

УДК 541.64; 678.8

А. Г. АНДРЕЕВ (ПС-21)

Научный руководитель – канд. техн. наук *А. А. ВАСИЛЬЕВ*

ФТОРПОЛИМЕР

Рассматривается использование фторполимеров в современном строительстве. Приведены основные свойства фторполимеров, технология их получения и переработки в изделия. Представлены основные типы фторполимеров. Представлен диапазон рабочих температур фторполимеров в сравнении с полиэтиленом и полипропиленом. Показано применение фторполимеров в строительстве.

Фторполимеры – полимеризационные полимеры на основе тетрафторэтилена и его сополимеров с диеновыми соединениями различного строения, наиболее известны под названием фторопласты. Их структура основана на углеродной цепи с атомами фтора, и связь углерод – фтор является одной из самых прочных в органической химии [1].

Производятся фторопласты методами суспензионной или эмульсионной полимеризации на перекисных инициаторах или с использованием радиационного облучения.

Свойства фторполимеров определяются их молекулярным строением и составом композиции. В отличие от простых пластмасс, это системы многокомпонентные, в которой каждый элемент отвечает за конкретную эксплуатационную характеристику.

Углеродная цепь (в основе материала расположены сильные ковалентные связи углерод – углерод) формирует основу молекулы, тем самым обеспечивая механическую целостность полимера. Атомы фтора – ключевой элемент, замещающий атомы водорода.

Благодаря высокой электроотрицательности фтора, вокруг углеродной цепи создается плотное электронное облако, экранирующее основу молекулы от внешнего и теплового воздействия.

Основные виды фторполимеров приведены в таблице 1.

Мономеры как тип фторполимера могут использоваться в различных комбинациях. Так, тетрафторэтилен (ТФЭ), основной компонент для получения политетрафторэтилена (ПТФЭ), обеспечивает максимально возможную химическую инертность и термостойкость; винилиденфторид обеспечивает повышенную механическую прочность и пьезоэлектрические свойства материала; гексафторпропилен используется для применения в качестве сомономера для снижения кристалличности и улучшения эластичности материала при сохранении высокой температурной стойкости [2].

Таблица 1 – Основные виды фторполимеров

Фторполимер	Английская аббревиатура
Политетрафторэтилен	PTFE
Фторированный этилен-пропилен (сополимер TFE + HFP)	FEP
Перфторалкокси-сополимер (TFE + перфторвиниловый эфир)	PFA
Этилен-тетрафторэтилен (сополимер)	ETFE
Поливинилиденфторид	PVDF
Полихлортрифторэтилен	PCTFE

Основные свойства фторполимеров [3]:

– термическая стабильность. Материалы сохраняют работоспособность в диапазоне от -200 до $+260$ °С (для ПТФЭ). Они не теряют прочности при нагреве и не становятся хрупкими на экстремальном морозе (рисунок 1);

– химическая и биологическая инертность. Фторполимеры устойчивы к воздействию агрессивных кислот, щелочей и растворителей. Материалы не подвержены гниению и воздействию плесени;

– низкая поверхностная энергия. Обладают антиадгезионными свойствами и минимальным коэффициентом трения (0,1–0,5). Это обеспечивает эффект самоочистения поверхностей;

– высокие физико-механические показатели. Прочность при растяжении составляет 20–30 МПа при исключительном удлинении до 350 %, что позволяет материалу выдерживать значительные деформации без разрушения;

– атмосферная долговечность. Срок службы изделий при прямом воздействии УФ-излучения и влаги достигает 25–35 лет без потери эксплуатационных качеств.

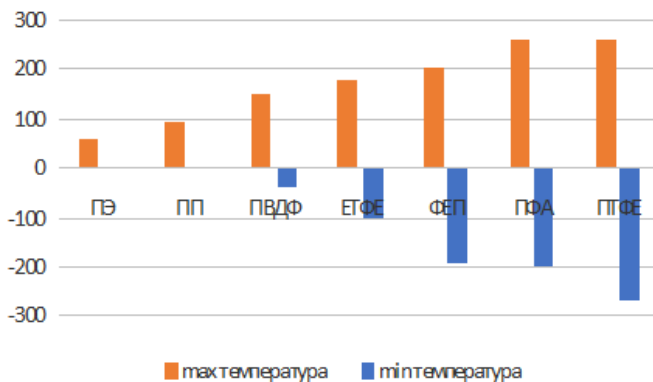


Рисунок 1 – Диапазон рабочих температур фторполимеров в сравнении с полиэтиленом и полипропиленом

Основным сырьём для производства фторполимеров является флюорит

CaF_2 , из которого при взаимодействии с серной кислотой получают фтороводород HF . Он является ключевым реагентом для синтеза фторорганических соединений. Основные мономеры – это ТФЭ, ВДФ и ГФП, их получают в результате многоступенчатых реакций фторирования и пиролиза.

При основном методе производства фторполимеров используется водно-эмульсионная полимеризация. Такой метод позволяет получать частицы полимера очень малых размеров, порядка 50–80 нм. В реактор загружают воду, эмульгатор и инициатор. В качестве эмульгаторов используют перфторированные карбоновые кислоты, инициаторами служат пересульфаты аммония или калия, затем подают газовую смесь мономеров. Процесс протекает при температуре 50–85 °С и давлении 1,5–3 МПа. По мере расходования мономеров смесь подпитывают, чтобы поддерживать постоянный состав. Полимеризация проходит через стадии иницирования, роста цепи и обрыва. После полимеризации получают дисперсию с 15–28 % твёрдой фазы. Для получения порошка дисперсию подвергают механической коагуляции в присутствии электролита, после промывают и сушат. Затем порошок гранулируют [4].

Переработка фторполимеров зависит от их поведения при нагреве. Материалы делятся на неплавкие и плавкие, и это определяет выбор технологий. Неплавкие фторполимеры, такие как ПТФЭ, перерабатывают по принципу порошковой металлургии. Порошок сначала холодно прессуют, получая хрупкую заготовку, затем спекают при температуре 360–380 °С, формируя монолит. Плавкие фторполимеры (ПВДФ, ФЭП и др.) перерабатываются методом экструзии (применяется для изготовления архитектурных плёнок, листов, труб), литьё происходит под давлением (для производства сложных деталей и узлов).

Несмотря на множество преимуществ, фторполимер имеет и свои недостатки, выражающиеся в высокой стоимости по сравнению с другими пластиками, сложной переработке (что может создавать экологические проблемы) хрупкости при экстремально низких температурах.

Фторполимеры находят широкое применение в строительной отрасли благодаря высоким эксплуатационным свойствам.

Применение плёнок на основе ЭТФЭ позволяет возводить большепролетные конструкции (стадионы, аэропорты). Материал обладает высокой светопропускающей способностью, низким весом и эффектом самоочищения, что позволяет производить светопрозрачные кровельные системы.

Поливинилиденфторид используется как защитное покрытие для фасадов и кровель, обеспечивая устойчивость к ультрафиолетовому излучению, атмосферным осадкам и перепадам температур, давая рынку отличные архитектурные покрытия. Прокладки из ПТФЭ, в опорных частях мостов обеспечивают компенсацию тепловых расширений и динамических нагрузок за счет минимального коэффициента трения, прекрасно работая в анти-

фрикционных узлах опор. В промышленном строительстве фторполимеры применяются для облицовки резервуаров и устройства полов, устойчивых к воздействию агрессивных кислот и щелочей, не заменимых в промышленной защите.

Высокие физико-механические свойства, термическая стабильность, химическая и биологическая инертность, низкая поверхностная энергия, атмосферная долговечность обеспечивают массовое применение фторполимеров в строительной отрасли не только сегодня и в ближайшем будущем, но и на многие годы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Логинов, Б. А.** Удивительный мир фторполимеров / Б. А. Логинов. – 2009. – URL: <https://elbib.biblioatom.ru/text/loginovudivitelnyy-mir-ftorpolimerov2009/p0/> (дата обращения: 19.02.2026).

2 Фторопласты // ProPlast. – URL: <https://propplast.ru/articles/ftoroplastyi/> (дата обращения: 19.02.2026).

3 Фторопласт: применение, свойства, производство, недостатки // ПромРесурс. – URL: <https://www.promresurs.ru/company/blog/ftoroplast-primenenie-svoystva-proizvodstvo-nedostatki/> (дата обращения: 19.02.2026).

4 Фторопласт: технология производства сырья и получение готовых изделий // ProfRezina. – URL: <https://profrezina.ru/news/1508/> (дата обращения: 19.02.2026).

Получено 19.05.2026

ISSN 2227-1155. Сборник студенческих научных работ.
Вып. 31. Гомель, 2026

УДК 69.003:658.5

А. В. АСТРЕЛИНА (МС-52)

Научный руководитель – канд. техн. наук *З. Н. ЗАХАРЕНКО*

ЖИЗНЕННЫЙ И ИНВЕСТИЦИОННЫЙ ЦИКЛЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Значение управления инвестиционным и жизненным циклами в строительной отрасли обусловлено масштабом потребления природных ресурсов и образования отходов.

В 1990-е годы на строительство приходилось более 40 % добываемого сырья, и, хотя сегодня этот показатель снизился до 32 %, отрасль по-прежнему генерирует одну четверть всех твёрдых отходов в мире. В ряде стран с развивающейся экономикой доля строительных отходов достигает 60 %. Основной вклад в образование таких отходов вносит завершающая фаза существования здания, когда материалы, как правило, утрачивают