

UDC 678.057.3:519.87:678.027:678.5

Optimal Parameters Multicomponent Mixtures Extruding

Ramil F. Sagitov

JSC "Ekokom", Russia
460053, Orenburg, Rodimtsev St., 2/2, quarter 12
E-mail: rsagitov@mail.ru

Abstract. Experimental research of multicomponent mixtures extruding from production wastes are carried out, unit for production of composites from different types of waste is presented. Having analyzed dependence of multicomponent mixtures extruding energy requirements on die length and components content at three values of angular rate of screw rotation, we received the values of energy requirements at optimal length of the die, angular speed and percent of binding additives.

Keywords: multicomponent mixtures extruding; composite; energy requirements; high-solid plastic; binding additives; screw; screw speed.

Актуальность. Предложенный подход определения технологических, конструктивных, реологических параметров многокомпонентных смесей позволяет более глубоко и всесторонне изучить процесс экструдирования высоконаполненных пластмасс.

В настоящее время в России большое внимание уделяется утилизации и вторичной переработке промышленных и бытовых отходов. Методы и способы переработки могут быть различными [10-12]. На наш взгляд, наиболее энергоемкий и экологически чистый способ переработки промышленных и бытовых отходов – является экструдирование многокомпонентных смесей в пресс-экструдере для получения на выходе высококачественных облицовочных и строительных материалов. В Оренбургском государственном университете в сотрудничестве с ООО «Экологическая Компания», г. Оренбург, Россия был проведен комплекс экспериментов по определению оптимальных параметров процесса экструдирования высоконаполненных пластмасс.

Сложность описания поведения пластического материала при его прессовании на одношнековых пресс-экструдерах заключается в широком изменении свойств компонентов исходного сырья не только в структурно-механическом, но и в физико-химическом плане. Изменение этих свойств является следствием сложного поведения пластического материала в канале шнекового пресса, тем сложнее его описание, если материал представляет из себя композит.

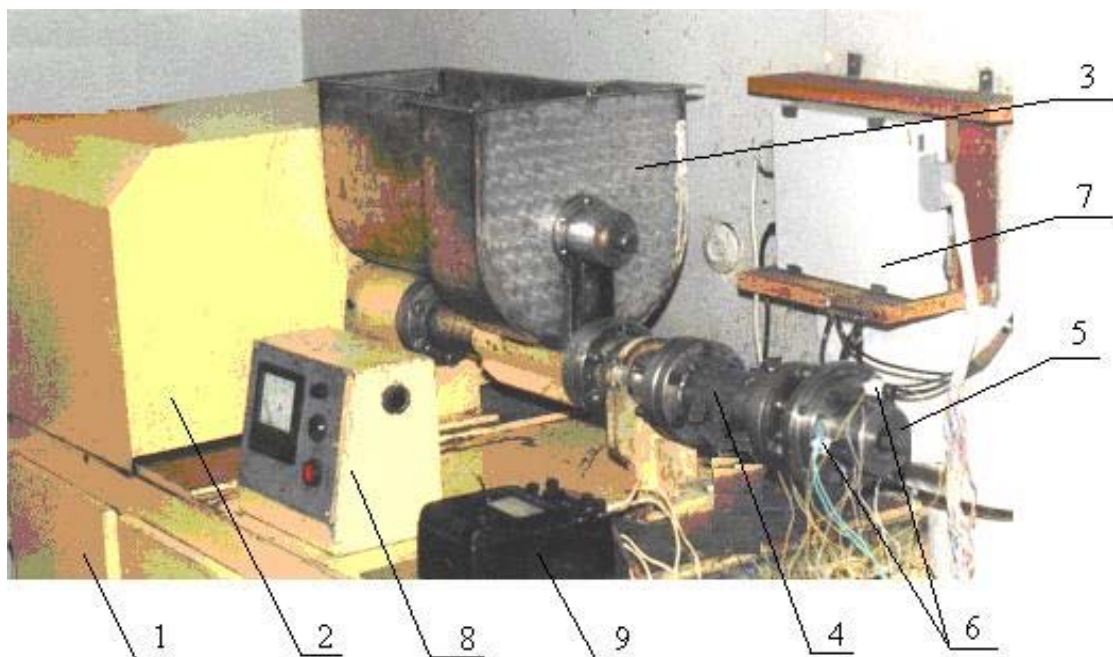
Для определения внутренней характеристики предложенной математической модели экструдирования высоконаполненных пластмасс и определения параметров эффекта процесса экструдирования необходимо определить коэффициенты реологического уравнения Оствальда-де Виля. В связи с этим была предложена методика определения реологических характеристик системы мелкодисперсного сырья, подготовленного для экструдирования.

Цель исследования заключалась в определении оптимальных параметров многокомпонентных смесей, которые необходимы для построения математической модели экструдирования высоконаполненных пластмасс.

Приборы и оборудование. В основу экспериментальной установки по изучению процесса экструдирования высоконаполненных пластмасс был взят малогабаритный пресс-экструдер ПЭШ-30/4, (рисунок 1) выпускаемый ОАО «Орстан», предназначенный для изготовления макаронных изделий и вспученных экструдатов, модернизированный для получения высоконаполненных пластмасс. Геометрические параметры пресса приведены в (таблице 1).

Для осуществления возможности прессования пластических материалов в виде композитов при различных режимах, пресс-экструдер ПЭШ – 30/4 был подвергнут модернизации и усовершенствованию, заключающейся в изготовлении трех фильер диаметром 14 мм, с длинами 60, 90, 120 мм, и в изготовлении пяти шнеков, отличающихся

шагом винта и толщиной лопасти. Для изменения частоты вращения шнекового вала был установлен инвертор TOSVERT VF-S11 фирмы TOSHIBA INTERNATIONAL CORPORATION, в результате частота вращения варьировалась в диапазоне от 0 об/мин – 200 об/мин [1, 2, 4, 5, 9].



1 – станина; 2 – редуктор; 3 – смеситель; 4 – цилиндрический корпус; 5 – формующая головка; 6 – тензодатчики; 7 – аналого-цифровой преобразователь; 8 – амперметр; 9 – ваттметр

Рис. 1. Малогабаритный пресс-экструдер ПЭШ-30/4

Таблица 1.

Техническая характеристика пресса-экструдера

Наименование	Значение
1	2
Производительность паспортная, кг/ч	100
Мощность электродвигателя, кВт	7,5
Диаметр цилиндра, м	0,0554
Внешний диаметр винтовой линии шнека, м	0,0546
Шаг винтовой лопасти шнека, м	0,032-0,048
Осевая толщина винтовой линии шнека, м	0,006-0,021
Длина шнека, м	0,52
Расстояние между шнеком и цилиндром	0,0080
Угол наклона гребней шнека, градус	13,00
Число заходов шнека	1
Число фильер	1
Расстояние между концом шнека и матрицей, м	0,01

Принцип работы установки представленной на (рисунке 1) следующий:

Электродвигатель посредством ременной передачи приводит во вращение быстроходный вал редуктора (2), с тихоходного вала движение передается муфтой на

рабочий орган-шнек, расположенный в цилиндрическом корпусе (4), который заканчивается формующей головкой (5).

Питание пресса осуществляется через смеситель (3), с питающей воронкой, соединенный непосредственно со шнековым корпусом (4), расположенным на станине (1) с электроприводом.

Определение нормальных и касательных напряжений осуществляется с использованием тензодатчиков (6), наклеенных на фильере матрицы. При этом использовался тензометрический мост и аналогово-цифровой преобразователь LC212F динамических измерений [5].

Модуль LC-212F работает совместно с персональным компьютером, подсоединение модуля осуществляется через LPT порт.

Приборы контроля (8,9) мощности и температуры расположены также на станине (1). Пресс-экструдер имеет габаритные размеры:

Длина - 1. 7 м; ширина - 0. 7 м; высота - 1. 5 м.

Электропривод - асинхронный двигатель мощностью 7, 5 кВт, напряжение 380 В и частота вращения 1440 об/мин.

Прессование композитов велось на пяти шнеках с различным шагом витков и шириной лопасти с фильерами длиной $l=0,060$, $l=0,090$, $l=0,120$ м и диаметром $d=0,014$ м:

Шнек №1 имеет изменяющийся шаг $t=0,032$ и $t=0,048$ м и ширину лопасти $b=0,007$ м.

Шнек №2 имеет шаг $t=0,040$ м и ширину лопасти $b=0,008$ м.

Шнек №3 имеет шаг $t=0,032$ м и ширину лопасти $b=0,006$ м.

Шнек №4 имеет шаг $t=0,040$ м и ширину лопасти $b=0,013$ м.

Шнек №5 имеет шаг $t=0,048$ м и ширину лопасти $b=0,021$ м.

Для измерения мощности расходуемой на экструдирование применяли ваттметр Д 539 (№ 93139, 1962 г., ГОСТ 8476-60) с нагрузочным трансформатором тока УТТ-5М (№ 018146, 1973 г., ГОСТ 51974-73), мощность сил полезного сопротивления N определяли согласно методике [5, 13].

Контроль температуры в ходе процесса велся в зоне формующей головки с помощью цифрового мультиметра ДТ – 838 с термопарой.

Влажность зерновых компонентов определялась с использованием влагомера зерна «Фауна-М» РКГЯ 2.844.002 РЭ.

Влажность опилок определялась с использованием определителя влажности древесины батарейного игольчатого SH-0453 ТУ 4221-002-33022904-01.

Взвешивание исходных компонентов и анализируемых образцов производилось на лабораторных весах Аcom типа JW-1.

Время отбора проб фиксировалось механическим секундомером ГОСТ 5072-72.

При исследованиях в качестве компонентов для получаемого композита использовали состав из двух компонентов в различных процентных отношениях (4 состава: первый – 50 % полиэтилена, 50 % опилки; второй – 75 % полиэтилена, 25 % опилки; третий – 100 % полиэтилен, 35 % опилки; четвертый – 250 % полиэтилен, 50 % опилки). Применяли: первый компонент - полиэтилен марки В-У460 сертификат №2118; второй компонент – опилки сосновые (ГОСТ 24454-80). Влажность исходной смеси составляла 16 %.

По результатам проведенных исследований были построены зависимости энергоемкости N/Q от длины фильеры l_f , и от процента связующих добавок C (состава компонентов) (рисунки 2-4), при различных угловых скоростях вращения шнека $\omega = 30$ мин⁻¹; $\omega = 45$ мин⁻¹; $\omega = 60$ мин⁻¹ [6-13].

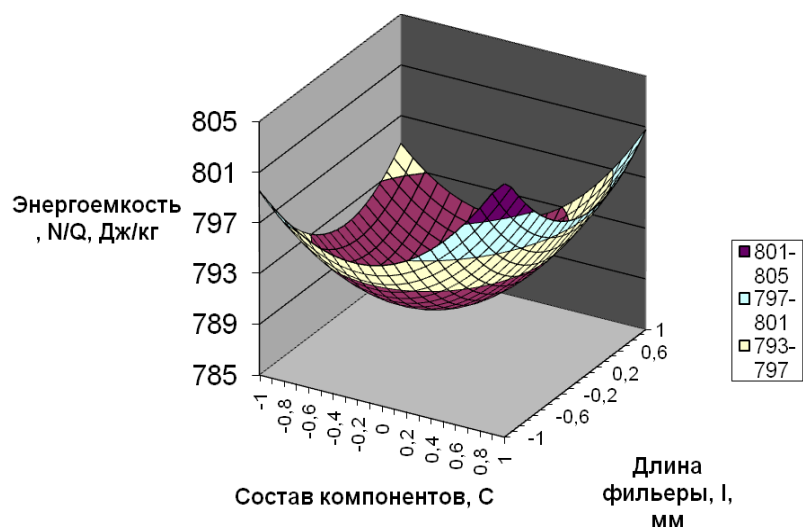


Рис. 2. Зависимость энергоемкости N/Q от длины фильеры l_ф, от процента связующих добавок С, при угловой скорости вращения шнека $\omega=30 \text{ мин}^{-1}$

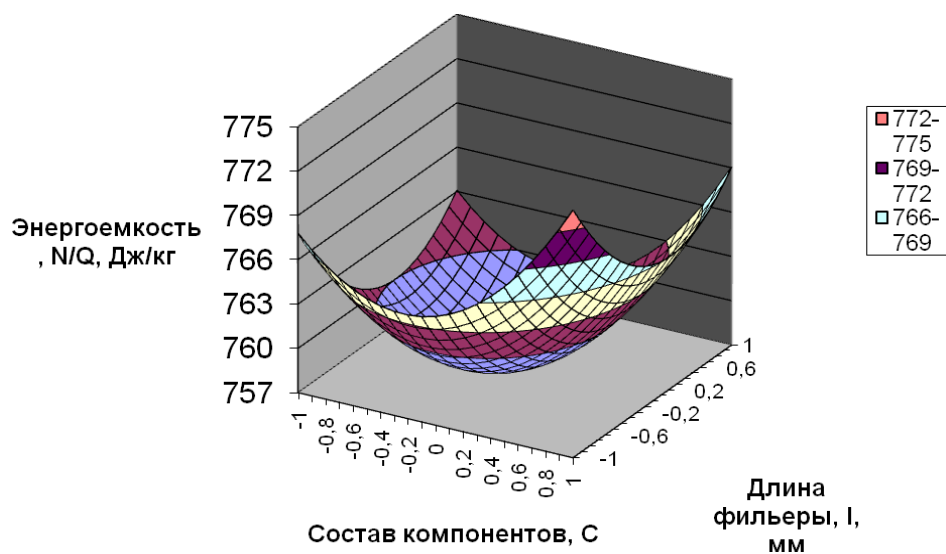


Рис. 3. Зависимость энергоемкости N/Q от длины фильеры l_ф, от процента связующих добавок С, при угловой скорости вращения шнека $\omega=45 \text{ мин}^{-1}$

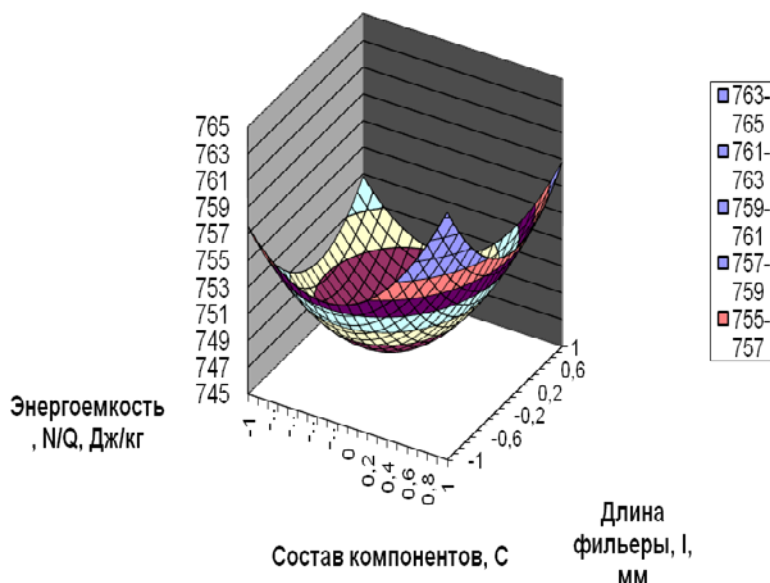


Рис. 4. Зависимость энергоёмкости N/Q от длины фильеры l_f , от процента связующих добавок C , при угловой скорости вращения шнека $\omega = 60 \text{ мин}^{-1}$

По результатам экспериментальных исследований установлены зависимости энергоёмкости N/Q , от длины фильеры l_f , от процента связующих добавок C , при изменении угловой скорости вращения шнека, в виде функции:

$$N/Q = f(C, l_f, \omega), \quad (1)$$

Подвергнув зависимость 1 аппроксимации полиномом второй степени с учетом межфакторного взаимодействия и исключив из уравнения незначимые коэффициенты, получили уточненное уравнение регрессии:

$$N/Q = 756,8066 + 2,980916X_1 - 2,3562625X_2 - 20,9961X_3 + 6,438023X_1^2 + 5,196949X_2^2 + 10,72537X_3^2, \quad (2)$$

где $X_1 = -0,05C + 1,5$;

$X_2 = 0,0333l_f - 3$;

$X_3 = 0,0667\omega - 3$.

Значимость уравнения регрессии 2 определяли по критерию Фишера [3].

При угловой скорости вращения шнека 60 об/мин минимальные удельные затраты энергии, которую может достичь пресс-экструдер составляет 745 Вт·с/ч, при этом процент связующих добавок изменяется в процентах от 42% до 28% и длина фильеры от 84 мм до 108 мм обеспечивают удельные затраты энергии меньше 747 Вт·с/ч [6, 8].

При угловой скорости вращения шнека 45 об/мин минимальные удельные затраты энергии, составят 757 Вт·с/ч, при этом процент связующих добавок изменяется от 44 % до 26 % и длина фильеры от 81 мм до 111 мм обеспечивают удельные затраты энергии меньше 758 Вт·с/ч [6, 8].

При угловой скорости вращения шнека 30 об/мин минимальные удельные затраты энергии, составят 785 Вт·с/ч, при этом процент связующих добавок изменяется от 42 % до 28 % и длина фильеры от 81 мм до 108 мм обеспечивают удельные затраты энергии меньше 789 Вт·с/ч [6, 8].

Закключение. Таким образом, проанализировав зависимости энергоёмкости процесса экструдирования высоконаполненных пластмасс в зависимости от длины фильеры и содержания компонентов при трех значениях угловой скорости вращения шнека можно сделать вывод, что наименее энергоёмкий процесс осуществляется при угловой скорости вращения шнека 60 об/мин, проценте связующих добавок от 42 % до 28 %, длине фильеры от 84 мм до 108 мм, при этом удельные затраты энергии будут меньше 747 Вт·с/ч.

Примечания:

1. Антимонов С.В. Экструдирование полимерных древесно-наполненных композитов / С.В. Антимонов, Р.Ф. Сагитов, К.О. Рекун, Е.А. Федоров / Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: Материалы 3-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с Международным участием (28-30 апреля 2010 г., г. Бийск). В 2-х ч. Ч.1/ Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-т, 2010. С. 124-129.
2. Баширов В.Д. Технология получения древесно-наполненных полимерных композитов (ДПКТ) из целлюлозосодержащего сырья методом экструзии / В.Д. Баширов, И.Д. Алямов, Р.Ф. Сагитов, М.З. Гулак, А.А. Петров / Проблем развития АПК региона: сборник статей Научно-практического журнала №1(13), 2013. С. 63-70.
3. Грачев Ю.П. Математические методы планирования экспериментов. М.: Пищевая промышленность, 1979. 200 с.
4. Ковриков И.Т. Получение ДПКТ способом экструзии из пластиковых и целлюлозосодержащих отходов / И.Т. Ковриков, С.В. Антимонов, Р.Ф. Сагитов, Е.А. Федоров // Проблемы и инновационные решения в химической технологии «ПИРХТ-2010»: Материалы международной научно-практической конференции/ Воронеж. гос. технол. акад. Воронеж: ВГТА, 2010. С. 77-83.
5. Нгуен Хоанг Линь Снижение энергоемкости процесса экструдирования растительных материалов в шнековых экструдерах: Дис. канд. техн. наук. Оренбург, 2007. 152с.
6. Полищук В.Ю. Теоретические основы описания процесса движения высоконаполненных пластмасс в канале шнека / В.Ю. Полищук, Р.Ф. Сагитов, Е.А. Федоров, К.О. Рекун // Вестник Оренбургского государственного университета. 2010. № 4. С. 137-141.
7. Полищук В.Ю. Течение высоконаполненных пластмасс в канале прессующего механизма / В.Ю. Полищук, Р.Ф. Сагитов, Е.А. Федоров / Труды седьмой Всероссийской научной конференции с международным участием. Ч.2: Моделирование и оптимизация динамических систем и систем с распределенными параметрами. Самара: СамГТУ, 2010. С. 213.
8. Полищук В.Ю. Математическая модель процесса экструдирования высоконаполненных пластмасс / В.Ю. Полищук, Р.Ф. Сагитов, К.О. Рекун, Е.А. Федоров, // Вестник Оренбургского государственного университета. 2010. № 10. С. 165-168.
9. Сагитов Р.Ф. Экструдирование различных видов пластиковых и целлюлозосодержащих отходов с целью получения древесно-наполненных пластмасс/ Р.Ф. Сагитов, С.В. Антимонов, Е.А. Федоров, К.О. Рекун// Вестник Ижевского государственного технического университета. 2010. № 3. С. 4-7.
10. Сагитов Р.Ф. Утилизация и вторичная переработка отходов химических производств / Р.Ф. Сагитов, Е.А. Федоров // Материалы и технологии XXI века: Сборник статей VIII Международной научно-технической конференции. Пенза: Приволжский Дом знаний, 2010. С. 189-191.
11. Сагитов Р.Ф. Технология получения древесно-полимерных композитов методом экструзии / Р.Ф. Сагитов, Е.А. Федоров // Инноватика-2010: Сборник материалов VI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с элементами научной школы (12-16 апреля 2010 г.). Томск: ТМЛ-Пресс, 2010. Т.1. С. 188-189.
12. Сагитов Р.Ф. Утилизация отходов деревоперерабатывающих, химических и пищевых производств методом экструзии / Р.Ф. Сагитов, Е.А. Федоров, А.В. Стародубцев // Современные промышленные технологии: Материалы Всероссийских научно и научно-технических конференций (Computer-Based Conferences). Декабрь 2009 г. Нижний Новгород: Нижегородский научный и информационно-методический центр «Диалог» (ННИМЦ «Диалог»), 2009 г. С. 31-33.
13. Сагитов Р.Ф. Методика определения параметров эффекта процесса экструдирования высоконаполненных пластмасс / Р.Ф. Сагитов, Е.А. Федоров, К.О. Рекун // Прогрессивные технологии в современном машиностроении: Сборник статей VI Международной научно-технической конференции. Пенза: Приволжский Дом знаний, 2010. С. 254-255.

УДК 678.057.3:519.87:678.027:678.5

**Определение оптимальных параметров процесса экструдирования
многокомпонентных смесей**

Рамиль Фаргатович Сагитов

ООО «ЭкоКом», Россия
460053, Оренбург, ул. Родимцева, 2/2, кв. 12
E-mail: rsagitov@mail.ru

Аннотация. Проведены экспериментальные исследования в области экструдирования многокомпонентных смесей из отходов различных производств, предложена установка для получения композитов из различных видов отходов. По результатам проведенных исследований проанализировав зависимости энергоемкости процесса экструдирования многокомпонентных смесей в зависимости от длины фильеры и содержания компонентов при трех значениях угловой скорости вращения шнека были получены значения энергоемкости процесса при оптимальной длине фильеры, угловой скорости и процента связующих добавок.

Ключевые слова: Экструдирование многокомпонентных смесей; композит; энергоемкость; высоконаполненные пластмассы; связующие добавки; шнек; скорость вращения шнека.