

Анализ технологического процесса производства деталей автошин методом экструзии [1] показывает, что качество профилируемых изделий зависит от геометрии экструдера, скоростного и температурного режима экструзии. Колебания давления резинотехнической смеси на выходе формующей головки, вызванные геометрическими особенностями формы червяка и случайным характером изменения свойств экструдата при переработке. Это приводит к флуктуациям скорости и статического момента червяка, что является причиной неустойчивого течения экструдата при шприцевании, и как следствие, появления дефектов профилируемых изделий. Повышение уровня качества профилируемых деталей шин можно достичь несколькими способами: подбором оптимального формующего инструмента, изменением геометрии винтовой нарезки червяка, изменением рецептуры перерабатываемых смесей. Однако, в условиях действующего производства данные способы являются дорогостоящими и весьма энергозатратными. Более приемлемым способом получения качественного продукта может стать внедрение регулируемого электропривода червяка машины, что позволит добиться оптимального соотношения производительности, скорости и качества производства резинотехнических полуфабрикатов (РТП). Для построения системы управления электроприводом червяка, в полной мере удовлетворяющей требованиям технологического процесса, необходимо решение оптимизационной задачи процесса шприцевания на основе технических данных экструдера, свойств рабочих смесей, пределов варьируемых параметров с учетом режимов работы и критериев оптимизации процесса. В технической литературе практически не освещены вопросы разработки электроприводов экструдеров, учитывающих изменения характеристик полимера во время переработки, с учетом специфических особенностей технологии. Сравнительный анализ существующих систем электроприводов экструдеров, применяемых в резинотехнической промышленности, указывает на необходимость разработки электроприводов на основе единой модели технологического процесса. Результаты решения задачи параметрической оптимизации процесса экструзии, приведенные в [1] подтверждают необходимость эффективного регулирования скорости вращения и момента на валу червяка экструдера при экструзии вязкоупругих резиновых смесей на основе синтетического каучука, при этом обеспечивается максимальное качество экструдата при номинальной производительности и потребляемой мощности агрегата. Анализ механических характеристик универсальных экструдеров указывает на существование участков, где регулирование происходит при постоянном моменте $M_c \approx \text{const}$ (1-я зона) и мощности $P_c = \text{const}$ (2-я зона). Причем в зависимости от технологических режимов переработки удовлетворить обоим требованиям можно лишь в условиях раздельного управления скоростью и моментом электродвигателя. Как показали исследования червячных машин [3], технологические требования по

выходному давлению смеси могут быть удовлетворены применением электропривода червяка с независимым регулированием указанных координат со следующими показателями качества [5]: - колебания статического момента при переходном процессе не должны превышать 25 % от установившегося номинального значения момента двигателя; - точность поддержания момента приводного двигателя не должна превышать 2%; - точность стабилизации частоты вращения червяка в статическом и динамическом режиме работы должна составлять 0,1%. Кроме того, согласно проведенным исследованиям [4], для минимизации потерь и повышения качества продукции при шприцевании вязкоупругих смесей к экструдеру должны предъявляться следующие требования : а) время регулирования давления на выходе экструдера должно быть не более $T_r = 12$ с; б) допустимые колебания давления при переходном процессе должны составлять не более 20% от установившегося значения; в) требуемая точность стабилизации давления в установившемся режиме работы не более 2 %. Работа электроустановок в агрессивных условиях шинного производства и требования к надежности привода со стороны технологического процесса обуславливают применение электроприводов на основе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (АДКЗР). Для эффективного управления координатами асинхронного электропривода в статических и динамических режимах работы в широком диапазоне регулирования скоростей, желательно применить векторное управление моментом АД. Для того, чтобы добиться цели управления в условиях неопределенного изменения параметров, требуется каким-либо способом получать информацию о выходных характеристиках объекта [2, 7]. Улучшить качественные показатели управления процессом экструзии можно, если осуществить непосредственный контроль главной технологической координаты – давления смеси. В общем случае в разомкнутой системе регулирования давления с целью уменьшения ошибок управления объектом с нестабильными собственными параметрами приходится осуществлять перенастройку корректирующей цепи (регулятора). Кроме того, в процессе эксплуатации электропривода могут наблюдаться изменения возмущающих и управляющих воздействий в виде скачков питающего напряжения, механических возмущений в кинематической цепи привода и.т.д., что в общем случае может привести к расходящемуся процессу. Замкнутые системы регулирования технологических параметров, содержащие в своем составе систему электропривода с подчиненным регулированием координат, имеют широкое практическое применение в качестве приводных систем большинства технологических агрегатов и зарекомендовали себя как надежные системы в условиях действующего производства автомобильных шин. Таким образом, для получения требуемых статических и динамических характеристик требуется разработка замкнутой системы регулирования скорости с целью регулирования давления резиновой смеси. Система управления включает в себя

объект управления (экструдер) $W_{\text{э}}(p)$, регулятор давления $W_{\text{рд}}(p)$, замкнутую по скорости систему электропривода $W_{\text{эп}}(p)$, механическую передачу (редуктор) $k_{\text{р}}$ и датчик обратной связи косд . Выходной переменной экструдера является давление, от которой зависит производительность и качество экструдата.

Развернутая структурная схема замкнутой системы регулирования давления, построенная на основе линеаризованной схемы экструдера, приведена на рис. 1. Система имеет в составе замкнутую по скорости систему электропривода с передаточной функцией $W_{\text{эп}}(p)$, механическую передачу (редуктор) с коэффициентом передачи $k_{\text{р}}$, объект управления (экструдер), датчик обратной связи по давлению косд , регулятор давления $W_{\text{рд}}(p)$.

Рис. 1 - Линеаризованная структурная схема замкнутой системы «электропривод-экструдер-продукт»

Один из возможных способов решения рассматриваемой проблемы – это обратная связь от датчиков, регистрирующих изменение переменных. Наиболее широкое применение в практике нашел способ подчиненного подключения датчиков к регуляторам. Данный способ достаточно просто реализуем на практике в сравнении с применением адаптивных систем управления экструдерами, в которых требуется реализация сложного алгоритма управления в условиях неопределенности параметров объекта управления и внешних возмущений. Как показано в [5]. Для реализации способа применяются специальные датчики, встраиваемые в формующую головку экструдера (рис. 2).

Рис. 2 - Формующий канал головки со встроенным датчиком давления

Появление современных пьезоэлектрических полупроводниковых материалов, встроенных в небольшой чип, которые изменяют свое сопротивление при приложении нагрузки, привело к созданию высокочувствительных датчиков давления. Данное достоинство указанных датчиков, позволяет получать электрический сигнал даже при незначительных механических воздействиях на чувствительный элемент. Это определило широкое распространение данного типа датчиков по сравнению с другими типами. В работе [1] автором проведен синтез представленной замкнутой системы управления экструдером на основе асинхронного электропривода с векторным регулированием координат электропривода с применением указанного датчика давления. Моделирование системы приведено в программе Mathlab 6.5 (рис.3), а результаты моделирования представлены на диаграммах рис. 3.

Рис. 3 - Модель системы «Электропривод-экструдер-продукт» на основе векторного управления электроприводом

Рис. 4. Переходные процессы в системе электропривод-экструдер при пуске под нагрузкой: 1 – номинальный статический момент, Нм, 2 –дополнительный статический момент, имитирующий отклонение момента нагрузки, Нм (0,5 Мс.ном), 3 частота вращения червяка, рад/с, 4 выходное давление смеси, Па, 5- момент привода, Нм; 6 – динамический момент, Нм. Выводы: из диаграммы переходных процессов видно, что время регулирования давления составляет 6 с, время переходного процесса 10 с, колебания давления отсутствуют, а

статическая ошибка регулирования не превышает 2%.. Таким образом, векторная система электропривода обеспечивает требуемые показатели качества регулирования скорости и момента приводного двигателя экструдера, а также постоянство оптимальных значений варьируемых параметров процесса экструзии в статическом режиме, при которых обеспечивается максимальный уровень качества профилируемых изделий.