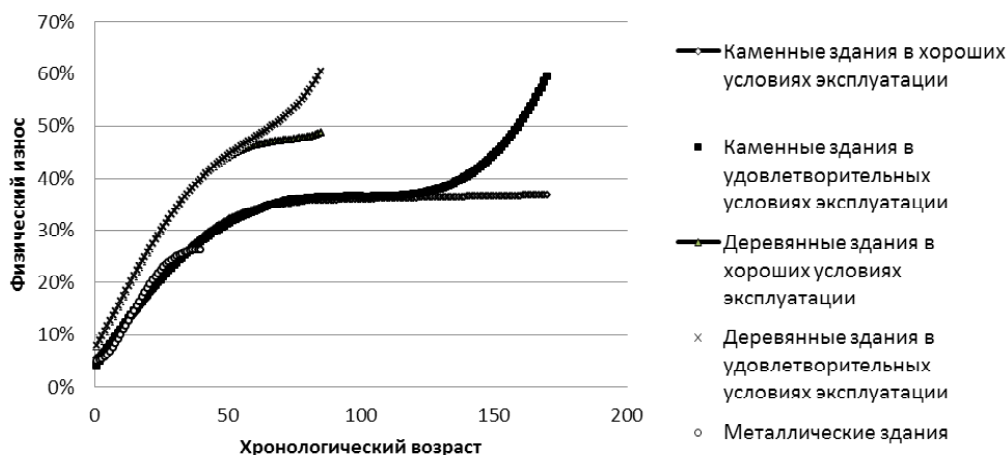


Рис. Процесс физического износа зданий (результаты исследования)

сылки, что присутствуют объекты из выборки с относительно лучшими условиями эксплуатации, в том числе объекты, где проведен ремонт, и из выборки с относительно худшими, и в каждом случае они концентрируются у своих средних значений.

В базе данных отсутствует информация о проводимых в здании капитальных или плановых ремонтах; таким образом, невозможно по формальному признаку распределить данные из выборки с нормальными, удовлетворительными или неудовлетворительными условиями эксплуатации. Для решения этой задачи был использован аппарат математического моделирования на основе цепей Маркова. Цепи Маркова рассматривают полную и взаимоисключающую группу состояний некоторой системы в любой момент времени. Система является марковской, если наступление очередного состояния зависит только от непосредственно предшествующего состояния системы. Здание может быть описано как система, имеющая износ от 0 до 99 % включительно, т.е. в любой момент времени может пребывать в одном из ста состояний. При этом значение износа в следующий момент времени непосредственно определяется значением в предыдущий момент. Так как для каждого отдельного здания нахождение в том или ином состоянии является случайным процессом, можно определить одношаговую вероятность p_{ij} перехода системы из состояния i в момент времени t в состояние j в момент $t+1$. Совокупность данных вероятностей образует однородную матрицу переходов, последняя может быть рассчитана на основе статистики данных, о которой можно однозначно говорить, что она отражает поведение системы в нормальных условиях до определенного t . Матрица переходных вероятностей совместно с исходными вероятностями (также известны из статистик анализируемой базы) полностью определяют

цепь Маркова. При заданных вероятностях первоначального состояния в момент $t=1$ и матрице переходных вероятностей абсолютные вероятности состояния системы после любого числа переходов могут быть легко установлены по уравнениям Колмогорова - Чепмена. Математическое ожидание распределения абсолютных вероятностей в каждый момент времени определит траекторию развития процесса накопления физического износа в нормальных условиях в любой момент времени на протяжении всего срока нормативной службы здания.

Имея информацию о процессе старения зданий в нормальных условиях эксплуатации из выборки, где представлены смешанные данные, могут быть удалены наблюдения, касающиеся зданий с нормальными условиями эксплуатации, и оставлены только здания с удовлетворительными условиями эксплуатации. На основе расчета математического ожидания этих наблюдений может быть сформирована модель, отражающая процесс накопления физического износа в удовлетворительных условиях эксплуатации.

В момент времени $t=1$ (в первый год жизни) система (здание) при условии, что она существует, может иметь одно из ста состояний, каждое из которых характеризуется определенным процентом износа от 0 до 99 % (100 %-ный износ означает, что система не существует, поэтому не рассматривается). Обозначим данные состояния как $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \dots, \epsilon_{99}$. Система может находиться в каждом из этих состояний с определенной вероятностью $a_j^{(1)}$ ($j = 1, 2, 3, \dots, 99$) - абсолютной вероятностью системы в момент $t=1$. В качестве оценки каждой из этих вероятностей может быть принята частота, с которой в выборке зданий с хронологическим возрастом 1 год встречаются здания, соответственно, с 1 %-, 2 %-, 3 %-, ..., 99 %-ным износом.

$p_{ij} = P\{\varepsilon_{tn} = j | \varepsilon_{t_{n-1}} = i\}$ - одношаговая вероятность перехода системы из состояния i в момент $t = n - 1$ в состояние j в момент $t = n$. В нормальных условиях эксплуатации можно считать, что эти вероятности постоянны. В нашем случае, имея сто состояний, мы получаем 10 000 переходных вероятностей для перехода системы (здания) из любого состояния в момент $t = n - 1$ в состояние s любым значением износа в момент $t = n$. В матричном виде эти вероятности будут представлены следующим образом:

$$P = \begin{pmatrix} P_{0/0} & P_{0/1} & \dots & P_{0/99} \\ P_{1/0} & P_{1/1} & \dots & P_{1/99} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{99/0} & P_{99/1} & \dots & P_{99/99} \end{pmatrix}.$$

P является однородной матрицей переходов, p_{ij} удовлетворяют условиям $\sum_j p_{ij} = 1$ для всех i , $p_{ij} \geq 0$ для всех i и j . Так как P совместно с исходными вероятностями $a_j^{(1)}$ полностью определяют цепь Маркова, встает вопрос о нахождении матрицы P .

Согласно уравнениям Колмогорова - Чепмена² вектор абсолютных вероятностей $a_j^{(2)}$ будет определяться по следующей формуле: $(a_j^{(2)}) = P * (a_j^{(1)})$, тогда вектор абсолютных вероятностей $a_j^{(n)}$ будет определяться как $a_j^{(n)} = a_j^{(1)} * P^n$. Но нам подлинно известны значения математических ожиданий для каждого вектора абсолютных вероятностей для развития процесса физического износа в нормальных условиях вплоть до предельного возраста. Математическое ожидание каждого из векторов абсолютных вероятностей для конкретного хронологического возраста соответствует точке, получаемой из функции, аппроксимирующей имеющиеся средние значения физического износа в каждой из групп. Применительно к каждой группе зданий использовались соответствующие функции, так как полученные уравнения аппроксимирующих кривых, т.е. модели, имеют хорошие и удовлетворительные прогнозные качества.

Если математическое ожидание вектора абсолютных вероятностей $E(a_j^{(k)}) = y(k)$ (математическое ожидание вектора было рассчитано как сумма соответствующих значений физического износа и вероятности нахождения системы (здания) в данном состоянии в конкретный момент), то, учитывая, что $y(k)$ является оценкой формы реальной кривой, описывающей процесс физического износа, т.е. подвержено влиянию случайной составляющей в наблюдениях, можно рассмотреть абсолютное значение отношения раз-

ности $|E(a_j^{(k)}) - y(k)|$ к $y(k)$. Таким образом, необходимо найти такую P , что $(\sum_{k=1}^n \frac{|E(a_j^{(k)}) - y(k)|}{y(k)})/n \rightarrow \min$, где n - предельный возраст.

Матрица P для каждой из групп была найдена инструментом "поиск решения" программного обеспечения Excel MS Office через выполнение условия, описанного выше. В данном случае минимизируемое значение из условия является средней ошибкой аппроксимации для последовательности математических ожиданий векторов абсолютных вероятностей системы и значений аппроксимирующей функции для процесса физического износа, ее значение составило менее 1 % в обеих группах, таким образом, матрица P , найденная из этого условия, может быть принята для дальнейших расчетов.

После определения матрицы P и рассчитав все векторы абсолютных вероятностей системы вплоть до предельного возраста, может быть определена траектория развития процесса физического износа для зданий в хороших условиях эксплуатации. Полученные зависимости представлены ниже.

Уравнение, описывающее процесс накопления физического износа "деревянными" зданиями в хороших условиях эксплуатации до возраста в 85 лет, имеет следующий вид:

$$y = 0,0000000178x^4 - 0,0000028688x^3 + 0,0000665456x^2 + 0,0090507311x + 0,0689916823.$$

Уравнение, описывающее процесс накопления физического износа "каменными" зданиями в хороших условиях эксплуатации до возраста в 170 лет, имеет следующий вид:

$$y = \begin{cases} 0,0142383061 \ln(x) + 0,2946046730, & x > 80 \\ 0,0000000163x^4 - 0,0000028970x^3 + \\ + 0,0001154424x^2 + 0,0048077872x + \\ + 0,0498576305, & x \leq 80, \end{cases}$$

где y - величина физического износа;
 x - хронологический возраст здания.

Следующим этапом исследования являлось определение протекания процесса накопления физического износа в удовлетворительных условиях эксплуатации. Возвращаясь к графику сопоставления среднего физического износа для зданий и хронологического возраста, теперь можно говорить, что все точки, лежащие ниже кривых, задаваемых уравнениями, находятся в хороших условиях эксплуатации. Таким образом,

можно исследовать точки выше данных кривых после предельного возраста и определить протекания процесса накопления физического износа в удовлетворительных условиях эксплуатации. Исследование этих данных позволило получить модели развития процесса физического износа в удовлетворительных условиях.

Уравнение, описывающее процесс накопления физического износа в удовлетворительных условиях эксплуатации для “деревянных” зданий, имеет следующий вид:

$$y = 0,0000000228x^4 - 0,0000030766x^3 + 0,00006289x^2 + 0,0091668181x + 0,0699865239.$$

Согласно уравнению “деревянные” здания достигают 60 % износа к 85 годам, этим и объясняется период для модели в нормальных условиях эксплуатации.

Уравнение, описывающее процесс накопления физического износа “каменными” зданиями, имеет следующий вид:

$$y = 0,000000001953x^4 - 0,000000250495x^3 - 0,000041755227x^2 + 0,008039798664x + 0,033728650941.$$

Полученные регрессионные модели физического износа в удовлетворительных условиях эксплуатации имеют высокое значение коэффициента детерминации ($R^2 > 90\%$) и низкое значение средней ошибки аппроксимации ($\Delta < 5\%$), что говорит об отличных прогнозных качествах модели.

Для группы “металлических” зданий не представляется возможным произвести аналогичное разделение процесса накопления физического износа на два сценария из-за малого количества наблюдений по объектам с возрастом старше 40 лет. Уравнение для данной группы приведено ниже:

$$y = \frac{0,00047x^{1,9} \ln(x)}{e^{0,055x}} + 0,05.$$

В результате получены пять уравнений, описывающих процесс развития физического износа. Форма кривой, полученная по уравнению для “каменных” зданий, отражающая процесс физического износа в хороших условиях, близка к результатам, полученным В.И. Бабакиным в 1970-е гг. для каменных жилых зданий.

В 1970 г. В.И. Бабакиным³ была выведена формула, по которой физический износ связан с затратами на ремонт конструктивных элементов:

$$\phi = \sqrt{\frac{C_p}{C_s}} - 0,275 \left(\frac{C_p}{C_s} \right) - 0,1,$$

где ϕ - физический износ элементов;

C_p - стоимость капитального ремонта;

C_s - восстановительная стоимость конструктивных элементов.

Если переписать уравнение в виде $\phi = \sqrt{x} - 0,275x - 0,1$, где x - доля стоимости ремонта в восстановительной стоимости элемента или конструкции, может быть получена обратная зависимость значения затрат на ремонт, выраженных долей от восстановительной стоимости, необходимых для устранения некоей величины физического износа. Самым простым способом эту задачу можно решить, поменяв местами оси координат и аппроксимировав кривую полиномом четвертой степени. Полученное уравнение имеет вид

$$y = 4,9377\phi^4 - 2,9849\phi^3 + 2,2736\phi^2 + 0,1196\phi + 0,0105,$$

где y - доля затрат от восстановительной стоимости строения, необходимая для устранения физического износа;

ϕ - физический износ, выраженный долей от единицы.

Если восстановительную стоимость здания принять равной затратам на строительство, что вполне допустимо, то приведенную зависимость затрат на устранение физического износа в процентах от стоимости строительства можно использовать в качестве оценки функциональной зависимости потери стоимости вследствие физического износа. При этом следует отметить, что данная оценка функциональной зависимости f будет слегка отличаться от реальной зависимости, так как не учитывает влияния наличия в стоимости объекта прибыли предпринимателя, так же как не учитывает наличия прибыли предпринимателя в стоимости работ по восстановлению здания. Однако так как оба этих фактора имеют противоположное воздействие, использование зависимости вполне допустимо.

Необходимо напомнить, что, согласно методике $\square 404^4$, физический износ, определяемый по данной методике, не является величиной, выражающей в процентах потерю стоимости, об этом, в частности, говорит наличие таблицы из п. 12, в которой сопоставлены значения физического износа и значения затрат на его устранение. При этом значения из данной таблицы совпадают со значениями, получаемыми по уравнению В.И. Бабакина. Данный факт не вызывает удивлений, так как В.И. Бабакин является создателем методики $\square 404$. Кроме того, простое рассуждение о том, что устранение физического износа в 63 % требует затрат в размере 100 % от стоимости строительства, очевидно, говорит о том, что стоимость данного здания равна нулю, что также подтверждается запретом на нахождение людей в зданиях с износом свыше 60 %. Резюмируя приведенные доводы, можно утверждать,

что физический износ, получаемый по методике □ 404, является технической характеристикой сравнительного состояния обветшания относительно других объектов и не может применяться как коэффициент к стоимости для нахождения стоимости с учетом износа. Для нахождения стоимости с учетом износа необходимо применение к величине физического износа уравнения В.И. Бабакина для получения величины затрат на устранение данного износа и уже на данную величину корректировать стоимость.

Для получения уравнений, пригодных для применения в оценке улучшений, было проведено сопоставление величин физического износа зданий с определенным возрастом с затратами на устранение данного износа (уравнение В.И. Бабакина). Таким образом, были получены уравнения, выражающие потерю стоимости вследствие утраты зданиями их прочностных характеристик и долговечности, которые могут быть прямо применены в оценке стоимости.

Уравнение аппроксимирующей кривой для деревянных зданий в удовлетворительных условиях эксплуатации имеет следующий вид:

$$y = \begin{cases} 0,0000051992x^3 - 0,0008664636x^2 + \\ + 0,0567845397x - 0,8576922511, x > 50 \\ -0,0000018408x^3 + 0,0002192420x^2 + \\ + 0,0022596178x + 0,0351419745, x \leq 50. \end{cases}$$

Уравнение аппроксимирующей кривой для каменных зданий в удовлетворительных условиях эксплуатации имеет следующий вид:

$$y = \begin{cases} (0,000001048x^4 - 0,000309448x^3 + \\ + 0,029268097x^2 - 0,779924216x + \\ + 19,59)/100, x > 50 \\ (0,409755502x + 0,794774891)/100, \\ x \leq 50. \end{cases}$$

Уравнение аппроксимирующей кривой для металлических зданий имеет следующий вид:

$$y = \frac{0,000145x^{2,076} \ln(x)}{e^{0,052x}} + 0,02,$$

где y - величина физического износа, выражающая потерю стоимости в % от затрат на строительство;

x - хронологический возраст здания.

Обладая знанием о величине потери стоимости в реальном выражении в зависимости от хронологического возраста объекта, возможно спланировать величину необходимых ежегодных (или с любым иным периодом) отчислений, чтобы к любому наперед заданному моменту времени в будущем портфель, состоящий из наличных денежных средств и объекта недвижимости, в сумме бы составлял первоначальную стоимость объекта недвижимости в реальном выражении.

Следует действовать по следующему алгоритму:

1. Определяется момент в будущем t , к которому планируется иметь возможность воспроизводства объекта недвижимости.

2. В зависимости от конструктива здания и условий эксплуатации применяется модель расчета величины физического износа, выражающая потерю стоимости в процентах от затрат на строительство для здания с фактическим сроком жизни, равным t .

3. Определяется финансовый инструмент, с помощью которого будет проходить накопление денежных средств и его реальная ставка доходности.

4. Через фактор фондовозмещения рассчитывается величина ежегодных отчислений:

$$I = y * \frac{i}{(1+i)^t - 1}$$

где I - величина ежегодных отчислений, % от стоимости здания;

y - величина физического износа, выражающая потерю стоимости, % от затрат на строительство;

i - реальная ставка доходности;

t - момент воспроизводства объекта в будущем.

Предложенный алгоритм можно использовать для управления стоимостью комплексами недвижимости, а также для обоснования инвестиционных программ по воспроизводству и расширению основных фондов.

¹ Белых А.В. Методика определения величины физического износа нежилых зданий для целей массовой оценки // Журнал правовых и экономических исследований. 2013. □ 2.

² Таха Х.А. Введение в исследование операций : пер. с англ. 7-е изд. Москва, 2005.

³ Брунов П.Е. Экономические аспекты оценки износа зданий в системе управления недвижимостью : дис. ... канд. экон. наук. Москва, 2004.

⁴ Методика определения физического износа гражданских зданий : приказ МинКомХоза РСФСР от 27 окт. 1970 г. □ 404.

Поступила в редакцию 04.06.2015 г.