

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРЕХСЛОЙНЫХ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМ СЛОЕМ ИЗ ДРЕВЕСНО-ЦЕМЕНТНОГО МАТЕРИАЛА

В.И. Запруднов, С.П. Карпачёв

МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

zaprudnov@mgu.ac.ru

Рассмотрено развитие нового направления в малоэтажном строительстве — технология изготовления монолитных трехслойных конструкций с теплоизоляционными древесно-цементными слоями и наружными слоями из конструкционных бетонов. Трехслойные конструкции с теплоизоляционными слоями из древесно-цементных материалов с позиций восприятия комплекса воздействий, которым они подвергаются, более рациональны. В такой конструкции функции материалов разграничены, что позволяет полнее использовать потенциальные возможности отдельных материалов. Внутренний теплоизоляционный слой из древесно-цементного материала в трехслойных конструкциях надежно защищен от возгорания и влагопоглощения, что повышает их долговечность и надежность в эксплуатации. Технологический процесс возведения стен в сборно-монолитном малоэтажном домостроении предусматривает: приготовление древесно-цементной смеси на строительной площадке; доставку раствора и бетона автотранспортом либо приготовление их на строительной площадке; формование стеновых конструкций; твердение стеновых конструкций; подъем и монтаж стеновых конструкций. Применение монолитного малоэтажного строительства особенно целесообразно в южных районах страны, где климатические условия позволяют вести работы практически весь год без тепловой обработки древесно-цементного материала.

Ключевые слова: древесно-цементные материалы, малоэтажное строительство, монолитные трехслойные конструкции

Ссылка для цитирования: Запруднов В.И., Карпачёв С.П. Технология изготовления трехслойных монолитных конструкций с теплоизоляционным слоем из древесно-цементного материала // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2017. Т. 21. № 5. С. 83–88. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-5-83-88

В практике применения древесно-цементных материалов в малоэтажном строительстве получило развитие принципиально новое направление — монолитные трехслойные конструкции с теплоизоляционными древесно-цементными слоями и наружными слоями из конструкционных бетонов. Древесные материалы получают в результате лесозаготовок и деревообработки [1].

Трехслойные конструкции с теплоизоляционными слоями из древесно-цементных материалов с позиций восприятия комплекса воздействий, которым они подвергаются, более рациональны. В такой конструкции функции материалов разграничены, что позволяет полнее использовать потенциальные возможности отдельных материалов. Внутренний теплоизоляционный слой из древесно-цементного материала в трехслойных конструкциях надежно защищен от возгорания и влагопоглощения, что повышает их долговечность и надежность в эксплуатации. Применение монолитного малоэтажного строительства особенно целесообразно в южных районах страны, где климатические условия позволяют вести работы практически весь год без тепловой обработки древесно-цементного материала.

Опыт монолитного малоэтажного строительства, в том числе из древесно-цементных мате-

риалов, в Краснодарском крае [2–5], свидетельствует о том, что наиболее оптимальным вариантом конструкций с применением древесно-цементного материала являются трехслойные стены. Такие конструкции содержат внутренний несущий слой из тяжелого или легкого бетона, теплоизоляционный слой из древесно-цементного материала и наружный защитный слой из бетона или цементно-песчаного раствора.

Получившие распространение способы возведения вертикальных монолитных конструкций включают установку противостоящих опалубочных щитов с последующим заполнением пространства между ними бетонной смесью. При таком способе возведения стен получение трехслойных конструкций представляется затруднительным в технологическом отношении при высокой трудоемкости работ. Кроме того, уплотнение древесно-цементной смеси наиболее распространенными методами с применением вибраторов различных конструкций, в силу специфических свойств древесно-цементной смеси, не дает ожидаемого эффекта.

Исходя из перечисленных фактов в Мытищинском филиале МГТУ им. Н.Э. Баумана разработали технологию и специальную конструкцию опалубки. Эта опалубка была изготовлена на базе

АПК «Кубань». В основу создания конструкции опалубки положен принцип горизонтального формирования стеновых панелей.

Технологический процесс возведения стен в сборно-монолитном домостроении предусматривает: приготовление древесно-цементной смеси на строительной площадке; доставку раствора и бетона автотранспортом либо приготовление их на строительной площадке; формирование стеновых конструкций; твердение стеновых конструкций; подъем и монтаж стеновых конструкций [6–10].

Для приготовления древесно-цементной смеси применяются материалы, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 19222, а именно: органический наполнитель — копра конопли без предварительного фракционирования, отсева пыли, высушивания или замачивания в воде, измельченная до максимальной длины частиц не более 100 мм; портландцемент марки М400 (для сокращения времени возведения стен рекомендуется применять быстротвердеющие цементы); химическая добавка — хлорид кальция.

Древесно-цементная смесь готовится в смесителях принудительного действия типа СБ-138. Подача в смеситель компонентов древесно-цементной смеси производится в следующем порядке: наполнитель, вода (с учетом воды, имеющейся во влажном наполнителе), растворы химических добавок, цемент. Время перемешивания зависит от применяемого смесителя, его конструкции, интенсивности воздействия на смесь. Исследования показали, что время перемешивания должно быть не менее 8 мин. Приготовление древесно-цементной смеси может осуществляться параллельно с укладкой бетонного слоя стеновой конструкции.

Формование стеновых конструкций производится в крупнощитовой опалубке, разработанной в Мытищинском филиале МГТУ им. Н.Э. Баумана [2]. Конструкция опалубки состоит из щитов каркасной конструкции. Каждый щит состоит из двух частей — цокольной и стеновой. Обе части щита соединены между собой через шарнир так, что стеновая часть может поворачиваться при возведении конструкции относительно неподвижной цокольной части на 90° и занимать горизонтальное или вертикальное положение.

Подвижная стеновая часть щита воспринимает основную часть нагрузки при укладке и уплотнении бетонной смеси, а также при переводе стеновых панелей из горизонтального положения в вертикальное. Формообразующая часть стенового щита выполнена в виде обрешетки, состоящей из продольных, поперечных и диагональных прогонов. Опалубка рассчитана на восприятие нагрузки $P = 10 \text{ кН/м}^2$ с учетом коэффициента перегрузки и динамических нагрузок.

Весь комплект опалубки состоит из 10 опалубочных щитов четырех типоразмеров, съемной бортоснастки, подносов с домкратами, проеомообразователей, стяжек, щитов опалубки цоколя. Высота стеновой части щита 3,0 м, цокольной части — 0,65 м.

В целях сокращения трудозатрат при установке и разборке опалубочные щиты изготавливают укрупненных размеров из расчета установки по два щита вдоль каждой стены дома. Опалубка может монтироваться как отдельными щитами, так и панелями на всю стену.

Опалубочные щиты автомобильным краном устанавливаются по периметру и вдоль внутренней несущей стены дома таким образом, чтобы стеновая часть щита находилась в строго горизонтальном положении (рис. 1). Затем с внутренней стороны стены устанавливают опалубочные щиты цоколя, которые крепят тяжами, пропускаемыми в конусных втулках.



Рис. 1. Опалубка стеновой панели с установленными бортами и проеомообразователями

Fig. 1. Formwork of the wall panel with installed sides and profilers

На расположенные горизонтально стеновые щиты прикрепляют проеомообразователи и устанавливают объемные борты, которые крепят к щиту стяжными болтами. Если предусматривается отделка наружных поверхностей декоративной плиткой, то плиточные ковры укладывают на опалубку и далее устанавливают арматурные каркасы, различные проеомообразователи, вентиляционные блоки, трубы для прокладки электропроводки. Арматурные каркасы устанавливаются на подкладку для того, чтобы арматура находилась внутри защитного слоя из раствора или бетона.

К заполнению опалубки бетонной и древесно-цементной смесью следует приступать только после тщательной очистки поверхностей опалуб-

ки от цементного раствора, строительного мусора и проверки правильности установки арматурного каркаса и закладных деталей. Чтобы уменьшить сцепление бетона с опалубкой и обеспечить распалубку, перед бетонированием смазывают опалубку специальными смазками, например ЭСО-ГИСИ-151.

Бетонирование стен начинают с укладки нижнего фактурного слоя бетона заданной толщины. Укладка бетонной смеси производится с помощью бетононасоса или бетонораздатчика. Бетонную смесь подают последовательно в несколько точек равномерно по всей площади бетонируемой стены. Заполнение и разравнивание бетонного слоя по всей площади опалубки стены следует проводить в максимально короткий срок, не более чем за 30 мин. Уплотнение бетонных слоев трехслойных стеновых конструкций можно осуществлять поверхностными или навешенными на опалубку вибраторами. Слой бетонной смеси толщиной до 50 мм уплотняется за один проход со скоростью 0,4...1 м/мин. Рекомендуемая частота поверхностного вибрирования 2800...6000 кол./мин, амплитуда колебаний 0,2...0,5 мм.

После завершения укладки бетонного слоя укладывают древесно-цементный слой (рис. 2). Укладка древесно-цементного слоя по всей площади опалубки должна быть выполнена до начала схватывания цемента в бетонном слое. Время перекрытия слоя устанавливается лабораторией в зависимости от вида цемента и температуры окружающего воздуха. Для обеспечения необходимых теплоизоляционных свойств древесно-цементного слоя его толщину необходимо выдерживать с точностью ± 10 мм.



Рис. 2. Древесно-цементная смесь, уложенная в опалубку
Fig. 2. Wood-cement mixture laid in formwork

Жесткую древесно-цементную смесь уплотняют ручным или механическим трамбованием. Ручную и пневматическую трамбовку целесообразно применять в малоармированных конструкциях.

Поризованные древесно-цементные смеси, обладающие подвижностью не менее 2 см, могут уплотняться с применением глубинных вибраторов с гибким валом и вибронаконечником не более 50 мм. Толщина уплотняемого слоя должна быть не более 1,25 рабочей части вибронаконечника. Шаг перестановки вибратора не должен превышать 1,5 радиуса его действия. Для ориентировочных расчетов: средний радиус действия вибраторов 25...30 см. При вибрировании запрещается опирать вибратор на арматуру, особенно в узлах стыкования стержней. Длительность виброуплотнения тем больше, чем жестче смесь. Чрезмерное вибрирование приводит к расслоению смеси. Продолжительность уплотнения древесно-цементной смеси составляет 20...50 с. Степень виброуплотнения определяется визуально. Уплотнение можно считать достаточным, если наблюдаются прекращение оседания смеси, появление цементного молока и прекращение выделения пузырьков воздуха. Зоны действия вибратора должны перекрывать друг друга.

Особое внимание следует уделять уплотнению древесно-цементной смеси у бортов опалубки, у проемообразователей и т. д. с тем, чтобы исключить возможность затекания цементного теста из верхнего слоя бетона и образования мостиков холода.

Далее укладывают бетон, при необходимости используя бетононасос. Укладку верхнего бетонного слоя проводят до наступления обезвоживания поверхности древесно-цементной смеси из-за испарения и поглощения влаги заполнителем. Для уплотнения, выравнивания и заглаживания верхнего бетонного слоя применяется виброрейка типа СО-132А. Изготовленная стеновая конструкция показана на рис. 3.

В начальный период твердения уложенной бетонной смеси необходимо поддерживать благоприятный температурно-влажностный режим,



Рис. 3. Выдержка конструкции до набора бетоном монтажной прочности
Fig. 3. Exposure of the structure to concrete set-up

предотвращающий значительные температурно-усадочные деформации древесно-цементной смеси.

Обезвоживание древесно-цементной смеси в ранние сроки в результате испарения может замедлить или прекратить процесс твердения и привести к недобору прочности, а также вызвать большие усадки и растрескивание.

Контактирование древесно-цементной смеси с влагой вызывает набухание древесного заполнителя. Твердение трехслойных конструкций с теплоизоляционным древесно-цементным материалом должно осуществляться в естественных условиях при температуре воздуха не ниже 15 °С и относительной влажности воздуха, равной 60...80 %.

По окончании формовки стеновых конструкций последние должны быть защищены от атмосферного воздействия (полиэтиленовой пленкой, термоэлектрическими матами и т. п.). Способы ухода за монолитными трехслойными конструкциями зависят от вида конструкции, типа цемента, местных климатических условий. Хождение людей по забетонированным конструкциям, а также отделка и исправление дефектов разрешается не ранее того времени, когда бетон наберет прочность.

При твердении конструкций с теплоизоляционным слоем из древесно-цементного материала, изготовленного на портландцементе марки 400 и более, в естественных условиях при 18...25 °С и относительной влажности воздуха 60...80 % древесно-цементный материал приобретает прочность при сжатии, равную 50 % проектной прочности, примерно через трое суток. После приобретения древесно-цементным материалом прочности при сжатии, равной 50 % проектной, разрешается устанавливать трехслойные стеновые конструкции в проектное положение.

Стены ставят в вертикальное положение путем поворота вокруг неподвижного шарнира вместе с щитом опалубки. Подъем осуществляется автокраном грузоподъемностью 10 тс с длиной стрелы 14 м (рис. 4).

Перед установкой панелей в вертикальное положение выполняют гидроизоляцию цоколя и укладывают выравнивающий слой из цементно-песчаного раствора толщиной 2...3 см поверх гидроизоляции на цоколе здания.

Для предотвращения смещения панели по плоскости опалубки во время установки ее фиксируют за арматурные выпуски к конструкции опалубки. Установленные стеновые конструкции временно раскрепляют металлическими подкосами с винтовыми домкратами (рис. 5). Стеновые конструкции скрепляют друг с другом путем сваривания арматурных выпусков класса А-I диамет-



Рис. 4. Подъем трехслойной стеновой конструкции с помощью автокрана

Fig. 4. Lifting of a three-layered wall structure by means of a truck crane



Рис. 5. Установка трехслойных стеновых конструкций

Fig. 5. Installation of three-layered wall structures

ром 12 мм, расположенных в торцах панелей в двух уровнях. После постоянного закрепления стеновых панелей опускают щиты опалубки и проводят демонтаж опалубки. Угловые и торцовые стыки в панелях после наклейки воздухоизоляционного покрытия и установки уплотняющих прокладок замоноличивают легким бетоном.

Список литературы

- [1] Запруднов В.И., Карпачев С.П., Быковский М.А. Технологии и технические редства процессов лесосечных работ // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2017. Т. 21. № 1. С. 108–117. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-1-108-117
- [2] Валуева Е.Ф. Стеновые конструкции из арболита на основе костры конопли: Автореф. дис. ... канд. М., 1998. 20 с.
- [3] Запруднов В.И. Трехслойные конструкции с древесно-цементными теплоизоляционными слоями. М.: МГУЛ, 2006. 322 с.
- [4] Щербаков А.С., Запруднов В.И., Кучерявый В.И., Мирошникова Е.Ф. Разработка стеновых панелей из арболита и их внедрение в производство // Научн. тр. МГУЛ, 1997. Вып. 293. С. 5–13.
- [5] Щербаков А.С., Запруднов В.И., Мирошникова Е.Ф. Испытание трехслойных стеновых панелей для промышленных зданий с внут-ренним слоем из арболита // Научн. тр. МГУЛ, 1997. Вып. 293. С. 24–29.
- [6] Запруднов В.И. Исследование процесса влияния тех-

- нологических факторов на свойства древесно-цементного утеплителя // Науч. тр. МГУЛ, 1996. Вып. 285. С. 12–17.
- [7] Подчуфаров В.С., Чемлева Т.А., Щербаков А.С. Об оптимальном составе арболита повышенного качества // Науч. тр. МЛТИ, 1976. Вып. 93. С. 68–88.
- [8] Sanaev V.G., Zaprudnov V.I., Gorbaheva G.A., Oblivin A.N. Factors affecting the quality of wood-cement composites // Bulletin of the Transilvania University of Braşov Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Enging, 2016, v. 9 (58), no. 2. pp. 63–71.
- [9] Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. М.: Лесная пром-сть, 1986. 266 с.
- [10] Запруднов В.И., Подчуфаров В.С. Деформативность ковра из фиброцементной массы при изготовлении трехслойных стеновых панелей для малоэтажного домостроения // Науч. тр. МЛТИ, 1988. Вып. 203. С. 167–171.

Сведения об авторах

Запруднов Вячеслав Ильич — д-р техн. наук, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), zaprudnov@mgul.ac.ru

Карпачёв Сергей Петрович — д-р техн. наук, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), karpachevs@mail.ru

Статья поступила в редакцию 26.06.2017 г.

TECHNOLOGY OF MANUFACTURE OF THREE-LAYER MONOLITHIC STRUCTURES WITH THERMAL INSULATING LAYER WOOD-CEMENT MATERIAL

V.I. Zaprudnov, S.P. Karpachev

BMSTU (Mytishchi branch), 1 st. Institutskaya, 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

zaprudnov@mgul.ac.ru

The development of a new direction in low-rise construction, the technology of manufacturing monolithic sandwich structures with insulating wood-cement layers and outer layers of structural concrete, is considered. Three-layer structure with heat-insulating layers of wood-cement materials from the standpoint of perception of the complex influences to which they are exposed is more rational. In such constructions the function of the materials delineated that allows you to fully use the potential properties materials. The inner insulating layer of wood-cement material in sandwich structures protected against fire and moisture absorption, which enhances their durability and reliability. Technological process of wall construction in precast-monolithic low-rise construction provides for: preparing wood-cement mix at the construction site; the delivery of mortar and concrete by trucks or trade them on the construction site; formation of the wall structures; hardening of the wall structures; lifting and installation of wall construction. The use of monolithic low-rise construction particularly useful in the southern parts of the country where climatic conditions allow to work almost the entire year without heat treatment of wood-cement material.

Keywords: wood-cement material, low-rise construction, monolithic three-layer design

Suggested citation: Zaprudnov V.I., Karpachev S.P. *Tekhnologiya izgotovleniya trekhslonnykh monolitnykh konstruktiv s teploizolyatsionnym sloem iz drevesno-tsementnogo materiala* [Technology of manufacture of three-layer monolithic structures with thermal insulating layer wood-cement material] *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2017, vol. 21, no. 5, pp. 83–88. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-5-83-88

References

- [1] Zaprudnov V.I., Karpachev S.P., Bykovskiy M.A. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva protsessov lesosechnykh работ* [Technologies and technical equipment used in logging operations]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2017, v. 21, no. 1, pp. 108–117. DOI: 10.18698 / 2542-1468-2017-1-108-117
- [2] Valueva E.F. *Stenovye konstruktii iz arbolita na osnove kostry konopli* [Wall structures made of arbolite based on bonfire hemp: abstract of cand. dis.]. Moscow, 1998, 20 p.
- [3] Zaprudnov V.I. *Trekhslonnye konstruktii s drevesno-tsementnymi teploizolyatsionnymi sloyami* [Three-layer constructions with wood-cement heat-insulating layers]. Moscow: MGUL, 2006, 322 p.
- [4] Shcherbakov A.S., Zaprudnov V.I., Kucheryavyi V.I., Miroshnikova E.F. *Razrabotka stenovykh paneley iz arbolita i ikh vnedrenie v proizvodstvo* [Development of wall panels from arbolite and their introduction into production] *Scientific Works of MSFU*, 1997, v. 293, pp. 5–13.
- [5] Shcherbakov A.S., Zaprudnov V.I., Miroshnikova E.F. *Ispytanie trekhslonnykh stenovykh paneley dlya promyshlennykh zdaniy s vnutrennim sloem iz arbolita* [Testing of three-layer wall panels for industrial buildings with an internal layer of arbolite] *Scientific Works of MSFU*, 1997, v. 293, pp. 24–29.
- [6] Zaprudnov V.I. *Issledovanie protsessa vliyaniya tekhnologicheskikh faktorov na svoystva drevesno-tsementnogo uteplitelya* [Investigation of the process of the influence of technological factors on the properties of wood-cement insulator] *Scientific Works of MSFU*, 1996, v. 285, pp. 12–17.
- [7] Podchufarov V.S., Chemleva T.A., Shcherbakov A.S. *Ob optimal'nom sostave arbolita povyshennogo kachestva* [On the optimal composition of high-quality arbolite] *Scientific Works of MLTI*, 1976, v. 93, pp. 68–88.
- [8] Sanaev V.G., Zaprudnov V.I., Gorbaheva G.A., Oblivin A.N. Factors affecting the quality of wood-cement composites. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov Series II: Forestry. Wood Industry. Agricultural Food Engineering*, 2016, v. 9 (58), no. 2, pp. 63–71.
- [9] Ugolev B.N. *Drevesinovedenie s osnovami lesnogo tovarovedeniya* [Wood science with the basics of forest commodity science]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1986, 266 p.
- [10] Zaprudnov V.I., Podchufarov V.S. *Deformativnost' kovra iz fibrotsementnoy massy pri izgotovlenii trekhslonnykh stenovykh paneley dlya maloetazhnogo domostroeniya* [The deformativity of carpet from fibrocement mass in the production of three-layer wall panels for low-rise housing construction] *Scientific Works of MLTI*, 1988, v. 203, pp. 167–171.

Author's information

Zaprudnov Vyacheslav Il'ich — D-r Sci. (Tech.), Professor of BMSTU (Mytishchi branch), zaprudnov@mgul.ac.ru

Karpachev Sergey Petrovich — D-r Sci. (Tech.), Professor of BMSTU (Mytishchi branch), karpachevs@mail.ru

Received 26.06.2017