



УДК 691.115:539.376

**С.Ю. Лихачева** – кандидат физико-математических наук, доцент, докторант

Тел.: (831) 430-53-75, e-mail: [lihsvetlana@yandex.ru](mailto:lihsvetlana@yandex.ru)

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (ННГАСУ)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРА ВРЕМЕНИ НА ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ КЛАДОК ИЗ ГИПСООПИЛОЧНЫХ И ОПИЛКОБЕТОННЫХ КАМНЕЙ\*

### АННОТАЦИЯ

На основе анализа экспериментальных данных для кладок из гипсоопилочных и опилкобетонных камней определены закономерности развития во времени деформаций ползучести при разных уровнях длительного напряжения сжатия. Исследования проводились в рамках упругой теории наследственности.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ползучесть, гипсоопилочная кладка, кладка из опилкобетона, длительная прочность, упругая теория наследственности.

**S.U. Likhacheva** – candidate of physical-mathematical sciences, associate professor, doctoral candidate

Tel.: (831) 430-53-75, e-mail: [lihsvetlana@yandex.ru](mailto:lihsvetlana@yandex.ru)

Nizhgorodskii State University of Architecture and Engineering (NNSUAE)

## RESEARCH OF INFLUENCE OF THE FACTOR OF TIME FOR STRENGTH AND DEFORMABILITY WOOD-GYPSUM CONCRETE AND WOOD CONCRET BLOCK WORKS

### ABSTRACT

On the basis of the analysis experimental data for laying from wood-gypsum concrete and wood-concrete block works, laws of development in time of deformations of creep are defined at different levels of duration of pressure of compression. Researches were spent within the limits of the elastic theory of heredity.

**KEYWORDS:** creep, wood-gypsum concrete block work, wood concrete block work, strength under sustained load, elastic theory of a heredity.

При строительстве малоэтажных зданий (жилых домов, приусадебных построек, животноводческих помещений, мастерских, гаражей и т.п.) важную роль играют низкая стоимость, достаточная прочность, долговечность и эффективная теплопроводность стеновых материалов. Кладка из опилкобетонных и гипсоопилочных камней отвечает этим требованиям.

Опилкобетон – лёгкий конструкционный древесно-цементный материал (деревобетон), состоящий из органического (опилки фракцией 2...5 мм) и минерального (песок) заполнителей, вяжущего вещества (цемент) и модифицирующих добавок (известь, сульфат натрия, С-3, СП-1, хлорид кальция).

---

\* Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы, финансируемых за счет средств федерального бюджета, выделяемых по направлению расходов «НИОКР», мероприятию 1.3 «Проведение научных исследований молодыми учеными – кандидатами наук и целевыми аспирантами в научно-образовательных центрах».

Гипсоопилочный бетон изготавливается на основе гипсового вяжущего.

Применение кладок из деревобетонных позволяет сократить дефицит таких строительных материалов, как кирпич, бетон, сталь, а также повысить теплозащиту возводимых сооружений с одновременным снижением их массы. При этом решается проблема ликвидации отходов древесины.

Одной из основных причин, препятствующих широкому внедрению в практику проектирования и малоэтажного строительства опилкобетонных и гипсоопилочных блоков, является полное отсутствие научно обоснованных данных о деформационно-прочностных свойствах кладки на их основе, а также нормативной базы по расчету каменных элементов из деревобетонных блоков.

Действующие нормы проектирования [1] не содержат сведений о расчётных характеристиках кладки из кирпичей и камней на целлюлозных заполнителях. Так, например, для определения прогнозных величин деформаций при длительных нагрузках в [1] используется зависимость:



$$\varepsilon(\tau) = \nu \cdot \frac{\sigma}{E_0}, \quad (1)$$

но коэффициент длительной деформативности  $\nu$  для кладок из деревобетонов не приводится.

На базе лаборатории длительной прочности кафедры конструкций из дерева, древесных композитов и пластмасс Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета проводятся экспериментальные исследования прочности и деформативности кладок из всех видов деревобетонов на мягких отходах древесины. Для получения сведений о реологии кладок из гипсоопилочных и опилкобетонных камней типа «Крестьянин» (размером 190x190x390 мм) были проведены длительные испытания опытных образцов на одноосное сжатие (рис. 1).



Рис. 1. Длительные испытания опытных образцов на одноосное сжатие

Загружение опытных образцов столбов в возрасте 28 суток осуществлялось постоянными во времени напряжениями, уровень  $\eta$  которых составлял 0,1-0,5 от среднего предела прочности кладки  $\bar{R}_U$ , при относительной влажности воздуха 55...65 % и

температуре 19...22 %. Под каждым относительным уровнем напряжений испытывались по два образца. Для контроля за деформациями усадки использовались по три образца-близнеца для каждой кладки, расположенные в тех же температурно-влажностных условиях. В табл. 1 приведены механические и прочностные характеристики камней, растворов и кладок, полученные в результате экспериментов на одноосное кратковременное сжатие.

Подробные сведения о составе камней, растворов, экспериментальных установках и ходе экспериментов приведены в [2, 3].

В результате измерений в разные моменты времени была определена зависимость относительных деформаций ползучести от начального относительного уровня напряжений. Как видно из графиков (рис. 2), построенных на основе статистической обработки результатов для всех исследуемых образцов, для обеих кладок зависимости получились линейными. Это обстоятельство позволило использовать соотношения линейной теории ползучести:

$$e_n = s(t) \cdot c_d(t). \quad (2)$$

В формуле (2)  $c_d(t)$  – мера ползучести, которая определяется как удельная относительная деформация ползучести.

Для каждого уровня напряжений были определены зависимости относительных деформаций ползучести  $e_n$  от момента времени  $t$ :

$$e_n(t) = e(t) - e_y(t_1) - e_{yc}(t). \quad (3)$$

В формуле (3)  $e(t)$  – полные относительные деформации сжатия к моменту времени наблюдения,

$e_y(t_1)$  – упругомгновенная деформация, измеренная в момент приложения нагрузки,

$e_{yc}(t)$  – деформации усадки незагруженных образцов на момент определения деформации ползучести.

Таблица 1

Вид кладки	Объем выборки, шт.	Прочность камня, МПа	Прочность раствора, МПа	Прочность кладки, МПа	Начальный модуль деформаций, МПа
Кладка из опилкобетонных камней	3	5,05	2,45	3,1	1034
Кладка из гипсоопилочных камней	5	2,0	0,41	1,4	353

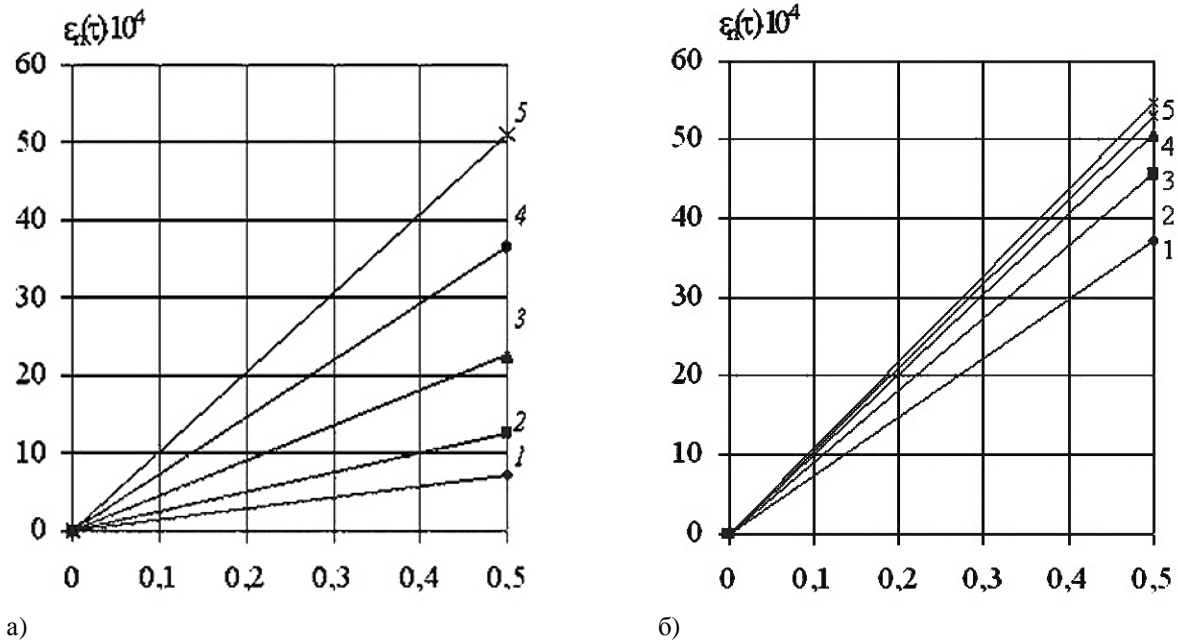


Рис. 2. Графики зависимостей относительных деформаций ползучести от начального относительного уровня напряжений  $\eta$  (а – для опилкобетонной кладки, б – для гипсоопилочной)

$$1-h=0,5, 2-h=0,4, 3-h=0,3, 4-h=0,2, 5-h=0,1$$

На рис. 3 представлены графики относительных деформаций ползучести, построенные для разных уровней  $\eta$ . Сравнение этих кривых показывает, что на начальных стадиях эксперимента у гипсоопилочных столбов происходит быстрое нарастание деформаций ползучести, а у опилкобетонных – более плавное, но после 120 суток для обеих кладок наблюдается затухание деформаций ползучести. Такой вид кривых соответствует теории ползучести бетона [4].

Также при анализе графиков, представленных на рис. 3, можно заметить, что от величины сжимающего напряжения зависит только величина деформаций, а вид кривых повторяется. Можно сделать вывод, что процесс ползучести каждой кладки в отдельности может быть описан одной кривой – графиком зависимости характеристики ползучести  $j$  от времени

измерения деформаций  $t$  (рис. 4). Определяется характеристика ползучести как отношение деформации ползучести на момент времени к упруго-мгновенным деформациям в момент приложения нагрузки.

В рамках упругой теории наследственности [4] зависимость  $j(t)$  имеет экспоненциальный вид:

$$j(t) = j(\infty) \cdot (1 - e^{-g \cdot t}). \quad (4)$$

Значения предельных характеристики ползучести  $j(\infty)$  получены для точек линейного участка графиков рис. 4 и представлены в табл. 2. Также в этой таблице приведены значения параметра скорости нарастания деформаций ползучести  $a_n$  для обеих

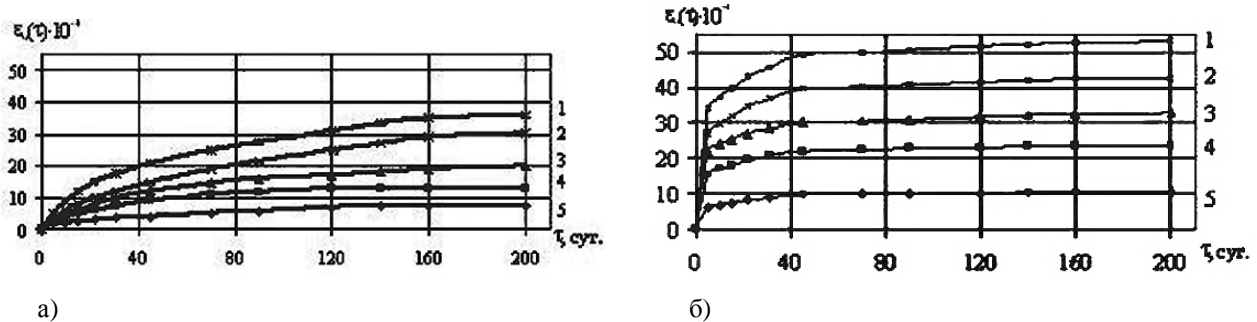


Рис. 3. Графики относительных деформаций ползучести, построенные для разных уровней  $\eta$  (а – для опилкобетонной кладки, б – для гипсоопилочной)

$$1-h=0,5, 2-h=0,4, 3-h=0,3, 4-h=0,2, 5-h=0,1$$

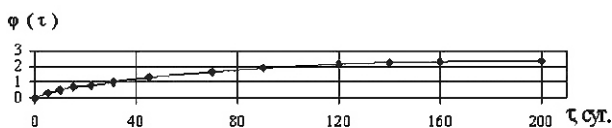


Рис. 4. График зависимости характеристики ползучести  $j$  от времени измерения деформаций  $t$  для опилкобетонной кладки

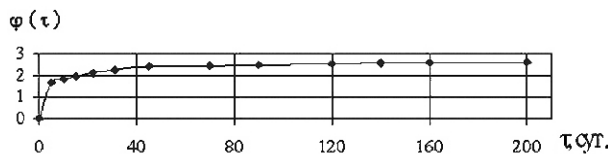


Рис. 5. График зависимости характеристики ползучести  $j$  от времени измерения деформаций  $t$  для гипсоопилочной кладки

кладок. Эти величины необходимы для аппроксимации финишных участков кривой ползучести гиперболической зависимостью:

$$j(t) = j(\infty) \cdot \frac{t}{a_n + t} \quad (5)$$

В табл. 3 приведены значения экспериментальных и вычисленных по формуле (5) значений характеристики ползучести для кладки из гипсоопилочных камней для разных моментов времени наблюдения.

Характеристику ползучести удобно применять в практике расчета стеновых конструкций с учетом ползучести кладок при определении длительного модуля деформаций:

$$E(t) = \frac{E_0}{1 + j(t)} \quad (6)$$

В формуле (6)  $E_0$  – начальный модуль деформаций кладки, определяемый из кратковременных испытаний

при напряжении  $\sigma = 0,2\bar{R}_U$ . Для изучаемых кладок его значение представлено в табл. 1. Длительный модуль деформаций для конечного установившегося состояния кладки под действием длительных напряжений сжатия составил для кладки из опилкобетона –  $E(t) = 0,22E_0$ , для гипсоопилочной –  $E(t) = 0,27E_0$ .

Проведенные исследования позволили определить предельно низкое критическое напряжение сжатых элементов с учетом влияния фактора времени, а также получить зависимость для определения граничного значения гибкости столбов изучаемых кладок в любой момент времени. Значения этих величин для конечного установившегося состояния длительного сжатия приведены в табл. 4.

На данный момент времени в той же лаборатории проведены испытания на длительное сжатие столбов из опилкобетонных кирпичей, планируется эксперимент по исследованию ползучести кладок из арболитовых блоков. Результаты всех испытаний будут использованы при тестировании численных

Таблица 2

Параметры	Кладка из опилкобетонных камней	Кладка из гипсоопилочных камней
$j(\infty)$	3,5	2,7
$a_n$	6,32	7,6

Таблица 3

Время наблюдения, в сутках	Экспериментальные значения предельной характеристики ползучести	Вычисленные значения предельной характеристики ползучести
45	2,43	2,37
70	2,46	2,48
90	2,50	2,53
120	2,55	2,57



Таблица 4

Вид кладки	$E_{от}$ , МПа	$I_{зр}$	Коэффициент длительной деформации
Опилкобетонная	766	34	4,5
Гипсоопилочная	278	32	3,7

результатов, полученных с помощью программного комплекса УПАКС [5], в рамках которого автором реализуется модель ползучести.

#### Литература

1. СНиП II-22-81. Каменные и армокаменные конструкции. – М., 1998. – 41 с.
2. Цапаев В.А., Шурышев И.Н. Экспериментальная оценка деформаций ползучести кладки из опилкобетонных камней // Изв. вузов. Стр-во, 1999, № 8. – С. 128-130.
3. Цапаев В.А., Кондрашкин О.Б. Исследование деформаций ползучести кладки из гипсоопилочных камней типа «Крестьянин» // Изв. вузов. Стр-во, 2004, № 2. – С. 123-126.
4. Гольденблат И.И., Николаенко Н.А. Теория ползучести строительных материалов и её приложения. – М.: Гостройиздат, 1960. – 256 с.
5. Программный продукт. Вычислительный комплекс решения нелинейных задач деформирования и разрушения конструкций МКЭ (ВК УПАКС). ТУ 5030-02-020703 70-98. Сертификат соответствия N РОСС RU. ME20, НОО 113 / Госстандарт России.