

Совершенствование системы требований к качеству сушки пиломатериалов

А.Г. Гороховский^а, Е.Е. Шишкина^б, Е.В. Старова^с, А.А. Миков^д, С.В. Булатов^е

Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский тракт 37, Екатеринбург, Россия
^аgoralegr@yandex.ru, ^бelenashishkina@yandex.ru, ^сalena-sweet@yandex.ru, ^дmikov323@mail.ru, ^еsemen.bulatov@mail.ru
 Статья поступила 16.04.2017, принята 10.05.2017

В статье обоснована целесообразность приведения к соответствию требований к качеству сушки пиломатериалов (руководящие технические материалы по камерной сушке древесины) и требований к качеству сушки древесины как конструкционного материала для изготовления конкретных изделий из древесины (ГОСТы и другие нормативные документы, содержащие технические условия на изделия). Расхождения в требованиях существующих нормативных документов зачастую носят принципиальный характер, но предпринимавшиеся ранее попытки решения указанной задачи были недостаточно обоснованы с научной точки зрения либо носили обрывочный характер и не были завершены. Поэтому основной целью проведенного аналитического исследования является определение рациональных значений влажности древесины и ее допустимых колебаний в партиях сухих пиломатериалов, предназначенных для основных видов продукции, изготавливаемой из массивной древесины основных пород (сосна, лиственница, береза, дуб, бук). При этом главным требованием является соблюдение допуска на размеры сопрягаемых деталей при возможных изменениях температурно-влажностных параметров условий эксплуатации. Для определения допустимых значений величин отклонения влажности древесины различных пород были найдены диапазоны, в которых вероятное изменение влажности не превышает допустимого для данного вида изделий. В результате дана рекомендация о существенном ужесточении требований к допускаемому отклонениям влажности древесины в партиях высушенных пиломатериалов, а именно для I и II категории качества, как минимум в два раза.

Ключевые слова: качество сушки пиломатериалов; требования к отклонениям влажности древесины; категории качества сушки.

Improving the system of quality requirements for drying timber

A.G. Gorohovsky^а, E.E. Shishkina^б, E.V. Starova^с, A.A. Mikov^д, S.V. Bulatov^е

Ural State Forest Engineering University; 37, Siberian Tract St., Ekaterinburg, Russia
^аgoralegr@yandex.ru, ^бelenashishkina@yandex.ru, ^сalena-sweet@yandex.ru, ^дmikov323@mail.ru, ^еsemen.bulatov@mail.ru
 Received 16.04.2017, accepted 10.05.2017

The article proves the expediency of bringing lumber drying quality requirements (Technical Guidance Materials on the chamber drying of wood) and drying wood quality requirements as a construction material for the production of specific wood products (State Standards and other normative documents that contain specifications for products) to conformity. Differences in the requirements of existing normative documents are often of a fundamental nature, but earlier attempts to solve this problem were not justified from a scientific point of view. They were fragmentary and incomplete. Therefore, the main purpose of the analytical study is to determine the rational wood humidity values and its permissible fluctuations in batches of dry lumber intended for the main types of products made from solid wood of the main species (pine, larch, birch, oak, beech). Thus, the main requirement is the compliance with dimensional tolerances of mating parts at possible changes in temperature and humidity parameters of the operating conditions. To determine the permissible deviation values of the moisture content of wood from different species, ranges were found in which the probable change in humidity does not exceed the allowable value for a given kind of product. As a result, a recommendation was made to significantly tighten the requirements for permissible deviations in wood moisture in batches of dried lumber, namely, for quality categories I and II, at least twice.

Keywords: quality of lumber drying; requirements for wood moisture deviations; quality categories of drying.

Сушка пиломатериалов — это важнейшая операция облагораживания древесины. В процессе сушки изменяются физико-механические, технологические, эксплуатационные свойства древесины. Ни одна операция в деревообработке не приводит к столь масштабному изменению этих свойств, в то же время целью сушки является их коренное улучшение.

Существует множество различных способов сушки пиломатериалов (адсорбционная и конденсационная

сушка, ротационное обезвоживание, вакуумно-диэлектрическая сушка, ТВЧ и СВЧ, сушка в гидрофобных жидкостях и т. п.), однако наиболее распространенной является конвективная сушка. Поэтому в дальнейшем, говоря о сушке пиломатериалов, мы будем иметь в виду конвективную сушку.

Анализируя мнение основоположников отечественной науки о сушке древесины — Н.С. Селюгина, П.С. Сергеевского и И.В. Кречетова, можно выделить

следующие основные факторы, определяющие качество сушки пиломатериалов:

- 1) требования к качеству сушки;
- 2) свойства древесины как материала, подвергаемого сушке;
- 3) технология сушки;
- 4) контроль качества сушки.

Минлеспром СССР вместе с отраслевыми НИИ, находящимися в его структуре, много занимался внедрением нормативно-технической документации по самым различным направлениям деревообработки, в том числе связанным с сушкой. В советский период последними по времени появления были «Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки древесины», изданные в 1985 г. [1] (далее РТМ), согласно которым в зависимости от назначения высушиваемых пиломатериалов (заготовок) устанавливается четыре категории качества сушки.

I, II, III категории качества предусматривают сушку пиломатериалов (заготовок) до средней эксплуатационной влажности готовых изделий.

По нулевой категории качества предусматривается сушка пиломатериалов (заготовок), в том числе экспортных, до транспортной влажности.

К показателям качества сушки относятся:

- а) соответствие средней влажности высушенных пиломатериалов в штабеле заданной конечной влажности;
- б) величина отклонений влажности отдельных досок или заготовок от средней влажности пиломатериалов в штабеле;
- в) перепад влажности по толщине пиломатериалов (заготовок);
- г) остаточные напряжения в высушенных пиломатериалах (заготовках).

Показатели качества сушки пиломатериалов (заготовок) подлежат нормированию. Нормы устанавливаются в зависимости от категории качества сушки и условий эксплуатации изделий.

Итак, согласно РТМ [1], сушку пиломатериалов можно условно подразделить на два типа:

- сушка пиломатериалов до транспортной влажности;
- сушка пиломатериалов до эксплуатационной влажности изделий.

Причем, в настоящее время основное количество древесины, подвергнутое сушке второго типа, используется для изготовления мебели и столярно-строительных изделий, главным образом это окна, двери, лестницы, стеновые панели, покрытия пола, несущие и ограждающие клееные деревянные конструкции и т. п.

В табл. 1 приведены требования РТМ и стандартов на изделия [2–5] к влажности древесины. (В дальнейшем, вследствие существенной неопределенности температурно-влажностных условий эксплуатации, из рассмотрения исключены столярно-строительные изделия, эксплуатируемые на открытом воздухе). Особо важным при рассмотрении данного вопроса является подход к определению полного допуска на величину влажности высушенной древесины. Так, Н.С. Селюгин [6] предложил определять его как:

$$4\sigma = \pm 2\sigma, \quad (1)$$

где σ — среднее квадратическое отклонение влажности древесины.

Н.В. Красновский и Л.В. Сахновский [7–10] делают вывод, что «фактический диапазон колебаний конечной влажности пиломатериалов в штабеле после камерной сушки нельзя считать равным $\pm 3\sigma$, так как он определяется иным соотношением, вытекающим из асимметричности кривой фактического распределения конечной влажности пиломатериалов и из-за ее несоответствия кривой нормального распределения».

Фактический диапазон колебания конечной влажности высушенных пиломатериалов, по их мнению, в среднем равен 4.1σ , из них 1.5σ со знаком минус и 2.6σ со знаком плюс.

В 1940–60-е гг. большая работа, связанная с исследованием влияния качества сушки на взаимозаменяемость в деревообработке, была выполнена во Всесоюзном институте авиационных материалов под руководством И.В. Куликова [11]. Он подробно проанализировал результаты исследований Н.В. Красновского и Л.В. Сахновского.

В отношении несимметричного допуска на конечную влажность партии пиломатериалов (-1.5σ , $+2.6\sigma$) И.В. Куликов писал следующее: «...смещение вправо фактической средней влажности партии высушенных досок от средней влажности (или центра группирования) кривой нормального распределения является погрешностью режима камерной сушки. Возможно, что смещение диапазона фактических влажностей вправо лимитируется желанием сократить длительность процессов сушки древесины» [11]. И далее: «Однако фактический диапазон колебаний конечной влажности пиломатериалов в штабеле, равный для отдельных высушиваемых партий 4.1σ , не снимает основных положений теории вероятностей... фактическая вероятная величина диапазона рассеяния может быть больше или меньше 4.1σ в зависимости от вероятного сочетания конечных влажностей и в каждом конкретном случае, обусловливаемом малым количеством принятых пробных образцов (например, 20–30 проб). При 10–12 пробах и особенно 4–6 (по А.В. Сахновскому) вероятность колебаний диапазона конечных влажностей досок штабеля будет еще более резкой».

На основании очень большого объема собственных исследований процесса сушки И.В. Куликов делает вывод о том, что диапазон рассеяния конечной влажности досок после высушивания должен приниматься равным:

$$6\sigma = \pm 3\sigma. \quad (2)$$

Поэтому, для приведения к единообразию требований, диапазон допустимых колебаний влажности нами рассматривается как:

$$\Delta W = \pm 3S, \quad (3)$$

где S — среднее квадратическое отклонение влажности древесины.

При ближайшем рассмотрении данных табл. 1 становится очевидным, что, согласно РТМ, категория качества сушки пиломатериалов, предназначенных для изготовления мебели и столярно-строительных изделий

— II, а согласно стандарту на готовую продукцию (по параметру S) — I и выше.

Поэтому основной целью настоящего аналитического исследования является определение рациональных значений влажности древесины и ее допустимых колебаний в партиях сухих пиломатериалов, предназначенных для изготовления мебели и столярно-строительных изделий.

При этом главным требованием является соблюдение допуска на размеры сопрягаемых деталей, согласно

ГОСТ 6449.1–82 [12], при возможных изменениях температурно-влажностных параметров условий эксплуатации изделий.

Величины равновесной влажности древесины и ее отклонений при эксплуатации изделий определялись по диаграмме Н.Н. Чулицкого [13] и приведены в табл. 2.

На рис. 1 и 2 приведено взаимное расположение кривых нормального распределения влажности деталей изделий и равновесной влажности в условиях эксплуатации.

Таблица 1

Требования РТМ и стандартов к влажности древесины в деталях мебели и столярно-строительных изделий

Вид продукции	Влажность древесины согласно ГОСТ на изделия, %			Рекомендация РТМ					
	Диапазон	W _{ср}	S	Условия эксплуатации		Категория качества сушки	Влажность древесины, %		
				t, °C	φ		Диапазон	W _{ср}	S
Мебель	8±2	8,0	0,67	20±2	0,4±0,1	II	7±4,5	7,0	1,5
Столярно-строительные изделия, эксплуатируемые внутри отапливаемых помещений	9±3	9,0	1,0	20±2	0,4±0,1	II	7±4,5	7,0	1,5
Столярно-строительные изделия, эксплуатируемые в условиях повышенных колебаний температуры и относительной влажности воздуха	12±3	12,0	1,0	7÷20	0,6±0,1	II	10±4,5	10,0	1,5
Столярно-строительные изделия, эксплуатируемые на открытом воздухе	12±3 ≤ 20	12,0	1,0	4,3±1	0,75±0,2	II	15±4,5	15,0	1,5

Примечание. W_{ср} — среднее значение влажности древесины; S — среднеквадратическое отклонение.

Таблица 2

Стандартные условия эксплуатации изделий из древесины

Наименование	Температурно-влажностные условия	Равновесная влажность, %		
		min	max	Диапазон
Отапливаемые помещения	t = 20±2 °C φ = 0,4±0,1	6,1	9,4	7,75±1,65
Условия повышенных колебаний температуры и относительной влажности воздуха	t = 7–20 °C φ = 0,6±0,1	9	13,5	11,25±2,25

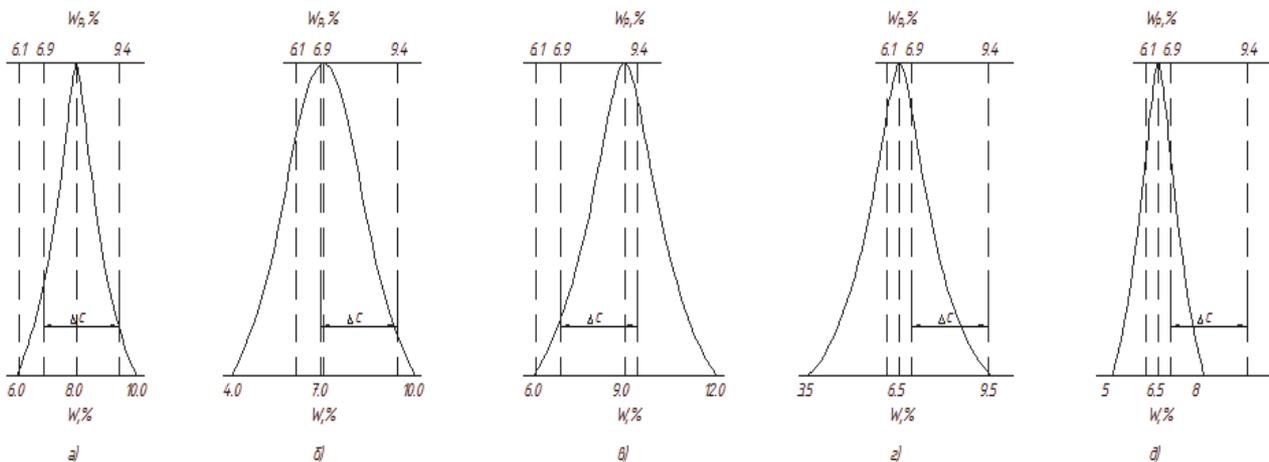


Рис. 1. Распределение влажности деталей мебели и столярно-строительных изделий и колебания равновесной влажности в отапливаемых помещениях: а — W = 8 ± 2 %; б — W = 7 ± 3 %; в — W = 9 ± 3 %; г — W = 6,5 ± 3 %; д — W = 6,5 ± 1,5 %

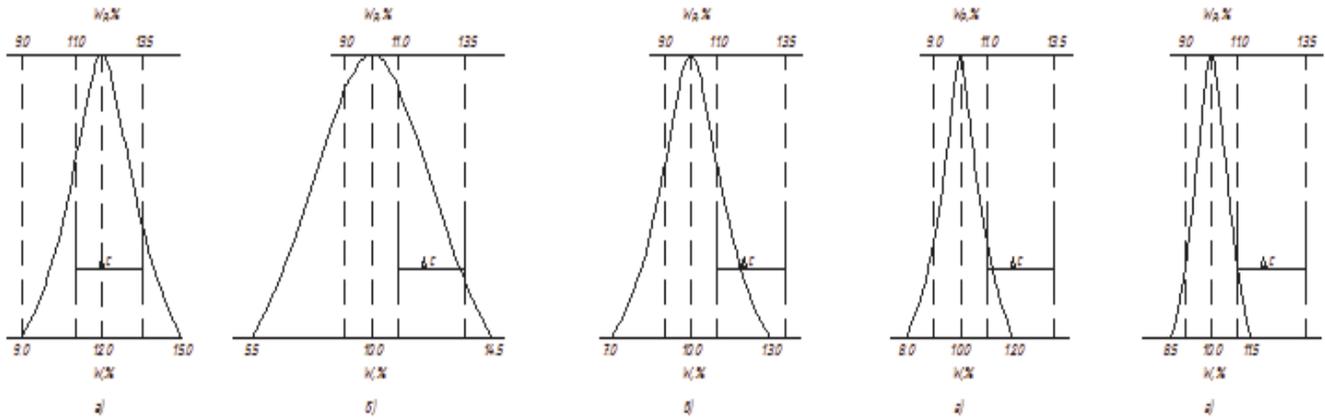


Рис. 2. Распределение влажности деталей мебели и столярно-строительных изделий и колебания равновесной влажности в условиях повышенных колебаний температуры и относительной влажности воздуха: *а* — $W = 12 \pm 3 \%$; *б* — $W = 10 \pm 4,5 \%$; *в* — $W = 10 \pm 3 \%$; *г* — $W = 10 \pm 2 \%$; *д* — $W = 10 \pm 1,5 \%$

Анализируя рис. 1 и 2, можно сделать следующие выводы:

- рекомендуемая стандартами на мебель и столярно-строительные изделия влажность древесины, соответственно равная 8 ± 2 и $9 \pm 3 \%$, не соответствует условиям эксплуатации, так как большая часть деталей будет подвергнута существенной усушке (рис. 1 *а, в*);

- рекомендуемая РТМ [1] $W_{cp} = 7,0 \%$ с различными величинами среднеквадратического отклонения в значительно большей степени соответствует условиям эксплуатации (рис. 1 *б*) для отапливаемых помещений;

- максимально соответствуют условиям эксплуатации (для отапливаемых помещений) детали изделий со средней влажностью $W_{cp} = 6,5 \%$ (рис. 1 *г, д*), однако в данном случае необходимо определить допускаемые значения среднеквадратического отклонения;

- рекомендуемая стандартами на столярно-строительные изделия $W_{cp} = 12 \pm 3 \%$ (для условий эксплуатации с повышенными колебаниями температуры и относительной влажности воздуха) также мало соответствует условиям эксплуатации (рис. 2 *а*);

- рекомендуемая РТМ [1] $W_{cp} = 10 \%$ максимально подходит для изделий, эксплуатирующихся в условиях повышенных колебаний температуры и относительной влажности воздуха, однако необходимо определить допустимые значения среднеквадратического отклонения влажности (рис. 2 *б, в, г, д*).

Для определения допустимых значений величин среднеквадратического отклонения влажности древесины были найдены диапазоны, в которых вероятное изменение влажности не превышает допускаемое для данного вида изделий (табл. 3).

Во всех дальнейших расчетах детали, имеющие влажность, находящуюся за пределами диапазона:

$$W_{\text{доп. min}} \leq W \leq W_{\text{доп. max}}, \quad (4)$$

считались браком.

Задавшись величиной вероятного допускаемого значения брака в пределах $p = 5 \%$, мы получили следующие значения влажности древесины для некоторых видов продукции (табл. 4).

Таблица 3

Допускаемые колебания влажности древесины в деталях изделий

Вид изделий	Порода древесины	Диапазон допускаемых значений влажности, %
Мебель	Сосна	5,44–7,56
	Лиственница	5,58–7,42
	Береза	5,38–7,62
	Дуб	5,31–7,69
	Бук	5,75–7,25
Столярно-строительные изделия (эксплуатируемые внутри отапливаемых помещений)	Сосна	4,45–8,55
	Лиственница	4,7–8,3
	Береза	4,35–8,65
	Дуб	4,25–8,75
	Бук	4,97–8,03
Столярно-строительные изделия (эксплуатируемые в условиях повышенных колебаний температуры и относительной влажности воздуха)	Сосна	8,55–11,45
	Лиственница	8,8–11,2
	Береза	8,45–11,55
	Дуб	8,35–11,65
	Бук	9,07–10,93

Таблица 4

Влажность древесины в изделиях

Вид продукции	Влажность, %		Категория качества сушки
	W_{cp}	S	
Мебель	6,5	0,4–0,5	I
Столярно-строительные изделия (эксплуатируемые внутри отапливаемых помещений)	6,5	0,7	II
Столярно-строительные изделия (эксплуатируемые в условиях повышенных колебаний температуры и относительной влажности воздуха)	10,0	0,7	II

Выводы

1. Категории качества сушки, предусмотренные РТМ, не соответствуют требованиям стандартов на допускаемые колебания влажности в изделиях, в то же время, рекомендуемые стандартами диапазоны влажности древесины в изделиях не соответствуют условиям эксплуатации.

2. Рекомендуемые стандартами диапазоны влажности древесины в изделиях не соответствуют условиям эксплуатации. Рекомендуемые РТМ средние значения влажности в значительно большей степени соответствуют предполагаемым условиям эксплуатации. Однако рекомендуемые в конкретных категориях качества величины среднеквадратичных отклонений влажности являются завышенными: вероятное количество брака в партиях деталей мебели и столярно-строительных изделий может достигать 60–80 %.

3. Требования к допускаемым отклонениям влажности древесины в партиях высушенных пиломатериалов должны быть существенно ужесточены, а именно для I и II категории качества — как минимум в 2 раза, что полностью соответствует данным ранее проведенных исследований [6; 14–21].

Литература

1. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки древесины. Архангельск: ЦНИИМОД, 1985.
2. ГОСТ 16371 – 93. Мебель. Общие технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1995.
3. ГОСТ 475 – 78. Двери деревянные. Общие технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1980.
4. ГОСТ 1005 – 86. Щиты перекрытий деревянных для малоэтажных домов. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1988.
5. ГОСТ 23166 – 79. Окна и балконные двери деревянные. Общие технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1980.
6. Селюгин Н.С. Сушка древесины. М.;Л.: Гослестехиздат, 1949.
7. Красновский Н.В., Сахновский Л.В. Нормализация качества сушки древесины // *Деревообрабатывающая промышленность*. 1955. № 9. С. 5-9.
8. Красновский Н.В., Сахновский Л.В. Конечная влагообработка и контроль состояния древесины после сушки // *Деревообрабатывающая промышленность*. 1956. № 1. С. 5-8.
9. Красновский Н.В., Сахновский Л.В. Пути выполнения нормативных требований к качеству камерной сушки пиломатериалов // *Деревообрабатывающая промышленность*. 1956. № 6. С. 3-6.
10. Красновский Н.В., Сахновский Л.В. Нормализация качества сушки пиломатериалов. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1957.
11. Куликов И.В. Новые технологии сборки изделий из древесины. М.: Лесная промышленность, 1968. 432 с.
12. ГОСТ 6449.1 – 82. Изделия из древесины и древесных материалов. Поля допусков для линейных размеров и посадки. М.: Изд-во стандартов, 1991.
13. Чулицкий Н.Н. Влияние влажности на свойства древесины. М.: Гослестехиздат, 1933. 40 с.
14. Серговский П.С. Расчет процессов высыхания и увлажнения древесины. М.: Гослесбумиздат, 1952.
15. Гашкова А.К. Влияние влажности на качество столярно-строительных изделий из древесины. М.: Лесная промышленность, 1974. 80 с.
16. Гороховский А.Г., Шишкина Е.Е. Анализ динамики процессов сушки древесины с применением вычислительной

среды Mathcad – 12 // *Деревообрабатывающая промышленность*. 2007. № 5. С. 18-20.

17. Гороховский А.Г., Шишкина Е.Е., Чернышев О.Н. Повышение точности решения задачи тепломассообмена при анализе процесса сушки капиллярно-пористого тела [Электронный ресурс] // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 2. URL. www.science-education.ru/ru/article/view?id=21016 (дата обращения: 20.04.2017).

18. Шишкина Е.Е., Гороховский А.Г. Оптимизация структуры и величины параметров режимов конвективной сушки пиломатериалов по показателям эффективности и качества // *Изв. С.-Петерб. лесотехн. акад.* 2015. Вып. 213. С. 232-241.

19. Kollmann F. *Technologies des Holzes und der Holzwerkstoffe*, 2 Auflage, Bd. 1, Berlin / Göttingen / Heidelberg, 1951. 502 p.

20. Ammer U. *Untersuchungen über die sorption pilzbefallenen Holzes*. Berlin, Holz as Roh – und Werkstoff 21 (1963). 12. S. 469-470.

21. Loos W. Gamma ray absorption and moisture content and density // *Forest Prod. J.* 1961. Vol. 2, № 3. P. 145.

References

1. Technical Guidance Materials on the chamber drying of wood. Arkhangel'sk: TsNIIMOD, 1985.
2. GOST 16371 – 93. Furniture. General specifications. M.: Izd-vo standartov, 1995.
3. GOST 475 – 78. Wooden doors. General specifications. M.: Izd-vo standartov, 1980.
4. GOST 1005 – 86. Solid wooden floors for low-rise buildings. Specifications. M.: Izd-vo standartov, 1988.
5. GOST 23166 – 79. The windows and balcony doors. General specifications. M.: Izd-vo standartov, 1980.
6. Selyugin N.S. Drying of wood. M.;L.: Goslестехиздат, 1949.
7. Krasnovskii N.V., Sakhnovskii L.V. Normalization of quality wood drying // *Derevoobrabatvaushaya promishlennost' (Woodworking industry)*. 1955. № 9. P. 5-9.
8. Krasnovskii N.V., Sakhnovskii L.V. End Moisture treatment and control wood drying conditions after // *Derevoobratvaushaya promishlennost' (Woodworking industry)*. 1956. № 1. P. 5-8.
9. Krasnovskii N.V., Sakhnovskii L.V. Ways to meet regulatory requirements for quality lumber drying chamber // *Derevoobratvaushaya promishlennost' (Woodworking industry)*. 1956. № 6. P. 3-6.
10. Krasnovskii N.V., Sakhnovskii L.V. Normalization of quality lumber drying. M.; L.: Goslesbumizdat, 1957.
11. Kulikov I.V. New assembly technology of wood products. M.: Lesnaya. promyshlennost', 1968. 432 p.
12. GOST 6449.1 – 82. Products from wood and wood materials. Tolerances for linear dimensions and landing. M.: Izd-vo standartov, 1991.
13. Chulitskii N.N. Effect of humidity on the properties of wood. M.: Goslестехиздат, 1933. 40 p.
14. Sergovskii P.S. Calculation of drying and humidification processes wood. M.: Goslesbumizdat, 1952.
15. Gashkova A.K. Influence of humidity on the quality of millwork and building wood products. M.: Lesnaya promyshlennost', 1974. 80 p.
16. Gorokhovskii A.G., Shishkina E.E. An analysis of the dynamics of processes of drying wood using computing environment Mathcad -12 // *Derevoobratvaushaya promishlennost' (Woodworking industry)*. 2007. № 5. P. 18-20.
17. Gorokhovskii A.G., Shishkina E.E., Chernyshev O.N. Increasing the accuracy of the solution heat and mass transfer problems in the analysis of process of drying of capillary-porous body [Elektronnyi resurs] // *Modern problems of science and education*.

2015. № 2. URL. www.science-education.ru/ru/article/view?id=21016 (data obrashcheniya: 20.04.2017).

18. Shishkina E.E., Gorokhovskii A.G. Optimization of the structure and values of the parameters of convective drying modes of lumber in terms of efficiency and quality // Izvestia SPbLTA . 2015. Вып. 213. P. 232-241.

19. Kollmann F. Technologiedes des Holzes und der Holzwerkstoffe, 2 Auflage, Bd. 1, Berlin / Göttingen / Heidelberg, 1951. 502 p.

20. Ammer U. Untersuchungen über die sorption pilzbe-fallenen Holzes. Berlin, Holz as Roh - und Werkstoff 21 (1963). 12. P. 469-470.

21. Loos W. Gamma ray absorption and moisture content and density // Forest Prod. J. 1961. Vol. 2, № 3. P. 145.

УДК 624.139.26

DOI: 10.18324/2077-5415-2017-2-138-142

Расчет буронабивной сваи с уширением в климатических условиях Сибири

С.П. Холодов

Сибирский федеральный университет, пр. Свободный 79, Красноярск, Россия
holodovsp@mail.ru

Статья поступила 11.04.2017, принята 10.05.2017

В климатических условиях Сибири свайные фундаменты работают под воздействием сил морозного пучения, поэтому длину свай принято принимать с учетом анкеровки. Однако при строительстве легких зданий несущая способность таких фундаментов используется не более чем на 30–40 %, и большая часть средств расходуется нерационально. В статье рассматриваются конструкции свай, требующие минимальных затрат при строительстве в этих условиях — буронабивные сваи с уширением. При наличии сил пучения нижняя часть сваи является анкером и обеспечивает устойчивость на выдергивание. Расчет оптимальных параметров таких свай выполняется в следующем порядке: определяются требуемая несущая способность F_d и диаметр d сваи, величина действующих касательных сил пучения и параметры анкера — величина заделки сваи в непромерзающий грунт L_A и диаметр уширения D , выполняется расчет арматуры сваи на растяжение, определяется несущая способность F_d сваи с уширением. Из расчетов видно, что вариант буронабивной сваи с уширением в сравнении с обычной уменьшает объем бетона на изготовление сваи, а, следовательно, и стоимость на 44 % (почти в 2 раза). При этом свая использует запас несущей способности на 72 %.

Ключевые слова: свайные фундаменты; большая глубина промерзания; малые нагрузки; буронабивные сваи с уширением.

Calculation of a bored pile with broadening in the Siberian climatic conditions

S.P. Cholodov

Siberian Federal University; 79, Svobodny Ave., Krasnoyarsk, Russia
holodovsp@mail.ru

Received 11.04.2017, accepted 10.05.2017

In the climatic conditions of Siberia, pile foundations work under the influence of frost heave. Therefore, the length of the piles is accepted taking into account anchoring. However, in the construction of light buildings the bearing capacity of such foundations is used no more than 30-40%, and most of the funds are spent inefficiently. The article deals with the construction of piles, which ensure minimum costs for construction under these conditions - bored piles with broadening. With a lot of swelling, the lower part of the pile is an anchor and provides resistance to pulling. The calculation of the optimal parameters of such piles is performed in the following order: the required bearing capacity F_d and pile diameter d are determined, the effective tangential forces of frost heaving and anchor parameters, namely, the pile fixing value in non-freezing soil L_A and broadening diameter D are estimated, the pile reinforcement for tension and pile load-bearing capacity F_d with the broadening are calculated. It can be seen from the calculations that the version of the bored pile with broadening in comparison with the conventional one reduces the volume of concrete for pile manufacturing (and, consequently, the cost) by 44% (almost 2 times). In this case, the pile uses bearing capacity of 72%.

Keywords: pile foundations; great depth of freezing; low loads; bored piles with broadening.