

- повышение производительности;
- снижение веса;
- увеличение возможностей при проектировании в сравнении с деревом и металлами;
- устойчивость к коррозии;
- простота обработки и установки;
- определенные полимеры могут пропускать свет и даже быть прозрачными;
- простота технического обслуживания;
- изоляционные свойства.

С другой стороны, следует помнить о старении и механическом сопротивлении. Тем не менее, некоторые проекты, построенные в середине 1950-х годов с использованием полиэстера, укрепленного стекловолокном, демонстрируют значительную долговечность.

Отрасль гражданского строительства относится к консервативным, и перед расширением использования пластмасс и композитов стоят препятствия:

- слабая изученность и малый опыт работы с этими материалами в отрасли гражданского строительства;

- сложность перенесения опыта, накопленного в других отраслях промышленности;
- сложность выбора и оценки размеров этих материалов;
- сложность взаимопонимания между представителями различных профессий, обладающими очень разными менталитетами;

- мнение о пластмассах, сложившееся в обществе;
- жесткие окружающие условия на месте строительства;
- сложные условия применения, которые не совсем совпадают с практикой и квалификацией строителей.

Прогрессивный ответ пластмасс возрастающим требованиям строительства: от очищенных термопластов к ориентированным композитам с углеродными волокнами. Композиты представляют особый интерес для строительной отрасли, так как им присущи высокие коэффициенты (производительность/вес/конечная стоимость). Более того, возможность задания направления в композитном укреплении расширяет возможности при проектировании в сравнении со сталью. Затраты на материал для композитов всегда превосходят аналогичные затраты на металл, а самое дорогое это углеродно-волоконное армирование. Эти затраты на пластмассы и композиты компенсируются другими преимуществами.

В обмен на высокую стоимость материала композиты предлагают уникальный набор интересных свойств: снижение веса; сокращение расходов на сборку; установка; сокращение операционных расходов; сокращение итоговых расходов; сопротивление коррозии; безопасность.

УДК 691.175.5/.8

## О ВОПРОСЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*А. В. КОЛОМИЕЦ, А. Г. ГОРДЮК, А. А. БОРТНОВСКИЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В современном строительстве полимерные строительные материалы (их насчитывается свыше 100 наименований) находят все более широкое применение.

В настоящее время в мире производится более 100 млн т полимеров, значительная часть их используется в строительстве. В последнее десятилетие резко возрос выпуск таких важнейших полимеров, как полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид и полистирол. Полимеры все чаще используют как важнейшую составную часть композиционных материалов (например, полимербетон, полимерцементных бетонов и т. д.).

Широчайшее применение полимеров в строительстве, помимо таких положительных свойств, как антикоррозийность, эластичность, гибкость, технологичность, обусловлено в первую очередь возможностью создавать из них материалы с заданными разработчиками свойствами.

Спектр применения полимеров в строительстве весьма широк. Они повсеместно используются для: покрытия полов (линолеум, релин, поливинилхлоридные плитки и др.), внутренней отделки стен и потолков, гидроизоляции и герметизации зданий, изготовления тепло- и звукоизоляционных материалов (поропласты, пенопласты, сотопласты), кровельных и антикоррозионных материалов и покрытий, оконных блоков и дверей, конструкционно-отделочных и ограждающих элементов зданий, лаков, красок, эмалей, клеев, мастик (на полимерном связующем) и для многих других целей.

**Токсичность и другие негативные свойства полимерных материалов.** При оценке экологической чистоты полимерных строительных материалов руководствуются следующими основными требованиями к ним:

- полимерные материалы не должны создавать в помещении стойкого специфического запаха;
- выделять в воздух летучие вещества в опасных для человека концентрациях;
- стимулировать развитие патогенной микрофлоры на своей поверхности;
- ухудшать микроклимат помещений;
- должны быть доступными влажной дезинфекции;
- напряженность поля статического электричества на поверхности полимерных материалов не должна быть больше 150 В/см (при относительной влажности воздуха в помещении 60–70 %).

Многочисленные исследования показали, что практически все полимерные строительные и отделочные материалы, созданные на основе низкомолекулярных соединений, в процессе использования могут выделять (мигрировать) токсичные летучие компоненты, которые при длительном воздействии могут неблагоприятно влиять на живые организмы, в том числе и на здоровье человека.

Международное агентство по изучению рака (МАИР) обращает внимание на канцерогенную опасность полимеров, полученных из нефти и каменного угля, а Агентство по регистрации токсичных веществ и заболеваний (ATSDR) констатирует, что при производстве пластмасс используются вещества, входящие в перечень двадцати наиболее опасных токсичных веществ.

Приведем характеристику некоторых полимерных строительных и отделочных материалов, способных выделять токсичные субстанции.

*Материалы на основе карбамидных смол.* Древесностружечные плиты (ДСП) выделяют формальдегида в 2,5–3 раза и больше допустимого уровня. В свободном состоянии формальдегид представляет собой раздражающий газ, обладающий общей токсичностью. Он подавляет действие ряда жизненно важных ферментов в организме, приводит к заболеваниям дыхательной и центральной нервной систем.

*Материалы на основе фенолформальдегидных смол (ФФС).* Древесноволокнистые (ДВП), древесностружечные (ДСП) и древеснослоистые (ДСП). Выделяют в воздушную среду помещений фенол и формальдегид. Концентрация формальдегида в жилых помещениях, оборудованных мебелью и строительными конструкциями, содержащими ДСП, может превышать ПДК в 5–10 раз. Особенно высокое превышение допустимого уровня отмечается в сборно-щитовых домах. Токсичность выделяющихся веществ во многом зависит от марки смолы.

*Материалы на основе эпоксидных смол.* Как и другие виды смол: карбамидные, фенольные, фурановые и полиуретановые, эпоксидные смолы содержат летучие токсичные вещества: формальдегид, дибутилфтолат, эрихлоргидин и др. Например, полимербетон (ПБ) на основе эпоксидной смолы Эд-6 с введением в его состав пластификатора МГФ-9 снижает выделение ЭХГ и может быть рекомендован только для промышленных и общественных зданий.

*Поливинилхлоридные материалы (ПВХ).* ПВХ – линолеумы обладают общей токсичностью, в процессе эксплуатации могут создавать на своей поверхности статическое электрическое поле напряженностью до 2000–3000 В/см. При использовании поливинилхлоридных плиток в воздушной среде помещений обнаруживают фталаты и бромлирующие вещества. Весьма отрицательное свойство плиток – низкие теплозащитные свойства, что приводит к простудным заболеваниям. Рекомендуются только во вспомогательных помещениях и коридорах.

Ученые Института строительной экологии в Швеции к числу наиболее опасных химических соединений, выделяющихся в атмосферу жилища из полимерных строительных материалов, относят изоцианты, кадмий и антипирены.

Изоцианты – опасные токсичные соединения, проникающие в жилые помещения из полиуретановых материалов (уплотнителей, соединений и др.). Как отмечают шведские специалисты, поли-

уретановая пена очень удобна в работе, но может оказаться небезопасной для будущего жилища. Вредное воздействие изоциантов, приводящих к астме, аллергии и к другим заболеваниям, усиливается при нагревании полиуретановых материалов солнечными лучами или теплом от отопительных батарей. Возможный выброс изоциантов в атмосферу требует постоянного контроля, однако, как считают шведские специалисты из Института строительной экологии, существующие методы недостаточны, а новые пока еще в стадии разработки.

В заключение следует подчеркнуть, что в строительстве по соображениям экологической безопасности могут применяться только те полимерные материалы и изделия (облицовочные покрытия, погонажные изделия, клеи, мастика и т. п.), которые отвечают требованиям действующих ГОСТов, ТУ и обладают удовлетворительными санитарно-гигиеническими показателями.

УДК 539.419

## МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ АРМИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*Г. М. КУЗЁМКИНА, Ю. М. ПЛЕСКАЧЕВСКИЙ, О. И. ЯКУБОВИЧ*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Постановка арматуры в матрицу композита дает возможность увеличения прочности и жесткости строительных конструкций. Моделирование арматуры тонкими стержнями, воспринимающими только продольные нагрузки, не позволяет достоверно оценить напряжения в областях взаимодействия арматуры и матрицы композита, поскольку не учитывает неравномерность распределения напряжений по сечению арматуры, и не дает возможность учесть влияние трения между контактирующими фазами композита на его напряженно-деформированное состояние. Решение поставленной задачи возможно только при моделировании арматуры трехмерным деформируемым твердым телом. Использование метода конечных элементов позволяет подробно описать напряженно-деформированное состояние композита в области границы раздела фаз. При этом имеется возможность задать характерные для исследуемых композитов зависимости свойств компонентов и граничных условий от параметров нагружения.

В представленной работе поставлена задача по установлению особенностей напряженно-деформированного состояния нагруженных железобетонных стержневых элементов при изгибе и сложном нагружении.

В качестве объекта исследования рассматривалась консольная балка с длиной 1 м и прямоугольным поперечным сечением 20×30 см, армирование которой обеспечивалось пятью стальными стержнями диаметром 2 см. Принималось, что модули упругости материала матрицы и арматурной стали 27 и 200 ГПа соответственно. Нагружение балки осуществлялось силами тяжести ее элементов и равномерно распределенным давлением 170 кПа, приложенным к верхней грани.

Отличительная черта бетона – высокая прочность при действии сжимающих напряжений и низкая – при действии растягивающих напряжений. Поэтому линейная модель изотропного твердого тела, используемая для конечноэлементного расчета металлических конструкций, не дает точных результатов для железобетонных конструкций. Это обусловило необходимость применения специальных конечных элементов для описания свойств железобетона, которые удовлетворяют критерию повреждения бетона при объемном напряженном состоянии (критерий отказа Виллама и Варнке).

Для решения рассматриваемой задачи при использовании арматуры цилиндрической формы потребовалось уточненное разбиение арматурных стержней, которое вызвано необходимостью получения качественной сетки конечных элементов. Материалы арматуры и матрицы моделировались двадцатиузловыми призматическими конечными элементами.

Размер элемента по длине арматуры не превышал 10 мм, что позволило с достаточной степенью точности определить положение площадок внутреннего скольжения. Трение между арматурой и матрицей учитывалось путем введения специальных контактных конечных элементов. В результате моделирования общее количество элементов модели оказалось равным 144000.