

УДК 694.1

DOI [10.37153/2618-9283-2022-3-55-62](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2022-3-55-62)

Теоретические и экспериментальные исследования

Об использовании мелкосборных деревянных элементов в сейсмостойком строительстве

Белаш Т.А.¹

¹ АО «НИЦ «Строительство». Москва, Российская Федерация

Аннотация: Древесина является одним из наиболее популярных строительных материалов, получивших широкое распространение в различных регионах страны, богатых лесом. В статье рассматривается возможность использования мелкосборных деревянных элементов в сейсмостойком строительстве малоэтажных зданий. Для повышения сейсмостойкости зданий, выполненных из мелкосборных элементов, рекомендуется использовать дополнительные демпфирующие прокладки, арматурные тяжи, энергопоглощающие элементы. Даны предложения по их реализации. Расчётная оценка предлагаемых мер показала возможность их использования в сейсмостойком строительстве.

Ключевые слова: древесина, мелкосборный деревянный элемент, сейсмическая активность, малоэтажное домостроение, сейсмостойкое строительство

Для цитирования: Белаш Т.А. Об использовании мелкосборных деревянных элементов в сейсмостойком строительстве // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2022. №3. С. 55–62

DOI: [10.37153/2618-9283-2022-3-55-62](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2022-3-55-62)

Theoretical and experimental studies

On the use of small-scale wooden elements in earthquake-resistant construction

Belash T.A.¹

¹ JSC Research Center of Construction. Moscow, Russian Federation

Abstract: Wood is one of the most popular building materials, widely used in various forest-rich regions of the country. The article discusses the possibility of using small-scale wooden elements in the earthquake-resistant construction of low-rise buildings. To improve the seismic resistance of buildings made of small-scale elements, it is recommended to use additional damping pads, reinforcing bars, and energy-absorbing elements. Proposals for their implementation are given. The calculation evaluation of the proposed measures showed the possibility of their use in earthquake-resistant construction.

Keywords: wood, small-scale wooden element, seismic activity, low-rise housing construction, earthquake-resistant construction

@T.A. Belash, 2022

For citation: Belash T.A. On the use of small-scale wooden elements in earthquake-resistant construction. [*Earthquake engineering. Constructions safety*]. 2022, no.3, pp. 55–62
DOI: [10.37153/2618-9283-2022-3-55-62](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2022-3-55-62)

Древесина является одним из наиболее популярных строительных материалов, широко используемых в различных регионах страны. На территории России находится одна пятая запасов всех лесных ресурсов мира, в том числе хвойных. Изделия и детали из древесины занимают одно из ведущих мест в строительстве зданий различного назначения. Между тем, процент строительства жилых домов из древесины остаётся достаточно низким, хотя, как известно, древесина обладает рядом высоких эксплуатационных качеств, к которым относится прочность, небольшая масса изделий, экологичность, относительно низкая стоимость, хорошие теплоизоляционные свойства и т.п. Важным качеством древесины является её хорошая сопротивляемость сейсмическим воздействиям. Древесина является одним из наиболее популярных материалов в строительстве малоэтажных зданий в сейсмоактивных районах. Высокую сейсмостойкость деревянных зданий подтверждает анализ последствий сильных землетрясений, прошедших как в России, так и за рубежом. Наиболее ярким примером является поведение деревянного собора во время землетрясения в 1911 г. в г. Верном (нынешний город Алматы), который не получил практически никаких повреждений [1]. Важным фактором, определяющим повышенную сейсмостойкость древесины по сравнению с другими конструкционными материалами, являются её природные свойства, например, сохранение прочности в течение длительного времени, а также достаточно низкий модуль упругости, что способствует увеличению сопротивляемости динамическим воздействиям. Перечисленные свойства указывают на актуальность применения деревянных конструкций в сейсмических районах.

Наиболее известные здания из деревянных конструкций – это бревенчатые, брусчатые, выполненные по каркасной технологии, в виде панелей и т.п. Однако известные конструкции не всегда являются сейсмостойкими, что приводит к применению в них дополнительных конструктивных решений сейсмозащиты, которые в ряде случаев сложны в практическом исполнении, требуют высокой квалификации рабочих и не всегда доступны. Кроме того, лесные регионы достаточно удалены от центров строительной индустрии крупных городов, в них не всегда удаётся реализовать современные методы технологии и организации работ, наладить серийность производства в больших объёмах. Всё это приводит к необходимости поиска новых видов деревянных изделий. Одним из решений этой инженерной задачи может быть использование мелкоштучных, сборных элементов, например, из древоблоков. Такой подход позволил бы повысить уровень заводской готовности за счёт типизации и унификации сборных элементов, создать условия для массового строительства и в короткий срок без требований к высокой квалификации рабочих осуществлять полную сборку зданий различного назначения.

Идея использования конструктивных решений из мелкосборных деревянных элементов достаточно хорошо известна в строительстве малоэтажных зданий. Некоторые примеры возможной реализации мелкогабаритных деревянных изделий представлены ниже.

Так, на рис. 1, [2], показан деревянный блок (поз. 1), снабженный с разных сторон шпоночными пазами (поз. 2, поз. 3, поз. 4), расположенными как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях.

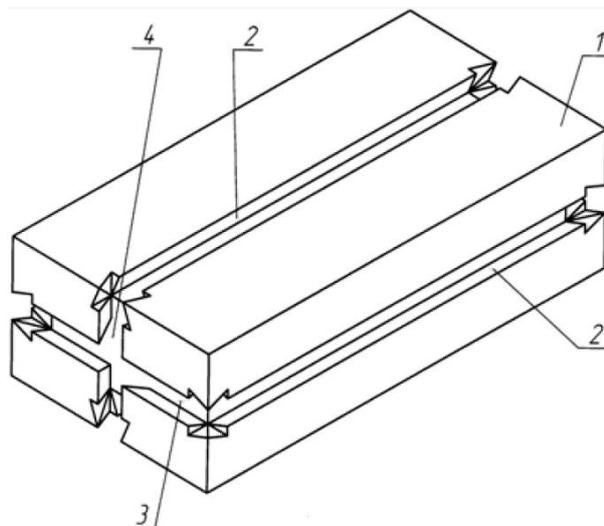


Рисунок 1 – Типовой древоблок со шпоночными пазами

Figure 1 – A typical timber block with keyways

Деревянный блок с помощью соединительного элемента объединяется в единую сборную конструкцию, образуя модульный блок различных размеров и конфигурации (рис. 2).

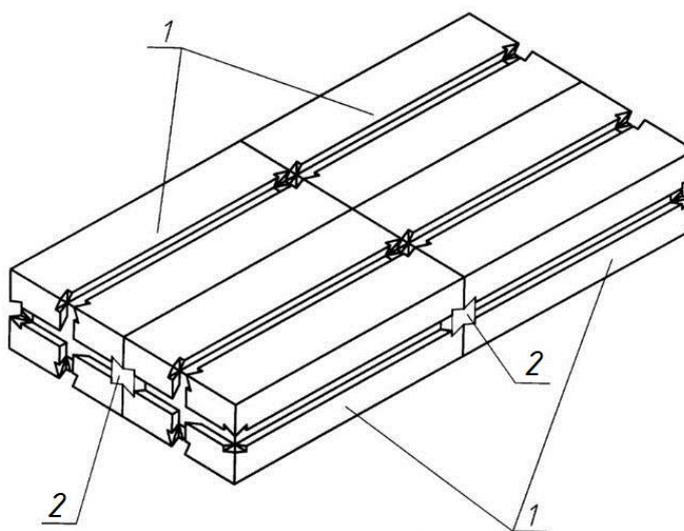


Рисунок 2 – Общий вид сборной конструкции, выполненной из древоблоков: 1 – древоблоки; 2 – связевые элементы

Figure 2 – General view of prefabricated structure made of timber blocks: 1 – timber blocks; 2 – connecting elements

В предложенном решении одним из недостатков является необходимость устройства связей сложной формы, малое поперечное сечение, а также невозможность перевязки швов и другое. Возможность применения такой конструкции для районов сейсмической активности требует проведения дополнительных исследований и обоснований.

В другом решении деревянные конструкции выполнены в виде жёстких модулей с пазами (рис. 3) [3]. Деревянный сборный элемент состоит из расположенных параллельно

на заданном расстоянии друг от друга продольных деталей, соединённых между собой закладными связями. Закладные связи установлены в специально расположенных пазах поперечного сечения, причём каждый паз прорезан в средней части продольными деталями и выполнен непрерывным вдоль всей длины.

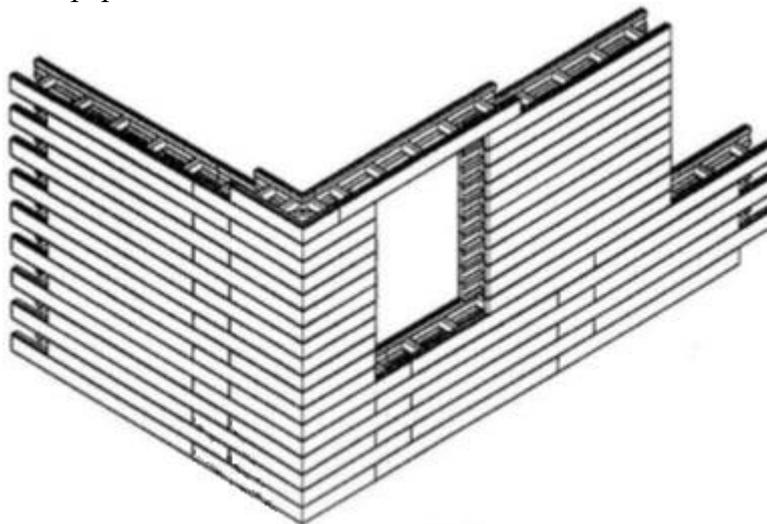


Рисунок 3 – Фрагмент здания из деревянных модулей с оконным проёмом

Figure 3 – A fragment of a building made of wooden modules with a window opening

Предложенное решение было рекомендовано для создания стеновых ограждающих конструкций в районах с низкими температурами, т.к. позволяет в них установку различных утеплителей. При этом следует отметить, что при определённых условиях и конструктивной доработке конструкция могла бы быть рассмотрена и для сейсмических районов.

Интересную технологию исполнения мелкоштучных деревянных изделий разработали специалисты компании «Стинком» (рис. 4, рис. 5) [4]. Для малоэтажного домостроения предлагается использовать специально изготовленные деревянные кирпичи, которые объединяются в блоки. Блоки с четырёх сторон снабжены замками. Габариты блоков отличаются различными размерами, варьируемыми в широком диапазоне.



Рисунок 4 – Деревянные мелкогабаритные элементы компании «Стинком»

Figure 4 – Wooden small-sized elements made by "Stinkom" company



Рисунок 5 – Фрагмент здания из деревянных блоков компании «Стинком»

Figure 5 – A fragment of a building made of wooden blocks made by "Stinkom" company

Применение этой технологии существенно снижает затраты на строительство, нет необходимости использования высокой квалификации рабочих, а также применения дорогостоящего оборудования. Однако использование мелкогабаритных элементов рассматриваемого типа в сейсмических районах требует доработки и специального обоснования. Эта ситуация касается и других технических решений из мелкогабаритных элементов, предложенных для строительства малоэтажных зданий, оценка которых свидетельствует о их многочисленности и большом разнообразии. Анализ последствий сильных землетрясений, прошедших во многих странах, включая и Россию, показал, что наиболее уязвимыми местами в зданиях из деревянных конструкций, как правило, являются узловые соединения [5 – 7], кроме того, известно, что дерево является анизотропным материалом с неодинаковыми свойствами по направлениям относительно волокон. На сейсмостойкость деревянных зданий существенное влияние оказывает влажёмкость, паропроницаемость и другие свойства древесины. Все эти факторы в своей совокупности могут оказывать существенное негативное влияние на сейсмостойкость деревянных зданий, в том числе, и на здания, несущие конструкции которых выполнены из мелкогабаритных элементов. Повышение их сейсмостойкости может достигаться различным образом, например, путём введения в деревянные конструкции дополнительных элементов демпфирования, в качестве которых могут рассматриваться прокладки, материалы, обладающие высокой степенью поглощения колебаний, а также дополнительные элементы армирования в виде тяжёлых и т.п. На рис. 6 представлена конструкция стены деревянного здания, отличительной особенностью которого является наличие отверстий со вставленными в них арматурными стержнями, залитыми, например, жидкой резиной.

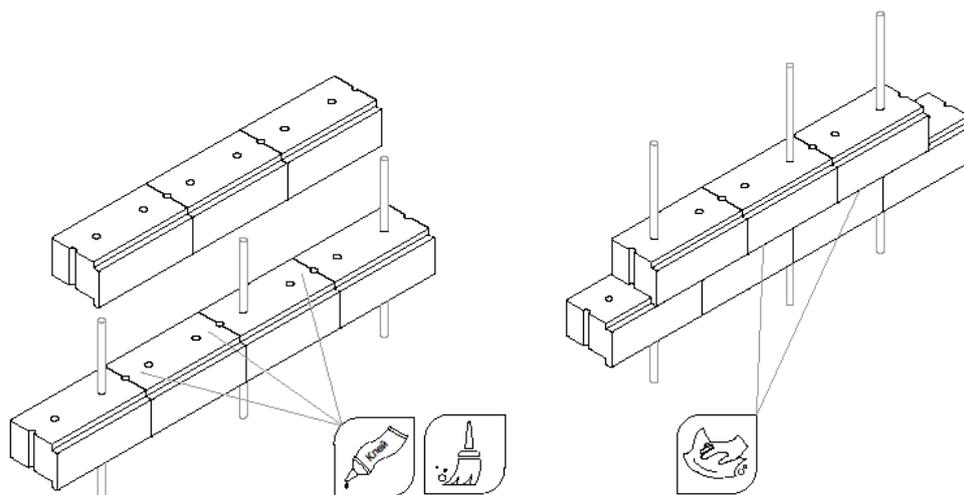


Рисунок 6 – Пример возведения стен из деревянных блоков

Figure 6 – An example of the construction of walls made of wooden blocks

Для повышения диссипативных характеристик в конструкциях зданий предусматриваются также специальные прокладки, обладающие высокими энергопоглощающими свойствами. При устройстве балочного перекрытия (покрытия) используется разработанная типовая балка, торцы которой повторяют форму типовых модулей. Для оценки сейсмостойкости предлагаемого решения были проведены расчётные исследования, которым предшествовали проектные проработки двухэтажного здания коттеджного типа. Конструктивные и расчётные проработки предлагаемых решений выполнены в рамках магистерской диссертации Белоноговым В.В.

Расчётное исследование выполнялось с использованием численных методов в программном комплексе SCAD. Расчётная схема рассматриваемого здания представлена на рис. 7.

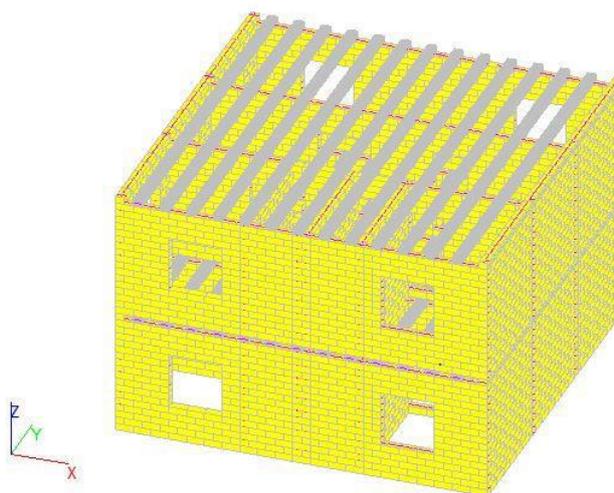


Рисунок 7 – Расчётная модель исследуемого здания из деревянных блоков

Figure 7 – Calculation model of the building under study made of wooden blocks

Исследование выполнялось с использованием метода конечных элементов. Конструктивные элементы здания были представлены в виде пластин. Районом строительства задаются условия города Читы. Для сравнения полученных результатов исследования при выполнении расчётов рассматривалось также конструктивное исполнение несущих конструкций из бруса. Выполненная оценка несущей способности принятых конструктивных решений показала достаточно высокую их сейсмостойкость.

Выводы

1. Для удалённых лесных регионов наиболее эффективной технологией возведения деревянных малоэтажных зданий является использование мелкоштучных сборных элементов, которая позволяет повысить их архитектурно-конструктивные возможности, существенно повысить уровень заводской готовности, создать условия для массового строительства и сократить его срок.
2. Сейсмостойкость деревянных зданий, выполненных из мелкосборных элементов, может быть обеспечена только при наличии в их конструкциях дополнительных элементов в виде тяжёлых, демпфирующих прокладок, энергопоглощающих элементов и т.п., с соблюдением качественного выполнения всех узлов сопряжения этих конструкций.
3. Предварительная оценка предлагаемых конструктивных решений деревянных зданий из мелкосборных элементов показала их достаточно высокую сейсмостойкость.

Список литературы

1. Поляков С.В. Последствия сильных землетрясений. М.: Стройиздат. 1978. 311 с.
2. Пат. 2340740 Российская Федерация МПК E04C1/00. Строительные элементы в виде блоков или иной формы для сооружения отдельных частей зданий / Цуриков А.М.; заявитель и патентообладатель Цуриков Александр Михайлович. [Электронный ресурс]. заявл. 21.11.2006; опубл. 10.12.2008.: 9 ил.
3. Пат. 2461687 Российская Федерация МПК E04C3/12, E04B1/10. Деревянный сборный элемент и ограждающая конструкция деревянного строения, собранная из деревянных сборных элементов / Парфенов В.Н.; заявитель и патентообладатель Парфенов Василий Николаевич. [Электронный ресурс]. заявл. 18.01.2011; опубл. 20.09.2012.: 8 ил.
4. Строительство деревянных домов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://derevdoma.ru> - Загл. с экрана. (дата обращения: 27.12.2016)
5. Belash T.A., Ivanova Zh.V. Timber frame buildings with efficient junction designs for earthquake-prone areas. Magazine of Civil Engineering. 2019. 92(8) pp. 84–95. Doi: 1018720/MCE.92.7.
6. Белаш Т.А., Иванова Ж.В. Исследование сейсмостойкости деревянных зданий // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2003. №2. С. 28–31.
7. Белаш Т.А., Иванова Ж.В. Обзор теоретических и экспериментальных исследований сейсмостойкости деревянных конструкций // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2006. №4. С. 50–54.

References

1. Polyakov S.V. Posledstviya sil'nykh zemletryasenij. M.: Strojizdat. 1978. 311 p. [In Russian]

2. Pat. 2340740 Rossijskaya Federaciya MPK E04C1/00. Stroitel'nye ehlementy v vide blokov ili inoj formy dlya sooruzheniya otдел'nykh chastej zdaniy / Curikov A.M.; zayavitel' i patentoobladatel' Curikov Aleksandr Mikhajlovich. [Ehlektronnyj resurs]. zayavl. 21.11.2006; opubl. 10.12.2008.: 9 il. [In Russian]
3. Pat. 2461687 Rossijskaya Federaciya MPK E04C3/12, E04B1/10. Derevyannyj sbornyj ehlement i ograzhdayushchaya konstrukciya derevyannogo stroeniya, sobrannaya iz derevyannykh sbornykh ehlementov / Parfenov V.N.; zayavitel' i patentoobladatel' Parfenov Vasilij Nikolaevich. [Ehlektronnyj resurs]. zayavl. 18.01.2011; opubl. 20.09.2012.: 8 il. [In Russian]
4. Stroitel'stvo derevyannykh domov [Ehlektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://derevdoma.ru> - Zagl. s ehkrana. (data obrashcheniya: 27.12.2016) [In Russian]
5. Belash T.A., Ivanova Zh.V. Timber frame buildings with efficient junction designs for earthquake-prone areas. Magazine of Civil Engineering. 2019. 92(8) pp. 84–95. Doi: 1018720/MCE.92.7. [In Russian]
6. Belash T.A., Ivanova Zh.V. Issledovanie sejsmostojkosti derevyannykh zdaniy. Sejsmostojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij. 2003, no.2, pp. 28–31. [In Russian]
7. Belash T.A., Ivanova Zh.V. Obzor teoreticheskikh i ehksperimental'nykh issledovanij sejsmostojkosti derevyannykh konstrukcij. Sejsmostojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij. 2006, no.4, pp. 50–54. [In Russian]

Информация об авторе /Information about author

Белаш Татьяна Александровна, доктор технических наук, профессор кафедры «Строительные сооружения, конструкции и материалы», АО «НИЦ «Строительство». Москва, Российская Федерация

Tatiana A. Belash, Doctor of Sciences (Engineering), Professor of the department "Building structures, structures and materials", JSC RCC. Moscow, Russian Federation