

коррозионной защиты деталей кузова разработана полимерная композиция, состоящая из вторичного полистирола (ВУПС) или отходов пенополистирола (ППС) и каучука синтетического натрий бутадиенового (К) в соотношении (2–3):1. Совмещение вторичного полистирола (пенополистирола) и каучука в едином композиционном материале достигнуто за счёт применения смеси растворителей (ацетон 34,4–34,8 % : гексан 65,2–65,6 %), состав которых отвечает оптимальной термодинамической совместимости взаимодействующих компонентов. Указанный состав рассчитан при помощи планирования на симплексе в координатах трехмерных параметров растворимости.

Технология и режимы переработки отходов полимеров влияют на их повторное использование. Вторичная переработка и пластификация синтетических полимеров особенно влияет на их молекулярную массу. Поэтому перед вторичным использованием полимерного материала необходимо оценить этот параметр. Молекулярную массу вторичного и исходного полистирола оценивали вискозиметрическим методом. Результаты исследований показали увеличение в 1,77 раза средневязкостной молекулярной массы для ВУПС по сравнению с исходным полистиролом марки УПМ-508. Это можно объяснить образованием в процессе эксплуатации и переработки полимера большого количества новых радикалов, что обуславливает протекание процессов сшивки в структуре полистирола с участием добавок, применяемых при его переработке для улучшения качества изделий из вторичных пластмасс. Подтверждением этого является увеличение на 20 % разрушающего напряжения при сжатии композиции на основе ВУПС по сравнению с композицией на основе УПМ-508, обладающего меньшей молекулярной массой (низкомолекулярные полимеры очень хрупки и имеют малую прочность при растяжении и сжатии).

Таким образом, вторичный полистирол обладает высокой молекулярной массой и практически не изменяет свои первоначальные физико-механические и технологические характеристики, что позволяет получать качественные материалы на его основе, не уступающие по эксплуатационным характеристикам материалам, полученным на основе исходного полимера.

Анализ кинетики испарения смеси растворителей из разработанного материала позволил понять механизм процессов, протекающих в объеме композита во время сушки. По-видимому, это обусловлено тем, что лимитирующей в этом процессе является стадия диффузии растворителя из объема материала. Быстрое испарение растворителя из поверхностного слоя приводит к его монолитизации и резкому снижению скорости испарения. В дальнейшем диффузия растворителя из объема материала за счет градиента концентраций и внутренних напряжений, возникающих в процессе формирования образца, приводит к размягчению поверхностного слоя и интенсификации процесса испарения растворителя. Затем этот цикл повторяется. Знание этих закономерностей позволяет правильно определить время высыхания композиции, жизнеспособность и др. характеристики.

Герметизирующая мастика была испытана на Гомельском отделении Белорусской железной дороги: в течение 6 месяцев эксплуатации транспортных средств отслоений мастики и коррозионных разрушений защищаемого металла не наблюдалось.

На основании проведенных испытаний предложенный состав рекомендован к применению для антикоррозионной защиты деталей кузова подвижного состава от влаги, солей и других агрессивных воздействий окружающей среды. На предложенную мастику разработан технологический регламент.

Контроль качества герметизирующего состава показал, что разработанная мастика соответствует требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 30693-2000 Мастики гидроизоляционные. Общие технические условия.

УДК 629.4.063.6

## УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ТЕПЛОВОЗНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

*Ю. Г. САМОДУМ*

*Белорусский государственный университет транспорта*

В тепловозной лаборатории БелГУТа усовершенствован универсальный стенд для испытания топливной аппаратуры тепловозных дизелей, на котором выполнены исследования работы топлив-

ной аппаратуры дизеля 10Д100М. Стенд представляет собой установку, на которой воспроизводится работа топливной системы дизеля. На стенде можно проводить испытание и исследование топливных систем различных дизелей, так как имеется возможность установки топливных насосов и форсунок различных конструкций и размеров за счет применения проставок для насосов и сменных колец для форсунок. Бесступенчатое изменение частоты вращения вала привода топливных насосов в диапазоне, характерном для топливной аппаратуры исследуемых дизелей, производится регулированием возбуждения электрических машин постоянного тока стенда.

Универсальный стенд для испытаний и исследований топливной аппаратуры дизелей включает в себя следующие системы и устройства:

- система привода топливного насоса;
- система смазки кулачкового вала и толкателей топливного насоса;
- система подвода топлива к насосу и отвода топлива от насоса;
- устройство для установки форсунок и гашения энергии впрыска;
- устройство для измерения частоты вращения приводного вала и автоматического отсчета ходов плунжера;
- устройство для измерения подачи топлива насосами;
- система управления агрегатами.

Стенд позволяет изменять скоростные и нагрузочные режимы для исследуемой топливной аппаратуры, фиксировать количественные характеристики протекания процессов, происходящих в топливной аппаратуре, с определением основных параметров процесса подачи топлива, давления топлива за насосом, перед форсункой, под запорным конусом иглы (закон подачи), закон перемещения иглы, продолжительность впрыска.

Для исследования параметров подачи топливной аппаратуры дизеля 10Д100М на стенд был установлен фрагмент кулачкового вала привода топливного насоса высокого давления с кулачком, обеспечивающим постоянную скорость движения плунжера топливного насоса. Для записи этих параметров к стенду подключен персональный компьютер IBM PC с установленной в нем платой аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

В процессе исследования параметров подачи топливной аппаратуры дизеля 10Д100М определялись следующие величины: давление топлива на выходе топливного насоса высокого давления  $P_n$  (МПа), давление топлива под запорным конусом иглы форсунки  $P_f$  (МПа), частота вращения  $n$  (об/мин) и угол поворота кулачкового вала  $\varphi$  (град ПКВ). Также измерялось количество топлива, подаваемого топливной аппаратурой.

Измерение давления топлива на выходе насоса  $P_n$  и под запорным конусом иглы форсунки  $P_f$  проводилось при помощи универсальной тензометрической станции УТС-1-ВТ-12 и аналого-цифрового преобразователя (АЦП–ADC 100К/12-8). Несущая частота тензостанции – 35 кГц, а также конструкция датчиков, имеющих высокую частоту собственных колебаний, позволяют получать неискаженные характеристики измеряемых величин. Аналого-цифровой преобразователь конструктивно выполнен в виде платы расширения ISA – шины персонального компьютера типа IBM PC, имеющей 8 независимых каналов вывода. Время преобразования сигнала 10 мкс, входной диапазон по напряжению  $\pm 5$  В.

Частота вращения маховика определялась по штатному тахометру ТКМС–1000 с ценой деления 10 об/мин. Диапазон измерения тахометра – от 50 до 1000 об/мин. Отметка на барабане стенда, соответствующая внутренней мертвой точке первого цилиндра дизеля 10Д100М, фиксировалась при помощи индукционного торцового датчика, подключенного непосредственно к АЦП.

Измерение давления топлива на выходе топливного насоса проводилось датчиком, установленным между топливным насосом и трубкой высокого давления. Датчик состоит из корпуса, в котором находится мембрана толщиной 4 мм, что позволяет получить достаточно высокую частоту собственных колебаний для исключения влияния инерционности мембраны на результат измерений. На мембрану наклеены два тензодатчика (база  $L = 10$  мм, сопротивление  $R = 100$  Ом). Для уменьшения искажений импульсов за счет увеличения объема топлива между корпусом датчика и мембраной помещен вытеснитель объема.

Измерение давления под иглой форсунки осуществлялось датчиком, у которого в качестве чувствительного элемента установлена плоская мембрана с тензодатчиками. У исследуемой форсунки серийный распылитель заменен на специальный, имеющий два отверстия. Первое служит для со-

общения с измерительной полостью, второе, имеющее сечение, равное суммарному сечению отверстий серийной форсунки, – служит для отвода топлива. Тарировка датчиков выполнена по образцовому манометру с ценой деления 0,3 МПа на стенде для регулировки форсунок А106.

Расход топлива через сопловой наконечник форсунки определялся за 800 ходов плунжера топливного насоса высокого давления. Отсчет ходов плунжера производился штатным полуавтоматическим счетчиком, управляющим сливным лотком. В процессе измерения сливной лоток направляет топливо из форсунки в мерную емкость. После того как плунжер совершит 800 ходов, сливной лоток переключается на слив топлива в топливный бак. Измерение количества топлива, поданного насосом, производится путем взвешивания мерной емкости с топливом на весах с ценой деления 2 грамма. Относительная погрешность измерения составила 0,4 – 2 %.

Использование усовершенствованного стенда для испытания топливной аппаратуры тепловозных дизелей позволяет значительно снизить затраты при проведении испытаний топливной аппаратуры, так как нет необходимости проводить моторные испытания. На данном стенде сотрудниками кафедры «Тепловозы и тепловые двигатели» БелГУТа были определены следующие параметры топливной аппаратуры дизеля 10Д100М:

- исследованы зависимости изменения давления топлива на выходе топливного насоса высокого давления и под запорным конусом иглы форсунки при различных давлениях открытия иглы;
- исследовано влияние изменения давления открытия иглы форсунки на продолжительность впрыска топлива;
- исследованы зависимости изменения угла опережения впрыска топлива при различных давлениях открытия иглы форсунки.

УДК 629.4.027.27

## К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

*В. И. СЕНЬКО, И. Ф. ПАСТУХОВ, М. И. ПАСТУХОВ*  
*Белорусский государственный университет транспорта*

Несущая способность литых деталей тележек грузовых вагонов при проектировании оценивается коэффициентом сопротивления усталости, определяемым по зависимости

$$n = \frac{(P_{aN})_{0,95} + \Psi_v (P_T - P_{ст} K_n)}{P_{ст} K_n K_{дз}}, \quad (1)$$

где  $(P_{aN})_{0,95}$  – предел выносливости детали по амплитуде при вероятности неразрушения 0,95 после назначенного срока эксплуатации, кН;  $\Psi_v$  – коэффициент чувствительности детали к асимметрии цикла. Для деталей изготовленных из стали 20Л –  $\Psi_v = 0,05$  и из сталей 20ГЛ, 20ФЛ, 20ГФЛ и 20ГТЛ –  $\Psi_v = 0,1$ ;  $P_T$  – постоянная средняя нагрузка цикла, кН;  $P_{ст}$  – расчетная вертикальная статическая нагрузка брутто на деталь, соответствующая заданной осевой нагрузке, кН;  $K_n$  – коэффициент использования грузоподъемности вагона;  $K_n = 0,9$ ;  $K_{дз}$  – коэффициент вертикальной динамики, приведенный к базовому числу циклов нагружения  $N_0 = 10^7$  и эквивалентный повреждающему действию вертикальных динамических нагрузок на литые детали за назначенный срок службы  $T_r$ . Для боковых рам  $K_{дз} = 0,5$ , а для надрессорных балок  $K_{дз} = 0,35$ .

Несущая способность деталей обеспечивается, если соблюдается неравенство

$$n \geq [n],$$

где  $[n]$  – допускаемый коэффициент сопротивления усталости, равный  $[n] = 1,4$ .

В основе определения коэффициента сопротивления усталости лежат натурные испытания литых деталей на выносливость и действующие на деталь эксплуатационные нагрузки. Во времени они меняются, соответственно меняется и коэффициент сопротивления усталости. Исследование такого изменения показало, что зависимость (1) дает явное занижение коэффициента сопротивле-