

$$\langle [dc^{[-2]} c a], [dc^{[-2]} c b], [dc^{[-2]} c S_c(a)], [dc^{[-2]} c S_c(b)] \rangle - \text{параллелограмм } G.$$

Теорема 2. Пусть  $a, b, c, d$  – произвольные точки из  $G$ . Произвольная точка  $p \in G$ , самосовмещается относительно последовательности вершин четырехугольника

$$\langle [dc^{[-2]} c a], [dc^{[-2]} b], [dc^{[-2]} c S_c(a)], [dc^{[-2]} c S_c(b)] \rangle$$

тогда и только тогда, когда этот четырехугольник – параллелограмм  $G$ .

#### Список литературы

- 1 **Dörnte, W.** Untersuchung über einen verallgemeinerten Gruppenbegriff / W. Dörnte // Math. Z. – 1928. – Bd. 29. – S. 1–19.
- 2 **Post, E. L.** Polyadic groups / E. L. Post // Trans. Amer. Math. Soc. – 1940. – Vol. 48, no. 2. – P. 208–350.
- 3 **Prüfer, H.** Theorie der Abelschen Gruppen I. Grundeigenschaften / H. Prüfer // Math. Z. – 1924. – Bd. 20. – S. 165–187.
- 4 **Русаков, С. А.** Алгебраические  $n$ -арные системы: Силовая теория  $n$ -арных групп / С. А. Русаков. – М. : Беларуская навука, 1992. – 264 с.
- 5 **Кулаженко, Ю. И.** Полиадические операции и их приложения / Ю. И. Кулаженко. – М. : Издательский центр БГУ, 2014. – 311 с.

УДК 691

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАМЕНЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ПЛАСТМАССОВЫЕ

*Л. С. КУЩЕНКОВА*

*Нижегородский филиал Самарского государственного университета путей сообщения,  
Российская Федерация*

Замена металла уже на протяжении многих лет остается вопросом, который в центре внимания отрасли по производству пластмассовых материалов. Самые передовые технологии производства пластмасс и их производных широко применяются на железнодорожном транспорте, самолетостроении, автомобильной промышленности и при изготовлении бытовой техники и электроники. Из пластмасс выполнены фюзеляжи самолетов, которые по прочности не уступают металлическим конструкциям; некоторые детали крыльев и хвостового оперения, а также баки и контейнеры для горючего. На пассажирских самолетах, в железнодорожных вагонах пластмассами отделаны помещения, из пластмасс изготовлена мебель.

Исходными материалами для получения пластмасс служат дешевые природные вещества: продукты переработки каменного угля, нефти, природного газа и т. д. На производство пластмасс требуется гораздо меньше капитальных вложений, чем на получение цветных металлов.

В последние годы наблюдается такой быстрый рост производства деталей из пластмасс, какого не знали никакие другие материалы. Этот рост можно объяснить хорошими технологическими и многообразными их полезными свойствами.

**Технологические** особенности пластмасс:

- отходов при изготовлении пластмассовых деталей примерно в 5 раз меньше, чем при изготовлении металлических, кроме того, они обладают повышенной ремонтпригодностью;
- трудоемкость изготовления пластмассовых деталей высокопроизводительными методами: литьем, прессованием выдавливанием в 7–10 раз ниже, чем обработка металлических деталей;
- ресурсы сырья для изготовления большинства пластмасс считаются практически неограниченными;
- применение 1 т пластмасс позволяет сэкономить 3–7 т стали или цветных металлов;
- затраты на создание мощностей по производству пластмасс значительно меньше, чем на производство металла, сроки освоения значительно короче.

В вагоностроении применение стеклопластика позволяет снизить вес пассажирского вагона примерно в 2 раза. Цистерны для перевозки жидкого топлива и химикатов, выполненные из стеклопластика, примерно в 3 раза легче стальных. В строительстве наибольшее распространение пластики получили в качестве отделочных материалов. Так, например, декоративными пластиками отделаны станции метрополитенов, кинотеатры и т. д. Кроме того, из пластмассы изготавливают мебель, санитарно-техническое оборудование, арматуру, трубы и редукторы, шестерни и другие детали и изделия, что значительно снижает финансовые затраты.

Полиэтиленовые трубы имеют отличные технико-экономические показатели, непосредственно связанные с низкой себестоимостью эксплуатации, низкими затратами на установку и долгим сроком службы. Они используются при строительстве трубопроводов промышленного и хозяйственно-бытового водоснабжения. Высокое качество и экологическая безопасность материала позволяет использовать полиэтиленовые трубы для транспортировки питьевой воды. Трубы обладают следующими преимуществами:

- долговечность (полиэтиленовые трубы прослужат не менее 50 лет, что в несколько раз превышает данный показатель для металлических трубопроводов);

- пониженный уровень затрат, который связан прежде всего с дешевизной полиэтилена как строительного материала, а также с простотой и низкой стоимостью монтажа и перевозки (легкий вес труб позволяет обходиться меньшим количеством транспорта при перевозке, а крепление осуществляется простой сваркой встык, без применения тяжелой техники. При этом образуются надежные соединения, которые не теряют прочности с течением времени и гарантируют полную герметичность трубопровода. Они не допускают утечек или проникновения посторонних веществ внутрь).

- при замерзании и расширении жидкости внутри полиэтиленовой трубы не образуется разрывов. Труба растягивается до нужного размера и вернется затем к первоначальным параметрам.

- не нуждаются в электродной защите и не подвержены коррозии, ржавчине и окислению.

Последние 20 лет в мире стали периодом интенсивного роста применения пластмасс взамен традиционных материалов (металлов, керамики и т. д.) и реактопластов.

Производство машин не обходится без использования пластмасс и резин. Они являются как заменителями дефицитных цветных металлов, так и материалами с особыми свойствами, для которых не всегда может быть найдена замена. Этим и объясняется широкое использование пластмасс для изготовления огромной номенклатуры деталей машин. Применение пластмасс повышает качество машин и оборудования за счет снижения их массы, улучшает внешний вид, позволяет экономить цветные и черные металлы. Особенно эффективна замена пластмассами цветных металлов (свинца, меди, цинка, латуни, бронзы) и легированных сталей. Пластмассы были внедрены в автомобильную промышленность по ряду причин, среди которых сокращение расходов, снижение веса, объединение компонентов, дизайн, сопротивление коррозии и безопасность. Сегодня автопроизводители по всему миру применяют пластмассы для снижения уровня шума и вибраций, которые были типичны для интерьеров автомобилей. Их действия отражают потребности сегодняшних потребителей, которые хотят видеть вокруг себя приятный и удобный салон. Выполнение из пластмасс или с пластмассовыми покрытиями корпусов центробежных насосов для перекачки агрессивных жидкостей обеспечивает коррозионную стойкость. Основные пластмассы для корпусных деталей: стеклопласты, винилпласты, полистирол.

Целесообразность изготовления кожухов и крышек, корпусов переносных машин и приборов из пластмасс определяется удобством эксплуатации и технологическими соображениями (при достаточной серийности выпуска). Для корпусов приборов часто играют также существенную роль электроизоляционные и диамагнитные свойства пластмасс. Выбор материала диктуется технологическими соображениями.

В области звукоизоляции свое применение находят многие полимеры, в том числе полиуретаны, полиамиды, полиэтилен, полипропилен, термопластичные эластомеры и различные конструкционные пластмассы. Изолирование с использованием полимеров, хорошо поглощающих звук, является самой распространенной стратегией автопроизводителей по снижению уровня шума. Тем не менее, существует и другой подход, который заключается в замене металлических деталей менее шумными пластмассовыми аналогами. Иногда эти пластмассовые компоненты дополняются добавками, снижающими уровень трения, которые могут ослабить как шум, так и износ.

Одним из способов снижения уровня шума, вибрации и резкости движений внутри транспортных средств является введение изоляционной пены (обычно это двухсоставное соединение полиуретана) внутрь конструктивных деталей автомобилей. Пенные системы, затвердевающие практически мгновенно, вводятся на сборочной линии внутрь стоек, балок и в другие структурные проемы автомобилей, формируя при этом герметичное акустическое уплотнение. Помимо этого, пена вводится в пространство между пассажирским салоном и двигателем.

Полиуретановая пленка, которая приклеивается к днищу кузова, эффективно заглушает звуки от ходовой части автомобиля. Подложки на основе полиуретана для ковров, дверных прокладок, обшивки потолка салона и приборной панели также являются важными элементами систем подавления звука, используемых в последних моделях автомобилей.

Тем временем расширяется применение микропористых полиуретановых каучуков для снижения уровня вибрации в подвесных системах транспортных средств, в которых они действуют в качестве пружинных опор и изоляторов, противоударных креплений и буферов. Помимо этого, данные материалы применяются в противоударных бамперах, где они ослабляют распространение силы удара и последствия попадания в выбоины на дорогах.

Самосмазывающиеся пластмассовые шестерни ослабляют шум и износ в автомобилях и других механизмах.

Технико-экономическая эффективность применения пластмасс в машиностроении определяется в основном значительным снижением массы машин и повышением их эксплуатационных качеств, а также экономией цветных металлов и сталей. Замена металла пластмассами значительно снижает трудоемкость и себестоимость машиностроительной продукции. При замене черных металлов пластмассами трудоемкость изготовления деталей уменьшается в среднем в 5–6 раз, а себестоимость – в 2–6 раз. При замене пластмассами цветных металлов себестоимость снижается в 4–10 раз.

Оглянувшись кругом, мы заметим массу вещей, изготовленных из пластмасс, которые прочно вошли в наш быт. Большое число деталей холодильников, телевизоров, пылесосов, стиральных машин, спортивные принадлежности, игрушки, посуда, отделочные и упаковочные материалы, различные предметы галантереи, санитарии и гигиены – вот далеко не полный перечень изделий из пластмасс, широко применяемых в быту.

УДК 539.3

## ЛОКАЛЬНОЕ НАГРУЖЕНИЕ КРУГОВОЙ СЭНДВИЧ-ПЛАСТИНЫ СТУПЕНЧАТО-ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ

*Д. В. ЛЕОНЕНКО, Ю. М. ПЛЕСКАЧЕВСКИЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Трехслойные конструкции широко применяются в различных отраслях народного хозяйства, включая транспортное машиностроение и строительство. Достаточно хорошо исследовано статическое и динамическое деформирование гладких круговых трехслойных пластин. Так, в статье [1] рассмотрены свободные колебания, статьи [2, 3] посвящены исследованию локального нагружения трехслойных пластин, в том числе и на упругом основании. Статическое нагружение трехслойного гладкого стержня рассмотрено в [4], ступенчатого при действии температурного нагружения – в [5]. В работе [6] исследована сэндвич-пластина с нерегулярной границей. Здесь рассмотрена подобная пластина под действием локальной нагрузки.

Пластина состоит из трех слоев. Толщины несущих слоев равны между собой ( $h_{1l} = h_{2l} = h_l$ ) и могут изменяться вдоль радиуса пластины ступенчато. На внешнюю поверхность первого несущего слоя действуют осесимметричные равномерно распределенные локальные нагрузки  $q_1(r)$ ,  $q_2(r)$ . За искомые величины принимаются прогиб пластины  $w_l(r)$  и относительный сдвиг в заполнителе  $\psi_l(r)$  на каждом участке  $l$ , которые не зависят от окружной координаты  $\varphi$ .

Для аналитической записи локальной распределенной нагрузки используется функция Хевисайда  $H_0(r)$  [7]:

$$H_0(r) = \begin{cases} 1, & r \geq 0, \\ 0, & r < 0. \end{cases}$$