

УДК 678.057:519.87:678.027.37:678.5

ВЛИЯНИЕ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЭКСТРУДИРОВАНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТАРНОГО СЛОЯ ПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В КАНАЛЕ ПРЕСС-ЭКСТРУДЕРА

¹Сагитов Р.Ф., ²Антимонов С.В.

¹ООО «ЭкоКом», Оренбург, e-mail: rsagitov@mail.ru;

²ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», Оренбург

В настоящее время в России большое внимание уделяется утилизации и вторичной переработке промышленных и бытовых отходов. Методы и способы переработки могут быть различными. Наиболее энергоемкий и экологически чистый способ переработки промышленных и бытовых отходов – экструдирование многокомпонентных смесей в пресс-экструдере для получения на выходе высококачественных облицовочных и строительных материалов. Для реализации этой задачи группой исследователей были проведены исследования в области экструдирования многокомпонентных смесей из отходов различных производств с варьированием различных технологических, конструкционных и реологических параметров. В результате была предложена установка для получения композитов из различных видов отходов. По результатам экспериментальных исследований предложена методика по определению температуры слоя при трех угловых скоростях вращения шнека и установлены зависимости высоты пристенного слоя $h_{ст}$ и температуры пристенного слоя $t_{ст}$ от температуры срединного слоя $t_{ср}$, угловой скорости вращения ω и от геометрических параметров шнека ζ (живое сечение – $\zeta = t - s$).

Ключевые слова: экструдирование многокомпонентных смесей, композит, температура слоя, пристенный слой, срединный слой, живое сечение, тензометрические датчики, шнек, шаг витка, ширина лопасти

INFLUENCE TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON THE CHARACTERISTICS OF THE PROCESS OF EXTRUSION UNIT LAYER OF PLASTIC MATERIALS IN A CHANNEL EXTRUDER

¹Sagitov R.F., ²Antimonov S.V.

¹ООО «ECOCOM», Orenburg, e-mail: rsagitov@mail.ru;

²FGBOU VPO «Orenburg State University», Orenburg

Currently, much attention is paid to Russian recovery and recycling of industrial and domestic waste. Methods and means of processing may be different. The most energy-intensive and environmentally friendly way of recycling industrial and household waste – is the extrusion of multi-component mixtures in a press extruder to output high-quality tiles and building materials. To implement this task, a team of researchers have conducted studies in the field of extrusion of multi-component mixtures of various waste products with a variation of different technological, structural and rheological parameters. The result has been proposed apparatus for producing composites of various types of waste. According to the results of experimental studies proposed a method to determine the temperature of the bed at three angular velocities of rotation of the screw and installed according to the height of the boundary layer h_w and temperature boundary layer temperature T_w of the core layer t_{sl} angular velocity ω and the geometrical parameters of screw ζ (open area – $\zeta = ts$).

Keywords: extruding multicomponent mixtures, composite bed temperature boundary layer, core layer open area, strain gage sensors, screw coil pitch, blade width

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

Предложенный подход определения 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. На наш взгляд, наиболее энергоемкий и экологически чистый способ переработки промышленных и бытовых отходов – экструдирование мно-

гокомпонентных смесей в пресс-экструдере для получения на выходе высококачественных облицовочных и строительных материалов.

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.

Особенностью математической модели является определение элементарного слоя в зависимости от высоты экструзионного слоя.

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

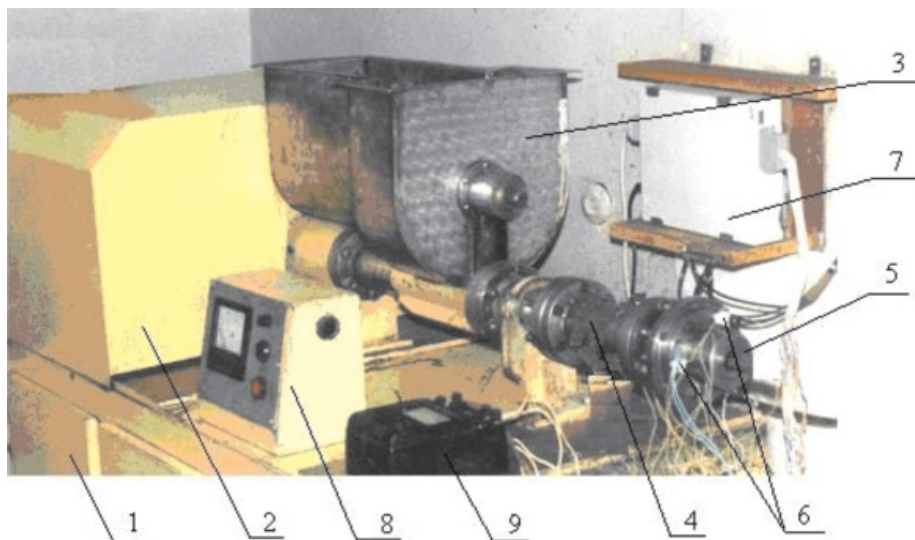


Рис. 1. Малогабаритный пресс-экструдер ПЭШ-30/4:
1 – станина; 2 – редуктор; 3 – смеситель; 4 – цилиндрический корпус; 5 – формующая головка; 6 – тензодатчики; 7 – аналого-цифровой преобразователь; 8 – амперметр; 9 – ваттметр

Техническая характеристика пресса-экструдера

Таблица 1

Наименование	Значение
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

Для осуществления возможности пресования пластических материалов в виде композитов при различных режимах, пресс-экструдер ПЭШ-30/4 был подвергнут модернизации и усовершенствованию, заключающимся 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 0–200 об/мин [1, 4, 6, 8, 14].

Принцип работы установки, представленной на рис. 1, следующий.

Электродвигатель посредством ременной передачи приводит во вращение быстходный вал редуктора (2), с тихоходного вала движение передается муфтой на рабочий орган-шнек, расположенный в цилиндрическом корпусе (4), который заканчивается формирующей 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 [8].

Модуль LC-212F работает совместно с персональным компьютером, подключение 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 [8, 15].

Контроль температуры в ходе процесса велся в зоне формирующей головки с по-

мощью цифрового мультиметра DT – 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 Асом типа JW-1.

Время отбора проб фиксировалось механическим секундомером ГОСТ 5072-72.

Для определения давления в прессуемом материале наклеены тензодатчики 4 и 5 на фильере непосредственно над поршнем в двух сечениях, как показано на рис. 2 – один – в меридиональном направлении, а другой – в окружном направлении. Оба датчика наклеены симметрично относительно срединной плоскости. Фильера была изготовлена из незакаленной стали 45 (ГОСТ 1050-74). Наклейка датчиков была осуществлена клеем БФ-2 ТУ 2252-011-4553971-98 по существующей технологии [8].

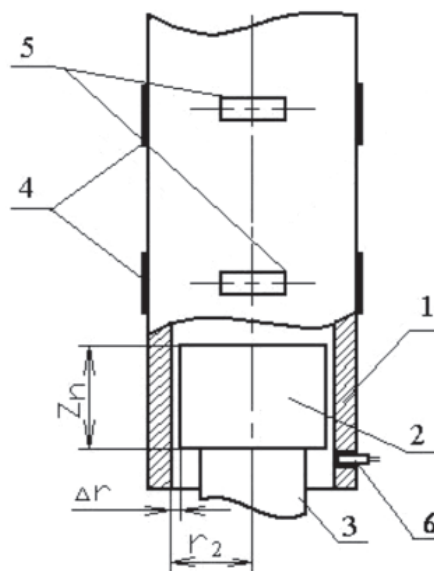


Рис. 2. Наклейка тензодатчиков на фильеру: 1 – фильера; 2 – поршень; 3 – шток; 4, 5 – тензодатчики; 6 – датчик температуры

Для экспериментального измерения пользовались тензометрическими датчиками типа 2ПКБ 10-100ГВ (измерительная база 10 мм, номинал $R = 202$ Ом, коэффициент чувствительности $S = 2,00$).

Для эффективного определения оптимальной толщины слоя по высоте прессования и определения других теоретических величин математической модели на кафедре машин и аппаратов химических и пищевых

производств Оренбургского государственного университета был реализован программный продукт Progo.

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%.

Методика проведения экспериментальных исследований Методика апробировалась в работах [6, 7, 9–15].

Эксперимент по определению температуры слоя проводили при трех угловых скоростях вращения шнека (использовали угловые скорости $\omega = 30, 45, 60 \text{ мин}^{-1}$), ис-

пользовали пять шнеков, имеющих различные геометрические параметры.

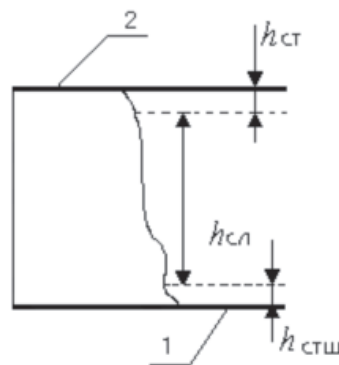


Рис. 3. Область прессования разбитая послойно; 1 – плоскость, замещающая шнековый корпус; 2 – плоскость, замещающая дно шнекового канала

Результаты исследований были сведены в табл. 2–6 в зависимости от геометрических параметров шнеков.

Таблица 2

Параметры слоя для шнека № 1

Параметры слоя	$t_{\text{вых}} = 108,7^\circ\text{C}$	ω_{30}	$t_{\text{вых}} = 99,9^\circ\text{C}$	ω_{45}	$t_{\text{вых}} = 104,2^\circ\text{C}$	ω_{60}
$t_{\text{ст}}, ^\circ\text{C}$	89		83		92	
$h_{\text{ст}}, \text{м}$	0,00198		0,00204		0,00207	
$t_{\text{сл}}, ^\circ\text{C}$	118		106		113	
$h_{\text{сл}}, \text{м}$	0,0075		0,0086		0,0085	
$t_{\text{стш}}, ^\circ\text{C}$	92		88		89	
$h_{\text{стш}}, \text{м}$	0,00552		0,00656		0,00643	

Таблица 3

Параметры слоя для шнека № 2

Параметры слоя	$t_{\text{вых}} = 96,5^\circ\text{C}$	ω_{30}	$t_{\text{вых}} = 91,5^\circ\text{C}$	ω_{45}	$t_{\text{вых}} = 92,3^\circ\text{C}$	ω_{60}
$t_{\text{ст}}, ^\circ\text{C}$	80		75		78	
$h_{\text{ст}}, \text{м}$	0,00245		0,00276		0,00264	
$t_{\text{сл}}, ^\circ\text{C}$	110		101		108	
$h_{\text{сл}}, \text{м}$	0,0125		0,0137		0,0129	
$t_{\text{стш}}, ^\circ\text{C}$	82		79		81	
$h_{\text{стш}}, \text{м}$	0,0100		0,0109		0,01026	

По результатам экспериментальных исследований установлены зависимости высоты пристенного слоя $h_{\text{ст}}$ и температуры пристенного слоя $t_{\text{ст}}$ от температуры срединного слоя $t_{\text{сл}}$ угловой скорости вращения ω и от геометрических параметров шнека ζ (живое сечение – $\zeta = t - s$), в виде функций

$$t_{\text{ст}} = f(t_{\text{сл}}, \omega, \zeta); \quad (1)$$

$$h_{\text{ст}} = f(t_{\text{сл}}, \omega, \zeta). \quad (2)$$

Используя уравнения 1–2, возможно кусочно-плоское представление поверхностей по ограниченному числу точек, но дальнейшее его использование осложняется необходимостью контроля за границами области существования каждого участка аппроксимации этой поверхности.

Таблица 4

Параметры слоя для шнека № 3

Параметры слоя	$t_{\text{вых}} = 100,5^{\circ}\text{C}$	ω_{30}	$t_{\text{вых}} = 98,3^{\circ}\text{C}$	ω_{45}	$t_{\text{вых}} = 101,8^{\circ}\text{C}$	ω_{60}
$t_{\text{ст}}, ^{\circ}\text{C}$	86		80		88	
$h_{\text{ст}}, \text{м}$	0,00223		0,00212		0,00218	
$t_{\text{сл}}, ^{\circ}\text{C}$	116		105		115	
$h_{\text{сл}}, \text{м}$	0,0105		0,0097		0,0102	
$t_{\text{стш}}, ^{\circ}\text{C}$	88		90		86	
$h_{\text{стш}}, \text{м}$	0,00827		0,00758		0,00802	

Таблица 5

Параметры слоя для шнека № 4

Параметры слоя	$t_{\text{вых}} = 98,6^{\circ}\text{C}$	ω_{30}	$t_{\text{вых}} = 97,8^{\circ}\text{C}$	ω_{45}	$t_{\text{вых}} = 100,8^{\circ}\text{C}$	ω_{60}
$t_{\text{ст}}, ^{\circ}\text{C}$	85		81		78	
$h_{\text{ст}}, \text{м}$	0,00256		0,00268		0,00234	
$t_{\text{сл}}, ^{\circ}\text{C}$	106		109		111	
$h_{\text{сл}}, \text{м}$	0,0113		0,0126		0,0119	
$t_{\text{стш}}, ^{\circ}\text{C}$	86		83		79	
$h_{\text{стш}}, \text{м}$	0,00874		0,00992		0,00956	

Таблица 6

Параметры слоя для шнека № 5

Параметры слоя	$t_{\text{вых}} = 99,4^{\circ}\text{C}$	ω_{30}	$t_{\text{вых}} = 98,7^{\circ}\text{C}$	ω_{45}	$t_{\text{вых}} = 96,4^{\circ}\text{C}$	ω_{60}
$t_{\text{ст}}, ^{\circ}\text{C}$	89		86		86	
$h_{\text{ст}}, \text{м}$	0,00282		0,00275		0,00284	
$t_{\text{сл}}, ^{\circ}\text{C}$	115		107		108	
$h_{\text{сл}}, \text{м}$	0,0115		0,0119		0,0122	
$t_{\text{стш}}, ^{\circ}\text{C}$	89		88		83	
$h_{\text{стш}}, \text{м}$	0,00868		0,00915		0,00936	

Поэтому для возможности качественной оценки влияния изменения высоты слоя материала и температуры слоя материала в процессе экструдирования все поверхности, построенные по экспериментальным точкам, были определены поверхностями по методу наименьших квадратов [5], которые определяют значения высоты при-

стенного слоя материала $h_{\text{ст}}$ и температуры пристенного слоя материала $t_{\text{ст}}$ со средней относительной погрешностью 5%.

Подвергнув зависимости 1–2 аппроксимации полиномом второй степени с учетом межфакторного взаимодействия и исключив из уравнения незначимые коэффициенты, получили уточненные уравнения регрессии:

$$h_{\text{ст}} = 80,31177 + 2,178508X_1 - 0,65282X_2 - 3,013402X_3 + 0,625X_1X_3 - 0,375X_1X_2X_3 + 1,182806X_1^2 + 1,859755X_2^2; \quad (3)$$

$$t_{\text{ст}} = 0,010203 + 0,000227X_1 + 0,000385X_2 + 0,002048X_3 + 0,000005X_1X_2X_3 - 0,00013X_1^2 - 0,00065X_2^2 - 0,00154X_3^2, \quad (4)$$

где $X_1 = 0,2t_{\text{сл}} - 22$; $X_2 = 0,0667\omega - 3$; $X_3 = 0,2857(p - s) - 8,1429$; $t_{\text{сл}}$ – температура среднего слоя материала, $^{\circ}\text{C}$; ω – угловая скорость вращения шнека, мин^{-1} ; p – шаг шнека, мм; s – осевая толщина шнека, мм.

Значимость уравнений регрессии 3–4 определяли по критерию Фишера [5].

Диаграммы зависимостей значения высоты пристенного слоя материала $h_{ст}$ и тем-

пературы пристенного слоя материала $t_{ст}$ от угловой скорости вращения шнека ω и температуры среднего слоя материала $t_{сл}$ представлены на рис. 4–5.

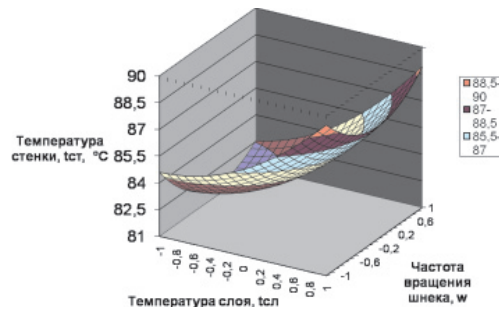


Рис. 4. Зависимость температуры у стенки $t_{ст}$ от температуры слоя $t_{сл}$ при изменении угловой скорости вращения шнека ω , геометрические параметры шнека № 1

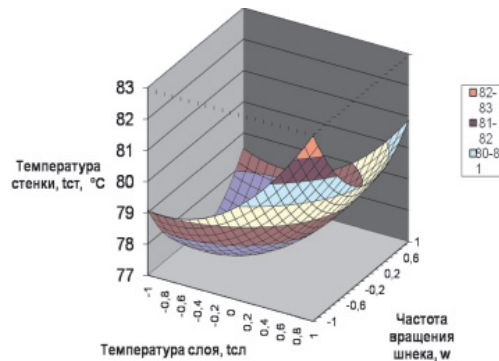


Рис. 5. Зависимость температуры у стенки $t_{ст}$ от температуры слоя $t_{сл}$ при изменении угловой скорости вращения шнека ω , геометрические параметры шнека № 2

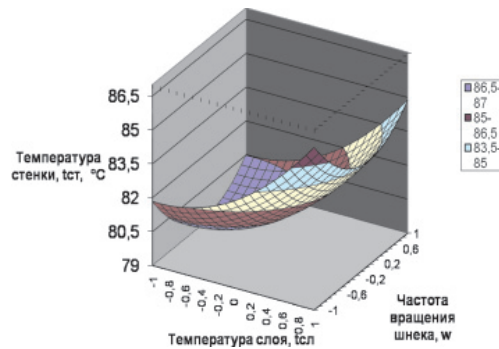


Рис. 6. Зависимость температуры у стенки $t_{ст}$ от температуры слоя $t_{сл}$ при изменении угловой скорости вращения шнека ω , геометрические параметры шнека № 4

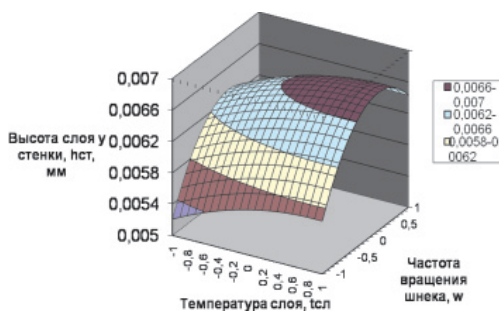


Рис. 7. Зависимость высоты слоя у стенки $h_{ст}$ от температуры слоя $t_{сл}$ при изменении угловой скорости вращения шнека ω , геометрические параметры шнека № 1

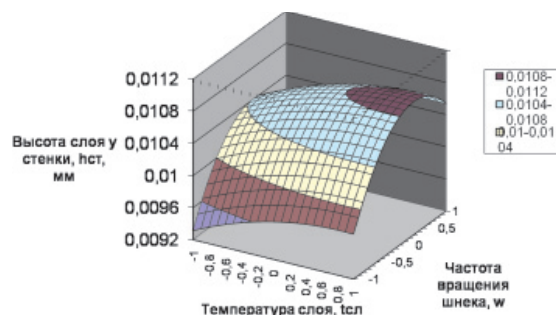


Рис. 8. Зависимость высоты слоя у стенки $h_{ст}$ от температуры слоя $t_{сл}$ при изменении угловой скорости вращения шнека ω , геометрические параметры шнека № 2

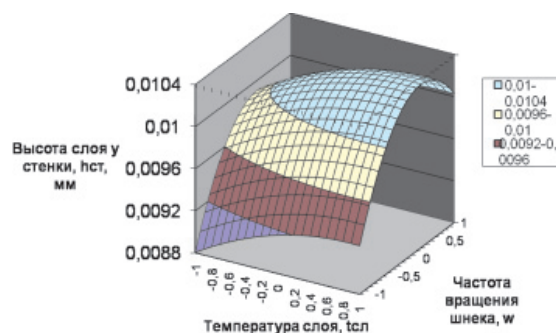


Рис. 9. Зависимость высоты слоя у стенки $h_{ст}$ от температуры слоя $t_{сл}$ при изменении угловой скорости вращения шнека ω , геометрические параметры шнека № 4

Выводы

Из анализа диаграмм на рис. 4–9 и формул 3–4 можно сделать вывод, о том, что температура пристенного слоя $t_{сл}$ мало зависит от угловой скорости вращения шнека ω , причем замечено, что температура пристенного слоя возле шнека $t_{слш}$ несколько выше температуры пристенного слоя $t_{сл}$.

Анализ значений высоты пристенного слоя $h_{ст}$ показывает, что наблюдается небольшой рост высоты пристенного слоя $h_{ст}$ с увеличением угловой скорости вращения шнека ω , кроме того, высота пристенного слоя $h_{ст}$ увеличивается с увеличением температуры пристенного слоя $t_{сл}$.

Список литературы

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 210 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. Анализ экспериментальных исследований при экструдировании древесно-наполненных композиционных материалов (ДПКТ) / В.Д. Баширов, Е.В. Левин, Р.Ф. Сагитов, С.В. Антимонов, М.З. Гулак / Успехи современного естествознания. – 2013. – № 2. – С. 54–60.
3. Баширов, В.Д. Анализ распределения температуры в канале одношнекового пресс-экструдера при производстве древесно-наполненных полимерных композитов с применением древесных опилок / В.Д. Баширов, Е.В. Левин, Р.Ф. Сагитов, М.З. Гулак / Журнал Вестник Ижевского государственного

дарственного технического университета. – Ижевск: ИГТУ, 2013. – Вып. № 1(57). – С. 11–13.

4. 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. – 2013. – № 1(13). – С. 63–70.

5. Грачев Ю.П. Математические методы планирования экспериментов. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 200 с.

6. 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.

7. Ковриков И.Т. Производство древесно-наполненных композитов на основе отходов пищевых, химических и деревоперерабатывающих производств / И.Т. Ковриков, Р.Ф. Сагитов, Е.А. Федоров // Пищевые технологии и биотехнологии: XI Международная конференция молодых ученых (г. Казань, 13–16 апреля 2010 г.). Сборник тезисов докладов. Часть 2. – Казань: Изд-во «Отечество», 2010. – С. 66–67.

8. Нгуен Хоанг Линь Снижение энергоемкости процесса экструдирования растительных материалов в шнековых экструдерах: дис. ... канд. техн. наук. – Оренбург, 2007. – 152 с.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. Сагитов Р.Ф. Исследование возможности получения ДПКТ методом экструзии на основе отходов различных производств / Р.Ф. Сагитов, С.Ю. Соловых, С.В. Антимонов, Е.А. Федоров // Перспективные полимерные композиционные материалы. Альтернативные технологии. Переработка. Применение. Экология.: Доклады Международной конференции «Композит-2010» / Саратовский государственный технический университет. – Саратов: СарГТУ, 2010. – С. 457–459.

14. 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.

15. Сагитов Р.Ф. Исследование и оптимизация процесса экструдирования масличного сырья в шнековых прессах: дис. ... канд. техн. наук. – Оренбург, 2000. – 173 с.

References

1. Antimonov, S.V. E'kstrudirovanie polimernyx drevesno-napolnennykh kompozitov / S.V. Antimonov, R.F. Sagitov, K.O. Rekun, E.A. Fedorov / *Texnologii i oborudovanie khimicheskoy, biotexnologicheskoy i pishhevoj promyshlennosti: Materialy 3-j Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh s Mezhdunarodnym uchastiem (28–30 aprelya 21010 g., g. Bijsk). V 2-x ch. Ch.1/ Alt.gos.texn.un-t, BTI. Bijsk: Izd-vo Alt.gos.texn.un-t, 2010. pp. 124–129.*

2. Bashirov, V.D. Analiz e'kspirimental'nykh issledovaniy pri e'kstrudirovaniy drevesno-napolnennykh kompozitsionnykh materialov (DPKT) / V.D. Bashirov, E.V. Levin, R.F. Sagitov, S.V. Antimonov, M.Z. Gulak / «Uspehi sovremennogo estestvoznaniya» Nauchno-teoreticheskij zhurnal, Moskva. «Akademiya estestvoznaniya» no. 2 2013 g., pp. 54–60.

3. Bashirov, V.D. Analiz raspredeleniya temperatury v kanale odnoshnekovogo press-e'kstrudera pri proizvodstve drevesno-napolnennykh polimernyx kompozitov s primeneniem drevesnykh opilok / V.D. Bashirov, E.V. Levin, R.F. Sagitov, M.Z. Gulak / *Zhurnal Vestnik Izhevskogo Gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta. Izhevsk: IGTU, 2013. Vyp. no. 1(57). pp. 11–13.*

4. Bashirov, V.D. *Texnologiya polucheniya drevesno-naponennykh polimernyx kompozitov (DPKT) iz cellyulozozoderzhashhego syr'ya metodom e'kstruzii / V.D. Bashirov, I.D. Alyamov, R.F. Sagitov, M.Z. Gulak, A.A. Petrov / Problem razvitiya APK regiona: sbornik statej Nauchno-prakticheskogo zhurnala no. 1(13), 2013 g., pp. 63–70.*

5. Grachev Yu. P. *Matematicheskie metody planirovaniya e'kspirimentov. M.: Pishhevaya promyshlennost', 1979. 200 p.*

6. Kovrikov I.T. Poluchenie DPKT sposobom e'kstruzii iz plastikovykh i cellyulozozoderzhashhix otkhodov / I.T. Kovrikov, S.V. Antimonov, R.F. Sagitov, E.A. Fedorov // *Problemy i innovatsionnye resheniya v khimicheskoy tekhnologii «PIRXT-2010»:*

Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii/ Voronezh.gos.texnol.akad. Voronezh: VGTA, 2010. pp. 77–83.

7. Kovrikov I.T. *Proizvodstvo drevesno-napolnennykh kompozitov na osnove otkhodov pishhevyykh, khimicheskix i derevoprererabatyvayushhix proizvodstv / I.T. Kovrikov, R.F. Sagitov, E.A. Fedorov // XI Mezhdunarodnaya konferenciya molodykh uchenykh «Pishhevye tekhnologii i biotekhnologii» (g. Kazan', 13–16 aprelya 2010 g.). Sbornik tezisov dokladov. Chast' 2. Kazan': Izdatel'stvo «Otechestvo», 2010. pp. 66–67.*

8. Nguen Xoang Lin' *Snizhenie e'nergoemkosti processa e'kstrudirovaniya rastitel'nykh materialov v shnekovykh e'kstruderax: Dis. kand. texn. nauk. Orenburg, 2007. 152 p.*

9. Polishhuk, V.Yu. *Teoreticheskie osnovy opisaniya processa dvizheniya vysokonapolnennykh plastmass v kanale shneka / V.Yu. Polishhuk, R.F. Sagitov, E.A. Fedorov, K.O. Rekun // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2010. no. 4. pp. 137–141.*

10. Polishhuk, V.Yu. *Techenie vysokonapolnennykh plastmass v kanale pressuyushhego mexanizma / V.Yu. Polishhuk, R.F. Sagitov, E.A. Fedorov / Trudy sed'moj Vserossiyskoy nauchnoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Ch.2: Modelirovanie i optimizatsiya dinamicheskix sistem i sistem s raspredelennymi parametrami. Samara: SamGTU, 2010. pp. 213.*

11. Polishhuk, V.Yu. *Matematicheskaya model' processa e'kstrudirovaniya vysokonapolnennykh plastmass / V.Yu. Polishhuk, R.F. Sagitov, K.O. Rekun, E.A. Fedorov // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2010. no. 10. pp. 165–168.*

12. Sagitov, R.F. *Metodika opredeleniya parametrov e'ffekta processa e'kstrudirovaniya vysokonapolnennykh plastmass / R.F. Sagitov, E.A. Fedorov, K.O. Rekun // Progressivnye tekhnologii v sovremennom mashinostroyeni: Sbornik statej VI Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoy konferencii. Penza: Privolzhskij Dom znaniy, 2010. pp. 254–255.*

13. Sagitov, R.F. *Issledovanie vozmozhnosti polucheniya DPKT metodom e'kstruzii na osnove otkhodov razlichnykh proizvodstv / R.F. Sagitov, S.Yu. Solovykh, S.V. Antimonov, E.A. Fedorov // Perspektivnye polimernye kompozitsionnye materialy. Al'ternativnye tekhnologii. Pererabotka. Primenenie. E'kologiya.: Doklady Mezhdunarodnoj konferencii «Kompozit-2010»/ Saratovskij gosudarstvennyy texnicheskij universitet. Saratov: SarGTU, 2010. pp. 457–459.*

14. Sagitov, R.F. *E'kstrudirovanie razlichnykh vidov plastikovykh i cellyulozozoderzhashhix otkhodov s cel'yu polucheniya drevesno-napolnennykh plastmass/ R.F. Sagitov, S.V. Antimonov, E.A. Fedorov, K.O. Rekun// Vestnik Izhevskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta. 2010. no. 3. pp. 4–7.*

15. Sagitov R.F. *Issledovanie i optimizatsiya processa e'kstrudirovaniya maslichnogo syr'ya v shnekovykh pressax: Dis. kand. texn. nauk. Orenburg, 2000. 173 p.*

Рецензенты:

Баширов В.Д., д.с.-х.н., профессор кафедры безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург;

Мещеряков А.Г., д.б.н., профессор кафедры «Технология продуктов питания и техносферная безопасность» филиала МТИ ВТУ, Оренбург.

Работа поступила в редакцию 03.09.2013.