

УДК 678.073.002

Бухкало С.И., Ольховская О.И, Борхович А.А., Лазарева Т.А.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

При постановке задачи в данном случае решения задачи энергосбережения, прежде всего, следует отметить, что исследования многих авторов показывают – наращивание мировых темпов выпуска полимерных изделий и это происходит при практическом отсутствии украинского рынка производства полимерного сырья, что и обуславливает специфическую структуру затрат при производстве полимеров – 77,6 % составляют материальные затраты (рис. 1).

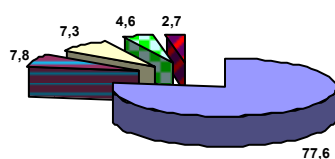


Рисунок 1 – Распределение затрат при производстве полимеров, %: 77,6 – материальные затраты; 7,8 – оплата труда; 7,3 – иные операционные затраты; 4,6 – амортизация; 2,7 – отчисления на социальные мероприятия

Актуальность проблемы. Актуальность проводимых исследований подтверждает тот факт, что уровень использования отходов на постсоветском пространстве уже длительное время остается в среднем не выше одной трети, а уровень повторной переработки полимерных материалов составляет не более 6–8 %. Такая ситуация, прежде всего, обусловлена отсутствием научного подхода к сбору и переработке бывших в употреблении полимерных изделий. Большинство участников процессов переработки полимерного сырья в изделия не учитывает затраты энергии на производство пластмасс (табл. 1) и другие несомненно важные аспекты этой проблемы.

Таблица 1 – Потребление энергии (кВтч/т) для производства пластмасс

Пластмассы	Общая энергия		Энергия для полимеризации	Энергетический эквивалент	Энтальпия горения
Полиэтилен высокой плотности	13,670	8,840	10,110	20,850	12,010
Полиэтилен низкой плотности	8,187	6,830	4,600	18,900	12,070
Полипропилен	8,240	8,070	4,700	20,020	11,950

Цель работы. Была проведена оценка возможностей предполагаемой разработки с целью внедрения на производстве с учетом материальных и энергетических ценностей, заключенных в использованной упаковке. Выявлено, что относительно небольшие затраты на переработку использованной полимерной упаковки, предопределяют существенную экономию средств за счет использования вторичного полимерного сырья.

В настоящее время нет четкой классификации полимерных отходов с учетом нового, быстро развивающегося рынка. Необходимо разработать методы контроля изменения свойств в процессе эксплуатации различных видов полимеров и с помощью математического моделирования на ЭВМ оптимизировать процессы их модификации. Это позволит разработать технологические регламенты для многократного использования полимеров, так как сейчас самое популярное решение их утилизации – на свалку, количество которых вокруг украинских городов неуклонно растет. Только комбинация нескольких взаимосвязанных мероприятий по разработке методов сбора различных видов полимерных отходов и выбору научно обоснованных методов их использования, а, следовательно, выбора метода переработки или утилизации может способствовать эффективному решению проблемы отходов.

Из известных методов использования полимерных отходов, на наш взгляд, наиболее перспективными с точки зрения энерго- и ресурсосбережения является направление получения доброкачествен-

ных изделий из вторичных полимеров, в частности из изношенной полиэтиленовой пленки [1, 2]. Это позволяет расширить сырьевую базу для производства изделий и повысить эффективность использования сырья с учетом свойств отходов различного происхождения, их состава и возможности организованного сбора.

Обеспечение качества изделий из вторичных полимеров – одна из основных целей предприятий их выпускающих. Качество изделий из вторичных полимеров может быть оценено по изменению физико-химических и физико-механических свойств, молекулярной массе полимера и целому ряду других свойств.

При эксплуатации полиэтиленовой пленки в течение трех месяцев ухудшаются её технологические качества. После четырех месяцев эксплуатации наблюдается, разрушение материала, которое сопровождается резким падением прочности, уменьшением молекулярной массы и разрушением некоторой части гельфракции за счет более глубоких процессов окисления [3]. Следовательно, полимерные изделия, эксплуатировавшиеся в жестких условиях, например, пленка сельскохозяйственного назначения, требуют введения модифицирующих добавок в процессе повторной переработки.

Основной целью исследований являлось изучение влияния технологических параметров и концентрации перекиси дикумила на количество гельфракции и прочностные характеристики литьевых образцов модифицированного вторичного полиэтилена.

Варьирование параметров процесса: увеличение концентрации перекиси, уменьшение температуры литья и длительности охлаждения создают предпосылки для увеличения в композиции сшитой части, что приводит к смещению температуры текучести и размягчения в область более высоких температур. Это подтверждается ростом содержания гельфракции и меньшей склонностью материала к деструкции в этих условиях переработки.

Для проведенного нами процесса модификации вторичного полиэтилена была разработана математическая модель с целью изучения влияния технологических параметров и концентрации перекиси дикумила на прочность литьевых образцов и содержание гельфракции. В число влияющих факторов были включены температура литья $T(X1)$, длительность цикла литья $\tau(X2)$ и концентрация перекиси дикумила $C(X3)$. Из результатов проведенных нами экспериментов следует, что модификацию вторичного полиэтилена перекисью дикумила в процессе литья под давлением необходимо проводить в температурном интервале 170–210 °С в течение 65–85 с и при концентрации перекиси дикумила 0,1–0,4 %.

Последующая обработка опытных данных с целью получения уравнения регрессии, адекватно описывающего исследуемый процесс, произведена на ЭВМ. Для реализации опытов по избранному плану было проведено определение интервалов варьирования и кодирование переменных (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты варьирования переменных

Влияющий фактор	Условное обозначение	Диапазон изменения	Нулевой уровень	Интервал варьирования
T °С	X1	170–210	$X_{10} = \frac{170+210}{2} = 190$	$\Delta X_1 = \frac{210-170}{2} = 20$
τ (с)	X2	65–85	$X_{20} = \frac{65+85}{2} = 75$	$\Delta X_2 = \frac{85-65}{2} = 10$
C (%)	X3	0,1–1,4	$X_{30} = \frac{0,1+1,4}{2} = 0,25$	$\Delta X_3 = \frac{1,4-0,1}{2} = 0,15$

В результате обработки опытных данных получены уравнения регрессии, адекватно описывающее процесс модификации вторичного полиэтилена соответственно для трех Y – относительное удлинение при разрыве; прочность при растяжении и количество гельфракции:

$$Y = 70,14 + 2,91X_1 - 3,08X_3 + 1,09X_1X_3 - 2,21X_1X_2X_3;$$

$$Y = 15,21 - 0,365 X_1X_2X_3;$$

$$Y = 49,65 - 4,32X_1 - 4,48X_2 + 1,99X_3 - 3,41X_1X_2.$$

Максимальный показатель относительного удлинения при разрыве для процесса модификации вторичного полиэтилена перекисью дикумила можно получить исходя из вышеприведенного уравнения

регресии при переработке его при максимальной температуре и концентрации перекиси, минимальной длительности цикла литья.

Проведенные эксперименты и выведенное уравнение регрессии для процесса модификации вторичного полиэтилена перекисью дикумила при литье под давлением указывает на его большую чувствительность к длительности цикла литья, температурному воздействию и в меньшей степени, для данных концентраций перекиси, количеству перекиси.

Максимальное содержание геля фракции для процесса модификации вторичного полиэтилена перекисью дикумила можно получить исходя из вида нижеприведенного уравнения регрессии при переработке его при минимальных температуре и длительности цикла литья и максимальной концентрации перекиси дикумила.

Исследования выявили, что вышеуказанные факторы оказывают незначительное влияние на относительное удлинение при разрыве образцов модифицированного материала. Вероятно, при введении перекиси дикумила снижается влияние температуры и времени на относительное удлинение при разрыве отлитых образцов в данном интервале варьирования факторов. Знаки при членах уравнения соответствуют установившимся представлениям о роли основных факторов при модификации, а абсолютные значения коэффициентов регрессии указывают на вклад каждого из членов в формирование величины переменной состояния Y .

Для удобства практического использования полученной зависимости с помощью формулы кодирования путем обратного перехода к натуральным переменным получили соответственно для каждой исследуемой модели следующие уравнения регрессии:

$$Y = 80,34 - 0,03T - 3,52\tau - 1142,9 C + 0,019T \cdot \tau + 5,92T \cdot C + 14,1\tau \cdot C - 0,074T \cdot \tau \cdot C ;$$

$$Y = -15,21 - 0,23T - 0,58\tau - 173,85 C + 0,003T \cdot \tau + 0,91 T \cdot C + 2,32 \tau \cdot C - 0,012 T \cdot \tau \cdot C ;$$

$$Y = -122,0425 + 1,0627T + 2,7915 \tau + 13,267 C - 0,017T \cdot \tau .$$

Полученные данные обрабатывали на ЭВМ в среде статистического пакета STATISTICA 6.0 и EXCEL с целью их графической интерпретации и смыслового анализа (рис. 2).

Выводы. В результате проведенных работ можно сделать выводы о том, что вводимые во вторичные полимеры модифицирующие добавки корректируют приобретенные в результате эксплуатации свойства и облегчают их переработку. То есть функция вводимых ингредиентов для вторичных полимеров несколько иная, чем для первичных полимеров – это научно обоснованная коррекция свойств новых материалов с учетом условий и сроков предыдущей эксплуатации. Для достижения этих целей разработана система обеспечения качества, которая базируется на научном и производственном опыте, а также современных методах математического моделирования.

Таким образом, из перечисленных методов использования полимерных отходов, наиболее перспективным с точки зрения ресурсосбережения является направление получения и переработки вторичных полимеров с привлечением методов математического моделирования. Это позволит расширить сырьевую базу для производства изделий и повысить эффективность использования сырья на основе изучения свойств отходов различного происхождения, их состава, возможности организованного сбора и направленной модификации.

Литература

1. Осипова Т., Васильковский К. Пленки решили многие вопросы упаковки // Брутто. 2005. № 2. С. 11–14.
2. Штарке Л. Использование промышленных и бытовых отходов пластмасс. – Л.: Химия, 1987. – С.176.
3. Бухкало С.И. К вопросу энергосбережения процесса агломерирования полимерной упаковки // Інтегровані технології та енергозбереження. 2005. № 2. С. 29–33.

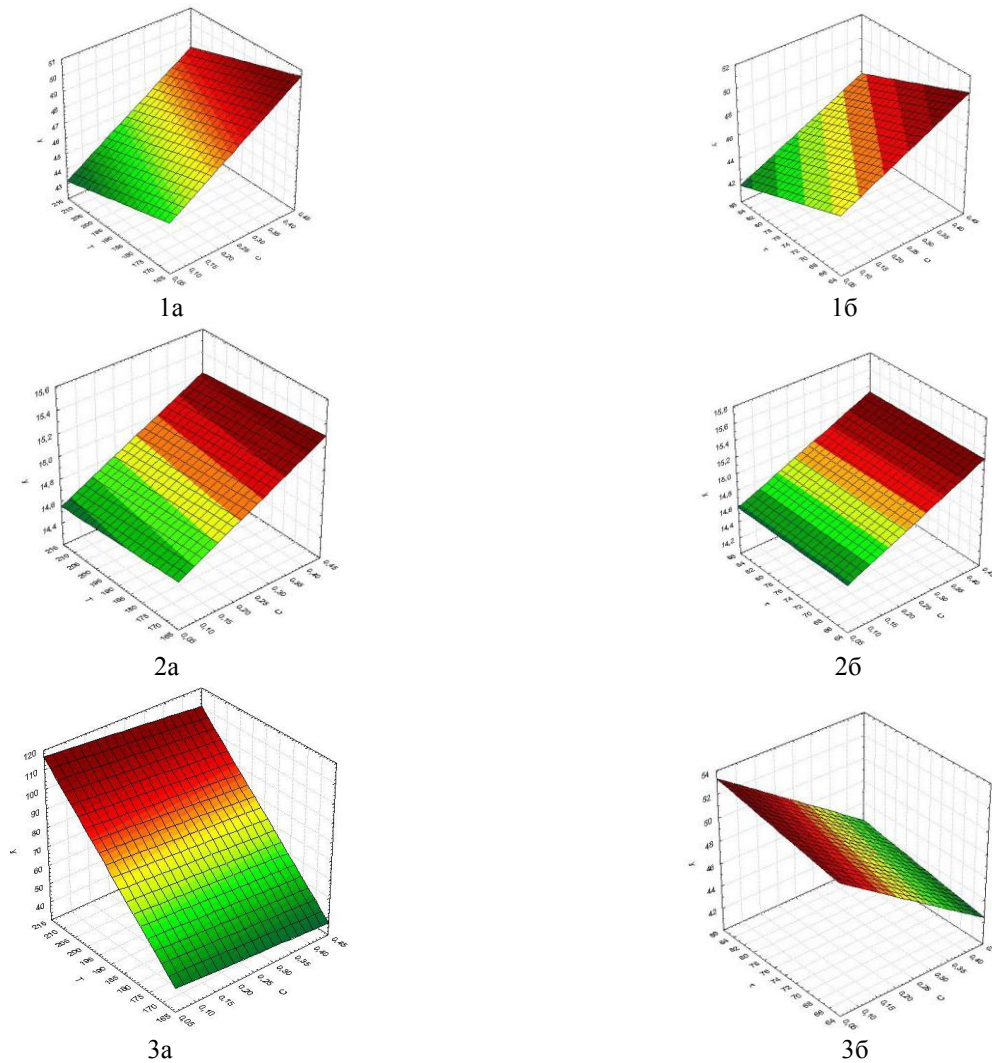


Рисунок 2 – Зависимость относительного удлинения (У1, %), прочности при растяжении (У2, МПа) и количества геля фракции (У3, %) ВПЭ от: а) температуры литья (°С) и концентрации перекиси дикумила (%); б) времени литья изделия (с) и концентрации перекиси дикумила (%)

УДК 678.073.002

Бухкало С.І., Ольховська О.І., Борхович А.А., Лазарєва Т.А.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

При постановці проблеми вирішення задач енергозбереження враховані сучасні тенденції розвитку виробництва полімерних матеріалів, зокрема тари та упаковки. Показані зв'язки цієї розробки з актуальними питаннями охорони навколишнього середовища.

Bukhalo S.I., Olkhovska O.I., Borkhovych A.A., Lazareva T.A.

THE SIMULATION PROCESS FOR SOLUTION OF ENERGY SAVING OPTIMIZATION PROBLEMS

The modern tendencies in development of polymers production were taking into account during energy saving problems formulation. The connection of the discussed problem with actual environmental problems was shown.