

Научная статья
УДК 678.544.43

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТРИАЦЕТИНА
И ТРИЭТИЛЦИТРАТА НА ПОКАЗАТЕЛЬ
ТЕКУЧЕСТИ РАСПЛАВА ПЛАСТИФИЦИРОВАННОГО
АЦЕТАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

Кристина Алексеевна Усова¹, Алексей Евгеньевич Шкуро²

^{1,2} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ usovaka@m.usfeu.ru

² shkuroae@m.usfeu.ru

Аннотация. В данной работе представлены результаты исследования показателя текучести расплава от содержания триацетина и триэтилцитрата в составе композиций на основе ацетата целлюлозы. Была установлена экспериментально-статистическая зависимость влияния содержания пластификаторов на текучесть расплава пластифицированного ацетата целлюлозы.

Ключевые слова: показатель текучести расплава, ацетат целлюлозы, триацетин, триэтилцитрат

Original article

**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF TRIACETIN
AND TRIETHYL CITRATE CONTENT ON MELT
FLUIDITY INDEX OF PLASTICIZED CELLULOSE ACETATE**

Kristina A. Usova¹, Alexey E. Shkuro²

^{1,2} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ usovaka@m.usfeu.ru

² shkuroae@m.usfeu.ru

Abstract. This paper presents the results of a study of the melt fluidity index from the content of triacetin and triethyl citrate in compositions based on cellulose acetate. An experimental and statistical dependence of the effect of the content of plasticizers on the melt fluidity of plasticized cellulose acetate was established.

Keywords: melt flow index, cellulose acetate, triacetin, triethyl citrate

Прогресс в сфере синтеза ацетатов целлюлозы (АЦ) ставит перед нами задачу разработки новых методов пластификации данного полимера. Это связано с тем, что непластифицированный ацетат целлюлозы превращается в расплав при температуре, превышающей его температуру деструкции [1].

В качестве пластификаторов для сложных эфиров целлюлозы обычно используются диэтилфталат, диметилфталат и трифенилфосфат. Простые триглицериды, такие как триацетин, используются в сигаретных фильтрах для ускорения скорости разложения. Высокая температура кипения триацетина может снизить потери пластификатора при обработке расплава. Гидрофильный полиэтиленгликоль с низкой молярной массой, смешанный с АЦ, снижает температуру стеклования АЦ и увеличивает скорость деградации в условиях ускоренного воздействия погодных условий. АЦ и продукты его деградации безопасны для окружающей среды, однако миграция некоторых распространенных пластификаторов может оказать негативное влияние на наше здоровье и окружающую среду [2].

В работе [3] была оценена эффективность действия пластификаторов для АЦ. В качестве пластификаторов были использованы трибутилфосфат (ТБФ) и диметилизофталат (ДМИ). Комбинируя пластификаторы в различных соотношениях, можно изменять текучесть расплава пластифицированного АЦ в широких пределах (от 0,1 до 10 г/10 мин при 190 °С нагрузке 2,16 кг). Благодаря этому для создания композиционного материала на основе АЦ и получения изделий из него будет доступен широкий спектр методов переработки пластмасс.

В статье [4] рассматривались вопросы пластификации эфиров целлюлозы с использованием диметилфталата (ДМФ), трифенилфосфата (ТФФ) и стеариновой кислоты. Было проведено несколько экспериментов, в которых определялось изменение показателя текучести расплава. При увеличении содержания всех рассмотренных химических соединений наблюдалось существенное увеличение ПТР пластифицированных эфиров целлюлозы. Однако стоит отметить, что при высоком содержании стеариновой кислоты этролы теряли однородность, становились непрозрачными, а их прочностные свойства значительно снижались. Такое поведение объясняется механизмом действия стеариновой кислоты в композиции, более характерным для лубриканта, чем для традиционного пластификатора.

Пластификаторы на основе сложных эфиров фталевой и ортофосфорной кислот известны своим токсическим действием на живые организмы. Поэтому сегодня наблюдается тенденция к отказу от пластификаторов данного типа и их полной либо частичной замены на более безопасные пластификаторы на основе эфиров уксусной и лимонной кислоты.

Целью данной работы являлось изучение влияния содержания триацетина (ТАЦ) и триэтилцитрата (ТЭЦ) на показатель текучести расплава (ПТР) пластифицированного ацетата целлюлозы (ПАЦ). В задачи исследования входило получение серий образцов ПАЦ с различным содержанием

пластификаторов и установление закономерностей влияния их содержания на ПТР.

В качестве основного сырья был использован ацетат целлюлозы (на основе хлопковой целлюлозы; ТУ 6-05-943-75; ОАО «Ацетат Химволокно»). В качестве пластификаторов использовались триацетат глицерина (триацетин, ТАЦ, ТУ 2435-070-00203521-2001, ООО «РЕСУРС МАРКЕТ») и триэтиловый эфир лимонной кислоты (триэтилцитрат, ТЭЦ, W308307, Sigma-Aldrich Corporation).

Для исследования влияния содержания пластификаторов на текучесть (вязкость) расплава ПАЦ была получена серия композиций согласно следующим рецептурам, представленным в табл. ниже.

Рецептуры композиций

Номер образца	Содержание компонента, масс. %		
	Ацетат целлюлозы	Триацетин	Триэтилцитрат
1	83,4	8,3	8,3
2	71,4	14,3	14,3
3	76,9	15,4	7,7
4	76,9	7,7	15,4
5	62,0	19,0	19,0

Порошкообразный ацетат целлюлозы (АЦ) смешивали с жидкими ТАЦ и ТЭЦ. ПТР смесей АЦ с пластификаторами (этролов) определяли на приборе ИИРТ-А в соответствии с ГОСТ 11645–2021. Экструзионную камеру нагревали до температуры 190 °С. Испытываемый материал загружали через воронку в экструзионную камеру. Устанавливали в экструзионную камеру поршень и требуемый груз на держателе. Масса груза – 5 кг. Под действием этого усилия расплав выдавливается через капилляр. Для измерения ПТР отбирали отрезки экструдированного материала, последовательно отсекаемые через определенные интервалы времени [5].

По данным регрессионного анализа для максимального значения доверительной вероятности ($P \geq 0,9$) была установлена следующая адекватная экспериментально-статистическая зависимость ПТР (г/10 мин) полученных композиций (Y_1) от содержания в них (по отношению к содержанию АЦ) ТАЦ (X_1 , масс. %) и ТЭЦ (X_2 , масс. %) со значением коэффициента детерминации R^2 : $Y_1 = -0,91 \cdot X_1 - 0,97 \cdot X_2 + 0,19 \cdot X_1 \cdot X_2$ ($R^2 = 0,96$).

Результаты определения ПТР пластифицированного АЦ представлены на рис. ниже.

В результате проведенного исследования были установлены закономерности влияния содержания пластификаторов на текучесть расплава ПАЦ. С увеличением содержания ТАЦ и ТЭЦ наблюдается синергетический эффект. Текучесть расплава значительно возрастает (до 30 г/10 мин), обес-

печивая возможность дальнейшей переработки материала высокопроизводительными методами экструзии и литья под давлением.

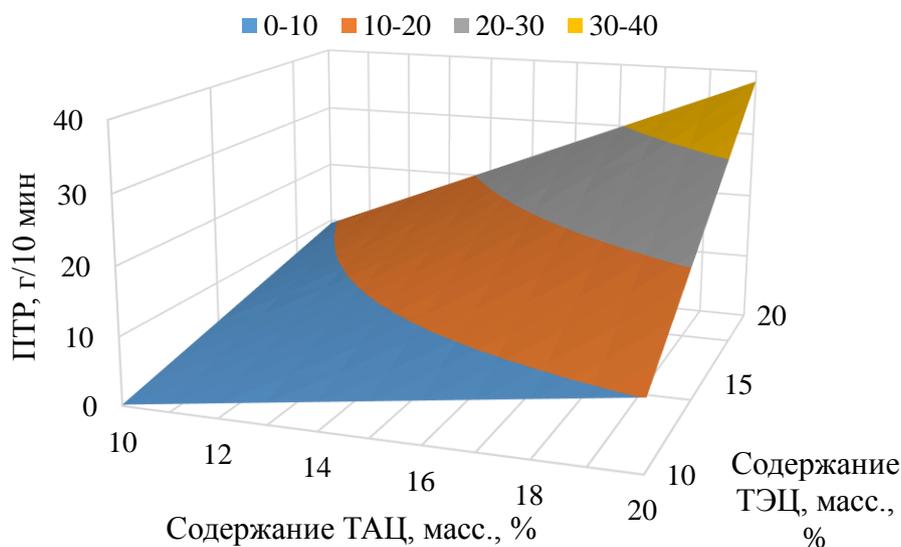


График зависимости ПТР от содержания ТАЦ и ТЭЦ

Совместное использование триацетина и триэтилцитрата позволяет получать композиции на основе ацетата целлюлозы с высокими показателями ПТР без использования токсичных пластификаторов фталатного и фосфатного типов.

Список источников

1. Фридман О. А., Сорокина А. В. Перспективные направления синтеза и химической модификации ацетатов целлюлозы // *Химия растительного сырья*. 2014. № 1. С. 37–52.
2. Исследование возможности применения синтетической камфоры в качестве пластификатора для ацетата целлюлозы / К. А. Усова [и др.] // *Деревообработка : технологии, оборудование, менеджмент XXI века : тр. XVIII Междунар. евразийского симпозиума*. 2023. С. 146–149.
3. Кудрявцев А. Д., Шкуро А. Е., Кривоногов П. С. Исследование физико-механических свойств ацетилцеллюлозных этролов // *Вестник технологического университета*. 2019. Т. 22, № 12. С. 28–31.
4. Незнанов В. А., Шкуро А. Е. Этролы на основе ацетилцеллюлозы // *Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XVI Всерос. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов*. 2020. С. 494–496.
5. Мухин Н. М., Бурындин В. Г. Определение реологических и физико-механических свойств полимерных материалов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2011. 32 с.