

ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ МИРОВОГО МНОГОЭТАЖНОГО ДЕРЕВЯННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 721.012.25-035.3

ББК 85.11

В.С. Афонин

ЦНИИП Минстрой РФ, Москва, Россия

Аннотация

В статье рассмотрены этапы формирования мирового многоэтажного деревянного строительства. Выделены три основных этапа: «исторический» (VII в. до н.э. – конец XIX в.); «новый» (конец XIX в. – 2009 г.) и «современный» (2009 г. – н.в.). Границы этапов определяются эволюцией строительных технологий и материалов, развитием конструктивных систем и методов расчёта, изменением отношения к использованию древесины в многоэтажном строительстве и другими факторами. Каждому этапу дана характеристика с приведением его отличительных признаков. Кратко рассмотрен зарубежный и российский опыт строительства многоэтажных деревянных зданий, приведены сложившиеся к сегодняшнему дню типы несущих систем, выявлены основные тенденции развития этого направления архитектурной практики.¹

Ключевые слова: многоэтажное деревянное строительство, устойчивое развитие, зелёная архитектура, CLT, клеёная древесина

PERIODS IN THE FORMATION OF WORLD MULTI-STOREY TIMBER CONSTRUCTION

V.S. Afonin

TSNIIP Minstroy RF, Moscow, Russia

Abstract

This article considers formation periods of multi-story timber construction around the world. Three main periods were distinguished: they are "historical" (VII century BC - the end of the XIX century); "New" (late XIX century - 2009) and "modern" period (2009 to date). The stage boundaries are determined by the evolution of building technologies and materials, the development of constructive systems and methods of calculation, with changing of attitude towards construction of wood multi-story buildings, and other factors. There are characteristics to each period, with distinctive features. Foreign and Russian experience in the construction of multi-storey timber buildings is briefly reviewed. The types of multi -story structural systems of timber buildings, existing to date, are listed there. The main trends in the development of this area of architectural practice are revealed.²

Keywords: multi-storey wood construction, sustainable development, green architecture, CLT, ply wood

¹ **Для цитирования:** Афонин В.С. Этапы формирования мирового многоэтажного деревянного строительства // Architecture and Modern Information Technologies. – 2018. – №2(43). – С. 41-61 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://marhi.ru/AMIT/2018/2kvart18/03_afonin/index.php

² **For citation:** Afonin V.S. Periods in the Formation of World Multi-Storey Timber Construction. Architecture and Modern Information Technologies, 2018, no. 2(43), pp. 41-61. Available at: http://marhi.ru/eng/AMIT/2018/2kvart18/03_afonin/index.php

Россия является страной с самыми большими лесными запасами. Площадь лесов составляет 814931 тыс. га, или 20% общей площади лесов мира. Это преимущество открывает широкие возможности для развития деревянного домостроения, которое на сегодняшний день в России составляет лишь от 10-15% от общего объёма строительства. Для сравнения, объём деревянного строительства в США составляет 67%, в Канаде – 50%, в Японии – 45%³. Одним из актуальных и современных направлений развития деревянного домостроения является строительство многоэтажных зданий.

Целью представленного исследования является анализ развития многоэтажного деревянного строительства. Исторический мировой опыт многоэтажного деревянного строительства разбит на три этапа, которые имеют отличительные черты, связанные с развитием технологий, конструкций, методов расчёта, материалов, и с изменением отношения к дереву, как к основному строительному материалу здания.

Исторический период многоэтажного деревянного строительства (VII в. до н.э. – конец XIX в.)

Для таких богатых лесными ресурсами стран как Россия, Финляндия, Австрия, Япония, Швеция характерны многовековые традиции строительства зданий и сооружений из дерева. Известно, что первые деревянные дома в истории человечества появились в десятом тысячелетии до нашей эры. Первыми странами, в которых получило развитие строительство из дерева, являются страны нынешнего Средиземноморья – Древняя Греция, Палестина, территория нынешней Турции, о. Крит, Мальта и Кипр. Первые деревянные постройки представляли собой шалаши и хижины небольших размеров⁴. Более крупные деревянные сооружения стали появляться в период ранней античности. В первую очередь это храмы и общественные здания.

Примером такого сооружения служит не сохранившийся до наших дней храм Аполлона в Ферме, относящийся примерно к 640–630 гг. до н.э. [10] (рис. 1). Его размеры по стилобату составляли 12,13×38,23 м. Нижняя часть стен выполнялась из камня и служила цоколем для сырцово-кирпичной кладки. Перекрытие и крыша были деревянные, кровля – черепичная. Наружная колоннада состояла из 5×15 деревянных колонн, поставленных на высокие круглые каменные базы [10]. Антаблемент также был деревянным. Впоследствии характерные черты деревянных храмов переносятся на архитектуру каменных сооружений древних греков.

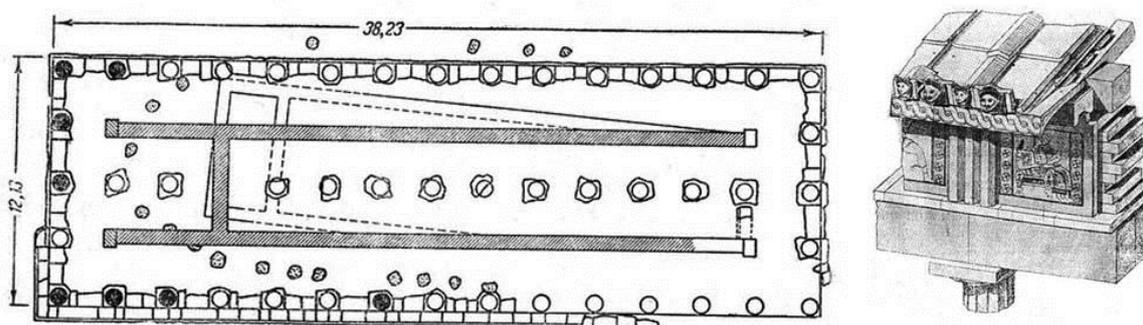


Рис. 1. Храм Аполлона в Ферме (по [1]): план, деталь антаблемента

³ Что мешает развивать в России рынок деревянного домостроения? [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.npadd.ru/news/что-meshaet-razvivat-v-rossii-rynok> (дата обращения: 17.11.2017)

⁴ Строительство деревянных домов. Этапы истории, от древности до наших дней. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://drevox.com/derevyannoe-domostroenie-etapy-istorii-ot-drevnosti-do-nashih-dney/#comment-4639> (дата обращения: 26.03.2018)

Существуют свидетельства о высоком техническом уровне использования дерева в зданиях и сооружениях древних римлян⁵. Доказательствам этому служат мосты, построенные через Дунай и Рейн. Мост Траяна или мост Апполлора через Дунай был первым прочным и долговечным мостом через Нижний Дунай и соединял берега современных Румынии и Сербии. Больше тысячи лет он оставался самым длинным построенным мостом в мире как по своей общей протяженности, так и по ширине арокных пролетов. Его строительство было осуществлено в 103-105 годах по проекту Апполлора Дамасского (рис. 2). Мост имел деревянную конструкцию проезжей части, установленную на каменных опорах с пологими деревянными арками. Общая длина составляла более километра (предположительно 1135 метров). Деревянная конструкция арок была разрушена при императоре Аврелиане после отхода римлян из Дакии, приблизительно в 270 году нашей эры⁶.



Рис. 2. Реконструкция внешнего вида моста Траяна (по [1])

Ещё один деревянный мост был построен через Рейн по приказу Юлия Цезаря в 55 году до н.э. во время войны с галльскими племенами. Согласно имеющемуся описанию, мост представлял собой настил, укрепленный на брёвнах, вбитых в речное дно [16].

Помимо мостов из дерева строились некоторые инсулы, оборонительные и осадные башни и другие сооружения. Знакомы римлянам и фахверковые конструкции, которые использовались в верхних этажах римских инсул при сооружении балконов и эркеров.

«Фахверк – каркасное строение из жёстко скреплённых деревянных балок с перекладинами, стойками, рамами, раскосами» [3]. Место между балками обычно заполнялось смесью глины и шлака поверх плетня из ивовых прутьев. Особенностью этого типа конструкции является разделение несущей и ограждающей части. Несущую функцию берёт на себя жёсткий каркас из древесины, сами же стены дома являются лишь ограждающими конструкциями и не несут нагрузки [5]. Фахверковое строительство в дальнейшем получит широкое распространение и развитие в Средние века в ряде европейских стран, где по этой технологии будут возводиться дома высотой до пяти этажей (рис. 3).

В Азии традиции деревянного строительства зародились в Китае, а затем были переняты Японией и другими странами [16]. Подавляющее большинство строений в древнем Китае и Японии строились из дерева. Это было обусловлено большим количеством лесов в регионе, климатическими особенностями и большой вероятностью стихийных бедствий (например, в Японии – землетрясений), в условиях которых деревянные конструкции себя хорошо зарекомендовали.

⁵ Деревянные конструкции римлян. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://simposium.ru/ru/node/12536> (дата обращения: 26.03.2018)

⁶ Мост Траяна. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ancient-buildings.ru/architektura-drevnego-rima/most-trayana.html> (дата обращения: 26.03.2018)



Рис. 3. Фахверковые дома в Кольмаре (Франция)

Культура обработки материала была связана с народными традициями и верованиями. Так, в Японии ещё с VII–VIII веков н.э. происходит становление религии Синто, обожествляющей природные силы и явления. Для приверженцев этой религии обработка таких природных материалов как дерево носила сакральный характер [16].

Как в Китае, так и в Японии здания строились с применением стоечно-балочной системы и предполагали разделение на несущую и заполняющую части. «Обычно при строительстве зданий возводился стилобат, затем на него закрепляли деревянные столбы, которые поддерживали кровлю. Стилибаты, высота которых зависела от ранга хозяина дома, строились из земли, которая застилалась слоем мелкой гальки, предназначенной для защиты дерева от сырости. Стены не поддерживали кровлю, а лишь выполняли роль разделяющих перегородок, а по внешнему периметру заполняли промежутки между столбами, благодаря чему было возможно распределить двери и окна в зависимости от условий естественного освещения» [15].

Древние китайцы были одними из первых, кто начал использовать «поточный метод» в строительстве зданий и сооружений. «Сопряжение несущих и заполняющих частей деревянных конструкций достигалось применением особой системы доугун, возникшей первоначально в народном строительстве» [15]. «Стандартная конструкция сооружений позволяла точно знать размеры деталей, из которых она возводилась. Поэтому строители могли изготавливать их по отдельности, а затем собирать непосредственно на месте строительства. В результате возведение осуществлялось ударными темпами. Например, императорская резиденция «Запретный город» в Пекине общей площадью 720 тыс. кв.м был построен всего за 13 лет»⁷.(рис. 4).

Из древних деревянных сооружений Китая и Японии до наших дней дошли постройки Запретного города в Китае, Дворцовые комплексы Тодай-Дзи и Хорю-дзи в Японии, пагода Шакьямуни храма Фогун и другие постройки.

Храм Хорю-дзи был основан принцем Сётоку и построен в 607 году. С тех пор полностью перестраивался в 670 году и ремонтировался в начале XII века, в 1374 и в 1603 [21]. Считается, что только 15-20 % строений Кондо сохранили оригинальные материалы храма во время реконструкции [21], что делает его древнейшей деревянной постройкой в мире⁸.

⁷ Архитектура Китая. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/396319> (дата обращения: 26.03.2018)

⁸ Buddhist Monuments in the Horyu-ji Area. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://whc.unesco.org/> (сайт) <http://whc.unesco.org/en/list/660> (дата обращения: 26.03.2018)



Рис. 4. Запретный город

Храмовый комплекс разделён на восточную и западную территории. В западной части находится Золотой Зал («Кондо», автор Курацукуруи-но Тори) и пятиярусная пагода. В восточной части находится Зал Снов («Юмэдоно»). В комплексе имеется общежитие монахов, лекционные залы, трапезные и библиотеки [20]. Пятиярусная пагода высотой 32,45 м – одно из старейших деревянных сооружений в мире, выполнена в старом корейском или китайском стиле династии Тан, строительство было завершено около 700 года. Все ярусы пагоды конструктивно связаны со стволом дерева хиноки в центре сооружения. Такая система предохраняла здание от разрушения во время землетрясений [17] (рис. 5).

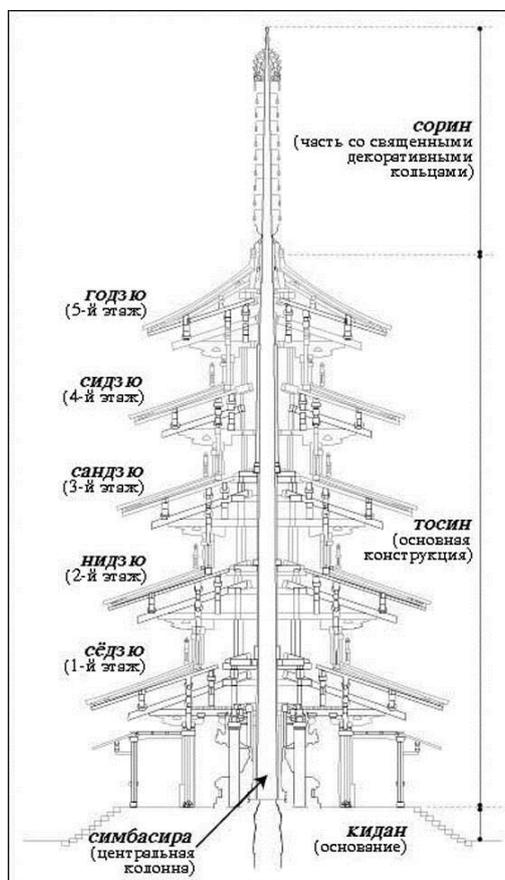


Рис. 5. Сечение 5-ти ярусной пагоды храма Хорю-дзи

Тодай-дзи – древний буддийский храм в Японии в городе Наре. Он считается самым большим деревянным сооружением в мире. Его высота составляет 50 м, длина – около 57 м, ширина – более 50 м. Строительство храма было завершено в 745 году. За свою долгую историю храм уничтожался пожарами в XII в. во время гражданской войны и в 1567 году, однако был полностью восстановлен в первоначальном виде к 1913 году. Рядом с храмом располагались две пагоды высотой около 100 м – вероятно, самые высокие деревянные строения в мире того времени, которые были разрушены землетрясением и демонтированы в 1709 году [11]. В основу конструкции положена сетка колонн, выполняемая преимущественно из стволов лиственницы большого сечения. Колонны устанавливались на каменное основание и связывались между собой сложной системой горизонтальных балок, образующих несколько ярусов, и консольно выступающих за контур здания. Такая технология позволяла сформировать характерный для японских и китайских построек большой вынос кровли, защищающий конструкции от увлажнения осадками во время летних муссонных дождей и придающий своеобразный традиционный облик (рис. 6).



Рис. 6. Храм Тодай-дзи

Китайская пагода Шакьямуни храма Фогун имеет подобную стоечно-балочную конструкцию с консольными выносами для ярусов кровли. В основании пагоды находится каменная платформа высотой 4 метра, высота первого этажа составляет 10 метров, высота самой пагоды 67,31 метров. Деревянная пагода была построена в 1056 году во времена империи Ляо императором Дао-цзуном. Она является старейшей из сохранившихся полностью деревянных пагод в Китае (рис. 7).

В Скандинавских странах, на Руси, на территории нынешней Румынии и Германии сохранилось мало крупных деревянных сооружений периода раннего и Высокого Средневековья (V-XIII вв.), но многие факты и исторические свидетельства говорят о развитости деревянного строительства в этих странах.

К сохранившимся крупным деревянным сооружениям периода средневековья относят ставкирку в Урнесе (Норвегия, 1130 г.), ставкирку в Хопперстаде (Норвегия, 1140 г.), в Хеддале (Норвегия, начало XIII в.), в Боргунне (Норвегия, 1150–1180 гг.) (рис. 8) и более поздние здания, такие как костел Вознесения Пресвятой Девы Марии и Святого Архангела Михаила в Хачуве (Польша, XIV век), церковь Святого Николая Чудотворца в Колодном (Украина, 1470 год), ротенбургерхаус (г. Люцерн, Швейцария, 1500 г.), немногочисленные средневековые фахверковые дома в городах Бельгии и Нидерландов.



Рис. 7. Пагода Шакьямуни храма Фогун. Китай

Для ставкирок – деревянных церквей скандинавских стран – была характерна каркасная конструкция, в некоторой степени подобная японским сооружениям. Ставкирка опирается на четыре лежня – горизонтальных деревянных бруса, лежащих на каменном основании. В углах они соединены внахлест, образуя прямоугольник с восемью выступающими концами. Вокруг прямоугольника устанавливают вертикальные столбы, соединяя их друг с другом брусками, часто дополняя их крестовинами [12]. В раннее средневековье эти стойки (нунорск «stav» – «стойка») зарывали прямо в землю, отчего они быстро сгнивали. Дополнительные столбы устанавливают в местах пересечения лежней, и пространство между ними обшивают. Кровля опирается на стены. У некоторых ставкирок характерной чертой является высокая мачта в центре каркасной конструкции для поддержки остроконечной крыши и подкоса стен, благодаря чему данный тип здания называют «мачтовой церковью».

Каркасная технология также характерна для фахверковых домов, получивших широкое распространение в таких европейских странах, как Германия, Швейцария, Франция, Англия и др. в XV– XVII веках. Известная жёсткость и прочность каркаса фахверковых домов достигалась применением разнообразных и точных соединений деталей – на потайной шип, на шип «ласточкин хвост», врубками и др., закрепляемых деревянными нагелями.

На Руси деревянные постройки были преимущественно срубного типа. Сруб – замкнутая в плане конструкция стен здания или сооружения из уложенных рядами (венцами) бревен либо брусков, соединенных в местах пересечения⁹. Технология строительства из брёвен позволяет создать сооружения внушительных размеров. Высота некоторых построек достигала 30 м, а площадь некоторых крупных комплексов, таких как дворец царя Алексея Михайловича в Коломенском, превышала 7 200 кв.м¹⁰.

⁹ СТБ 1725-2007 Строительство. Конструкции и изделия деревянные. Термины и определения.

¹⁰ Дворец царя в Коломенском. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://world-moscow.ru/blog/articles/palaces/2013/dvorets-tsarya-v-kolomenskom> (дата обращения: 26.03.2018)

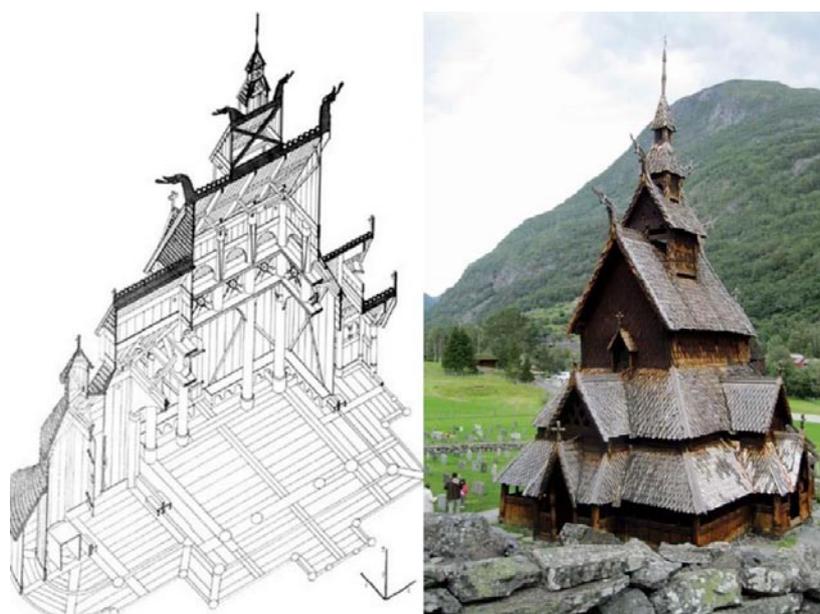


Рис. 8. Ставкирка в Боргунне. Внешний вид и сечение

Более поздняя Церковь архангелов Михаила и Гавриила в Шурдешти (Румыния), также выполненная из бревен, благодаря остроконечному шатровому очертанию достигает 72 метров в высоту. Церковь была построена в 1721 году и в настоящий момент остаётся одним из самых высоких деревянных сооружений (рис. 9).

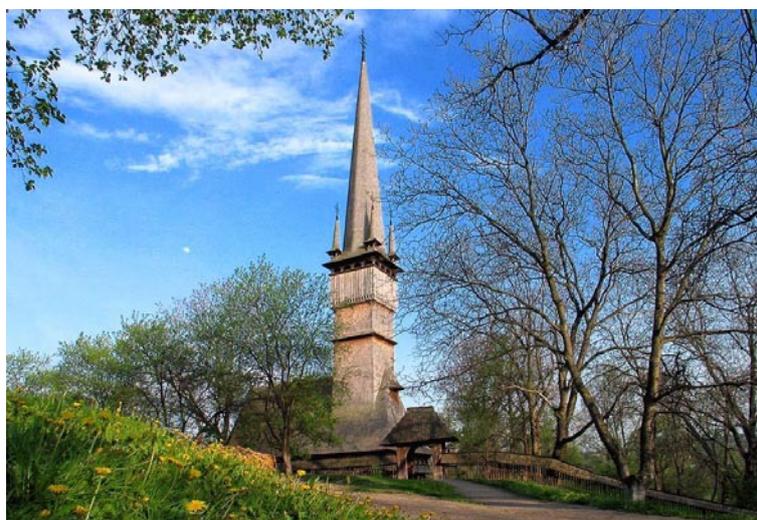


Рис. 9. Церковь архангелов Михаила и Гавриила в Шурдешти (Румыния)

С XVIII века при строительстве значимых сооружений в России и странах Европы древесина использовалась всё реже. Это было обусловлено низкой огнестойкостью дерева, его подверженностью гниению и грибку, меньшей представительностью по сравнению с камнем. При этом дерево продолжает активно использоваться для строительства большинства жилых домов, некоторых церквей и часовен, для производственных и складских сооружений.

Некоторый подъём национального деревянного зодчества в России был характерен для конца XIX – начала XX в. В это время происходит переосмысление роли деревянного зодчества, творческая переработка богатых традиций деревянного строительства и их

выражение в рамках становления архитектуры псевдорусского стиля, а позднее – конструктивизма. Этот процесс отразился в архитектуре выставочных павильонов.

К крупным деревянным выставочным сооружениям относятся павильоны Ропета И.П., такие как павильон Русского отдела на Всемирной выставке в Париже, построенный в 1878 году, павильон на Всемирной выставке в Чикаго 1893 года, павильон «Махорка» К. Мельникова на Всероссийской сельскохозяйственной и кустарно-промышленной выставке 1923 года а также павильон СССР на Международной выставке современных декоративных и промышленных искусств в Париже, построенный в 1925 году (рис. 10), русские павильоны Шехтеля Ф.О. в Глазго (рис. 11). Для всех этих зданий характерна своеобразная архитектура с авторским почерком. Дерево показало себя пригодным материалом для выражения различных стилей, а возможности деревянных конструктивных систем позволили гибко подстраивать объёмно-пространственную структуру здания под его функциональное назначение. Физико-механические свойства материала, лёгкость его обработки вместе с творческой интерпретацией архитектурного стиля привели к большому разнообразию пластических решений выставочных павильонов.

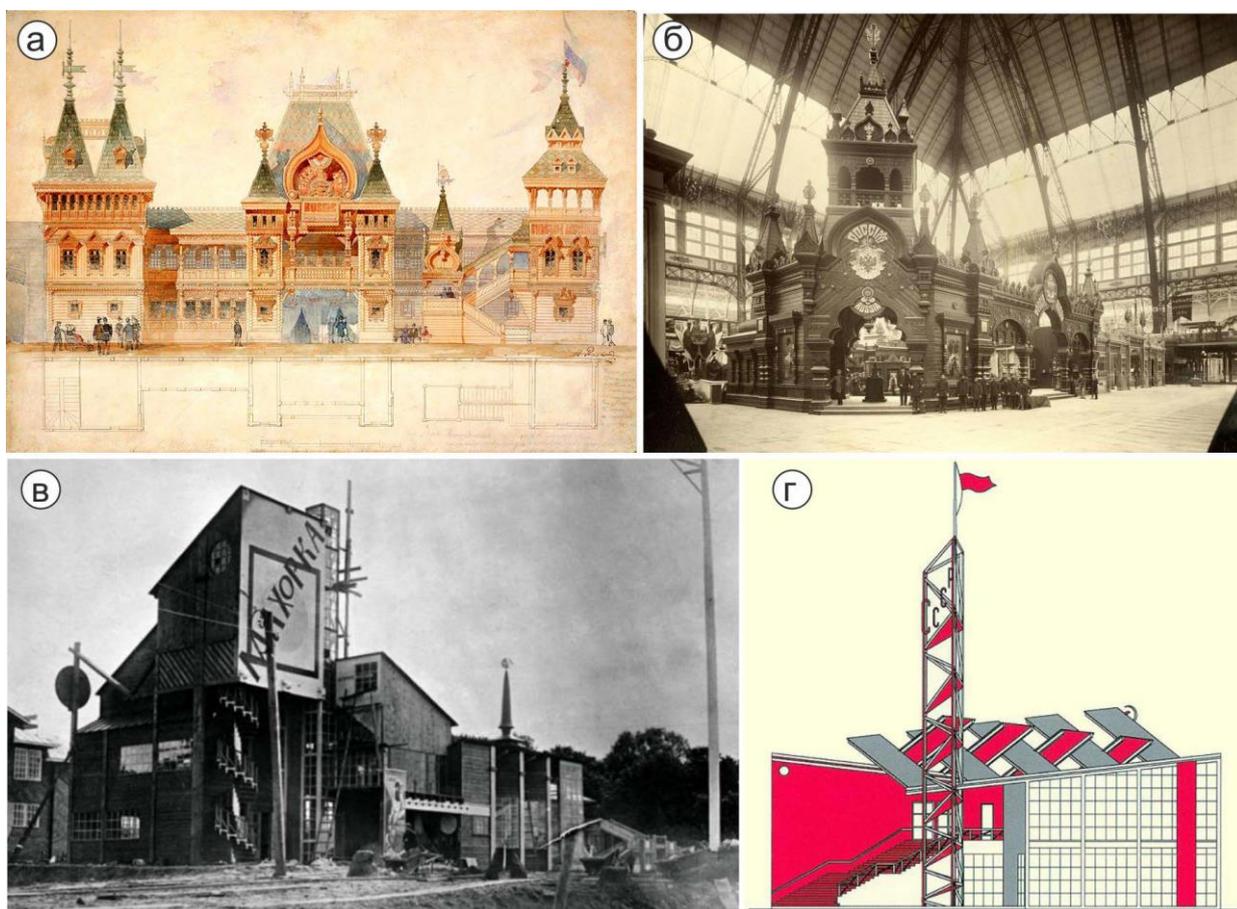


Рис. 10. Русские деревянные павильоны на международных выставках: а) павильон Русского отдела на Всемирной выставке в Париже. 1878 г. Арх. И.Ропет; б) павильон на Всемирной выставке в Чикаго 1893 года. Арх. И. Ропет; в) павильон «Махорка» на Всероссийской сельскохозяйственной и кустарно-промышленной выставке 1923 года Арх. К. Мельников; г) павильон СССР на Международной выставке современных декоративных и промышленных искусств в Париже.1925 год. Арх. К. Мельников

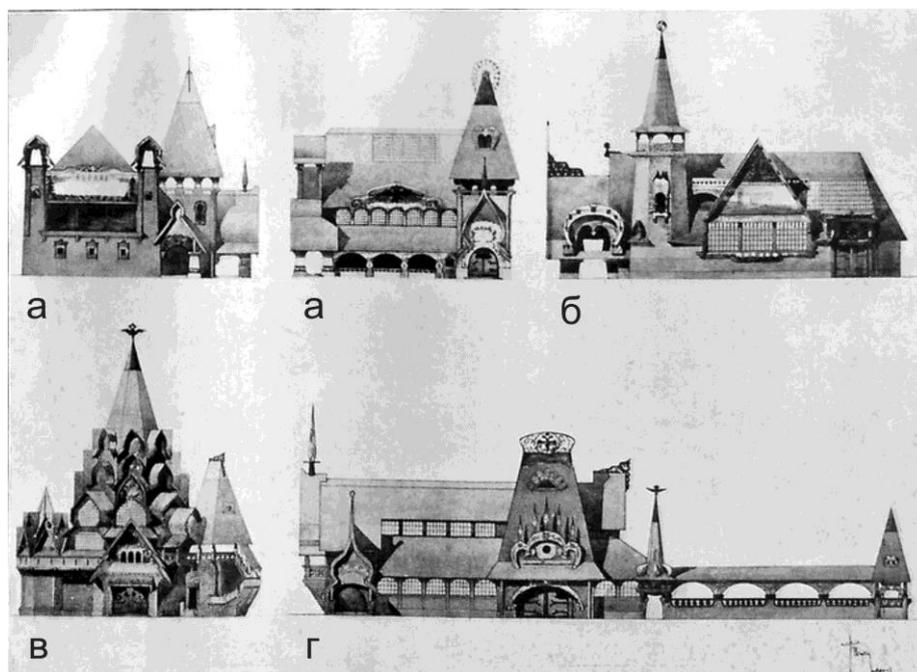


Рис. 11. Деревянные павильоны России на Всемирной выставке в Глазго 1901 года. Арх. Ф. Шехтель: а) лесной павильон; б) павильон горного дела; в) главный павильон; г) сельскохозяйственный павильон

Несмотря на то, что исторический период обладает большой протяжённостью во времени, а деревянная архитектура зданий и сооружений характеризуется огромным разнообразием, связанным как с региональными, так и временными особенностями, можно выделить отличительные черты этого этапа развития. Таким отличием является отсутствие цели создания искусственных материалов на основе древесины и отсутствие соответствующих технологий, так как для строительства того времени были достаточны исходные природные свойства древесины. Эти свойства в значительной степени определяли технологию строительства, конструкцию и архитектуру здания. Другой отличительной чертой исторического этапа является то, что в этот период человек не придавал значения экологическим факторам строительства в силу того, что перед ним практически не стояло острых экологических проблем, касающихся лесопользования и утилизации строительных отходов.

Новый этап развития многоэтажного деревянного строительства (конец XIXв. – 2009г.)

В конце XIX – начале XX века начинается новый этап развития деревянного строительства. Его отличием является стремление искусственным путём улучшить конструктивные свойства природного материала таким образом, чтобы он удовлетворял высоким требованиям к зданиям и сооружениям. На этом новом этапе происходило совершенствование исходного природного древесного материала под архитектурные и конструктивные задачи, которые являются определяющими и дают почву для дальнейших технических и технологических разработок. Это приводит к появлению новых строительных материалов: клеёной древесины, OSB, ДСП, LVL бруса, Cross Laminated Timber (CLT) и др. Помимо этого большое значение приобретает экологический фактор. Нередко именно стремление к «зелёному» строительству, стало служить причиной выбора материалов на основе древесины для многих зданий и сооружений. Древесина очень редко использовалась как основной несущий материал в многоэтажных зданиях, но активно применялась для выполнения сводчатых перекрытий, куполов, большепролётных промышленных зданий и для малоэтажного строительства. В значительной мере этому способствовало развитие конструктивных систем и материалов: к этому периоду

относится применение деревометаллических конструкций, появление кружально-сетчатых сводов, сегментных ферм, сводов-оболочек, гнутоклеенных балок. Хотя строительство многоэтажных зданий из дерева не было характерно для данного этапа, его рассмотрение важно с точки зрения развития технологий, способствовавших возможности появления таких зданий в наши дни.

Значительный вклад в развитие деревянных и дерево-металлических конструкций внёс Д.И. Журавский, который в середине XIX в. запроектировал и построил несколько крупных деревянных железнодорожных мостов. Веребьинский мост имел 9 пролетов по 54 м, а Мстинский – 9 пролетов по 61 м [7]. Для обеспечения несущей способности были использована система Гау – мостовой пролёт представлял собой деревянную ферму с раскосами, стянутую поперечными железными стержнями. Металлические элементы, применение которых является новаторством для того времени, сделали мосты значительно прочнее без существенного увеличения веса сооружения.

В гражданских и промышленных зданиях второй половины XIX в. преобладали треугольные фермы из бревен и брусьев со стальными растянутыми элементами. В конце XIX в. были применены первые пространственные покрытия и сооружения в металле и дереве, предложенные и выполненные В.Г. Шуховым [7].

В советский период небывалые темпы развития народного хозяйства поставили перед строителями новые задачи, вызвали необходимость разработки новых деревянных конструкций. Были применены новые дощато-гвоздевые конструкции в виде двутавровых балок и рам с перекрестной стенкой. Широкое распространение получили сегментные фермы и трехшарнирные арки из досок на гвоздях. При этом пролеты конструкций достигали 100 м. Впервые в Советском Союзе были применены пространственные дощато-гвоздевые конструкции типа оболочек [7].

Большой вклад в развитие деревянных конструкций внесли такие ученые, как Г.Г. Карлсен, В. М. Коченов, В.В. Большаков, М.Е. Каган, а также создатели теории расчета оболочек В.З. Власов, А.А. Гвоздев и др. Системы В.Г. Шухова получили развитие в деревянных кружально-сетчатых конструкциях: в СССР – в виде безметалльных кружально-сетчатых сводов Песельника (рис. 12), за рубежом – в так называемых покрытиях Цолльбау с узлами на болтах, которые с 1929 г. широко применялись в строительстве и в нашей стране.

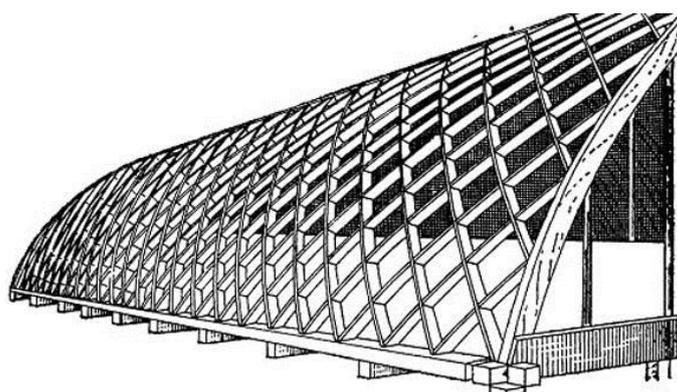


Рис. 12. Безметалльный кружально-сетчатый свод Песельника

Уже в 1937 году в ЦНИПС были начаты научные разработки и опытное строительство первых клееных конструкций. Исследования продолжались и в условиях военного времени, причем в порядке опытного строительства были изготовлены почти все разновидности конструкций – балки, арки, фермы. В послевоенные годы работы А.Б. Губенко, Г.Г. Карлсена, М.Н. Плунгянской, А.С. Белозеровой, Н.П. Птицына способствовали дальнейшему развитию клееных деревянных конструкций [7]. В

настоящее время изучением клеёных деревянных конструкций занимаются многие научно-исследовательские институты как у нас в стране, так и за рубежом, а сам материал нашёл широкое применение в промышленном и гражданском строительстве.

Получают широкое применение легкие клефанерные конструкции, внедряется бакелизированная фанера, являющаяся наиболее стабильным лесоматериалом по своим физико-механическим свойствам. В СССР клееные фанерные конструкции стали применять в конце 40-х годов. Клефанерные балки пролетом 12 м были использованы для перекрытия цеха в г. Электросталь. В 1950-е годы было предложено использование фанерных труб и профилей в фермах покрытий и пролетных строений мостов. В строительстве внедряются балки и треугольные арки с двутавровым и коробчатым сечением элементов. Трехслойные клефанерные плоские и криволинейные панели применяются в куполах, сводах-оболочках и т.д. [7].

Несмотря на развитие материалов на основе древесины, методов расчёта конструктивных систем из этих материалов, технологий их производства, применение дерева в XX веке отошло на второй план, уступив первенство железобетону, металлу, кирпичу. Однако, несмотря на общую тенденцию сокращения использования древесины в развитых странах в XX веке, крупные деревянные сооружения продолжали периодически появляться в разных точках мира.

Одним из таких уникальных сооружений является радиомачта в Гливице (Польша), построенная в 1935 году (рис. 13). Высота вышки составляет 118 м, делая её одним из самых высоких деревянных сооружений в мире. Башня известна благодаря «Глайвицкому инциденту» 31 августа 1939 года, послужившему формальным поводом для нападения Германии на Польшу и для начала Второй мировой войны.

Известны примеры строительства многоэтажных зданий с деревянными несущими конструкциями, относящиеся к началу XX века. Это восьмиэтажный «дом Батлер» (рис. 14) в Миннеаполисе, построенный в 1906 году, восьмиэтажное здание рядом с Бостонским железнодорожным вокзалом Форт-Пойнт, также построенное в 1906, семиэтажный «дом Перри» в Брисбене, Австралия (1913 года постройки), шестиэтажный «дом Лекки» в Ванкувере, Канада (1908 год) и некоторые другие здания [22]. Для всех них характерно использование стоечно-балочной несущей системы и использование кирпича в качестве заполнения для устройства фасадов и внутренних стен.



Рис. 13. Радиомачта в Гливице (Польша)



Рис. 14. дом Батлер. Миннеаполис. 1906 год. Внешний вид и атриум

Самым высоким деревянным сооружением в наши дни считается пагода Тяньнин (Чанчжоу, провинция Цзянсу, Китай). Её высота составляет 153,79 метра. Она состоит из 13 ярусов. Пагода была построена в 2007 году¹¹. На последнем ярусе пагоды расположен 30-тонный колокол. В отличие от исторических китайских пагод, в пагоде Тяньнин используется современная несущая система, состоящая из металлодеревянных ферм, связанных между собой в жёсткую рамную конструкцию, закреплённую на бетонном основании. Эта пагода является примером современного подхода к конструированию, в рамках которого материалы в несущей системе здания комбинируются между собой в целях нивелирования их недостатков и достижения оптимальной совместной работы элементов конструкции. Возможность использования смешанных (или гибридных) конструктивных систем связана с совершенствованием методов расчёта, с появлением и испытанием новых материалов, в том числе в их взаимодействии друг с другом. Совместное использование материалов в несущей системе позволяет уменьшить вес конструкций, добиться экономических, экологических, технологических преимуществ при строительстве зданий и сооружений.

В конце XX – начале XXI века деревянное строительство обретает «второе дыхание» в связи с возникшими экологическими и экономическими проблемами, когда объёмы потребления ресурсов в некоторых регионах стали превышать их воспроизводство. Осознание необходимости контролировать негативное антропогенное влияние на окружающую среду, регулировать объёмы потребления и воспроизводства ресурсов привело к появлению концепции «устойчивого развития».

Устойчивое развитие – это развитие, при котором удовлетворение потребностей нынешних поколений осуществляется без ущерба для возможностей будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности¹². Эта формулировка впервые появилась в 1987 году в докладе «Наше общее будущее», подготовленном Комиссией ООН по окружающей среде и развитию под руководством Гру Харлем Брунтланн. Необходимость придерживаться принципов устойчивого развития напрямую касается строительной индустрии, как одной из наиболее ресурсо- и энергоёмких сфер деятельности человека. В этой связи с 1970-х годов стали появляться первые экзотические частные дома, в которых были реализованы экологические подходы и использованы источники альтернативной энергии. В 1990 году был введён стандарт BREEAM в Великобритании, в 1993–1998 гг. в развитых странах стала проводиться государственная политика в отношении «зелёного» строительства. Отныне инвесторы и девелоперы были вынуждены придерживаться её. С 1998 по 2005 гг. в странах Европы и США продвигались инновационные подходы в строительстве и переход от комплексной эффективности к

¹¹ World's Tallest Pagoda Inaugurated. Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.chinadaily.com.cn/china/2007-04/30/content_864654.htm (дата обращения: 26.03.2018)

¹² Макаров И. А. Устойчивое развитие: как победить бедность и сохранить природные ресурсы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://postnauka.ru/faq/72761> (дата обращения: 26.03.2018)

зданиям с нулевым воздействием и нулевым выбросом¹³. По всему миру проводятся международные конференции, такие как конференция по «устойчивому строительству» (г. Тампа, США, 1994), конференция по «Строительству и окружающей среде» (Париж, 1997) и др., в 1998 году вводится рейтинговая система LEED, а в 2002 году учреждается всемирный совет по экологическому строительству.

Тренд «зелёного строительства», способствует появлению экологичных материалов, в том числе на основе древесины, развитию безотходных методов строительства [13]. Если в конце XX века из дерева строились преимущественно малоэтажные здания, то в XXI веке становится экологически и экономически оправданным строительство и многоэтажных зданий.

Современный этап развития многоэтажного деревянного строительства (с 2009г. до наших дней)

Возведение в 2009 году девятиэтажного деревянного дома Stadthaus в Лондоне ознаменовало начало современного этапа развития многоэтажного деревянного строительства (рис. 15). На современном этапе строительство многоэтажных деревянных зданий рассматривается многими специалистами как перспективное направление развития, а география построек становится всё более обширной.

Несущая конструкция здания Stadthaus в Лондоне была возведена из CLT-панелей за 27 дней. В строительстве участвовало 4 рабочих, не задействуя при этом башенного крана. На строительство всего здания ушло 49 недель. Было посчитано, что для возведения аналогичного здания из железобетона потребовалось бы 72 недели¹⁴. Хотя стоимость 1 м³ CLT панелей выше, чем стоимость 1 м³ железобетона (в Европе стоимость 1 м³ панели составляет около 450 евро), общая стоимость строительства здания снижается благодаря скорости строительства, уменьшению расходов на грузоподъёмный транспорт, трудозатрат рабочих, устройства фундамента и позволяет дереву конкурировать с монолитным железобетоном [18,14].



Рис. 15. Дом Stadthaus в Лондоне

Панель CLT является основным строительным материалом большинства многоэтажных деревянных зданий. Плита состоит из досок (ламелей), сложенных перпендикулярно друг к другу, склеенных между собой под высоким давлением [6]. Количество слоёв выполняется нечётным – чаще всего используются панели толщиной 5 или 8 слоёв. Склеивание ламелей в плиту производится с помощью полиуретановых клеев, не

¹³ Зелёное строительство [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.expo-mos.ru/projects/buildgreen.htm> (дата обращения: 26.03.2018)

¹⁴ Ровнова Е. Жить в дереве // ARCHI.RU [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://archi.ru/world/56992/zhit-v-dereve> (дата обращения: 26.11.2017)

содержащих формальдегида, или меламиновых клеевых систем, имеющие класс эмиссии E1 (содержание формальдегида ниже естественного фона)¹⁵. Материал впервые был изобретён в Германии и применялся в немецких кровельных системах в середине 1970-х годов, запатентован как строительный материал во Франции в 1985 году, а коммерческое производство началось с середины 1990-х. Первые здания появились в Швейцарии (1993 год), Германии (1995 год) и Австрии (1998 год). Последнее из перечисленных зданий, расположенное в г. Стирия, было трёхэтажным [19].

Строительству зданий высотой девять и более этажей предшествовала большая исследовательская работа по оценке возможности такого строительства. В наше время основными центрами по исследованию возможностей применения современных материалов на основе древесины в многоэтажном деревянном строительстве является технический университет Граца (Австрия), в котором исследования массивных панелей из древесины ведётся с 1990 года [19], Орегонский университет, университет Британской Колумбии, а также компании-производители материалов на основе древесины Structurlam, Structurecraft, Westernarchrib и др. После официального утверждения CLT как строительного материала в Австрии в 1998 году, в 1999 году в Граце на базе технического университета был открыт центр строительных технологий, где перекрёстно-клеенные панели испытывались в качестве несущих элементов конструкций. По результатам этих испытаний применение данного материала было одобрено и в Германии (2000 год) [19]. С этого момента CLT-панели выходят на рынок стройматериалов, где быстро набирают популярность, и в 2005 году активно используются при строительстве олимпийских объектов в г. Турине (Италия). Объём производства CLT в Европе в 2016 году составил 670 тыс. м³ (на 2008 год этот показатель составлял 215 тыс м³ [19]). Прогнозируемый объём производства на 2020 год составляет 1,2 млн. м³¹⁶.

С момента строительства здания Stadthaus по всему миру были построены ещё более 50 многоэтажных деревянных зданий¹⁷, некоторые из которых имеют более 10 этажей в высоту. Самое высокое современное деревянное здание – 18-ти этажное общежитие университета Британской Колумбии. В настоящее время в Вене строится 24-этажное здание NoNo Wien (рис. 16.), которое планируется завершить строительством в 2018 году. В настоящее время наиболее крупным комплексом из материалов на основе древесины является Via Senni в Милане, который состоит из 4 девятиэтажных башен, соединённых между собой [4]. Площадь комплекса – 17000м². Объём использованных панелей – 6000м³[8].

К сегодняшнему дню сложились различные конструктивные системы многоэтажных зданий из дерева:

- полностью деревянные, в которых все несущие элементы конструкции здания выполнены из дерева или материалов на его основе. Сюда входят каркасно-щитовые конструкции, система строительства из CLT, стоечно-балочные системы, технология FFTT при этажности до 12 этажей, здания типа «труба-каркас»;
- комбинированные несущие системы, в которых дерево и материалы на его основе объединяются с другими материалами для их совместной работы в целях оптимального распределения нагрузок и минимизации расхода материалов. Данные системы включают в себя деревометаллические и деревобетонные вариации. К *деревометаллическим* несущим системам относятся здания со стальным несущим ядром жёсткости, здания со

¹⁵ CLT плиты [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ldskcorp.ru/articles/4/> (дата обращения: 26.03.2018)

¹⁶ CLT production is expected to double until 2020. This means a production volume of 1.2 million m³ for Europe [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.timber-online.net> (сайт) URL: <https://www.timber-online.net/holzprodukte/2017/06/brettsperholz-produktion-in-europa---20162020.html> (дата обращения: 26.03.2018)

¹⁷ A global revolution. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.woodskyscrapers.com/projects.html> (дата обращения: 10.12.2017)

стальными узловыми соединениями, технология FTTT для зданий с этажностью выше 12 этажей [1,2]. К *деревобетонным* несущим системам относятся здания с железобетонными ядрами жёсткости, с использованием железобетонных узловых соединений, CREE system (Табл. 1. Типы конструктивных систем многоэтажных деревянных зданий).



Рис. 16. здание HoHo Wien

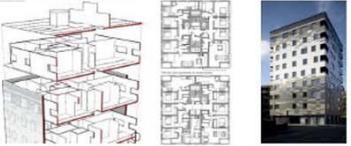
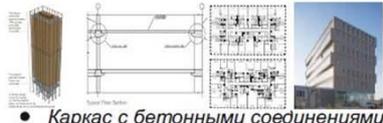
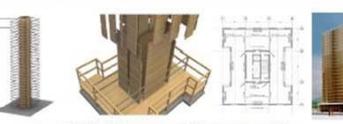
Лидирующими странами в многоэтажном деревянном строительстве являются: Австрия, Великобритания, Канада, США, Финляндия, Норвегия.

В наши дни тенденции развития многоэтажного деревянного строительства направлены на:

- сокращение издержек производства и строительства для снижения стоимости квадратного метра площади здания;
- ускорение процесса проектирования зданий. Для этой цели создаётся и совершенствуется специализированное программное обеспечение (Cadwork, Dietrich's и др.);
- ускорение процесса строительства зданий;
- исследование возможностей строительства высотных (30 и более этажей) зданий с несущим каркасом из деревянных конструкций;
- совершенствование приёмов гидро-, огне- и шумозащиты в зданиях.

Одновременно с мерами, касающимися производства материалов, проектирования и строительства принимаются административные меры: государство частично финансирует строительство деревянных зданий, издаются руководства по работе с новыми материалами, происходит изменение нормативов строительства, проводится обучение специалистов и т.д. В странах Евросоюза продвигается программа «Деревянная Европа», доля деревянного строительства согласно которой должна достичь 80% от общего количества новостроек к 2020 году. С учётом большого потенциала развития деревянного домостроения в России, велика вероятность развития данного направления и в нашей стране [9].

Табл. 1. Типы конструктивных систем многоэтажных деревянных зданий

полностью деревянные типы конструктивных систем	комбинированные	
	дерево+бетон	дерево+сталь
 <ul style="list-style-type: none"> Система строительства из CLT 	 <ul style="list-style-type: none"> CREE system 	 <ul style="list-style-type: none"> Преднапряжённые деревянно-металлические конструкции
 <ul style="list-style-type: none"> FFTT (до 12 этажей) 	 <ul style="list-style-type: none"> Каркас с бетонными соединениями. 	 <ul style="list-style-type: none"> Деревянные конструкции со стальными узлами и раскосами
 <ul style="list-style-type: none"> Столбчно-балочные системы (Фахверковые и тому подобные) 	 <ul style="list-style-type: none"> Каркас с Ж/Б ядром. 	 <ul style="list-style-type: none"> Здания со стальным конструктивным ядром
 <ul style="list-style-type: none"> Каркасно-щитовые конструкции 		 <ul style="list-style-type: none"> FFTT (выше 12 этажей)
 <ul style="list-style-type: none"> "Труба-каркас" 		

Источники иллюстраций:

- Рис 3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://rus-fachwerk.blogspot.ru/2013/01/blog-post_19.html (дата обращения: 26.03.2018)
- Рис 4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tourisminchina.ru/zapretnyj-gorod/> (дата обращения: 26.03.2018)
- Рис 5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://web-japan.org/nipponia/nipponia33/ru/topic/index02.html> (дата обращения: 26.03.2018)
- Рис 6. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kilchichakov.livejournal.com/341897.html> (дата обращения: 26.03.2018)
- Рис 7. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Пагода_Шакьямуни (дата обращения: 26.03.2018)
- Рис 8. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sayanarus.livejournal.com/818560.html> (дата обращения: 26.03.2018)
- Рис 9. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.surdestiturism.ro/index.php/ro/localizare-surdesti/biserica-sfintii-arhangheli> (дата обращения: 26.03.2018)
- Рис 10. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://archspeech.com/article/sebya-pokazat-6-znakovyh-russkih-pavil-onov-na-vsemirnyh-vystavkah> (дата обращения: 26.03.2018)
- Рис 11. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.liveinternet.ru/users/la_belle_epoque/post197654787/ (дата обращения: 26.03.2018)
- Рис 12. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sinref.ru/000_uchebniki/04400promishlennost/000_konstrukcii_iz_dereva_i_plastmass_iva_nov_klimenko_1983/005.htm (дата обращения: 26.03.2018)

Рис 13. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://turbina.ru/guide/Glivitse-Polsha-85795/photos/?size=big> (дата обращения: 26.03.2018)

Рис. 14. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mcgough.com/projects/modern-corporate-office-design/butler-square/> (дата обращения: 26.03.2018)

Рис 15. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.edilportale.com/news/2016/09/focus/edifici-multipiano-in-legno-lo-stato-dell-arte_53913_67.html (дата обращения: 26.03.2018)

Рис 16 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.holzbauaustria.at/index.php?id=111&tx_ttnews%5Btt_news%5D=6371&cHash=3dc6b79d512f9ab18979ec9c79d96cf3 (дата обращения: 26.03.2018)

Литература

1. Бардин И.Н. Конструктивные системы многоэтажных деревянных зданий. В сборнике: Ломоносовские научные чтения студентов, аспирантов и молодых учёных – 2017 сборник материалов конференции. – М., 2017. - С. 179-184.
2. Бардин И.Н., Карельский А.В. Определение оптимальных габаритов деревянных многоэтажных зданий различных конструктивных систем. В сборнике: Строительная наука - XXI: теория, образование, практика, инновации Северо-арктическому региону. Сборник трудов VIII международной научно-технической конференции. – М., 2017. - С. 19-25.
3. Блаватский В. Д. Архитектура античного мира. - М.: Издательство Всесоюзной Академии архитектуры, 1939. - 164 с.
4. Бойтемирова И.Н., Любакова Д.А. Многоэтажные деревянные здания // Вестник научных конференций. - 2016. - № 2-1(6). - С. 19-20.
5. Гавриков Д.С., Родионовская И.С., Семёнов М.Н. Фахверк: история и актуальность // Вестник МГСУ №1 2008. - М.: НИУ МГСУ, 2008. - С. 17-23.
6. Дроздов В.А., Беличенко М.Ю. Строительство многоэтажных зданий на основе древесины. В сборнике: «Архитектура, строительство, землеустройство и кадастры на дальнем востоке в XXI веке». Материалы международной научно-практической конференции. - Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2016. - С. 76-80.
7. Иванов В.А., Клименко В.З. Конструкции из дерева и пластмасс. - Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1983. – 279 с.
8. Карельский А.В. Зарубежный опыт деревянного многоэтажного домостроения. В сборнике: Развитие Северо-Арктического региона: проблемы и решения материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. – Архангельск, 2016. - С. 791-797.
9. Лавров М.Ф., Лавров Ф.Ф., Ермолин В.Н. Перспективы развития многоэтажного деревянного домостроения в России. В сборнике: Современные проблемы строительства и жизнеобеспечения: безопасность, качество, энерго- и ресурсосбережения сборник статей IV Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию Инженерно-технического института Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. под ред. доц. А.Е. Саввиной. – Якутск, 2016. - С. 507-512.

10. Маркузон В. Ф. Всеобщая история архитектуры. Том II. Архитектура античного мира (Греция и Рим) под редакцией В.Ф. Маркузона. М.: Стройиздат, 1973. – 712 с.
11. Низовский А.Ю. Величайшие храмы мира: Энциклопедический справочник. - М.: Вече, 2006. - 576 с.
12. Прайс У. Архитектура в дереве / Пер. с англ. Дубровский А., Романов А. - М.: БММ, 2006. - 320 с.
13. Тарасова Н.В. Зеленое строительство - реальный путь к устойчивому развитию в XXI веке. В сборнике: «Современные строительные материалы, технологии и конструкции». Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». – Грозный: Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, 2015. -С. 124-128.
14. Титова Г.В. Экономическое сравнение строительства зданий на деревянном каркасе с традиционными материалами. В сборнике: «Наука в современном обществе: закономерности и тенденции развития». Сборник статей Международной научно-практической конференции. – М., 2017. - С. 34-36.
15. Халпахчян О.Х. Всеобщая история архитектуры. Том 1: Архитектура древнего мира / Под редакцией О. Х. Халпахчяна (ответственный редактор), Е. Д. Квитницкой, В. В. Павлова, А. М. Прибытковой. - Второе издание, исправленное и дополненное. – М., 1970. - 512 с.
16. Цезарь Г.Ю., Гирций А. Записки Юлия Цезаря и его продолжателей о Галльской войне, о Гражданской войне, об Александрийской войне, об Африканской войне / Пер. М. М. Покровского. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948. - 560 стр.
17. Fuentes A. K. Reconciling sustainable and resilient design in cities: cross laminated timber and the future of japanese wooden buildings. Master's thesis. Indiana University, Indiana, USA, 2015. - 84 с.
18. Final report for commercial building costing cases studies – Traditional design versus timber project: report/ Prepared by Timber Development Association (NSW) Ltd.; Andrew Dunn. – Melbourne, Australia. – 2015. - 26 с.
19. Hasewend, B., Schickhofer.G. Solid timber construction. A construction system for residential houses, office and industrial buildings. - Graz University of Technology, Institute for Steel, Timber and Shell Structures, 2000. – 9 с.
20. June Kinoshita, Nicholas Palevsky Gateway to Japan. – Tokyo: Kodansha International, 1998. – 808 с.
21. Knut Einar Larsen, Nils Marstein. Conservation of Historic Timber Structures: An Ecological Approach. Butterworth-Heinemann, 2000. – 140 с.
22. Modern tall wood buildings: opportunities for innovation: report / Prepared by Dovetail Partners, Inc.; Dr. Jim Bowyer, Dr. Steve Bratkovich, Dr. Jeff Howe [и др.]. - Minneapolis, USA. – 2015. 16 с.

References

1. Bardin I.N. *Konstruktivnye sistemy mnogojetazhnyh derevjannyh zdaniy* [Design systems of multi-storey wooden buildings. In the collection: Lomonosov scientific readings of students,

- graduate students and young scientists - 2017 collection of conference materials]. Moscow, 2017, pp. 179-184.
2. Bardin I.N., Karel'skij A.V. *Opredelenie optimal'nyh gabaritov derevjannyh mnogojetazhnyh zdanij razlichnyh konstruktivnyh system* [Determination of optimal dimensions of wooden multi-storey buildings of various design systems. In the collection: Building science - XXI: theory, education, practice, innovations to the North-Arctic region. Proceedings of the VIII International Scientific and Technical Conference]. Moscow, 2017, pp. 19-25.
 3. Blavatskij V. D. *Arhitektura antichnogo mira* [Architecture of the Ancient World]. Moscow, 1939, 164 p.
 4. Bojtemirova I.N., Ljubakova D.A. *Mногоjetazhnye derevjannye zdanija* [Multi-storey wooden buildings. Journal "Bulletin of scientific conferences"]. 2016, no. 2-1 (6), pp. 19-20.
 5. Gavrikov D.S., Rodionovskaja I.S., Semjonov M.N. *Fahverk: istorija i aktual'nost'* [Fachwerk: history and relevance. Magazine "Bulletin of MGSU"]. Moscow, 2008, pp.17-23.
 6. Drozdov V.A., Belichenko M.Ju. *Stroitel'stvo mnogojetazhnyh zdanij na osnove drevesiny* [Construction of multi-storey buildings based on wood. In the collection: "Architecture, construction, land management and cadastres in the far east in the XXI century". Materials of the International Scientific and Practical Conference]. Komsomol'skij-na-Amure, 2016, pp. 76-80.
 7. Ivanov V.A., Klimenko V.Z. *Konstrukcii iz dereva i plastmass* [Construction of wood and plastics]. Kiev, Vishha shkola. Golovnoe izd-vo, 1983, 279 p.
 8. Karel'skij A.V. *Zarubezhnyj opyt derevjannogo mnogojetazhnogo domostroenija* [Foreign experience of wooden multi-storey house-building. In the collection: Development of the North-Arctic region: problems and solutions of the scientific conference of faculty, researchers and graduate students of the Northern (Arctic) Federal University named after MV Lomonosov. Lomonosov]. Arkhangelsk, 2016, pp. 791-797.
 9. Lavrov M.F., Lavrov F.F., Ermolin V.N. *Perspektivy razvitija mnogojetazhnogo derevjannogo domostroenija v Rossii* [Prospects for the development of multi-storey wooden housing construction in Russia. In the collection: Modern problems of construction and life support: safety, quality, energy and resource saving, a collection of articles of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference, dedicated to the 60th anniversary of the Engineering Technical Institute of the Northeastern Federal University. M.K. Ammosov]. Yakutsk, 2016, pp. 507-512.
 10. Markuzon V. F., *Vseobshhaja istorija arhitektury. Tom II. Arhitektura antichnogo mira (Grecija i Rim)* [The general history of architecture. Volume II. Architecture of the Ancient World (Greece and Rome)]. Moscow, 1973, 712 p.
 11. Nizovskij A.Ju. *Velichajshie hramy mira: Jenciklopedicheskij spravocchnik* [The Greatest Temples of the World: Encyclopedic Guide]. Moscow, 2006, 576 p.
 12. Prajs U. *Arhitektura v dereve* [Architecture in wood]. Moscow, BMM, 2006, 320 p.
 13. Tarasova N.V. *Zelenoe stroitel'stvo - real'nyj put' k ustojchivomu razvitiju v XXI veke* [Green construction is a real way to sustainable development in the 21st century. In the collection: "Modern building materials, technologies and designs". Materials of the International Scientific and Practical Conference, dedicated to the 95th anniversary of the FGBOU HPE "GSTU im. acad. M.D. Millionshchikov "]. Grozny, 2015, pp. 124-128.

14. Titova G.V. *Jekonomicheskoe sravnenie stroitel'stva zdanij na derevjannom karkase s tradicionnymi materialami* [Economic comparison of construction of buildings on a wooden frame with traditional materials. In the collection: "Science in modern society: patterns and trends of development." Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference]. Moscow, 2017, pp. S. 34-36.
15. Halpahch'jan O.H. *Vseobshhaja istorija arhitektury. Tom 1 : Arhitektura drevnego mira* [The general history of architecture. Volume 1: Architecture of the Ancient World]. Moscow, 1970, 512 p.
16. Cezar' G.Ju., Gircij A. *Zapiski Julija Cezarja i ego prodolzhatel'ej o Gall'skoj vojne, o Grazhdanskoj vojne, ob Aleksandrijskoj vojne, ob Afrikanskoj vojne* [Notes of Julius Caesar and his followers about the Gallic War, the Civil War, the Alexandrian War, the African War]. Moscow, Leningrad, 1948, 560 p.
17. Fuentes A.K. Reconciling sustainable and resilient design in cities: cross laminated timber and the future of japanese wooden buildings. Master's thesis. Indiana University, Indiana, USA, 2015, 84 p.
18. Final report for commercial building costing cases studies – Traditional design versus timber project: report. Prepared by Timber Development Association (NSW) Ltd.; Andrew Dunn. Melbourne, Australia, 2015, 26 p.
19. Hasewend B., Schickhofer.G. Solid timber construction. A construction system for residential houses, office and industrial buildings. Graz University of Technology, Institute for Steel, Timber and Shell Structures, 2000, 9 p.
20. June Kinoshita, Nicholas Palevsky Gateway to Japan. Tokyo, Kodansha International, 1998, 808 p.
21. Knut Einar Larsen, Nils Marstein. Conservation of Historic Timber Structures: An Ecological Approach. Butterworth-Heinemann, 2000, 140 p.
22. Modern tall wood buildings: opportunities for innovation: report. Prepared by Dovetail Partners, Inc.; Dr. Jim Bowyer, Dr. Steve Bratkovich, Dr. Jeff Howe. Minneapolis, USA, 2015, 16 p.

ОБ АВТОРЕ

Афонин Виталий Сергеевич

Аспирант ФГБУ «Центральный научно-исследовательский и проектный институт»
 Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской
 Федерации, Москва, Россия
 e-mail: vitalyaafonin@gmail.com

ABOUT THE AUTHOR

Afonin Vitaly

Postgraduate Student of «Central Research and Design Institute» of the Ministry of
 Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation, Moscow, Russia
 e-mail: vitalyaafonin@gmail.com