

ОБ ОЦЕНКЕ ФИЗИЧЕСКОГО ИЗНОСА УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ

Докт. техн. наук, проф. ОСИПОВ С. Н.¹⁾, ПОЗДНЯКОВ Д. А.¹⁾

¹⁾ГП «Институт жилища – НИПТИС имени Атаева С. С.» (Минск, Республика Беларусь)

E-mail: up-niptis@rambler.ru

Предложен способ оценки предельно допустимой и текущей степеней физического износа элементов зданий на базе второй теории прочности по критерию наибольших линейных деформаций с учетом уменьшения величины модуля упругости в случае проявления ползучести материала, который направлен на практическую оценку динамики значений вероятности отказа или разрушения элемента здания в процессе эксплуатации в течение срока службы.

Для оценки физического износа упругопластических элементов зданий производят измерения по внешним признакам роста деформации, определяют среднюю деформацию в начале эксплуатации и через определенный промежуток времени, величину предельно допустимой полной относительной деформации, характеризующей предельно допустимый износ элемента с учетом пластичности. Далее, по разности средних величин начальной и предельно допустимой деформаций с учетом пластичности по вероятности отказа или условиям сопряжения с другими элементами здания путем деления этой разности деформаций на 100 % износа формируют процентную шкалу износа, а путем деления этой разности деформаций на величину срока службы элемента – временную шкалу износа, характеризующие меру износа элемента здания за счет роста вероятности его разрушения. При этом «ветхий» период эксплуатации строительных элементов и конструкций не должен входить в паспортный срок службы, который в первую очередь должен гарантировать необходимый уровень безопасности.

Ключевые слова: здание, упругопластические элементы, физический износ, вероятностная оценка, линейные деформации, срок службы, вероятность отказа.

Ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 10 назв.

ON ASSESSMENT OF DILAPIDATION IN ELASTO-PLASTIC ELEMENTS OF BUILDINGS

OSIPOV S. N.¹⁾, POZDNYAKOV D. A.¹⁾

¹⁾Republican Unitary Enterprise “Institute of Housing – NIPTIS named after Ataev S. S.”
(Minsk, Republic of Belarus)

The paper proposes a method for assessment of threshold limit and current rates of dilapidation in building elements which is based on the second strength theory. The method is realized in accordance with the criteria of the maximum linear deformations and with due account of reduction in elasticity module value when material creeping occurs. The method is directed on practical assessment of dynamics pertaining to the values of rejection probability or destruction of building elements in the process of its operation during the period of its life cycle.

In order to assess dilapidation in elasto-plastic elements of buildings it is necessary to make measurements of deformation growth according to external features, determine average deformation at the beginning of building operation and in specified period of time, threshold limit values of complete relative deformation that characterizes maximum allowable element dilapidation with account of plasticity. Further, a percentage dilapidation scale has been formed on the basis of remainder between average values of initial and threshold limit deformations and with due consideration of plasticity, rejection probability or conjugate conditions with other building elements. So in order to form the percentage dilapidation scale the deformation remainder has been divided by 100 % dilapidation and temporary dilapidation scale has been formed when the remainder is divided by value of element service life. The scales reflect dilapidation rate of the building element through probability growth of its destruction. In this context dilapidated operational period of construction elements and structures should not be included in their rated service life which firstly should guarantee the required security level.

Keywords: building, elasto-plastic elements, dilapidation, probabilistic assessment, linear deformations, service life, rejection probability.

Fig. 3. Tab. 1. Ref.: 10 titles.

До настоящего времени используется способ оценки физического износа жилых зданий [1, 2], включающий понятие физического износа конструкции, элемента, системы инже-

нерного оборудования и здания в целом, под которым понимается утрата первоначальных технико-эксплуатационных качеств (прочности, устойчивости, надежности и др.) в результате

воздействия природно-климатических факторов и жизнедеятельности человека. Физический износ на момент его оценки в [1] выражается соотношением стоимости объективно необходимых ремонтных мероприятий, устраняющих повреждения конструкции, элемента, системы или здания в целом, и их восстановительной стоимости.

Таким образом, способы оценки, приведенные в [1, 2], в значительной степени определяют не физический (уменьшение прочности, устойчивости, надежности и т. п.), а стоимостной износ, при котором 100 % износа наступает при достижении стоимости объективно необходимых ремонтных мероприятий, устраняющих повреждения конструкций, элемента, системы или здания в целом, стоимости новых, неповрежденных объектов и их встраивания в систему или здание в период обследования. Таким образом, данная величина износа зависит от сложившихся в период обследования рыночных цен на строительные изделия, материалы и ремонтные работы. Поэтому способ оценки [1] так называемого физического износа к физике процесса потери прочности строительных изделий и конструкций имеет весьма косвенное отношение, а определение термина «физический износ» (здания, элемента) не полностью соответствует содержанию смысла этого термина. Однако данный термин используется в [1, 2] в качестве характеристики процесса ухудшения показателей эксплуатационных качеств здания, его отдельных элементов во времени с учетом изменяющихся требований к ним. В соответствии с [2, с. 3–32] физический износ конструкций и элементов жилых зданий качественно зависит от многих показателей (площади повреждений, ширины и количества трещин, выпучивания, прогиба, глубины разрушения и выветривания швов, отклонения от вертикали и др.) и оценивается в процентах. При этом максимальные величины износа достигают 80 %.

Для некоторых видов слоистых конструкций и элементов систем инженерного оборудования в [2, с. 36–39, Приложение Б] приведены графики зависимостей изменения физического износа (%) в течение срока эксплуатации (годы). Эти графики легко привести к более удобному виду (рис. 1), где показаны

графические зависимости физического износа Φ (%) слоистых конструкций со сроком службы 10–50 лет от времени эксплуатации $T_{\text{экс}}$ (годы). На графике семь кривых, соответствующих физическому износу за сроки службы 10, 12, 15, 20, 30, 40 и 50 лет, обозначенных в верхней части рис. 1. Для всех этих кривых, как и для остальных, приведенных в [2, с. 36–39], характерен двойной перегиб: первый – в начальном периоде эксплуатации и второй – в период примерно 70–80 % срока службы, который соответствует 40–50 % полного физического износа. Пунктирные линии на рис. 1 являются касательными к кривым относительного износа в точках начала вторых перегибов, а тангенсы углов наклона пунктирных прямых соответствуют значениям их производных в этих точках.

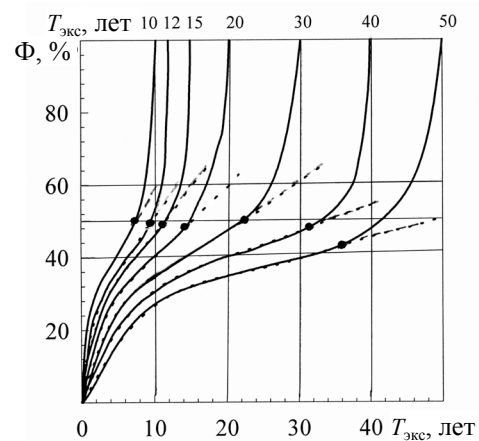


Рис. 1. Зависимость физического износа Φ слоистых конструкций от времени эксплуатации $T_{\text{экс}}$

Известен способ оценки морального износа здания (элемента) [3, Приложение 1], который характеризуется степенью несоответствия основных параметров, определяющих условия проживания, объем и качество предоставляемых услуг, современным требованиям. Этот способ незначительно влияет на безопасность функционирования здания, хотя зачастую играет существенную и даже решающую роль при выборе вида ремонта, модернизации и реконструкции.

Известен способ оценки физического износа здания (элемента), приведенный в [3, Приложение 1], где сказано, что «физический износ здания (элемента) – величина, характеризующая степень ухудшения технических и связанных

с ними других эксплуатационных показателей здания (элемента) на определенный момент времени». Такое определение термина «физический износ» имеет всеобъемлющий качественный характер без описания конкретных возможных количественных оценок, которые необходимы для принятия технических решений.

Таким образом, используемые в настоящее время [1–3] определения понятий морального и физического износа не дают реальной оценки износа элемента здания и здания в целом в реальном масштабе времени.

В [4] за основной показатель износа элемента здания принято повышение вероятности его отказа или разрушения с течением времени, определяемой уменьшением среднего показателя прочности и изменением плотности распределения значений прочности. Использование необходимой величины показателя прочности в зависимости от наибольших напряжений позволяет отнести этот способ вероятностной оценки физического износа здания [4] к первой теории прочности, в основе которой лежит критерий наибольших нормальных напряжений.

Как отмечено в [5, с. 180], опытная проверка показывает, что первая теория прочности не отражает условий перехода материала в пластическое состояние, что является недостатком [4], так как основные строительные материалы характеризуются существенной пластичностью.

К задачам предлагаемого способа вероятностной оценки износа упруго-пластичных элементов зданий относятся:

- разработка вероятностной оценки физического износа элементов зданий на базе второй теории прочности по критерию наибольших линейных деформаций [5, с. 181] с учетом уменьшения величины модуля упругости в случае проявления ползучести материала;
- оценка динамики значений вероятности отказа или разрушения элемента здания в процессе эксплуатации в течение срока службы;
- разработка шкалы оценки степени физического износа элементов здания.

Технический результат, соответствующий указанным задачам, достигается посредством использования в качестве показателя износа элемента здания величины повышения вероятности его отказа или разрушения за известный промежуток времени, определение средней де-

формации в начале эксплуатации и через определенный промежуток времени, установление величины начальной и предельно допустимой за весь срок службы вероятности отказа элемента. При этом величину предельно допустимой полной относительной деформации, характеризующей полный износ элемента, с учетом пластичности определяют по значениям ε_i или Φ по соответствующим неравенствам:

$$\frac{d\varepsilon_{i+1}}{dT_{i+1}} > \frac{d\varepsilon_i}{dT_i} \text{ при } \varepsilon_{пр} < K_{п}\varepsilon_{у}, \quad (1)$$

$$\text{или } \frac{d\Phi_{i+1}}{dT_{i+1}} > \frac{d\Phi_i}{dT_i},$$

где $d\varepsilon_i/dT_i$ – первая производная изменения относительной деформации ε_i в момент времени T_i после начала эксплуатации элемента здания; $d\varepsilon_{i+1}/dT_{i+1}$ – то же в следующий момент времени; $\varepsilon_{пр}$ – предельно допустимая полная относительная деформация; $K_{п}$ – коэффициент пластичности; $\varepsilon_{у}$ – предельная упругая относительная деформация; $d\Phi_i/dT_i$ – первая производная изменения относительной величины физического износа Φ_i в момент времени T_i после начала эксплуатации элемента здания; $d\Phi_{i+1}/dT_{i+1}$ – то же в следующий момент времени.

За расчетное предельно допустимое значение полной относительной деформации $\varepsilon_{пр}$ или износа $\Phi_{пр}$ принимают среднюю величину из полученных по приведенной выше формуле в результате необходимого количества измерений или из условий сопряжения с другими элементами здания. Полученное среднее значение $\varepsilon_{пр}$ или $\Phi_{пр}$ делят на процентную или временную величину безопасного срока службы элемента и формируют процентную и временную шкалы, характеризующие меру износа элемента здания за счет роста вероятности его разрушения. Здесь за предельно допустимый износ, соответствующий предельно допустимой деформации, принята часть полного износа, так как 100%-й износ означает 100%-ю вероятность разрушения строительного элемента. Такие же проценты износа заложены в [1, 2] для полной замены строительных элементов, изделий и конструкций.

Явление полного физического износа (разрушения) твердого, но достаточно пластичного материала при растяжении сопровождается удлинением, которое характеризует пластичность материала [5, с. 95]. В зависимости от

величины этого удлинения (δ) материалы условно делятся на пластичные ($\delta > 5\%$) и хрупкие ($\delta < 5\%$). Например, для углеродистой стали марки Ст.2 относительное удлинение после разрыва $\delta \approx 31\%$. Для простой оценки пластичности горных пород используются коэффициенты пластичности [6, с. 78, табл. 2.22], которые характеризуют соотношение между полной и упругой деформациями до момента разрушения. Из приведенных в [6] данных следует, что для бентонита (модуль Юнга $E \rightarrow 0$) коэффициент пластичности K_n стремится в бесконечность ($K_n \rightarrow \infty$), а для кварцита при $E = 7,5 \cdot 10^4$ МПа $K_n = 1,0$, т. е. в этом случае пластичность отсутствует. Из этих данных следует, что с ростом модуля упругости пород величина K_n имеет тенденцию к уменьшению.

Однако приведенные данные характерны для материалов при относительно быстром разрушении. При длительном (десятки, а иногда и сотни лет) воздействии различных видов напряжений на элемент здания проявления пластичности могут существенно усиливаться и выражаться в значительной ползучести. Особенно существенно процесс ползучести может со временем проявляться в различных грунтах [7], что важно для устойчивости фундаментов, а также выработок в горных породах [8, с. 23, рис. 2].

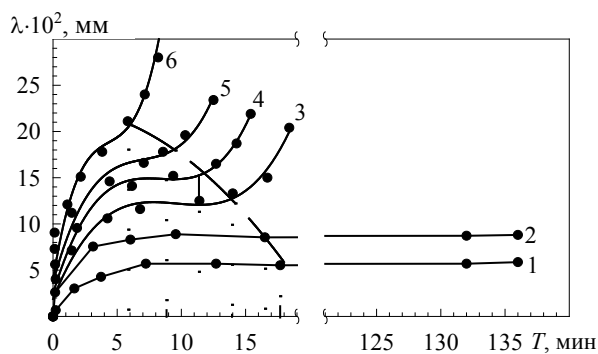


Рис. 2. Зависимость ползучести юрской глины от нагрузки

В качестве примера на рис. 2 [7, рис. 5.13а] приведены кривые ползучести юрской глины в зависимости от нагрузки, характеризуемой долей от условно-мгновенной (испытание образца за 0,5–1,0 мин) прочности (кривые 1–6 соответственно: $0,530\tau_{пр}$; $0,575\tau_{пр}$; $0,590\tau_{пр}$; $0,600\tau_{пр}$; $0,630\tau_{пр}$ и $0,700\tau_{пр}$, где λ — деформация; $\tau_{пр}$ — предельная прочность на сдвиг). При нагрузках $\tau \leq 0,575\tau_{пр}$ деформации были затухающими, а при $\tau \geq 0,575\tau_{пр}$ возникла незатухающая пол-

зучесть, заканчивающаяся разрушением. Процесс явного разрушения практически начинается с момента перегиба кривой в соответствии с приведенной выше формулой. При этом необходимо учесть, что даже постоянная ползучесть (кривые 1 и 2) может заканчиваться разрушением материала вследствие нарастания степени поврежденности материала [7, с. 316]. Использование экспериментальных данных, приведенных в [3, табл. 10.1] для времени перехода к разрушению (T_p) каолиновых образцов, дает хорошую линейную аппроксимацию в полулогарифмической системе координат в виде

$$\text{Lg}T_p = a_1 - b_1\sigma \quad \text{при } 10 \leq \sigma \leq 17, \quad (2)$$

где a_1 , b_1 — эмпирические константы; σ — напряжение.

В результате статистической обработки при корреляционном отношении $\eta = 0,99$ значения эмпирических констант $a_1 = 9,34$ и $b_1 = 0,65$ (при σ в кПа и T_p в ч). Необходимо отметить, что при увеличении напряжения в 1,7 раза (с 10 до 17 кПа) время перехода к разрушающей деформации уменьшается примерно в 10^3 раз.

Как указывает С. С. Вялов [7, с. 145], например у металлов разброс опытных данных при испытании на ползучесть в пределах 20% не считается чрезмерно большим. При таком разбросе характеристик ползучести при распределении плотности вероятности, похожей на нормальный закон, коэффициент вариации составляет примерно $K_v = 0,12-0,15$. Для других строительных материалов и пород такой коэффициент вариации возрастает до $K_v = 0,2-0,3$, что приводит к необходимости увеличения запаса прочности или эквивалентного уменьшения вероятности отказа элемента здания. Например, по приведенным в [8, табл. 2] экспериментально-расчетным параметрам ползучести при использовании линейной теории наследственности авторы произвели комплекс расчетов, в результате которых удалось определить значения коэффициентов вариации при длительной деформации образцов мергеля, отобранного на глубине 378 м Старобинского месторождения калийных солей. Так, при нагрузке $0,3\sigma_{пр}$ ($\sigma_{пр}$ — предельная величина прочности на сжатие) коэффициенты вариации величин деформаций, принятых при $T_{экс} = 0$ за начало отсчета, увеличиваются с ростом времени от 1 до 10 ч от 0,008–0,014 до 0,075–0,114,

т. е. примерно на порядок. При $0,5\sigma_{пр}$ коэффициент вариации с течением времени изменялся от 0,101–0,340 до 0,145–0,380. Таким образом, с ростом нагрузки разброс значений ползучести мергеля со средней предельной прочностью $\bar{\sigma}_{пр} = 2,635$ МПа во времени существенно увеличивается и может достичь $K_v = 0,3–0,4$. Для более прочных материалов величина K_v уменьшается.

Результаты испытаний на одноосное сжатие образцов горных пород (уплотненные глины, аргиллиты, алевролитовые аргиллиты, алевролиты, песчанистые сланцы и песчаники) показали [8, с. 21–23], что отношение деформации ползучести к мгновенным деформациям находится в пределах 10–139 %. На нескольких образцах удалось проследить период, характеризующийся ростом скорости ползучести накануне разрушения подобно кривым 3–6 на рис. 2, что аналогично ускорению относительного физического износа, показанного графически на рис. 1, после точек касания пунктирных прямых с увеличением времени эксплуатации элемента здания.

Необходимо отметить, что согласно с СНБ 1.04.01–04 [9, с. 2] ветхое состояние соответствует физическому износу со стенами из каменных материалов более 70 %, из дерева и прочих материалов – 65 %, что примерно соответствует принятой в Российской Федерации норме повреждений (износа) в 75 %, при которой восстановление здания нецелесообразно. Однако в разделе 8.15 [9, с. 16] сказано, что критическому дефекту при оценке несущих свойств конструкций соответствует нормируемое численное значение износа $\Delta > 40$ %, а согласно [10], критический дефект – это «дефект, при наличии которого использование продукции по назначению практически невозможно или недопустимо», т. е. требует немедленного ремонта. В разделе 8.2 [9, с. 18] сказано, что эксплуатация здания запрещается, если оно признано ветхим.

В Приложении Е к [2, с. 43] рекомендуется математическая модель определения физического износа зданий и сооружений в целом в виде линейной зависимости износа от срока службы, что неверно в соответствии с кривыми на рис. 1 и аналогичными для других элементов и систем здания.

Как отмечено в [10, с. 438–442], если элемент работает на кручение или изгиб, то появление в крайних волокнах какого-либо сечения

предельных напряжений еще не означает потери несущей способности элемента, так как напряжения остальных волокон сечения ниже предельных, что характерно для строительных конструкций. Для таких конструкций правилен расчет по предельным состояниям, одно из которых – проявление чрезмерных деформаций, нарушающих безопасную эксплуатацию конструкции. В предельном состоянии изгибаемой балки нормальные напряжения по всему сечению достигают предела текучести, в результате чего предельный изгибающий момент, соответствующий распространению ползучести материала по всему сечению, зависит от пластического момента сопротивления сечения. Поэтому изгиб балки до предельного состояния является упругопластическим.

Для деревянных неоштукатуренных перекрытий [2, с. 12] прогиб балок и настилов до 1/50 пролета соответствует величине физического износа до 40 %, прогиб балок и прогонов до 1/10 пролета – физическому износу в 41–60 %, то же до 1/5 пролета – 61–70 %. Прогиб потолка до 1/100 пролета соответствует 61–70 % физического износа. Величина прогиба перекрытия из различных видов железобетонных панелей также является главным признаком значительного физического износа [2, с. 13]. Так, прогиб до 1/50–1/80 пролета характерен для износа 51–80 %.

Более сложная задача – учет ползучести различных элементов зданий в их силовой и конструктивной взаимосвязи. Здесь особенно важен учет предельно допустимой пластичности различных материалов, например железобетона–дерева–штукатурки и т. п. Для таких разных материалов параметры ползучести с течением времени могут отличаться в разы.

Необходимо отметить, что определение критических дефектов, как и других прочностных и физических характеристик элементов зданий, в значительной степени имеет стохастический характер, что требует учета возможного вероятностного разброса, характеристикой которого может служить коэффициент вариации K_v , при оценке параметров ползучести, например песчаников и песчанистых сланцев, составляющий [8, с. 24] $K_v = 0,22–0,28$, прочности бетона – до $K_v = 0,20–0,25$. Поэтому если принять среднюю величину предельного физического износа жилого здания до необходимости выселения жильцов или проведения капи-

тального ремонта $\bar{\Phi}_{из} \approx 50\%$ и $K_B = 0,20-0,25$, то предельный износ Φ_{max} с вероятностью 0,05 (5 %) (что соответствует надежности $N \approx 0,95$ (95 %) при показателе достоверности $t = 1,64$ [4]) составляет

$$\Phi_{max} = \bar{\Phi} + tK_B \approx 0,5 + 1,64 \cdot (0,20 \dots 0,25) = 0,83 \dots 0,91, \text{ или } 83 \dots 91\%, \quad (3)$$

а минимальный износ при $\bar{\Phi}_{из} \approx 0,4$ (40 %) будет $\Phi_{min} \approx 0,73 \dots 0,81$, или 73...81 %.

Эти значения возможного износа полностью соответствуют ветхому состоянию элементов здания. Таким образом, величина физического износа в точке (рис. 1, точки на кривых линиях) начала второго изгиба зависимости $\Phi = f(T_{экс})$

(где $\frac{d\Phi_{i+1}}{dT_{i+1}} > \frac{d\Phi_i}{dT_i}$) может служить верхней

предельно допустимой границей физического износа элементов зданий или конструкций, что можно принять за 100 % условного износа аналогично [4]. Однако в данном предложении эта допустимая величина физического износа является характерным значением для каждого конкретного строительного элемента и, следовательно, реальный масштаб условного износа изменяется, чего нет в [4], где это значение было закреплено на $\Phi = 50\%$.

Следовательно, кривые зависимостей условного физического износа Φ_y строительных элементов от времени эксплуатации $T_{экс}$ аналогичны приведенным на рис. 1 зависимостям $\bar{\Phi} = f(T_{экс})$ в диапазоне от $T_{экс} = 0$ до $T_{экс, max}$, где $T_{экс, max}$ – время наступления начала второго изгиба. Поэтому оценить величину условного износа за любое время после начала эксплуатации элемента здания можно из эмпирического выражения, соответствующего кривым $\Phi_y = f(T_{экс})$:

$$\Phi_y = \Phi_{y,0} + cT_{экс} - \Phi_{y,0} \exp(-\psi T_{экс}), \quad (4)$$

где $\Phi_{y,0}$ – величина условного износа, соответствующая точке пересечения касательной к предельно допустимой величине износа ($d\Phi_y/dT_{экс}$); c, ψ – эмпирические константы.

Перевод условного физического износа в реально определенный производится через коэффициент $c = \Phi/\Phi_y$, или

$$\Phi = c\Phi_y. \quad (5)$$

Как отмечено выше, 100%-у условному физическому износу элементов здания соответствует 5%-я вероятность отказа. Следовательно, 1 % условного износа в среднем соответствует $5/100 = 0,05\%$ -й вероятности отказа или разрушения при равномерной плотности распределения вероятности. При нормальном законе распределения плотности вероятности 1 % условного износа соответствуют разные величины вероятности отказа в зависимости от времени эксплуатации элемента с самого начала.

В качестве примера приведем расчет оценки физического износа упругопластической слоистой конструкции с официальным сроком службы до $T = 30$ лет и средним предельно допустимым износом $\bar{\Phi} = 50\%$.

Для выполнения расчетов на рис. 3 приведена кривая нарастания относительного физического износа слоистой конструкции [2, с. 38] со сроком службы 30 лет, у которой точка начала второго перегиба (рис. 1) соответствует 50 % физического износа, принимаемого для относительной шкалы $\Phi_{от}$ за 100 %. Нарастание относительного физического износа $\Phi_{от}$ для этой слоистой конструкции приведено на рис. 3 в виде сплошной кривой, которая заканчивается в точке начала второго перегиба физического износа. Пунктирная линия на рис. 3 соответствует первой производной $d\Phi/dT_{экс}$ в точке начала второго перегиба, а также является касательной к кривой нарастания физического износа.

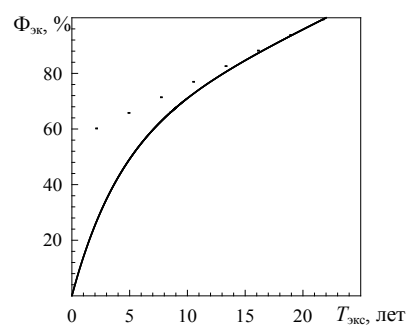


Рис. 3. Нарастание относительного физического износа слоистой конструкции

Для аналитической аппроксимации сплошной кривой (рис. 3) наиболее подходящим является выражение

$$\Phi_{от} = \Phi_{от,0}(1 - \exp(-\psi T_{экс})) + cT_{экс}, \quad (6)$$

где $\Phi_{от,0}$ – величина относительного физического износа в точке пересечения касательной (пунктирная линия на рис. 3) к кривой $\Phi_{от} =$

$= f(T_{\text{экс}})$ в точке начала второго перегиба с вер-тикальной шкалой $\Phi_{\text{от}}$, %; ψ – эмпирический коэффициент показателя экспоненты, год^{-1} ; $T_{\text{экс}}$ – время (продолжительность) эксплуатации, лет; c – тангенс угла наклона касательной (пунктирная кривая на рис. 3), соответствующий величине $(100 - \Phi_{\text{от.о}})/T_{\text{экс.л}}$; $T_{\text{экс.л}}$ – время эксплуатации до наступления $\Phi_{\text{от.о}} = 100$ %, лет.

В результате количественных расчетов по аппроксимации выражения (6) получено $\Phi_{\text{от.о}} = 56$ %, $\psi = 0,24 \text{ год}^{-1}$ и $c = 2$ %/год. Следует отметить, что предлагаемая форма аппроксимации обеспечивает соответствие графическим изображениям относительного физического износа различных строительных элементов [2] с точностью в пределах $\pm(2-3)$ % износа, что для практических целей вполне приемлемо.

Результаты определений величин относительного физического износа за различные периоды эксплуатации рассматриваемой слоистой конструкции приведены в табл. 1.

Таблица 1

$T_{\text{экс}}$, лет	5	10	15	20	22
$\Phi_{\text{от}}$, %	50	72	86	96	100

Следует отметить, что 100%-й относительный физический износ, соответствующий понятию ветхого состояния, наступает через 22 года эксплуатации, что составляет примерно 73 % заявленного срока службы строительного элемента.

ВЫВОД

«Ветхий» период эксплуатации строительных элементов и конструкций не должен входить в паспортный срок службы, который в первую очередь должен гарантировать необходимый уровень безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила оценки физического износа жилых зданий: ВСН 53-86(р). – Введ. 01.07.1987. – М.: Госкомитет по гражданскому строительству и архитектуре при Госстрое СССР, 1986. – 72 с.
2. Здания и сооружения. Оценка степени физического износа: ТКП 45-1.04-119–2008 (02250). – Введ. 01.03.2009. – Минск: Минстройархитектуры, 2009. – 44 с.
3. Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения: ВСН 58-88(р). – Введ. 01.07.1989. – М.: Госкомитет по архитектуре и градостроительству при Госстрое СССР, 1990. – 32 с.

4. Способ вероятностной оценки физического износа элементов зданий: пат. 018263 Евразийский: МПК E04H 1/00 (2006.01) / С. Н. Осипов, В. М. Пилипенко; дата публ. 28.06.2013.

5. Сопrotивление материалов / Г. С. Писаренко [и др.]. – Киев: Выш. шк., 1973. – 672 с.

6. Смычник, А. Д. Пособие по инженерным расчетам в горном деле (Инженерная геомеханика) / А. Д. Смычник, В. С. Усенко, Г. А. Щербаков. – Минск: Майнио, 2007. – 264 с.

7. Вялов, С. С. Реологические основы механики грунтов / С. С. Вялов. – М.: Высш. шк., 1978. – 448 с.

8. Глушко, В. Т. Механика горных пород и охрана выработок / В. Т. Глушко, А. З. Широков. – Киев: Наук. думка, 1967. – 164 с.

9. 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. – Минск: Минстройархитектуры, 2004. – 20 с.

10. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения: ГОСТ 15467–79. – М.: Госстандарт, 1987. – 28 с.

Поступила 23.06.2015

REFERENCES

1. VSN 53-86(p) [Departmental Building Codes]. Regulations for Assessment of Physical Wear of Residential Buildings. Moscow, State Committee on Civil Construction and Architecture Attached to USSR Gosstroy, 1986. 72 p. (in Russian).
2. ТКП 45-1.04-119–2008 (02250) Buildings and Structures. Assessment of Physical Wear Rate. Minsk, Minstroyarkhitektury, 2009. 44 p. (in Russian).
3. VSN 58-88(p) [Departmental Building Codes]. Statute on Organization and Execution of Reconstruction, Repair and Maintenance of Buildings, Communal, Social and Cultural Objects. Moscow, State Committee on Civil Construction and Architecture Attached to USSR Gosstroy, 1990. 32 p. (in Russian).
4. Osipov, S. N., & Pilipenko, V. M. (2013) *Method for Probabilistic Assessment of Physical Wear of Building Elements*. Eurasian Patent Office No 018263 (in Russian).
5. Pisarenko, G. S., Agarev, V. A., Kvitka, A. L., Popkov, V. G., & Umanskii, E. S. (1973) *Resistance of Materials*. Kiev, Vysshaya Shkola. 672 p. (in Russian).
6. Smychnik, A. D., Usenko, V. S., & Shcherbakov, G. A. (2007) *Textbook for Engineering Analysis in Mining (Engineering Geomechanics)*. Minsk, Publishing House "Maynio". 264 p. (in Russian).
7. Vyalov, S. S. (1978) *Rheological Principles of Soil Mechanics*. Moscow, Vysshaya Shkola. 448 p. (in Russian).
8. Glushko, V. T., & Shirokov, A. Z. (1967) *Mechanics of Geological Material and Protection of Mine Workings*. Kiev, Naukova Dumka. 164 p. (in Russian).
9. СНБ 1.04.01–04 [Building Norms of Belarus]. Buildings and Constructions. Main Requirements to Technical Conditions and Maintenance of Construction Structures and Engineering Systems, Assessment of their Operational Capability. Minsk, Minstroyarkhitektury, 2004. 20 p. (in Russian).
10. State Standard 15467–79. Control over Product Quality. Basic Concepts. Terms and Definitions. Moscow, Publishing Standards, 1987. 28 p.

Received 23.06.2015