

УДК 69:311.14/.15

***А.Л. Невзоров, Ю.А. Варфоломеев,  
С.Е. Аксенов, В.Р. Ивко, И.Ф. Ламов***

Невзоров Александр Леонидович родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерной геологии, оснований и фундаментов, проректор по учебно-методической работе Архангельского государственного технического университета. Имеет более 100 печатных работ в области инженерной геологии и фундаментостроения.



Варфоломеев Юрий Александрович родился в 1953 г., окончил в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерных конструкций и архитектуры Архангельского государственного технического университета. Имеет более 200 научных трудов в области повышения эксплуатационной надежности деревянных конструкций и защитной обработки древесины экологически безопасными методами.



Аксенов Сергей Евгеньевич родился в 1976 г., окончил в 1998 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов АГТУ. Имеет 8 печатных работ в области реконструкции и эксплуатации деревянных свайных фундаментов.



Ивко Вячеслав Ростиславович родился в 1958 г., окончил в 1987 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой открытых горных работ Архангельского государственного технического университета. Имеет 43 печатные работы в области экологии и инженерных конструкций.



Ламов Игорь Феликсович родился в 1964 г., окончил в 1986 г. Курский политехнический институт, кандидат технических наук, директор Архангельского филиала страховой компании «Энергогарант». Имеет 8 печатных работ в области повышения долговечности и экологической безопасности деревянных зданий.



### **СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗНОСА НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ДЕРЕВЯННЫХ ЗДАНИЙ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

На основе данных натурных обследований деревянных зданий выполнен статистический анализ показателей износа их несущих конструкций. Разработана математическая модель физического износа в зависимости от продолжительности эксплуатации.

деревянные дома, несущие конструкции, износ, математическая модель.

В результате анализа статистических данных установлено, что на 1999 г. 83,8 % жилого фонда г. Архангельска составляли деревянные дома, преимущественно брусчатые и бревенчатые. Практика показывает, что при проведении капитальных и текущих ремонтов этих зданий эксплуатирующие организации, как правило, первоочередное внимание уделяют замене износившихся материалов кровли и стропильных конструкций. Усиление фундаментов обычно осуществляют лишь в том случае, когда возникает угроза обрушения дома. При этом наиболее часто практикуется подведение под аварийный фундамент шпальных клетей («городков»), которые по конструктивному решению являются временным усилением, хотя во многих случаях их эксплуатируют в течение достаточно длительного периода времени [1].

Из-за отсутствия должного внимания к состоянию несущих элементов деревянных фундаментов ежегодно в Архангельске «сходит» со свай 3-4 деревянных дома. Это опасно для жизни людей и наносит большой экономический ущерб. Как правило, эти здания в последующем демонтируют. При этом возникает трудно решаемая проблема расселения жильцов, создания большого маневренного жилого фонда.

Нами была поставлена задача – определить скорость износа несущих конструкций деревянных зданий, эксплуатируемых в климатических условиях Севера европейской части России, в целях оптимального проектирования усиления конструкций, планирования и проведения ремонтно-восстановительных работ.

В соответствии с поставленной задачей был выполнен статистический анализ результатов натурных обследований деревянных жилых домов г. Архангельска и других населенных пунктов области по определению из-

носа их основных несущих конструкций: фундаментов, стен, перекрытий и стропильных элементов. Здания и их конструктивные элементы обследовали с применением измерительных приборов (теодолит, нивелир, рулетка, отвес) по стандартной методике [2].

При обследованиях оценивали степень поражения конструкций деструктивными грибами: глубину и площадь биопоражения при частичном вскрытии отделочных слоев. Фиксировали прогиб окладных венцов, балок перекрытий, элементов стропильной системы. Для вертикальных конструкций (стены, сваи) находили их отклонение от вертикали. Если прямое определение прогибов несущих конструкций было невозможно, оценку производили по косвенным признакам: искривлению досок обшивки, наличию и направлению трещин в штукатурном слое и т. п.

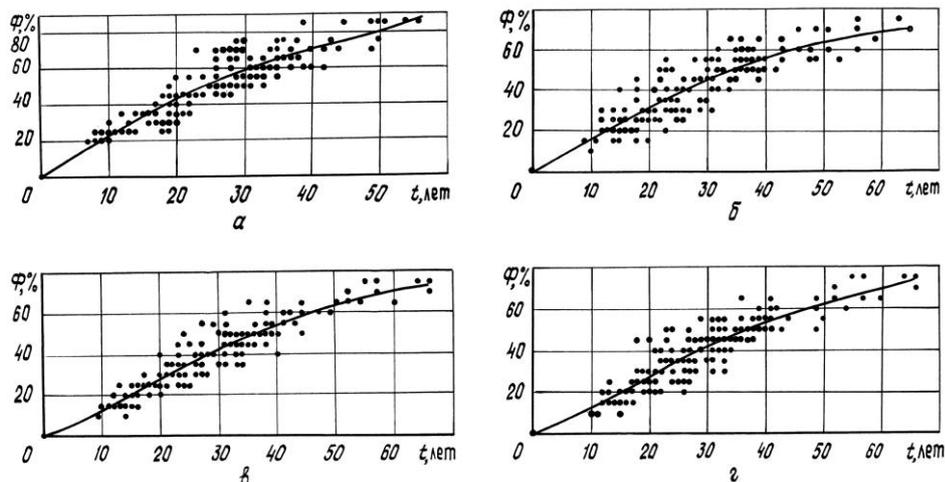
При обследовании мест сопряжения элементов особое внимание уделяли их прочности и наличию фунгицидного поражения.

По данным проведенных обследований, согласно «Правилам оценки физического износа» [2] определяли износ деревянных конструкций на момент обследования. Для анализа были выбраны жилые деревянные дома, расположенные в различных районах г. Архангельска, а также в 24 населенных пунктах области.

Результаты статистического анализа среднегодового износа основных несущих конструкций по зданиям в г. Архангельске и по области представлены в таблице. Утрата проектных (первоначальных) технических и эксплуатационных качеств несущими конструкциями жилых деревянных зданий представлена графически на примере г. Архангельска (см. рисунок). Расчет статистических показателей и разработку графических и эмпирических зависимостей выполняли с помощью ЭВМ средствами MS Excel.

При статистической обработке данных для несущих конструкций деревянных зданий по каждой из двух выборок объемом  $N$  (число

Несущие конструкции	Статистические показатели									
	$N$ , шт.	$X_{cp}$ , % в год	$V$ , %	$G$	$A$	$E$	$M$	$T$	$S_A$	$S_E$
г. Архангельск										
Фундаменты	136	2,01	18,9	0,38	0,74	0,13	0,03	61,6	0,21	0,41
Стропильные конструкции	181	1,46	24,5	0,36	1,07	1,14	0,03	54,9	0,18	0,36
Стены	177	1,25	23,1	0,29	0,51	0,43	0,02	57,5	0,18	0,36
Перекрытия	173	1,31	21,7	0,28	1,04	2,04	0,02	60,6	0,18	0,37
Архангельская область										
Фундаменты	53	2,89	35,3	1,02	-0,01	0,83	0,14	21,1	0,32	0,63
Стропильные конструкции	107	2,02	46,0	0,93	1,55	5,39	0,09	22,8	0,23	0,46
Стены	88	1,15	40,9	0,47	0,65	0,01	0,05	25,0	0,23	0,45
Перекрытия	113	1,90	44,7	0,85	0,85	1,05	0,08	23,4	0,23	0,46



Зависимость физического износа несущих конструкций ( $\Phi$ ) от продолжительности эксплуатации ( $t$ ): а – фундаментов; б – стропильных конструкций; в – стен; г – перекрытий

обследованных домов) вычисляли генеральное среднее  $X_{\text{ср}}$  – усредненную годовую скорость износа конструктивного элемента, коэффициент вариации  $V$ , среднее квадратичное отклонение  $G$ , коэффициенты асимметрии  $A$  и эксцесса  $E$ , качественно описывающие нормальное распределение, ошибку  $M$ , достоверность  $T$  генерального среднего, стандартные ошибки асимметрии  $S_A$  и эксцесса  $S_E$ . При вычислении генерального среднего в каждом конкретном случае учитывали физический износ и длительность службы данного элемента на момент обследования. Полученные данные статистического анализа свидетельствуют о достаточной точности генерального среднего.

На основании анализа результатов натурного обследования деревянных жилых зданий разработаны математические модели износа различных видов несущих конструкций в процессе длительной эксплуатации. Задачу прогнозирования решали с помощью регрессионного анализа методом наименьших квадратов. Рассматривали линейную, логарифмическую, экспоненциальную и полиномиальные аппроксимирующие кривые.

Расчеты показали, что наиболее корректно математическую модель можно представить в виде полинома 4-й степени, который имеет вид: для фундаментов

$$\Phi = 2 \cdot 10^{-5} t^4 - 0,0024t^3 + 0,0896t^2 + 0,6t; R = 0,91;$$

для стропильных конструкций

$$\Phi = 4 \cdot 10^{-6} t^4 - 0,0007t^3 + 0,0219t^2 + 1,28t; R = 0,89;$$

для стен

$$\Phi = 6 \cdot 10^{-6} t^4 - 0,0009t^3 + 0,0375t^2 + 0,95t; R = 0,94;$$

для перекрытий

$$\Phi = 6 \cdot 10^{-6} t^4 - 0,0008t^3 + 0,0318t^2 + 1,05t; R = 0,91.$$

Сходимость теоретических и экспериментальных значений оценивали по наибольшей достоверности аппроксимации ( $R$ ), которая для расчетных моделей составила 0,89 ... 0,94. Модели, полученные на примере результатов обследования зданий в г. Архангельске, изображены графически на рисунке в виде аппроксимирующих кривых.

Анализ разработанных математических моделей показал, что в климатических условиях Европейского Севера (на примере Архангельской области) наиболее интенсивному износу подвержены фундаменты жилых деревянных зданий. Это подтверждается графиком *a*, на котором аппроксимирующая кривая имеет наибольший угол наклона относительно оси абсцисс. Далее по интенсивности износа следуют стропильные конструкции, меньше изнашиваются стены и перекрытия деревянных зданий. Основная причина износа – фунгицидное биопоражение древесины, что можно объяснить условиями эксплуатации зданий, благоприятными для развития дереворазрушающих грибов.

Поскольку при отказе фундаментов вероятность жертв среди жильцов значительно выше, чем при отказе стропильных конструкций, то особое внимание эксплуатационным организациям следует уделять контролю за состоянием фундаментов.

#### *Выводы*

1. Интенсивность износа деревянных свайных фундаментов в 1,4 ... 2,5 раза выше, чем других несущих элементов деревянных зданий.

2. Разница в показателях износа несущих конструкций зданий в г. Архангельске и области объясняется следующими причинами:

в области деревянные здания возводили в основном в леспромхозах, на промыслах полезных ископаемых, в сельской местности как временные строения с соответствующим подходом к проектированию и возведению;

в указанных местностях работы ведутся преимущественно вахтовым способом, т. е. у зданий нет постоянных «хозяев», в связи с чем возникает ряд серьезных ошибок в эксплуатации этих зданий;

в леспромхозах, совхозах и колхозах, как правило, нет ремонтно-эксплуатационных организаций, которые поддерживали бы здания в удовлетворительном состоянии.

3. Результаты проведенных исследований целесообразно использовать при проектировании ремонтно-восстановительных работ, планировании и выполнении текущих и капитальных ремонтов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агапов Д.В., Аксенов С.Е. Организация эксплуатационного обслуживания деревянных зданий // Тр. Междунар. науч.-техн. конф. «Реконструкция – Архангельск'99». Т. 1. – Архангельск, 1999. – С. 91–97.

---

2. Правила оценки физического износа жилых зданий. ВСН 53-86(р) / Госгражданстрой. – М.: Прейскурантиздат, 1988. – 72 с.

Архангельский государственный  
технический университет

Архангельский филиал  
страховой компании «Энергогарант»

*A.L. Nevzorov, Yu.A. Varfolomeev, S.E. Aksenov,  
V. R. Ivko, I.F. Lamov*

**Statistical Analysis of Bearing Structure Degradation in Wooden  
Buildings of Arkhangelsk Region**

The statistical analysis of degradation indices of bearing structures for wooden buildings has been carried out based on field survey. The mathematical model of physical wear depending on the duration of operation has been developed.

---