

## **АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ ИЗ ЦЕЛЬНЫХ И КЛЕЕНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ БРУСЬЕВ**

**Жаданов В.И., д-р техн. наук, профессор, Марсакова Е.В.,**

**Пинайкин И.П., канд. техн. наук, доцент, Юкова К.В.**

**Оренбургский государственный университет**

**Иркутский государственный технический университет**

Конструкции из дерева относятся к классу легких строительных конструкций, применение которых в строительстве является одним из важнейших направлений на пути повышения эффективности и ускорения строительного производства [1, 2]. В сфере малоэтажного строительства в условиях российских регионов значение деревянных конструкций вообще трудно переоценить.

Последние десять лет в России отрасль малоэтажного деревянного домостроения демонстрирует значительный рост, который обусловлен рядом причин, в частности:

- господдержка строительства домов из древесины и древесных материалов;
- внутренний спрос населения, в том числе и малолесных регионов;
- наличие в свободной продаже всех необходимых материалов и комплектующих для возведения дома «под ключ».

В настоящее время применяется несколько основных технологий деревянного жилищного домостроения: со стенами из массивной цельной или клееной древесины (оцилиндрованные бревна, цельный брус различного поперечного сечения клееный брус); с каркасными стенами; панельная технология; комбинированные варианты [3, 4]. Во всем множестве технологий деревянного строительства малоэтажные здания из цельных и клееных брусьев занимают ведущее место. Рассмотрим особенности конструктивных решений таких зданий на основе анализа их преимуществ и недостатков.

В случае применения для строительства жилого дома оцилиндрованных бревен, цельных или клееных брусьев будут обеспечены следующие положительные аспекты:

- экологичность и натуральность (древесина не выделяет опасных веществ, поэтому безопасна и подходит для проживания с маленькими детьми);
- дерево способствует обмену кислорода до 30% в сутки, поэтому в помещении всегда будет свежий воздух; в таком доме комфортно находиться и легко дышать, древесина способствует крепкому и здоровому сну;
- оцилиндрованные бревна, также как цельные или клееные брусья, не требуют дополнительной обработки и полностью готовы к строительству, это экономит время и деньги;
- бревна и брусья легко подгонять и устанавливать, что упрощает монтажные работы и строительство (установка бревенчатого сруба занимает всего от 3 дней до 3 недель в зависимости от сложности проекта);

- легкий вес древесины не потребует использования дорогостоящего массивного фундамента, что положительно скажется на итоговой стоимости строительства;

- природная красота, фактура и естественная текстура материалов избавит от отделки, придаст интерьеру и фасаду оригинальный изысканный вид;

- за счет ровной поверхности и одинаковой формы бревен и брусьев повышается звуко- и теплоизоляция;

- одинаковые диаметры бревен и размеры поперечного сечения брусьев обеспечивают ровную поверхность стен и потолков, прочность, твердость и долговечность конструкции (при качественных строительных и отделочных материалах деревянный дом может эксплуатироваться до 200 лет).

Немаловажное достоинство домов из оцилиндрованных бревен, цельных и клееных брусьев определяется легкостью обработки древесины. Оно заключается в возможности создания различных очертаний здания и, как следствие, создания изысканных архитектурных форм, в том числе в сочетании с другими отделочными материалами (рисунок 1).



Рисунок 1 – Двухэтажные дома из клееной древесины и из цельных брусьев в сочетании с природным камнем

К основным минусам жилых домов из оцилиндрованных бревен, цельных или клееных брусьев относятся:

- долгая усадка, которая продолжается около года, при этом величина усадки стен из цельных брусьев или бревен составляет 8-10 %, а из клееных брусьев 1-2 %;

- как правило, стандартная толщина наружных стен (150-320 мм) не обеспечивает требуемую степень теплоизоляции дома, что требует применения дополнительных теплоизоляционных и отделочных материалов и соответственно приводит к удорожанию строительства;

- необходимость обработки материалов специальными защитными средствами от гниения и возгорания, что частично снижает экологичность строения в случае применения некачественных составов;

- дом требует дополнительного ухода, так каждые 10-15 лет нужно обновлять покрытие древесины защитными составами.

Рассмотрим преимущества и недостатки исследуемого класса домов с точки зрения технологии их возведения. Сооружение наиболее экономичных зданий из цельного непрофилированного бруса (обработанного на четыре канта бревна) несколько отличается от устройства бревенчатых домов и имеет как положительные, так и отрицательные особенности. К положительным можно отнести тот факт, что возведение брусчатых стен менее трудоемко, чем стен из бревен, что приводит к меньшим затратам труда. По этому показателю брусчатые стены эффективнее бревенчатых в три раза. В связи с тем, что сруб из высушенных до влажности 10-15 % брусьев меньше подвержен осадке, его устанавливают сразу на фундамент без предварительной сборки. Для предотвращения вертикальных сдвигов брусья соединяют между собой вертикальными нагелями диаметром около 30 мм и высотой 20-25 см. Отверстия под нагели сверлят после постановки бруса на паклю на глубину полуторной высоты бруса и на 2-4 см более длины нагеля. К одному из недостатков относится отсутствие продольного паза, способствующего продуванию стен даже при хорошей конопатке. Этому недостатка лишены профилированные брусья, в том числе клееные. Особенно уязвимыми являются углы, подверженные промерзанию и требующие особого контроля.

В любом случае оцилиндрованные бревна и цельные брусья обладают усадкой, приводящей к возникновению перекоса стен, и недостатками, присущими натуральной древесине (сучки, трещины, сколы, коробление), избавиться от которых позволяет применение клееного бруса. Он изготавливается по оригинальной технологии: круглый лес хвойных пород распиливается на доски, которые сушат в специальных камерах до остаточной влажности 8-12 %, доски с четырех сторон строгаются, из них вырезаются все недопустимые дефекты, в результате образуются ламели, которые сортируют и склеивают, используя специальный высокопрочный водостойкий клей на мощном прессе, получая в итоге брус. Количество склеиваемых ламелей 2-5, что дает возможность изготавливать брус толщиной 100-200 мм, который профилируется на четырехстороннем станке для получения пазогребневого соединения. После этого материал с высокой точностью распиливается на элементы необходимого размера. В них "зарезаются" прямоугольные венцовые "чашки" и сверлятся отверстия, в которые при сборке сруба пропускаются резьбовые шпильки, стягивающие брусья друг с другом. Между венцами прокладываются те же утеплители.

Физико-механические свойства полученного монолитного бруса намного превосходят натуральную древесину: практически отсутствует усадка, коробление и развитие трещин. Поэтому вводить в эксплуатацию дома из клееного материала можно сразу после возведения. Ограждающие конструкции, сооруженные из клееного бруса, имеют высокую стойкость к гниению и поражению насекомыми, высокие показатели пожаростойкости (по исследованию этот материал близок к металлоконструкциям).

Недостатком клееного бруса является его цена, которая в 1,5-2 раза выше, чем у аналогичного цельного бруса. Кроме этого, при его изготовлении применяют клеевые составы и их качество напрямую влияет на токсичность изделия. Обладая хорошими теплоизоляционными свойствами, в действительности дома и коттеджи из клееного бруса зачастую требуют применения дополнительного утепления исходя из условий энергоэффективности [5].

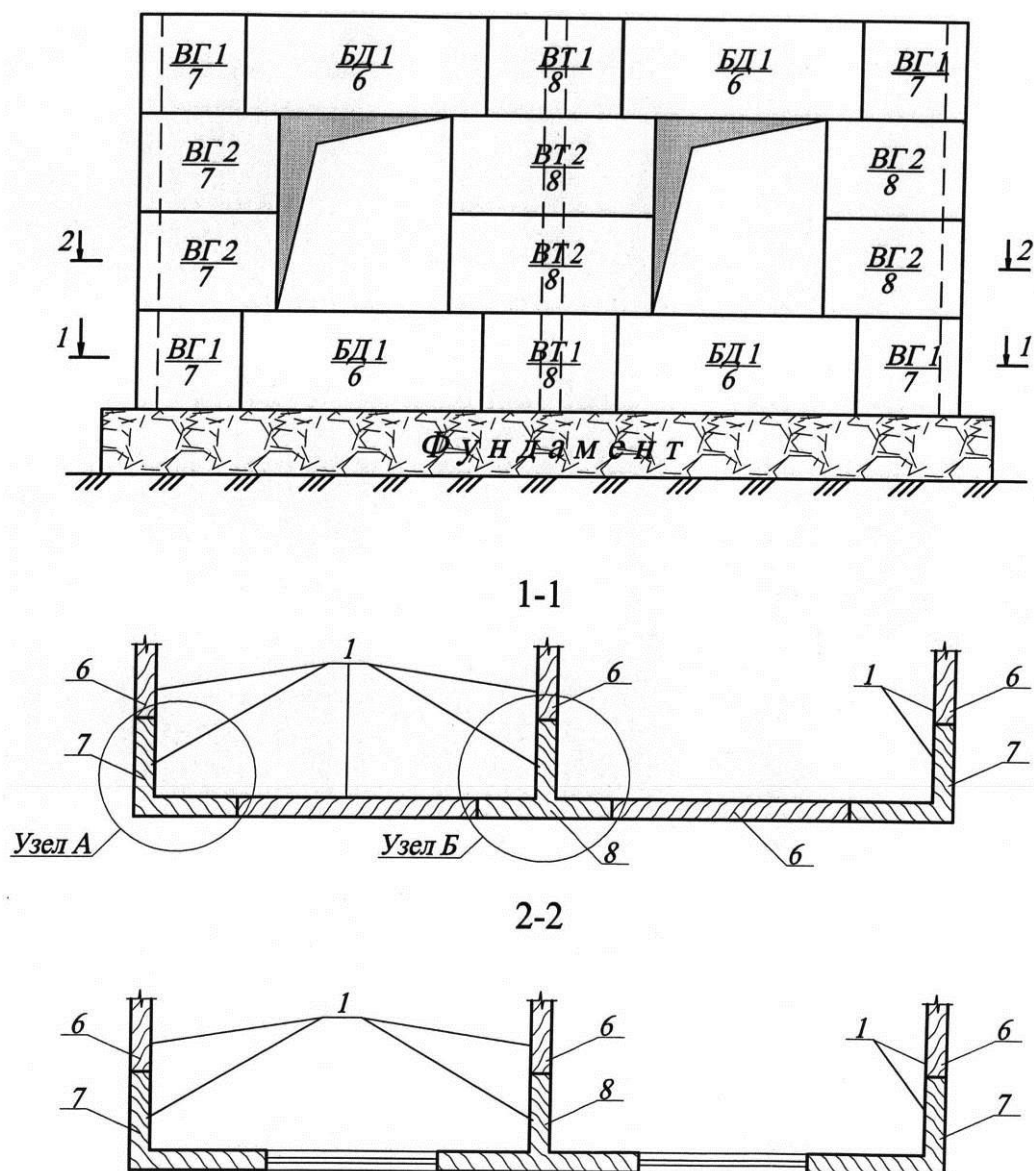
Детальный комплексный анализ преимуществ и недостатков конструктивных решений малоэтажных зданий из цельных и клееных деревянных массивных элементов (бревен и брусьев) позволил авторам предложить усовершенствованную технологию возведения жилых домов, сочетающую в себе клееную и цельную древесину [6]. Суть её заключается в следующем.

Для возведения дома используют стеновые конструкции, состоящие из внутреннего несущего слоя, каркаса под обшивку стены, пароизоляции, щитов наружной обшивки и утеплителя (рисунок 2). Главное отличие данной конструкции от известных отечественных и зарубежных аналогов заключается в выполнении внутреннего несущего слоя из сборных клеодошчатых блоков горизонтальной разрезки, сопрягаемых в углах и примыканиях внутренних стен к наружным при помощи дощатоклееных Г-образных и Т-образных вставок. При этом сборные дощатоклееные блоки и вставки, строганные только по одной боковой грани со стороны внутренних помещений, соединяют друг с другом по высоте стеновой конструкции на штырях, вклеенных в нижнюю грань каждого дощатоклееного блока или вставки при их изготовлении и в гнезда нижележащих смонтированных элементов при монтаже стеновой конструкции. Утепление наружных стен выполнено вспениванием клеевой композиции между щитами наружной обшивки, дощатоклееными блоками и вставками по мере их установки поярусно, при этом клеевая композиция примыкает к неотстроганым боковым граням дощатоклееных блоков и вставок, а также к внутренним поверхностям щитов наружной обшивки. Главными достоинствами данной стеновой конструкции являются упрощение конструктивной схемы стенового ограждения, повышение его пространственной жесткости, эксплуатационной надежности и сокращение трудоемкости монтажа.

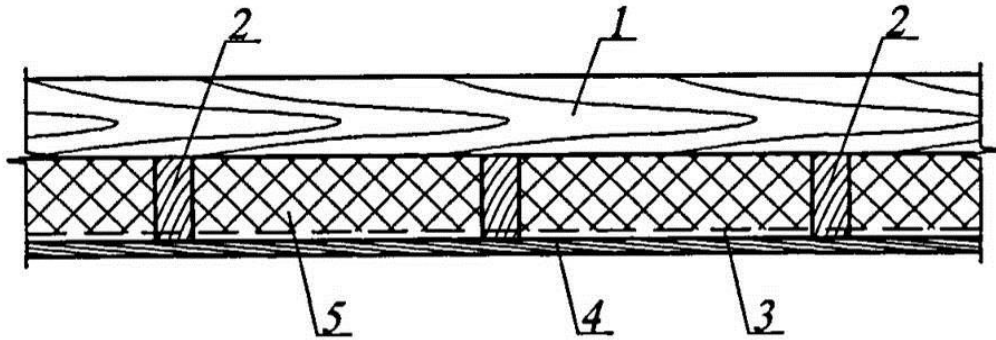
Данная стеновая конструкция собирается в следующей последовательности. На заводах изготавливают по проектным размерам прямоугольные дощатоклееные блоки, дощатоклееные Г-образные и Т-образные вставки, на верхних гранях которых по нанесенной разметке выбирают или высверливают гнезда под штыри, а в нижнюю грань изготовленных элементов вклеивают штыри по заранее нанесенной разметке, располагая гнезда и штыри на одной вертикальной прямой. Выполняют острожку одной из боковых граней дощатоклееных блоков, дощатоклееных Г-образных и Т-образных вставок, которая будет находиться со стороны внутренних помещений. В предварительно выполненном фундаменте на верхней грани также предусматривают гнезда, шаг которых равен шагу штырей. Непосредственно перед монтажом дощатоклееных блоков, дощатоклееных Г-образных и Т-образных вставок нижнего яруса гнезда в фун-

даменте заполняют клеевой композицией. Выполняют монтаж всех элементов первого яруса внутреннего несущего слоя: дощатоклееных блоков, дощатоклееных Г-образных и Т-образных вставок, утапливая штыри в гнездах фундамента, за счет чего обеспечивается фиксация всех монтируемых элементов в проектном положении. Соединения дощатоклееных блоков с дощатоклееными Г-образными и Т-образными вставками (рисунок 3) выполняют при помощи простых приемов («гребень в паз», на фанерных прокладках, зубчатых клеевых соединениях, вклеенных стержнях и т.п.).

а)



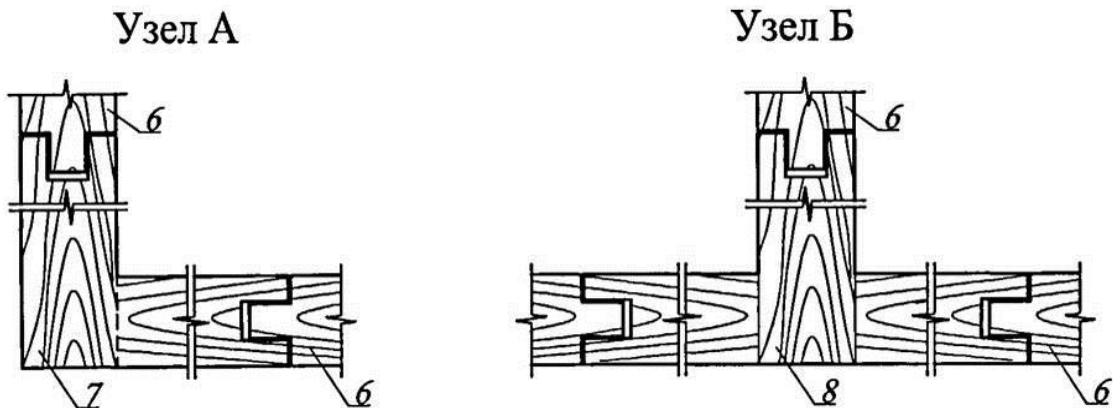
б)



1 – внутренний несущий слой, 2 – каркас под обшивку стены, 3 – пароизоляция, 4 – щиты наружной обшивки, 5 – утеплитель, 6 – дощатоклеенные блоки,  
7 – дощатоклеенные Г-образные вставки, 8 – дощатоклеенные Т-образные вставки, 9 – штырь, 10 – гнездо

Рисунок 2 – Стеновая конструкция с дощатоклеенными блоками БД, Г-образными вставками ВГ и Т-образными вставками ВТ (а) и разрез по стене

а)



б)

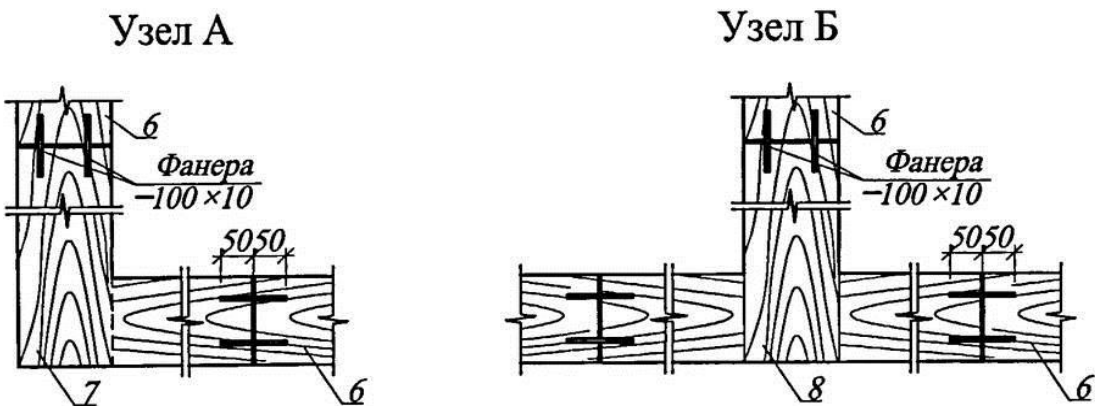


Рисунок 3 – Сопряжение дощатоклеенных блоков БД со вставками ВГ и ВТ при помощи соединения «гребень в паз» (а) и при помощи фанерных прокладок (б).

Выставляют в проектное положение щиты наружной обшивки, устанавливая их на необходимом расстоянии от наружной грани несущего слоя (в зависимости от требуемой толщины утеплителя). Высоту щитов наружной обшивки принимают равной высоте внутреннего несущего слоя. К внутренней грани щитов наружной обшивки крепят пароизоляцию. Выполняют теплоизоляцию первого яруса наружных стен при помощи утеплителя, располагая его между щитами наружной обшивки и дощатоклееными блоками или вставками. В гнезда, выполненные на верхних гранях дощатоклееных блоков, дощатоклееных вставок Г-образного и Т-образного очертания в плане заливают клеевую композицию и выполняют монтаж второго яруса внутреннего несущего слоя, при этом штыри входят в гнезда и там замоноличиваются при отверждении клеевой композиции. Далее вышеприведенные операции повторяют, устанавливая в соответствии с проектом окна, двери или другие необходимые обрамления технологических проемов.

За счет применения в стеновой конструкции эффективных утеплителей, толщина дощатоклееных блоков, дощатоклееных вставок Г-образного и Т-образного очертания в плане внутреннего несущего слоя может быть минимальной, равной 80-100 мм. Другие геометрические размеры дощатоклееных блоков, Г-образных и Т-образных вставок определяют при разработке горизонтальной и вертикальной планировки помещений и назначают с учетом обеспечения устойчивости стен и пространственной неизменяемости конструкций возводимого объекта в целом. В большинстве случаев достаточная длина блоков не превышает 6,0 м, а высота их сечения 1,0 м, что технологически вполне приемлемо для заводов-изготовителей клеевых деревянных конструкций.

В угловых сопряжениях стен и в местах примыкания внутренних стен к наружным в предлагаемой стеновой конструкции использованы дощатоклееные Г-образные и Т-образные вставки. Такой конструктивный прием позволяет избегать сложные соединения отдельных блоков между собой под прямым углом, обеспечивая герметичность. Высота дощатоклееных вставок назначается равной высоте соединяемых с их помощью дощатоклееных блоков. Часть дощатоклееных Т-образных вставок, расположенных с внутренней стороны наружной стены, служит для сращивания с ней поперечной несущей стены или перегородки и выполняет роль контрфорсов, обеспечивающих устойчивость стен, а также используется как опора для балок перекрытия. Кроме этого, за счет пространственной формы в плане дощатоклееных Г-образных и Т-образных вставок при монтаже стен отпадает необходимость временного раскрепления монтируемых элементов. Также дощатоклееные Г-образные вставки в зависимости от проектного очертания здания в плане могут быть выполнены не прямоугольными, а с углами, отличными от прямых, что не вызывает каких-либо технологических затруднений.

Соединения дощатоклееных блоков, Г-образных и Т-образных вставок предлагается выполнять на вклеенных в заводских условиях в их нижнюю грань штырях, выполненных из арматурной стали периодического профиля. При монтаже каждого последующего яруса штыри заводят в гнезда нижераспо-

ложенного яруса и замоноличивают в них на клеевых композициях, например, при помощи эпоксидных составов. Глубина клейки должна быть не менее 10 диаметров штыря. Диаметр и форма гнезд назначается с учетом неизбежных отклонений от проектных размеров и необходимости расположения внутренних поверхностей дощатоклееных блоков, Г-образных и Т-образных вставок в одной вертикальной плоскости. Штыри размещаются у концов блоков и вставок в их средней части, но не реже, чем 2 м друг от друга. Диаметр гнезд принимается на 10 мм больше диаметра штырей.

Наряду с возможным использованием традиционных приемов утепления стен путем поштучной установки плитного или рулонного утеплителя в данной конструкции следует утеплять стены, вспенивая клеевую композицию (например, на основе полиуретановых смол), залитую между щитами наружной обшивки и дощатоклееными блоками или вставками. Вспенивание смолы рекомендуется производить на высоту блоков (вставок) по ярусно по мере их монтажа. Это позволяет заполнить все неплотности и обеспечить прикреивание утеплителя к дощатоклееным блокам, Г-образным и Т-образным вставкам, а также к щитам наружной обшивки. Качество приклейки утеплителя к поверхностям блоков и вставок обеспечивается их шероховатостью, так как эти поверхности при изготовлении дощатоклееных элементов не строгаются.

После установки всех дощатоклееных блоков, Г-образных и Т-образных вставок вплотную друг к другу образуются гладкие поверхности стен, поскольку поверхности блоков и вставок, обращенные в помещение, заранее обрабатываются и отделываются на заводе. После монтажа стенового ограждения требуется лишь косметическая доработка внутренних поверхностей стен.

Таким образом, по сравнению с известными аналогами, данная стеновая конструкция позволяет упростить конструктивную схему стенового ограждения, повысить его пространственную жесткость, эксплуатационную надежность и сократить трудоемкость монтажа на 25-30 % [7].

Несмотря на преимущества вышеизложенной стеновой конструкции, авторы отдают себе отчет в том, что пути совершенствования деревянных конструкций для малоэтажного строительства далеко не исчерпаны, необходимо продолжать проводить исследования и работы в данном направлении.

#### *Список литературы*

1. Жаданов В.И. *Методологические основы поиска рациональных решений деревянных панельных конструкций: учебное пособие* / В.И. Жаданов, Д.А. Украинченко, И.С. Инжутов, А.Ф. Рожков, В.Е. Афанасьев. – Оренбург - Красноярск: ООО ИПК «Университет», 2016. – 216 с.

2. Николаева Е.Л. *Проблемы и тенденции развития малоэтажного жилищного строительства России: монография* / Е.Л. Николаева, В.С. Казейкин, С.А. Баронин, А.Г. Черных, А.Н. Андросов. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 239 с.

3. Самойлов, В.С. *Строительство деревянного дома* / В.С. Самойлов – М.: Аделант, 2006. – 384 с. – ISBN 978-5-93642-224-9.



4. *Современные проблемы совершенствования и развития металлических, деревянных, пластмассовых конструкций в строительстве и на транспорте / Материалы III Международной научно-технической конференции // Самара, 2005. – 270 с.*

5. *Теплопроводность клееного бруса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.greenside.ru/blog/teploprovodnost-brusa/> (дата обращения: 22.12.2017).*

6. *Патент РФ на изобретение №2499106. МПК Е 24 В 1/26. Стеновая конструкция / П.А. Дмитриев, В.И. Жаданов, И.С. Инжутов, Д.А. Украинченко // Опубл. 20.11.13. Бюл. №32. – 9 с.*

7. *Жаданов В.И. Деревянные панельные конструкции для малоэтажного строительства: монография / В.И. Жаданов, Д.А. Украинченко. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2013. – 390 с.*