СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

DOI 10.15826/rjcst.2022.1.004 УДК 691

Залесова П. С. [1], *Никитина Н. П.* [2]
[1, 2] Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
e-mail: [1] zalesova1205@yandex.ru, [2] artnatash@gmail.com

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ – ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ В СОЦИОЛОГИЧЕСКОМ ОПРОСЕ

Аннотация. Применение инновационных строительных материалов – актуальный вопрос в современном строительстве. Проведен социологический опрос по задачам исследования. Использование ETFE пленок (ETFE – ethylene tetrafluoroethylene или ЭТФЭ – этилентетрафторэтилен, или частично фторированный сополимер этилена и тетрафторэтилена) основано как на возможности реализации практически любых идей дизайнеров и архитекторов в оформлении фасадов и крыш всевозможных сооружений, так и на специфических особенностях данного фторполимера. Представлены характеристики и обоснованы преимущества данного полимерного материала. Инновация в строительстве является новшеством, обеспечивающим качественный рост эффективности процессов возведения или эксплуатации зданий и сооружений. Строительная мембранная технология, основанная на использовании композиционного полимерного материала-пленки ETFE, обладает комплексом преимуществ по сравнению с традиционными технологиями.

Ключевые слова. Инновация, строительные технологии, полимеры, мембранная технология, характеристики, безопасность, срок эксплуатации, экологичность, актуальность, компактность, энергоэффективность.

Zalesova P. S. [1], *Nikitina N. P.* [2]
[1, 2] Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia
e-mail: [1] zalesova1205@yandex.ru, [2] artnatash@gmail.com

INNOVATIVE POLYMER MATERIALS – IDENTIFYING THE PROBLEM IN A SOCIOLOGICAL SURVEY

Abstract. The use of innovative building materials is a topical issue in modern construction. A sociological survey was conducted on the objectives of the study. The use of ETFE films is based both on the possibility of implementing almost any ideas of designers and architects in the design of facades and roofs of various structures, and on the specific features of this fluoropolymer. The characteristics are presented and the advantages of this polymeric material are substantiated. Innovation in construction is an innovation that provides a qualitative increase in the efficiency of the processes of erection or operation of buildings and structures. The construction membrane technology based on the use of a composite polymer material-ETFE film (ETFE – ethylene tetrafluoroethylene or ETFE – ethylene tetrafluoroethylene, or partially fluorinated copolymer of ethylene and tetrafluoroethylene) has a set of advantages compared to traditional technologies.

Keywords. Innovation, construction technologies, polymers, membrane technology, characteristics, safety, service life, environmental friendliness, relevance, compactness, energy efficiency.

1. Введение

Строительство зданий и сооружений, как одна из основных отраслей экономики, должна иметь постоянное развитие. В частности, этого можно достичь благодаря внедрению инновационной деятельности строительных организаций, разработке инновационных строительных материалов и технологий.

В современном мире понятие «инновация» очень распространено. Обычно оно упоминается в контексте высоких технологий.

Инновационные строительные технологии и материалы в России с трудом пробивают себе дорогу. На западном рынке главным локомотивом, тянущим за собой инновационные продукты, становятся строительные компании. У нас инновационные продукты чаще всего внедряют фирмы-производители строительных материалов.

Разработки технологий синтеза всех фторполимеров во времена СССР проводились в Ленинграде, в Охтинском НПО «Пластполимер», одном из трех центров фторполимерной химии, к которым относились также Государственный Институт Прикладной Химии и ВНИИСК им. С.В. Лебедева. Промышленное производство фторсополимера этилена с тетрафторэтиленом -фторопласта-40 было освоено в 1961 году на Кирово-Чепецком химическом комбинате. Начало промышленного выпуска сополимера этилена с тетрафторэтиленом за рубежом под торговой маркой ETFE началось компанией Du Pont только с 1972 года. Фторсополимеры разрабатывались в первую очередь для нужд военной и космической промышленностей и обладали высокой стоимостью. Практически сразу из фторсополимеров типа ETFE начали изготавливаться пленки методом плоскощелевой экструзии [1, 2, 3].

В настоящее время сырьем для производства отечественных пленок у фирм-производителей служат специальные марки фторопластов: Ф-40АМ, Ф-40Ш, Ф-40М, Ф40ВЭМ, Ф-40БМ, а также новые марки ОАО "Галоген" – FLUOROPLAST-40 HALEONTM и некоторые другие. За рубежом к основным производителям пленок из ETFE относятся:

- Asahi Glass Company, марки Fluon® ETFE FILM и F-CLEAN®;
- Daikin, марка NEOFLON™ ETFE;
- Nowofol® Kunststoffprodukte GmbH & Co., марка Nowoflon ET Film;
- Chemours Company FC, марка Tefzel™ ETFE film;
- Polyflon Technology Limited, марка FLONFILM™ 300 ETFE;
- Saint-Gobain Performance Plastics, марка Chemfilm ETFE Film;
- Vector Foiltec, марка Texlon.

Мембраны из ETFE – это современный полимерный материал, сочетающий положительные свойства полиэтилена и политетрафторэтилена, который в десятки раз легче стекла, при этом является прекрасным теплоизолятором, эстетически удачно смотрится, при желании может быть модернизирован с целью аккумуляции солнечной энергии. И практически по всем остальным параметрам этот материал не уступает другим ограждающим конструкциям [4-7].

Строительная мембранная технология, основанная на использовании композиционного полимерного материала-пленки ETFE, обладает комплексом преимуществ по сравнению с традиционными технологиями. Эти преимущества строительной мембранной технологии основаны на уникальных физико-

химических свойствах пленки ETFE, которые являются результатом многолетнего цикла исследований, разработок и испытаний, проведенных зарубежными и советскими учеными.

Наиболее обширное применение ETFE пленок основано как на возможности реализации практически любых идей дизайнеров и архитекторов в оформлении фасадов и крыш всевозможных сооружений (рис. 1 и 2), так и на специфических особенностях данного фторполимера [8-13].

Рис. 1. Фасад стадиона Allianz Arena из полимерной ETFE-пленки. Архитектурное бюро Herzog & de Meuron Architekten. 2005 г. Германия, г. Мюнхен.

Рис. 2. Аквапарк Питерлэнд, Россия, г. Санкт-Петербург

Характерными особенностями ETFE пленок, определяющими в архитектуре конкурентные преимущества являются следующие свойства.

1. Высокие физико-механические характеристики

Предел прочности при разрыве составляет от 40 до 65,2 МПа, что существенно превосходит полиолефиновые пленки (до 40 МПа). Такие свойства позволяют противостоять экстремальным нагрузкам, в т.ч. связанных с техногенными катастрофами.

2. Малый вес

Плотность в пределах 1650-1760 кг/м^3. Такие пленки легче стекла в 100 раз и не требуют массивных поддерживающих конструкций.

3. Возможность перекрытия больших пролетов

Ширина полотен может составлять от 2 до 5 метров, а длина превышать 50 м. Возможности термоконтактной сварки термопластичного фторполимера ETFE способствуют изготовлению весьма крупных архитектурных элементов, что особенно наглядно видно в инновационных проектах павильонов стран мира на предстоящей выставке EXPO 2020 в Дубае.

4. Безопасность конструкций при пожаре

ETFE не горит, по DIN EN 13 501-1 продукт относится к самозатухающим материалам. Плёнка ETFE относится к группе горючести Г1, не распространяет горение и не образует капель при оплавлении.

5. Гарантийный срок эксплуатации

Срок эксплуатации оценивается в 30-50 лет. Далее пленка может быть переработана.

6. Самоочищаемость поверхности пленки

На пленке не скапливаются пыль и грязь, на её поверхности не закрепляются простейшие микроорганизмы и водоросли. Для очистки достаточно ливневого дождя для смывания пыльцы или любых природных/техногенных загрязнений.

7. Энергосбережение

Использование «подушечной» технологии позволяет уменьшить теплопередачу за счет изолированных слоев воздуха в конструкциях. Поэтому затраты на охлаждение/отопление покрываемых помещений уменьшаются.

8. Отсутствие внутреннего шума
9. Пригодность к технологиям умного дома

Пленка ETFE отлично инкапсулирует внутри себя солнечные элементы, датчики освещенности, температуры, другую электронику, включая широкие панели LED экранов. Путем модификации угла отражения высокоэнергетической части солнечного спектра многослойными ETFE пленками, можно добиться того, что в помещениях, не будет жарко в солнечные дни [14-16].

10. Экологичность пленки

Применение пленки ETFE снижает уровень выбросов CO_2 в окружающую среду. И вместе с этим реализуются различные биофермные проекты, направленные на создание в городской среде более комфортных условий пребывания путем очистки окружающего воздуха, регулирования освещенности, генерации биомассы для топлива, пищевых добавок или биологических удобрений.

Другие уникальные качества:

- широкий спектр архитектурных и инженерных решений для современных зданий и сооружений;
- высокая прочность на разрыв;
- широкий рабочий диапазон температур наружного воздуха;
- долговечность;
- прозрачность для ультрафиолетового излучения;
- стойкость к химической коррозии;
- устойчивость к ветровым нагрузкам;
- адаптивность к снеговым и ливневым нагрузкам;
- высокая эффективность;

- светопроницаемость, регулируемая светопрозрачность;
- стерильность и автономность закрытого пространства;
- высокая эстетичность восприятия формы;
- отличная ремонтная технологичность;
- большие размеры покрываемого пространства;
- сжаты сроки и малые затраты на монтаж оболочки;
- компактность и небольшой вес транспортных модулей.

2. Задачи исследования

В процессе исследования необходимо доказать актуальность применения инновационной строительной технологии или материала, которые должны соответствовать одному или нескольким из критериев:

- упрощение и ускорение процесса строительства;
- снижение себестоимости строительства или эксплуатационных расходов;
- повешение энергоэффективности объекта;
- увеличение жизненного цикла здания или сооружения.

На сегодняшний день строительная сфера, по сравнению с другими отраслями, характеризуется слабым уровнем развития инновационной деятельности [17, 18]. Основными факторами, сдерживающими развитие инновационной деятельности в строительной сфере, которые необходимо преодолеть, являются:

- недоверие к инновациям со стороны клиентов;
- нехватка финансовых ресурсов, необходимых для инновационных исследований;
- низкий уровень поддержки инновационной деятельности со стороны государства;
- преобладание на рынке фирм, не имеющих ресурсов для внедрения инноваций.

3. Подготовительные мероприятия к социологическому опросу

Для сбора данных по вопросам темы исследования был применен метод анкетирования. В ходе подготовки был составлен список проблем, которые должны отразить в опросе.

1. Отсутствие желания/мотивации у специалистов узнавать об инновационных решениях/материалах в области строительства;
2. Наличие стереотипов/предубеждений по отношению к инновационным материалам;
3. Отсутствие достаточного опыта в использовании инновационных материалов, что вызывает недоверие у архитекторов и других участников строительства, причастных к выбору строительных материалов.

4. Проведение социологического опроса

Опрос проводился с использованием Google Форм. Распространение опроса проводилось посредством социальных сетей (VK, Telegram).

Время прохождения опроса – 3-5 минут. Это оптимальное время, т. к. целевым респондентам вряд ли захочется отвечать на опросы, которые займут больше времени и будут требовать множество развернутых ответов.

Участниками опроса являлись действующие архитекторы и другие специалисты, так или иначе причастные к выбору строительных материалов при проектировании зданий и сооружений.

В опросе были вопросы с выбором ответа, также была возможность дописать свой ответ при отсутствии его в предложенных вариантах, и вопросы с развернутым ответом.

5. Анализ результатов

По итогам анализа полученных результатов все ответы были сведены к общему ряду проблем.

1. Почти половина опрошенных специалистов не следит за появлением инновационных решений в области строительства;
2. Участники опроса считают, что для применения инновационных материалов необходимо тратить время на поиск новых инновационных решений и проведение сравнительного анализа существующих и новых разработок;
3. В связи с вышесказанным, основным фактором игнорирования инновационных решений является отсутствие достаточного опыта их применения на реальных объектах;
4. Также отталкивающим фактором является высокая стоимость таких материалов.

Подавляющее большинство опрашиваемых специалистов находятся в возрасте от 18 до 25 лет – 93,3 % (рис. 3). Из них 66,7 % являются выпускниками кафедры Архитектуры (рис. 4). Из числа опрашиваемых за появлением новых инновационных решений в области строительства следят 60 % (рис. 5). Большинство опрашиваемых узнают о появлении инноваций в области строительства из открытых источников в интернете и на различных строительных форумах, чуть меньше на работе (рис. 6).

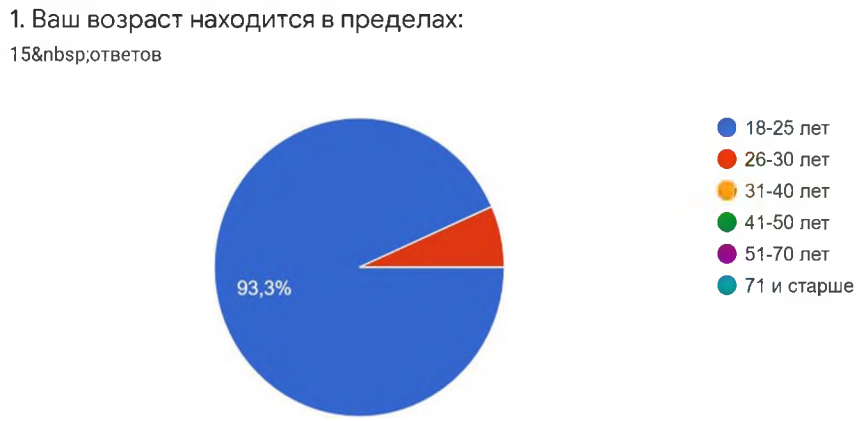

Рис. 3. Диаграмма возраста респондентов

Рис. 4. Диаграмма направления образования респондентов (студентов, выпускников)

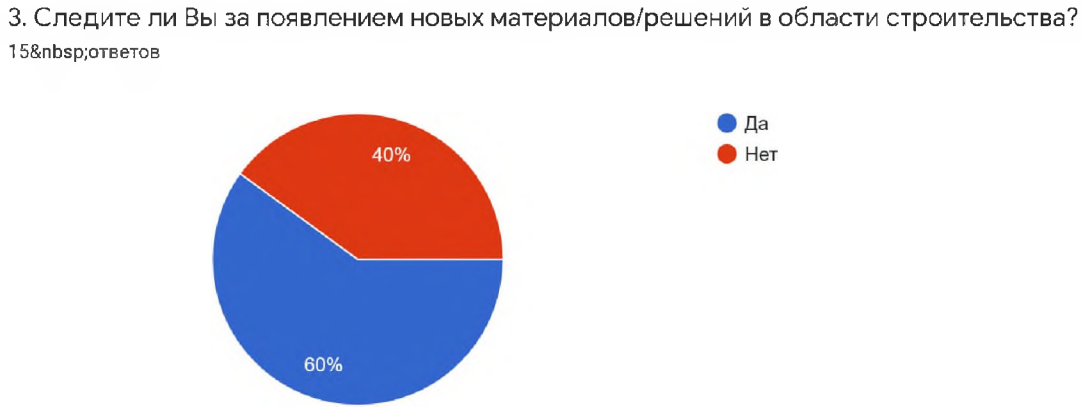

Рис. 5. Диаграмма отслеживания появления новых материалов/решений в области строительства

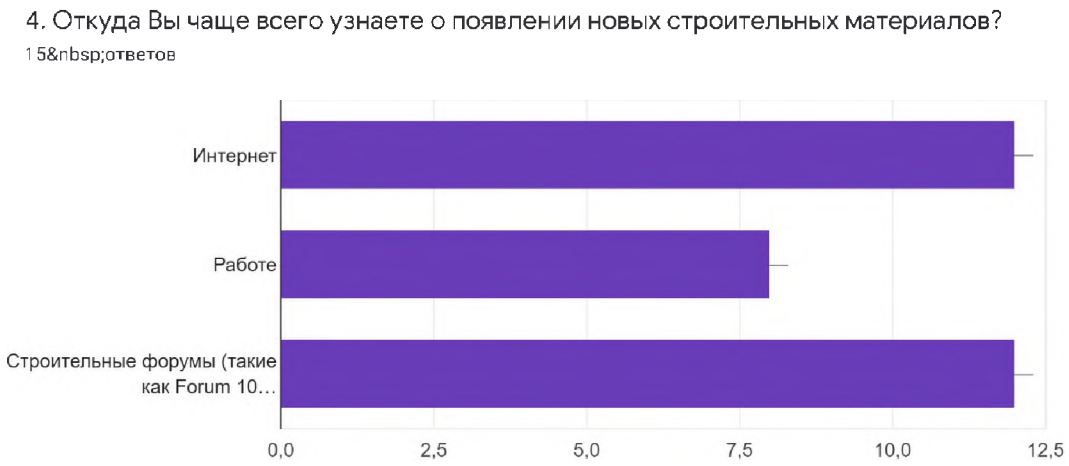

Рис. 6. Диаграмма источников информации, используемых респондентами

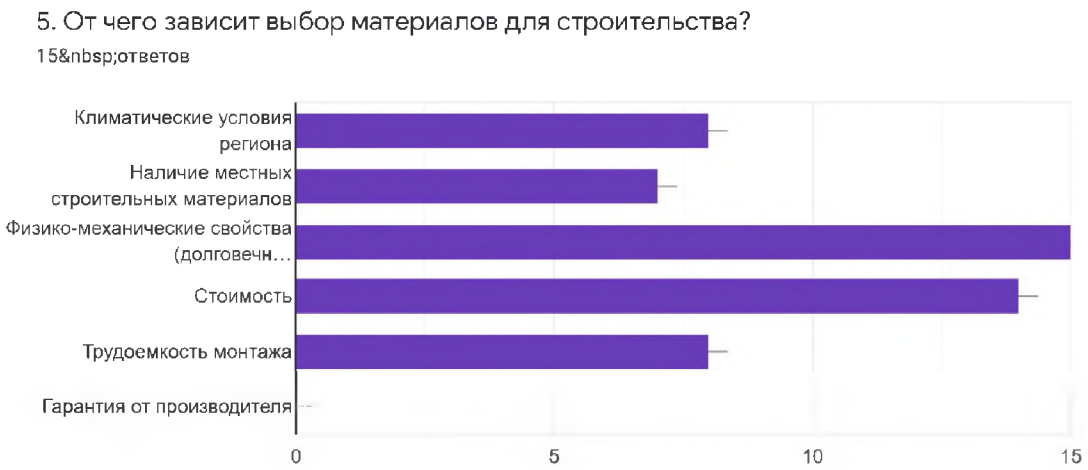

Рис. 7. Диаграмма факторов выбора материалов для строительства

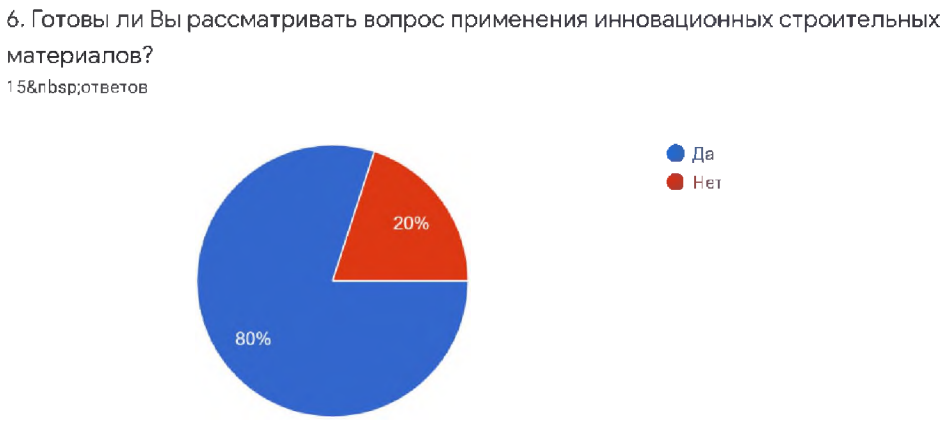

Рис. 8. Диаграмма готовности респондентов применять инновационные строительные материалы при строительстве зданий и сооружений

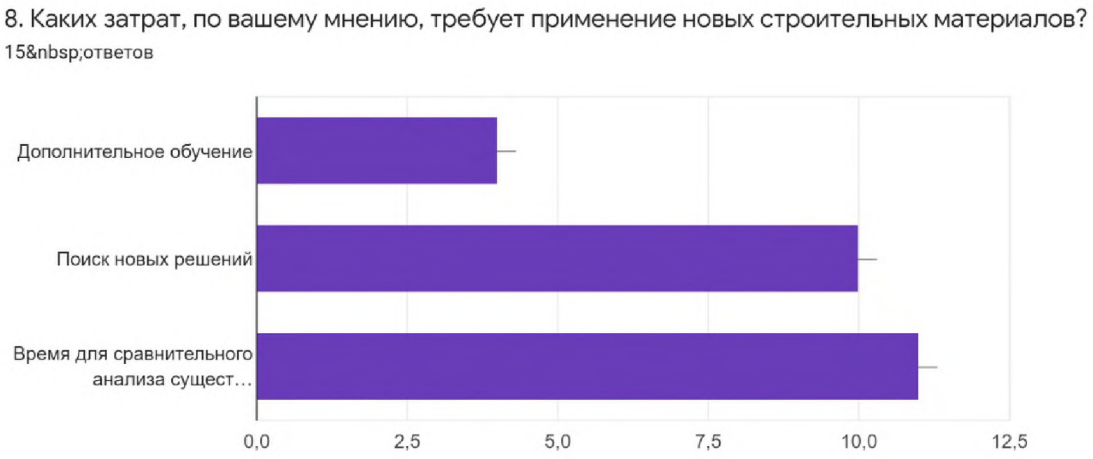

Рис. 9. Диаграмма необходимых затрат, по мнению респондентов

По мнению опрашиваемых, выбор материалов при строительстве зависит от физико-механических свойств самого материала, а также его стоимости. Меньшими по важности факторами для выбора являются климатическими условиями региона, наличие местных строительных материалов и трудоемкость монтажа конструкций (рис. 7).

Несмотря на наличие у многих специалистов различных сомнений и предубеждений насчет применения инновационных строительных материалов, подавляющее большинство опрашиваемых признали готовность рассмотрения их применения при проектировании новых объектов (рис. 8).

Те, кто выразили такое желание, назвали следующие случаи, когда это может быть возможно и целесообразно:

- возведение уникальных/умных зданий;
- соответствие цена/качество;
- низкая цена;
- характеристики инновационных материалов лучше, чем у традиционных.

Участники опроса посчитали, что наиболее затратным является поиск новых инновационных решений и время для проведения сравнительного анализа

существующих и новых разработок (рис. 9).

Самыми распространенными предубеждениями/недостатками в отношении инновационных разработок оказались их высокая стоимость и отсутствие достаточного опыта их применения на практике (рис. 10).

Соответственно уровень доверия к инновационным строительным материалам определяется наличием положительного опыта их использования, наличием сертификатов качества и гарантии от производителей (рис. 11).

Более 50 % участников опроса знакомы с ETFE-пленками, также больше половины опрошенных знают про такие инновационные материалы, как токопроводящий бетон, деревобетон и несъемная опалубка (рис. 12). Практически все участники опроса считают, что вопрос выбора инновационных строительных материалов стоит за архитектором (рис. 13).

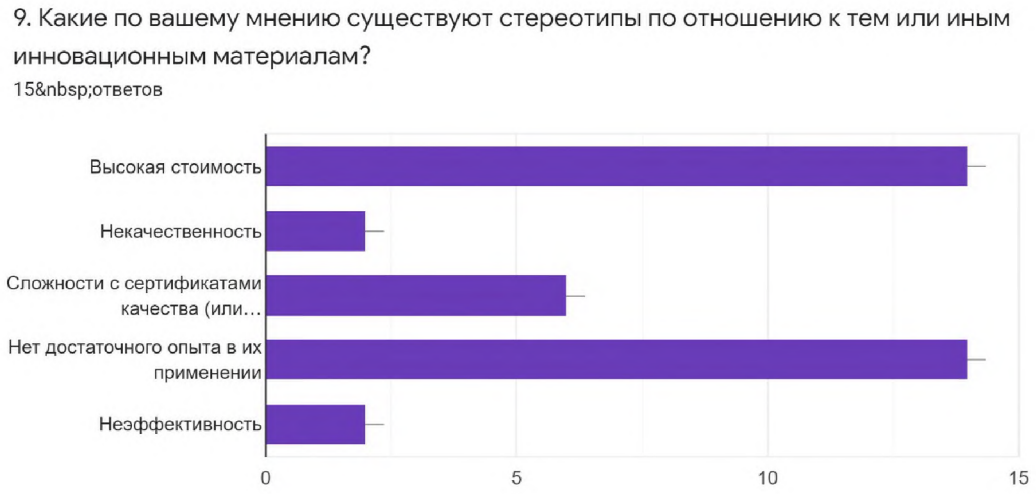

Рис. 10. Диаграмма существующих предубеждений в отношении инновационных разработок

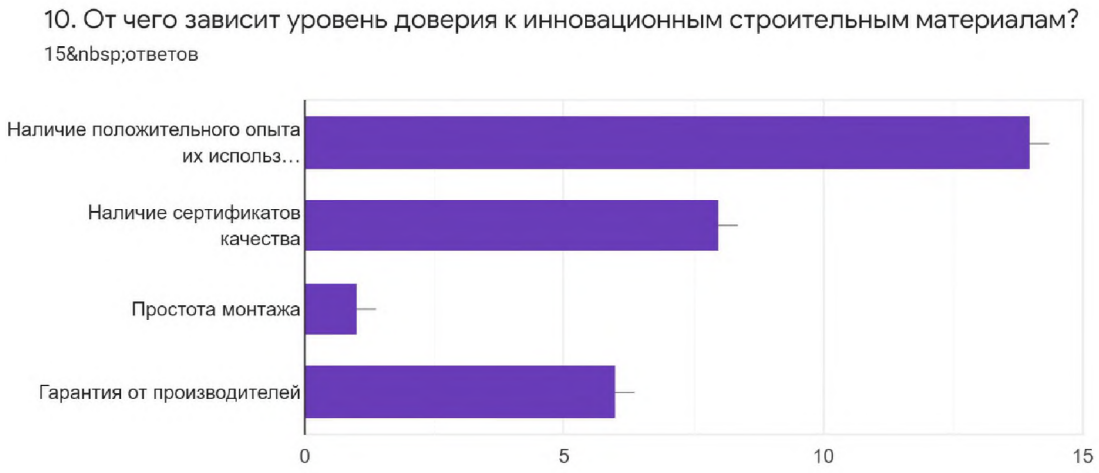

Рис. 11. Диаграмме факторов доверия к инновационным строительным материалам

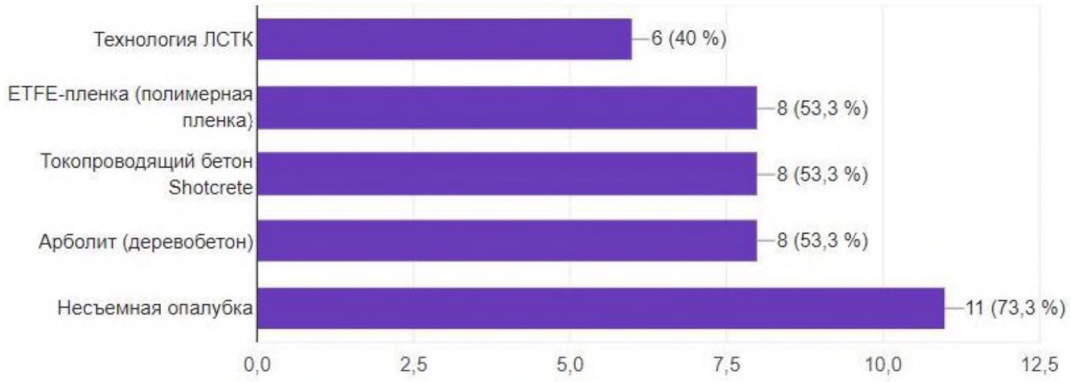

Рис. 12. Наиболее известные инновационные материалы среди участников опроса

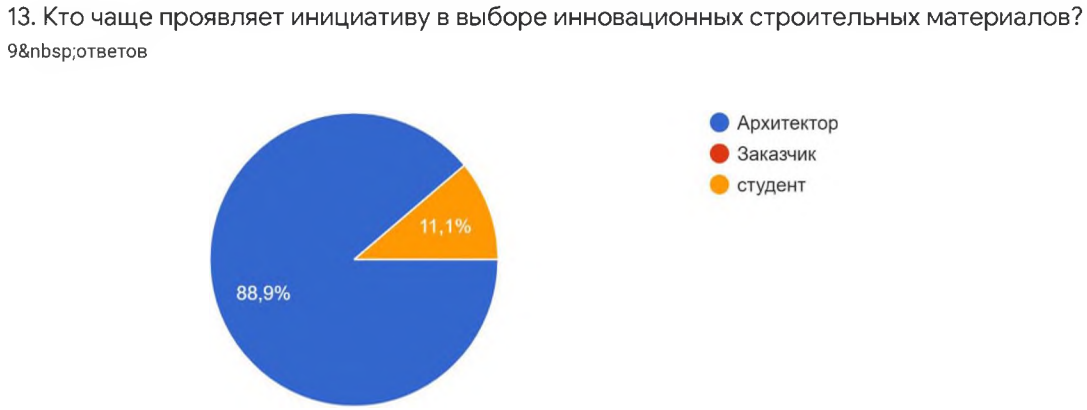

Рис. 13. Диаграмма инициаторов выбора инновационных материалов

6. Выводы

Проведенный опрос показал, что выявленные проблемы по отношению к инновационным строительным материалам действительно существуют.

1. Отсутствие желания/мотивации у специалистов узнавать об инновационных решениях/материалах в области строительства;
2. Наличие стереотипов/предубеждений по отношению к инновационным материалам;
3. Отсутствие достаточного опыта в использовании инновационных материалов, что вызывает недоверие у архитекторов и других участников строительства, причастных к выбору строительных материалов.

В настоящее время застройщики отдают предпочтение материалам, которые давно используются на строительных площадках (кирпич, бетон, дерево). Свойства этих материалов хорошо изучены, опыт их применения широкий и разнообразный. Здание, возведенное из этих материалов, имеет хорошо рассчитываемые и прогнозируемые характеристики. Однако именно такой подход становится препятствием для внедрения инновационных технологий для улучшения/ускорения строительства, повышения энергоэффективности и увеличения жизненного цикла здания.

Инновации в строительстве – это внедрённые новшества, которые гарантируют качественный рост эффективности процессов возведения или эксплуатации зданий и сооружений. Такое новшество обязательно должно быть востребовано на рынке и иметь практический опыт применение.

Исходя из этого можно сделать вывод, что эффективность инноваций напрямую зависит от степени их выгодности и востребованности среди застройщиков.

Строительная мембранная технология, основанная на использовании композиционного полимерного материала-пленки ETFE, обладает комплексом преимуществ по сравнению с традиционными технологиями. Она позволяет увеличить жизненный цикл здания за счет своей долговечности, экологичности и стойкости к химическим и природным нагрузкам. Данная технология является актуальной для применения в качестве оформления фасадов общественных зданий, а также в теплично-парниковом строительстве, при возведении крупных оранжерей и центров досуга с флорой и фауной тропических зон.

Список используемых источников

1. *Артеменко А. А.* Актуальные вопросы инновационного развития строительства // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). С. 742-744. – URL: https://moluch.ru/archive/91/19447/ (дата обращения: 29.01.2021).

2. *Купцов М. М.* Инновации как основа конкурентоспособности предприятия // М.: Синергия, 2018. 851 с.

3. *Соловей А. А.* Анализ специфики инновационной деятельности в строительной сфере // Статистика и экономика. 2014. №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-spetsifiki-innovatsionnoy-devatelnosti-v-stroitelnoy-sfere/viewer/ (дата обращения: 29.01.2021).

4. *Попова Анна.* Конкурентоспособность инновационной строительной продукции // М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 128 с.

5. *Annette LeCuyer*. ETFE: Technology and Design. //Berlin : Birkhäuser, 2008. – 160 с.

6. *Jiri G. D.* Technology of Fluoropolymers // New York : CRC Press, 2001. – 184 с.

7. *Zhaoc Zhongwei, Liu Hongbo, Chen Zhihua.* Thermal behavior of large-span reticulated domes covered by ETFE membrane roofs under solar radiationlar radiation // Thin-Walled Structures. – 2017. – № 115. – С. 1-11.

8. Lamnatoua Chr, A. Morenoa, D. Chemisanaa. Ethylene tetrafluoroethylene (ETFE) material: Critical issues and applications with emphasis on buildings //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – № 82. – С. 2186-2201.

9. Buildings with ETFE foils: A review on material properties, architectural performance and structural behavior / Hu Jianhui, Chena Wujun, Zhaoa Bing, Yang Deqing // Construction and Building Materials. – 2017. – № 131. – С. 411-422.

10. *Maywald Carl, Riesser Florence*. Sustainability – The Art of Modern Architecture // Procedia Engineering. – 2016. – № 155. – С. 238-248.

11. *Monticelli Carol, Zanelli Alessandra*. Material saving and building component efficiency as main eco-design principles for membrane architecture: case - studies of ETFE enclosures // Architectural Engineering and Design Management. – 2020. – № 17. – С. 264-280.

12. *A. Menendez, A. Santos, B. Ruiz.* A multifunctional ETFE module for sustainable façade lighting: Design, manufacturing and monitoring // Energy and Buildings. – 2018. – № 161. – С. 10-21.

13. *Chilton John*. Lightweight envelopes: ethylene tetra-fluoro-ethylene foil in architecture// Construction Materia. – 2015. – № 166. – С. 343-357.

14. *Бессонов А. К., Верстина Н.Г, Кулаков Ю.Н.* Инновационный потенциал строительных предприятий. Формирование и использование в процессе инновационного развития // М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2019. 168 с.

15. *Киреева Ю.И.* Современные строительные материалы и изделия : [справочник] // Ростов-на-Дону : Феникс, 2010 .— 245 с. : ил. ; 21 см. – (Справочник). – Тираж 3000 экз. – Библиогр. в конце разд. – ISBN 978-5-222-17246-9.

16. Современные строительные материалы. Технологии работ / [рук. проекта С. М. Кочергин; гл. ред. А. Д. Жуков] — Москва: Стройинформ, 2007. – 720 с.: ил.; 27 см. – (Застройщик). – ISBN 5-94418-004-8.

17. *Худяков В.А., Прошин А.П., Кислицына С.Н.* Современные композиционные строительные материалы : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Пр-во строит. материалов, изделий и конструкций" направления подгот. "Стр-во". – Москва: АСВ, 2006. – 144 с. : ил., фот. – Библиогр.: с. 139 (11

назв.). – Допущено в качестве учебного пособия. – ISBN 5-93093-410-X.

18. Строительные материалы и изделия: учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01, 08.04.01 – Строительство / [В. С. Руднов, Е. В. Владимирова, И. К. Доманская, Е. С. Герасимова]; под общ. ред. И. К. Доманской ; Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, [Ин-т новых материалов и технологий]. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2018. – 204 с. : ил. – Авт. указаны на обороте тит. л. – Библиогр.: с. 198 (10 назв.). – ISBN 978-5-7996-2352-4.

References

1. Artemenko A.A. (2015) Aktual'nye voprosy innovatsionnogo razvitiya stroitel'stva [Topical issues of innovative development of construction]. Young scientist, № 11 (91), 742-744. – URL: https://moluch.ru/archive/91/19447/ (In Russian).

2. Kuptsov M.M. (2018) Innovatsii kak osnova konkurentosposobnosti predpriyatiya [Innovations as the basis of enterprise competitiveness] (851 c.). Moscow: Synergia. (In Russian).

3. Solovei A.A. (2014) Analiz spetsifiki innovatsionnoi deyatel'nosti v stroitel'noi sfere [Analysis of the specifics of innovative activity in the construction industry]. Statistics and economics, №4. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-spetsifiki-innovatsionnoy-deyatelnosti-v-stroitelnoy-sfere/viewer (In Russian).

4. Popova A. (2018) Konkurentosposobnost' innovatsionnoi stroitel'noi produktsii [Competitiveness of innovative construction products] (128 c.). Moscow: LAP Lambert Academic Publishing (In Russian).

5. Annette, LeCuyer (2008) ETFE: Technology and Design (160 c.). Berlin: Birkhäuser (In English)

6. Jiri, G. D. (2001) Technology of Fluoropolymers (184 c.). New York : CRC Press

7. Zhaoc Zhongwei, Liu Hongbo, Chen Zhihua. (2017) Thermal behavior of large-span reticulated domes covered by ETFE membrane roofs under solar radiationlar radiation. Thin-Walled Structures (pp.1-11). – № 115.

8. Lamnatoua Chr, A. Morenoa, D. Chemisanaa (2017) Ethylene tetrafluoroethylene (ETFE) material: Critical issues and applications with emphasis on buildings Renewable and Sustainable Energy Reviews (pp. 2186-2201). – № 82.

9. Hu Jianhui, Chena Wujun, Zhaoa Bing, Yang Deqing (2017) Buildings with ETFE foils: A review on material properties, architectural performance and structural behavior. Construction and Building Materials. (pp.411-422) – № 131.

10. Maywald Carl, Riesser Florence. Sustainability (2016) The Art of Modern Architecture. Procedia Engineering (pp.238-248). – № 155.

11. Monticelli Carol, Zanelli Alessandra. (2020) Material saving and building component efficiency as main eco-design principles for membrane architecture: case - studies of ETFE enclosures. Architectural Engineering and Design Management (pp.264-280). – № 17.

12. A. Menéndez, A. Santos, B. Ruiz. (2018) A multifunctional ETFE module for sustainable façade lighting: Design, manufacturing and monitoring. Energy and Buildings (pp.10-21). – № 161.

13. Chilton John (2015) Lightweight envelopes: ethylene tetra-fluoro-ethylene foil in architecture. Construction Materia (pp.343-357). – № 166.

14. Bessonov A.K., Verstina N.G., Kulakov Yu.N. (2019) Innivatsionnyi potentsial stroitel'nykh predpriyatii. Formirovanie i ispol'zovanie v protsesse innovatsionnogo razvitiya. [Innovative potential of construction enterprises. Formation and use in the process of innovative development]. (168 c.). Moscow: Publishing House of the Association of Construction Universities (In Russian).

15. Kireeva Yu. I. (2010) Sovremennie stroitel'nie materialy i izdeliya [Modern building materials and products] (245 c.). Phoenix (In Russian).

16. Kochergin S.M., Zhukov A.D. (2007) Sovremennie stroitel'nie materialy. Tehnologii rabot [Modern building materials. Work technologies]. (720 c.) Moscow: Stroyinform (In Russian)

17. Hudyakov V.A., Proshin A.P., Kislitsina S.N. (2006) Sovremennie kompozitsionnie stroitel'nie materialy [Modern composite building materials]. (144 c.). Moscow: ABC (In Russian).

18. Rudnov V.S., Vladimirova E.V., Domanskaya I.K., Gerasimova E.S. (2018) Stroitel'nie materialy i izdeliya [Construction materials and products] (204 c.) Ekaterinburg: Ural State University (In Russian).