

Одним из перспективных направлений в производстве прокладок является технология литья под давлением. Проведены исследования, основной задачей которых была разработка технологии переработки композиционного материала на основе отходов ПЭВД и отходов обувного производства методом литья под давлением и технической документации на литьевую пресс-форму для термопластавтомата модели ТПА 400/100, позволяющую изготавливать регулировочные подрельсовые прокладки.

В ходе проведения экспериментальных работ изучались литейные и технологические свойства следующих материалов: ПЭВД + отходы от шлифования микропористой резины (50/50), ПЭВД + отходы от шлифования микропористой резины + измельченные отходы юфти (50/30/20).

Как показали результаты исследований, оба материала обладают удовлетворительными литейными свойствами. Температурный режим их переработки входит в интервал температур переработки первичного ПЭВД. Давление литья составляет 90 – 100 МПа. Температура литьевой формы 20 – 60 °С. [3].

Высокие физико-механические и эксплуатационные свойства, предъявляемые к нашпальным и подрельсовым прокладкам, применяющимся в рельсовых скреплениях КБ65 на железнодорожных шпалах с рельсами типов Р65 и Р75, требуют разработки новых материалов и технологий их переработки.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования показывают, что наиболее перспективными материалами являются композиты на основе смесей полимеров, создание которых позволяет решать проблемы улучшения эксплуатационных характеристик изделий.

Наиболее экономически выгодным является использование вторичных полимерных ресурсов. Этим помимо положительного экономического эффекта достигается частичное решение вопросов ресурсосбережения, экологии и защиты окружающей среды, что весьма актуально для г. Гомеля и в целом для Республики Беларусь.

В связи с этим в БелГУТе проводятся исследования, направленные на разработку композиционных материалов на основе смесей отходов крупнотоннажных полимеров: ПЭВД, ПЭНД, ПЭТФ, ПП, ПА.

Вследствие низкой энтропии смешения макромолекул большинство полимеров термодинамически несовместимы и при их смешивании происходит фазовое разделение. Поэтому главной задачей при получении композитов на основе смесей полимеров является подбор добавок, направленно влияющих на совместимость полимерных компонентов и в целом на свойства материалов. Наиболее выгодным путем получения модифицированных материалов является реакционное смешение, предполагающее протекание химических реакций или взаимодействий физической природы между компонентами.

УДК 621.869.4: 658.512.011-56

## **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОДЪЕМНО-НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА**

**В. Б. ПОПОВ**

*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого*

**В. А. ДОВГЯЛО**

*Белорусский государственный университет транспорта*

Фронтальные погрузчики по общей компоновке и устройству агрегатирования с рабочим орудием (далее везде – подъемно-навесное устройство (ПНУ) погрузчика) незначительно отличаются друг от друга. Проектирование и модернизация ПНУ для мобильных агрегатов носит автоматизированный характер и базируется на математическом моделировании соответствующих рабочих функций. Предлагаемая вниманию функциональная математическая модель (ММ) перемещения рабочего орудия с помощью ПНУ относится к одноковшовому фронтальному погрузчику, обладающему весьма распространенной структурной схемой ПНУ [1].



Как правило, ПНУ имеют гидромеханическую природу и состоят из гидропривода и механизмов подъема стрелы (МПС) и поворота рабочего орудия (МПРО). Упомянутые механизмы представляют основной структурный компонент ПНУ, причем их структура и параметры определяют характер взаимодействия фронтального погрузчика с монтируемым на стреле рабочим орудием, а следовательно, и качество выполнения рабочих операций. Силовые гидроцилиндры нерегулируемого гидропривода приводят в движение расположенные симметрично относительно продольной плоскости симметрии погрузчика МПС и МПРО. Для понижения порядка ММ, без ущерба для существа решаемой задачи, анализируются плоские механизмы. Плоский аналог механизма из пространственной геометрической модели получают проецированием его характерных точек (центров шарниров) на продольную плоскость симметрии погрузчика. В результате структурного анализа замкнутых кинематических цепей по методике, изложенной в [2], получим четырех- (МПС) и шестизвенный (МПРО) механизмы, изменение обобщенных координат которых однозначно связано с положением рабочего орудия (ковша) относительно корпуса самого фронтального погрузчика. Для полученной структуры ПНУ были разработаны ММ для его геометрического, кинематического, силового и динамического анализа.

Гидравлическая компонента ПНУ представлена объемным гидроприводом открытого типа, состоящим из шестеренного гидронасоса, трехпозиционного гидрораспределителя, силового одностороннего гидроцилиндра, фильтра, бака, предохранительного клапана и регулируемого дросселя, соединенных гидромагистралями. Регулируемый дроссель в сливной магистрали обеспечивает ограничение скорости движения поршня относительно гильзы в гидроцилиндре (ГЦ), что важно в режиме опускания рабочего орудия. ММ динамического анализа для гидропривода ПНУ с переменной нагрузкой на силовом ГЦ подробно изложена в работе [3]. Закон движения поршня и потери давления в гидромагистрали определяются в результате решения одним из численных методов системы нелинейных дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dot{p}_1 = \frac{E_{np}}{V_0 + F_c(S - S_0)} Q - \frac{F_c E_{np}}{V_0 + F_c(S - S_0)} \dot{S}; \\ p_2 = p_1 - \left( a_1 \ddot{S} + a_2 \dot{S} + a_3 \dot{S}^2 \right); \\ m(S) \ddot{S} + \frac{1}{2} m'(S) \dot{S}^2 = p_2 F_c - [F(S) + F_{тр}^{np}(S)], \end{cases}$$

где  $E_{np}$  – приведенный модуль объемной упругости;  $Q$  – объемная подача рабочей жидкости гидронасосом;  $V_0$  – начальный объем рабочей жидкости;  $S, S_0$  – текущее и начальное значения обобщенной координаты;  $a_1, a_2, a_3$  – коэффициенты, пропорциональные инерционным, ламинарным и турбулентным потерям давления в гидроприводе;  $m(S)$  – приведенная масса;  $m'(S)$  – производная от приведенной массы по обобщенной координате;  $p_1, p_2$  – давления у гидронасоса и ГЦ;  $F_c$  – площадь поршня ГЦ;  $F(S), F_{тр}^{np}(S)$  – приведенные к ГЦ силы полезной нагрузки и трения.

ММ геометрического, кинематического и силового анализа представляются алгебраическими зависимостями и системами уравнений, описывающими установившийся режим подъема ковша. Геометрический и кинематический анализ МПС и МПРО выполнялись по методу замкнутых векторных контуров [2]. Геометрический анализ выполнялся исходя из предположения о несжимаемости рабочей жидкости в ГЦ и абсолютной жесткости звеньев механизмов в правой декартовой системе координат. В результате геометрического анализа определяются: координаты центра тяжести и оси подвеса стрелы, её максимальная высота подъема и вылет, а также угол поворота рабочего органа. В результате кинематического анализа были получены аналитические выражения для ана-



догов угловых скоростей звеньев механизмов и их передаточных чисел (ПЧ) [4], а также для грузо-подъемности ПНУ:

$$I_{09}(S) = \varphi_3(S) L_{39} \cos(\varphi_{39}(S)),$$

где  $\varphi_3'(S)$  – аналог угловой скорости стрелы;  $I_{09}(S)$  – аналог (ПЧ) вертикальной скорости оси подвеса стрелы;  $S$  – обобщенная координата МПС.

Из анализа приведенных выражений следует, что ПЧ полностью зависит от внутренних параметров механизма. Приведенная к ГЦ полезная нагрузка определяется как произведение соответствующего веса ( $P$ ) на ПЧ.

Силовой анализ выполнялся по группам Ассура в обратном порядке с учетом веса стрелы и рабочего орудия, вес других звеньев и их инерция не учитывались. Расчет приведенной к штоку ГЦ МПС силы трения выполнялся, считая ее равной отношению от деления суммы мгновенных мощностей трения, затрачиваемых в шарнирах МПС на  $S$  плюс трение манжеты поршня о гильзу ГЦ ( $F_{\text{тр}}$ ):

$$F_{\text{тр}}^{\text{пр}}(S) = F_{\text{трц}} + r f_m [R_{01}(S) \varphi_{12}'(S) + R_{23}(S) (\varphi_{12}'(S) + \varphi_3'(S)) + R_{03}(S) \varphi_3'(S)],$$

где  $r$  – радиус шарниров МПС;  $f_m$  – коэффициент трения металла о металл (пальца шарнира о его втулку);  $R_{ij}(S)$  – сила реакции в шарнире.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Щемелев А.М. Проектирование гидропривода машин для земляных работ: Учеб. пособие. – Могилев: ММИ, 1995. – 322 с.
- 2 Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: Учеб. для вузов. – М.: Наука, 1988. – 640 с.
- 3 Попов В.Б. Математическое моделирование динамики подъема навесной машины // Современные проблемы машиноведения: Материалы междунар. науч.-техн. конф. ЦП. – Гомель, 1998. – С. 80–83.
- 4 Попов В.Б. Аналитические выражения кинематических передаточных функций механизмов навески энергоносителей // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – 2000. – №2. – С. 25–29.

УДК 541.64:621.394.52

### АКТИВАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИОННЫМ ПОТОКОМ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ СЛУЖЕБНЫХ СВОЙСТВ

О. А. САРКИСОВ

Белорусский государственный университет транспорта

Рассматриваются наиболее перспективные и эффективные технологические схемы обработки полимерных материалов: обработка в плазме тлеющего разряда, в высоковольтном пульсирующем барьерном разряде при атмосферном давлении, обработка ионным пучком. Анализируется природа активационного эффекта, которая проявляется в усилении межфазного взаимодействия при формировании адгезионных полимер-полимерных соединений.

Приводятся методика и результаты обработки полимерных материалов в барьерном разряде. Изучены поверхностные свойства неметаллических материалов, обработанных потоком ионов  $\text{Ag}^+$  и  $\text{N}^+$ .

Показано, что активационная обработка пучком ионов  $\text{N}^+$  позволяет в 1,5–2,5 раза повысить поверхностную энергию материалов. При этом активационный эффект достигается в основном за счет изменения полярной составляющей поверхностной энергии и связан с протеканием в поверхностных слоях химических процессов, зарядки. В результате модификации поверхности полимерных пленочных материалов в барьерном разряде адгезионная прочность соединений увеличивается в 3–4 раза, обеспечивается максимальная равномерность адгезии по площади образцов, причем изменения объемных свойств полимерных материалов не происходит.