

По полученным результатам расчета модели с односрезным соединением наглядно наблюдается совместное действие растягивающих и изгибающих усилий в центральной части. В связи с установкой потайного крепежа наблюдается высокая степень «подмятия» зонкованной области ортотропной пластины, которая в свою очередь провоцирует потерю несущей способности образца. В случае с моделью двухсрезного соединения наблюдается равномерное нагружение модели с выработанной сдвиговой модой разрушения.

В зависимости от различных схем армирования ортотропных пластин наблюдаются различные формы разрушения. Так, для образца односрезного соединения с укладкой монослоев из 13,3 % слоев по направлению 0°, 40 % слоев по направлению 45°, 46,7 % слоев по направлению 90° (13,3/40/46,7), имеет место малое количество поврежденных вдоль 0° слоев и множественные повреждения слоев от сдвиговых деформаций. Данная мода проявляется в разной степени в зависимости от укладки образца из ПКМ. При анализе показателей критерия разрушения в образце двухсрезного соединения явно наблюдается высокая чувствительность от схемы армирования. Так, для модели с укладкой монослоев из 9 % слоев по направлению 0°, 73 % слоев по направлению 45°, 18 % слоев по направлению 90° (9/73/18), т. е. состоящей из большого количества слоёв с ориентацией 45° имеют место множественные повреждения слоев от сдвиговых и сжимающих деформаций.

Анализ результатов работы показывает, что ортотропные пластины подвержены сильному влиянию геометрических концентраторов и типа соединения. При проектировании элементов конструкций из ортотропного материала целесообразно использовать комплексный подход по определению несущей способности. Расчет показал, что введение потайного крепежа в односрезном соединении снижает несущую способность на 0,86 относительно прямого отверстия и не может быть учтено путем пропорционального пересчета на уменьшенную площадь сечения.

Данный подход на изучаемых примерах позволяет значительно увеличить площадь области несущей способности. Учет особенностей типа соединения при проектировании стыков наглядно показывает сужение области несущей способности.

УДК 54-18

## ПРИМЕНЕНИЕ КАУЧУКА НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

*Н. А. ВОЛКОВ, Л. С. КУЩЕНКОВА*

*Нижегородский институт путей сообщения –  
филиал Приволжского университета путей сообщения, г. Нижний Новгород,  
Российская Федерация*

Каучук – универсальный материал, нашедший широкое применение в железнодорожном транспорте. Его свойства, такие как эластичность, стойкость к истиранию и вибрации, делают его идеальным для различных элементов железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава.

Приведем несколько примеров использования каучука.

*1 Резиновые прокладки, уплотнители и подушки.*

Вагоны: каучуковые прокладки используются для уплотнения дверей, окон и других открытых участков вагонов, предотвращая проникновение влаги, шума и пыли.

Локомотивы: резиновые уплотнители применяются в двигателях, системах охлаждения и других компонентах, обеспечивая герметичность и предотвращая утечки.

Пути: резиновые прокладки используются в стыках рельсов для поглощения вибрации и шума, а резиновые подушки используются для улучшения сцепления с рельсами и снижения износа колес на резких изгибах.

Системы торможения: резиновые уплотнители и прокладки используются в тормозных системах для предотвращения утечки воздуха и обеспечения надежного торможения.

*2 Резиновые колеса.*

Локомотивы: резиновые колеса применяются в маневровых локомотивах и других типах локомотивов работающих на малых скоростях, обеспечивая плавность хода и снижение шума.

Вагоны: в некоторых типах вагонов, например, в вагонах метро, используются резиновые колеса для повышения комфорта пассажиров и снижения шума.

*Резиновые прокладки* используются в колесах локомотивов и вагонов для повышения комфорта пассажиров и снижения шума; они поглощают вибрацию и удары, способствуя более плавной езде.

*Резиновые бандажки* могут использоваться на колесах локомотивов и вагонов для повышения сцепления с рельсами, особенно на скользких поверхностях.

### 3 *Резиновые буферы.*

Вагоны: резиновые буферы устанавливаются на концах вагонов для поглощения ударов при столкновениях, предотвращают повреждение вагонов и обеспечивают безопасность.

Локомотивы: резиновые буферы используются для смягчения ударов при маневрах и переходах на другие пути.

### 4 *Резиновые подвески.*

Вагоны: резиновые подвески используются для снижения вибрации и шума, создаваемых движением поезда, а также для повышения комфорта пассажиров и увеличения срока службы вагонов.

### 5 *Резиновые изоляторы.*

Контакты: резиновые изоляторы используются для предотвращения короткого замыкания в электрических контактах, обеспечивая безопасность и надежность.

6 *Резиновые шланги:* используются для подачи воздуха, воды и других жидкостей в различные системы поезда.

7 *Резиновые детали в электрооборудовании:* используются для изоляции и защиты проводки.

8 *Резиновые ручки:* обеспечивают удобный захват и долговечность.

9 *Резиновые покрытия:* защищают пол вагонов от повреждений.

10 *Резиновые прокладки:* обеспечивают устойчивость и комфорт в сиденьях.

11 *Пневматические амортизаторы:* в железнодорожных вагонах и других транспортных средствах они уменьшают вибрации и другие воздействия, передаваемые от колес.

Морозостойкая каучуковая композиция может использоваться в пневматических амортизаторах для железнодорожных вагонов, используемых в холодных климатических условиях. В таком случае каучук обладает хорошей морозостойкостью, то есть небольшим уменьшением упругости даже при низких температурах.

Композиционные материалы в инфраструктуре железных дорог (например, в строительстве и ремонте мостов и тоннелей, системах дренажа и водоотведения на путях).

Многие из нас, наверное, и не подозревают, что каучук используют на железной дороге для изготовления шпал. Шпалы, изготовленные из полимербетона, обладают всеми необходимыми качествами и отвечают всем требованиям, которые предъявляются к шпалам для скоростных железных дорог. Полимербетон – это долговечный материал, обладающий водоотталкивающими свойствами и устойчивостью к воздействию агрессивных химических сред. Предлагаемый полимербетон – это резинобетон, защищенный патентом США. Резинобетон – это первый в мире полимербетон, где в качестве вяжущего материала используется не эпоксидная, полиэфирная или фурановая смола, а жидкий каучук (полибутадиен). Такой бетон имеет прочность на сжатие до 90 МПа и на растяжение при изгибе до 30 МПа, что особенно важно, так как этот показатель прочности на растяжение значительно превосходит прочность на растяжение обычного бетона (на портландцементе). Водопоглощение полимербетона не превышает 0,06 %.

Полимербетон обладает высокой химической стойкостью как в щелочах, так и в кислотах. Собственно, само вяжущее полимербетона может применяться как самостоятельное, химически высокостойкое, защитное покрытие, обладающее высокой адгезией к стали (до 11,5 МПа при отрыве) и работоспособное до температуры 95 °С. Благодаря своей эластичности резинобетон устойчив к динамическим нагрузкам и не создаёт трещин. Для изготовления шпал из полимербетона можно использовать опалубку шпал из обычного железобетона. Смешивается агрегат и вяжущее, т. е. полимер из семейства жидких каучуков. Смесь заливается в опалубку (форму), в которой предварительно выполнен монтаж арматуры, возможно с предварительным натяжением (если есть необходимость в предварительном натяжении).

Затвердевание происходит в течение 12–48 часов. Для улучшения качества и ускорения процесса затвердевания необходимо нагревать опалубку до 120 °С.

Через два дня изделие можно вынимать из опалубки и через семь дней это изделие готово к восприятию рабочих нагрузок.

Шпалы из полимербетона обладают повышенной прочностью, надежностью, долговечностью в сравнении со всеми существующими шпалами. В долгосрочной перспективе это приведет к удешевлению, т. е. к экономии средств при эксплуатации железнодорожных путей.

### *Преимущества использования каучука в железнодорожном транспорте.*

1 Высокая прочность и износостойкость, а следовательно, и увеличение срока службы: каучук обладает высокой прочностью и износостойкостью, что позволяет ему выдерживать нагрузки и вибрации, возникающие при движении поезда.

2 Устойчивость к воздействию окружающей среды: каучук не подвержен коррозии и не боится влаги, что делает его идеальным материалом для использования в железнодорожном транспорте.

3 Хорошие изоляционные свойства: каучук является хорошим изолятором, что делает его идеальным материалом для использования в электрооборудовании.

4 Амортизирующие свойства: каучук обладает амортизирующими свойствами, что позволяет снизить вибрацию и шум, создаваемые поездом.

5 Повышение безопасности: улучшение сцепления с рельсами и устойчивости вагонов.

6 Снижение затрат: увеличение срока службы деталей, снижение стоимости ремонта и технического обслуживания.

В заключение хочется отметить, что каучук является важным материалом в железнодорожном транспорте, обеспечивая надежность, безопасность, комфорт и долговечность этой системы. Он используется в различных компонентах и системах, таких как прокладки, колеса, буферы, подвески, изоляторы, шланги и другие. Постоянно развивающиеся технологии и новые виды каучука обеспечивают еще более эффективное использование этого материала в железнодорожном транспорте.

### **Список литературы**

1 Композитные шпалы. Последние разработки [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://compositeworld.ru/articles/app/id5f109a3ea2d6046ed2ebe0b8>. – Дата доступа : 10.09.2024.

2 Железнодорожная шпала из переработанной резины (варианты) и способ ее производства из переработанной резины [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://patents.google.com/patent/RU2245410C2/ru>. – Дата доступа : 10.09.2024.

3 Композитные шпалы для РЖД вызывают вопросы специалистов. Использование пластика для железной дороги ограничивают климат и нагрузки [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://vgudok.com/lenta/kompozitnye-shpaly-dlya-rzhd-vyzyvayut-voprosy-specialistov-ispolzovanie-plastika-dlya>. – Дата доступа : 10.09.2024.

УДК 629.12

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕСТКОСТИ ПЕРФОРИРОВАННЫХ ПЛАСТИН ПРИ ДЕЙСТВИИ УДАРНЫХ НАГРУЗОК**

*М. В. ГОРОХОВА*

*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород,  
Российская Федерация*

При действии на судовую конструкцию ударных давлений со стороны жидкости в некоторых случаях перед основными элементами, такими как пластины, перекрытия, стали устанавливать дополнительные перфорированные пластины (пластины с вырезами). Цель установки перфорированных пластин – снизить ударные давления со стороны жидкости, передаваемые на основные связи. Примером такой конструкции пластины с вырезами является подшивка моста катамарана. В связи с этим представляется интересной и важной задача о жесткости таких защитных конструкций.

Для определения динамической жесткости перфорированной пластины используется задача приведения, как и при статическом нагружении. Содержание этой задачи заключается в нахождении параметров сплошной пластины, обладающей той же жесткостью, что и решетка. Определение параметров изгиба для перфорированных пластин методом приведения для статической задачи подробно рассматривалось в работе [1]. При этом постулируется утверждение, что прогибы сплошной и перфорированной пластин подобны, то есть справедливо (при прочих одинаковых условиях) выражение

$$w = \varphi w^*.$$

При ударной нагрузке на пластину будем считать, что ее прогиб обратно пропорционален ее жесткости, как и при статическом изгибе.

Пусть  $D$  – жесткость сплошной пластины толщиной  $s$ ;

$D^*$  – жесткость перфорированной пластины толщиной  $s^*$ .