

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ СИП-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

PROSPECTS AND CONSEQUENCES OF SIP-TECHNOLOGY FOR LOW-RISE CONSTRUCTION

С.А. КОЛОДЯЖНЫЙ, Р.А. ШЕПС, Т.В. ЦУКИНА
S.A. KOLODYAZHNY, R.A. SHEPS, T.V. SHUKINA

(Воронежский государственный технический университет)
(Voronezh State Technical University)
E-mail: rector@vgasu.vrn.ru

Рассматриваются возможные последствия длительной эксплуатации зданий, возведенных посредством СИП-панелей. Приводятся данные замеров выделяющихся вредных веществ во внутренний воздух помещений. Получены зависимости, позволяющие прогнозировать старение пенополистирола, являющегося наполнителем в каркасно-панельном строительстве.

Discusses the possible implications of long-term operation of buildings erected by SIP-panels. Data of measurements of emitted harmful substances in the internal air spaces. The obtained dependences, allowing to predict the aging of polystyrene, which is a filler in frame and panel construction.

Ключевые слова: СИП-технологии, экологическая безопасность, пожарная безопасность, малоэтажное строительство.

Keywords: SIP-technology, environmental safety, fire safety, low-rise construction.

Все большую популярность приобретают такие высокотехнологичные изделия стройиндустрии, как сэндвич-панели, позволяющие минимизировать затраты на возведение и последующую эксплуатацию зданий и сооружений различного назначения. Особенностью их конструктивного исполнения является размещение наполнителя между двумя профильными, как правило, стальными листами. В качестве наполнителей применяются эффективные теплоизолирующие материалы, такие как негорючие минераловатные плиты с перпендикулярно-ориентированными волокнами на основе базальтовых пород или самозатухающие марки пенополистирола. При этом толщина слоя утеплителя варьируется и может быть выбрана в соответствии с назначением и климатическими

условиями, в которых будет эксплуатироваться изделие.



Рис. 1

Часто предпочитаемые по стоимостным показателям в малоэтажном строительстве структурные теплоизоляционные панели (СИП) также относятся к данной серии конструкций, но предусмотренный в

них слой пенополистирола заключен между ориентированно-стружечными плитами (ОСП), которые совместно с каркасом из деревянных брусов (рис. 1 – общий вид СИП-панели) образуют достаточно надежное наружное ограждение.

Основное преимущество каркасно-щитового строительства из таких сборных элементов состоит в возведении универсальных коттеджей различной планировки в сжатые сроки. При этом затраты определяются сложностью и уникальностью проекта, архитектурно-строительными решениями и в значительной степени стоимостью материалов. Поэтому при применении СИП-панелей малоэтажная застройка, как правило, переходит в разряд жилья эконом-класса. Но, отдавая предпочтение быстровозводимым строительным конструкциям, не следует оставлять без внимания вопросы безопасности, в том числе и с точки зрения экологических последствий. Часто при проектировании не учитывается возможное загрязнение окружающей среды и внутреннего воздуха помещений строительными и отделочными материалами, которые возникают вследствие зоны повышенных концентраций вредных веществ от дымовых газов, не рассматривается организованный отвод канализационных стоков и их утилизация для малоэтажных зданий. Поэтому несмотря на возрастающую популярность СИП-панелей, следует рассмотреть прогнозируемые последствия их применения.

Безопасный для жизнедеятельности человека строительный материал должен удовлетворять химическим, физическим, противопожарным и биологическим требованиям. При соответствии им материал не выделяет в воздух вредных веществ, или их содержание не превышает предельно-допустимую среднесуточную концентрацию в атмосферном воздухе, значения теплофизических коэффициентов соответствуют заявленным данным, при воздействии звукового давления снижение происходит в заданном диапазоне, и материал не электризуется. Все строительные изделия, применяемые в малоэтажных зданиях с деревянными конструкциями, должны

относиться к категории горючести Г2 или быть классом выше, а стропильная система перекрытия и лестничные марши при развитии пожара сохранять прочность соответствующую огнестойкости R60. Биологические требования подразумевают отсутствие условий для выживания спор плесени и размножения колоний различных микроорганизмов в процессе эксплуатации.

Технология производства СИП-панелей позволяет получить трехслойную конструкцию (рис. 1) при склеивании ОСП полиуретановыми составами с плитами пенополистирола толщиной от 100 до 200 мм. В ОСП основным связующим для трех слоев тонкой деревянной стружки с заполненным пространством между ними сцепкой является водостойкая смола с добавлением воска и синтетической борной кислоты. Стружка имеет продольную ориентацию по длине плиты во внешних слоях, а в среднем – перпендикулярную.

Применение синтетических скрепляющих составов как для изготовления ОСП, так и для склеивания конструктивных слоев СИП-панелей вызывает опасения в плане соответствия химическим требованиям.



Рис. 2

Чтобы подтвердить экологическую безопасность, заявленную производителями, было проведено исследование на базе экспериментального дома из СИП-панелей (рис. 2), смонтированного на испытательном полигоне Воронежского государственного архитектурно-строительного

университета. При его строительстве использовались конструкции, состоящие из слоя пенополистирола марки ПСБ-С-25 толщиной 150 мм, покрытого с двух сторон ОСП толщиной 22 мм. Для внутренней отделки помещений была выполнена поклейка поверхностей обоями.

С целью выявления возможного загрязнения воздушной среды и последствий его влияния в коттедже были произведены замеры на содержание химических примесей в теплый и холодный периоды года. Пробы отбирались специалистами "Центра гигиены и эпидемиологии Воронежской области" с целью проверки соответствия требованиям ГН 2.1.6.1338-03 "Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест" и изменениям в ГН 2.1.6.1338-03. "Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест". Замеры, результаты которых приведены в табл. 1, выполнялись в соответствии с методикой ГОСТа Р ИСО 16000-1-2007. "Воздух замкнутых помещений" и ГОСТ 12.1.005-88. "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны". При проведении исследований выяснилось, что формальдегид из перечис-

ленного ряда веществ имеет наибольшую концентрацию, превышающую ПДК в 2,4 раза. Наряду с этим вызывает опасение и отсутствие тенденций к ее снижению.

Возросло содержание во внутреннем воздухе помещений стирола, толуола и фенола, с превышением ПДК последнего в 4 раза. Несмотря на концентрацию стирола, меньшую, чем 0,5 от ПДК, ее возрастание имеет долговременную тенденцию, поэтому разберем последствия проявления данного негативного фактора.

Пенополистирол, как все полимеры, подвержен старению, которое сопровождается деполяризацией с образованием стирола и выделением оксида углерода, диоксида углерода, фенола, аммиака, оксида азота, формальдегида и бензола [1]. Хотя листы ОСП в какой-то мере являются пароизоляторами и блокируют диффузию молекул стирола, они не способны полностью защитить помещения. Кроме того, стирол обладает высоким коэффициентом кумулятивности, то есть ярко выраженной способностью накапливаться в организме человека, которую можно оценить по его значениям для следующих веществ: фенол 0,2815, формальдегид 0,5750 и стирол 0,7005.

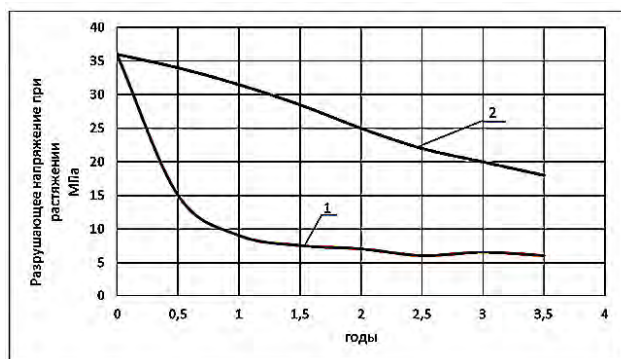


Рис. 3

При неизбежной деполяризации пенополистирол выделяет не только опасный для здоровья компонент его производства, но и теряет свои свойства как прочностные, так и теплофизические. При этом возникает закономерный вопрос: с какой скоростью происходит процесс старения материала? С учетом экспериментальных данных, полу-

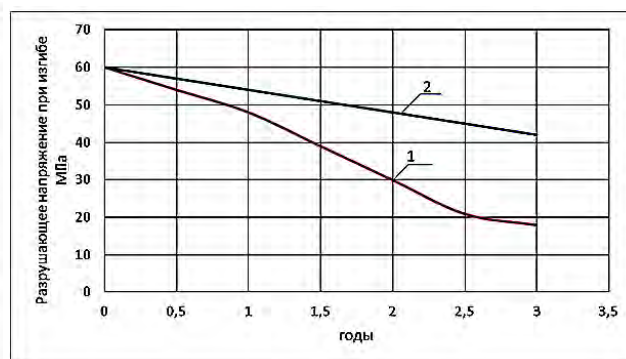


Рис. 4

ченными для умеренных климатических зон [1], построены графики изменения прочностных показателей в зависимости от срока эксплуатации (рис. 3 – влияние продолжительности старения эмульсионного полистирола на разрушающее напряжение при растяжении: 1 – в умеренных климатических условиях; 2 – в помещениях с

допустимыми параметрами воздушной среды; рис. 4 – то же – при изгибе: 1 – в умеренных климатических условиях; 2 – в помещениях с допустимыми параметрами воздушной среды).

$$\sigma_p^y = 35,773 - 58,407\tau + 43,091\tau^2 - 13,535\tau^3 + 1,5152\tau^4, \quad (1)$$

$$\sigma_p^d = 36,375 - 5,4286\tau, \quad (2)$$

$$\sigma_{изг}^y = 68,571 - 11,523\tau + 3,875\tau^2 - 1,0227\tau^3 + 0,079\tau^4, \quad (3)$$

$$\sigma_{изг}^d = 63 - 3\tau, \quad (4)$$

где σ_p^y , σ_p^d , $\sigma_{изг}^y$, $\sigma_{изг}^d$ – разрушающие напряжения при растяжении и изгибе в умеренных климатических условиях и в помещениях с допустимыми параметрами воздушной среды, МПа; τ – срок эксплуатации, годы.

Интенсивное изменение показателей происходит именно в указанный период времени, затем скорость деградации материала снижается. Поэтому для сроков эксплуатации свыше трех лет следует использовать экспоненциальные зависимости вида:

$$\sigma_p^y = 7,685e^{-0,052\tau}, \quad (5)$$

$$\sigma_{изг}^y = 37,444e^{-0,0255\tau}. \quad (6)$$

Анализ выражений (5) и (6) показывает, что после двадцатилетнего срока эксплуатации прочностные показатели при нагрузках на растяжение снижаются более чем в 10 раз. Это, несомненно, также отражается и на теплозащитных свойствах утеплителя, которые при прогнозируемом старении снизятся не менее чем на 40%. В то же время процесс деполяризации будет сопровождаться постоянным выделением паров стирола и увеличением их концентрации до ПДК и выше, даже при регулярном проветривании помещений. Следовательно, СИП-панели на основе пенополистирола не удовлетворяют химическим и физическим требованиям, предъявляемым к строительным материалам.

В связи с ростом количества техногенных и природных чрезвычайных ситуаций, сопровождающихся возгоранием значительных территорий, закономерно с помощью строительных норм и правил повы-

В результате аппроксимации имеющихся сведений по разрушающим напряжениям при растяжении и изгибе получены зависимости, достоверно отражающие возникаемые изменения в процессе старения в течение первых трех лет:

снить пожарную безопасность зданий, поэтому целесообразно дать оценку СИП-панелей и с учетом этого фактора риска.

Применяемый для СИП-панелей пенополистирол, как правило, является самозатухающим материалом вследствие добавления антипирена. Маркировка такого модифицированного пенополистирола содержит букву С. Например, в строительных конструкциях экспериментального дома (рис. 2) использован ПСБ-С-25, который можно отнести к группе горючести Г3. Температура возгорания пенополистирола в два раза выше, чем у древесины, поэтому для повышения уровня огневого противодействия ОСП также пропитывают антипиреном. В результате материал приобретает свойство самозатухать, а при горении оплавляться, самостоятельно не поддерживая воспламенение.

Негорючие обшивки из фибролита, цементно-стружечных плит и стекломагнитированных листов, относящиеся к классам НГ и Г1, могут повысить показатели по огнестойкости для СИП-панелей. Трудно сгораемыми, без образования ядовитых веществ, и не поддерживающими самостоятельное горение гипсоволокнистыми и гипсокартонными листами может быть осуществлена внутренняя отделка помещений, что положительно повлияет на пожаробезопасность в целом здания.

Существенно повысить огнестойкость строительных конструкций можно посредством изделий из минеральной ваты [2]. Они достаточно часто применяются в качестве наполнителей в каркасном строительстве зданий, но современный способ производства СИП-панелей не позволяет

использовать широкий ассортимент теплоизоляционных материалов данного класса. Несмотря на ограничивающие условия технологического регламента, можно перейти к жестким базальтовым плитам в качестве наполнителя, соединяя их с листами ОСП стягивающими средствами крепления. Это не только значительно повысит огнестойкость конструкций, но и положительно повлияет на экологическую безопасность, так как будет произведена замена полимерного утеплителя.

ВЫВОДЫ

1. Оценивая возможные последствия длительной эксплуатации СИП-панелей можно заключить, что при существующей технологии производства они не отвечают экологическим требованиям и достаточному уровню пожарной безопасности. Кроме того, естественное старение пенополистирола снижает прочностные и теплоизоляционные показатели, что в дальнейшем вызывает необходимость усиления конструкций, и без своевременного проведения этих мероприятий приводит к перерасходу топлива системами отопления.

2. Несмотря на отмеченные негативные факторы, наблюдаемый рост популярности каркасно-панельных сооружений будет стимулировать совершенствование технологии посредством использования огнестойких экологически чистых материалов. Кроме того, низкая трудоемкость монтажных работ и кратчайшие сроки возведения зданий вызывают интенсивное продвижение данного способа строительства и, как следствие, поиск новых структурированных конструкций, безупречных с точки

зрения безопасности для человека. Это, в свою очередь, позволит удерживать каркасно-панельному производству значительный сегмент в стройиндустрии.

3. При обозначенных недостатках СИП-технология остается одной из самых перспективных в области малоэтажного строительства. Ее дальнейшая модернизация будет направлена на устранение отмеченных негативных последствий путем применения эффективных и безопасных наполнителей, облицовочных плит и скрепляющих средств. Поэтому, учитывая перспективность производства сэндвич-панелей, в Воронежском ГАСУ активно проводятся исследования, направленные на получение патентоприоритетных строительных материалов и конструкций, позволяющих качественно изменить их теплотехнические характеристики, включая и экологические показатели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов Н.Н. Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях. – М.: Химия, 1982.
2. Кузнецова Л.В. Тепловой режим изоляции ограждений при экстремальных условиях высокотемпературного воздействия// Изв. вузов. Строительство. – 2013, № 2-3. С. 103...107.

REFERENCES

1. Pavlov N.N. Starenie plastmass v estestvennyh i iskusstvennyh uslovijah. – M.: Himija, 1982.
2. Kuznecova L.V. Teplovoj rezhim izoljicii ograzhdenij pri jekstremal'nyh uslovijah vysokotemperaturnogo vozdejstvija// Izv. vuzov. Stroitel'stvo. – 2013, № 2-3. S. 103...107.

Рекомендована кафедрой теплогазоснабжения и нефтегазового дела. Поступила 21.07.16.