

Электронный блок 16 на основании данных, снимаемых с датчиков 1, 5, 13, 14 управляет периодом открытия каждого газового клапана 4, при этом основным задающим параметром является изменение частоты вращения коленчатого вала и давление газа в газовом коллекторе.

Конструкция системы также позволяет использовать эффект эжекции, который заключается в передаче энергии потока газа, подаваемого под давлением через электромагнитный клапан 4 в смеситель, потоку воздуха, поступающего из впускного коллектора 2 при их турбулентном смешении, тем самым дозаправляя камеру сгорания во время цикла всасывания, увеличивая коэффициент ее наполнения, который непосредственно влияет на мощность двигателя [4].

Проведенные стендовые испытания системы на двигателе ЯМЗ-238 НД5, на тормозном стенде Хоперского ремонтного завода (г. Балашов) показали работоспособность предложенной системы питания, в газодизельном режиме запальная доза ДТ составила 20%, при этом расход газа на максимальных нагрузках сократился на 5% по сравнению с системами с центральной подачей газа.

В настоящее время система проходит эксплуатационные испытания на тракторе К-701 в ООО «Горизонт-С» (г. Маркс).

Таким образом, была создана система, которая обеспечивает более рациональное использование топлива по сравнению с серийными аналогами.

Список литературы

1. Загородских, Б.П. Компоновка газового оборудования для трактора ТРМ-160. Проблемы экономичности и эксплуатации двигателей внутреннего сгорания / Б.П. Загородских, А.В. Осовин // Материалы Межгосударственного научно-технического семинара. — Саратов, 2007. — Вып. 19. — С. 157–159.
2. Бебенин, Е.В. Совершенствование топливной системы тракторных дизелей для работы по газодизельно-

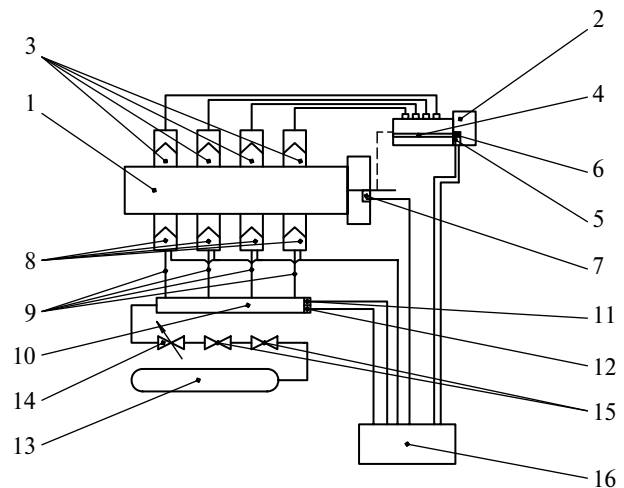


Рис. 4. Система распределенного эжекционного впрыска газообразного топлива:

- 1 — датчик фазы; 2 — впускной коллектор двигателя; 3 — смеситель; 4 — электромагнитные газовые форсунки; 5 — датчик давления газа; 6 — газовый коллектор; 7 — баллоны; 8 — запорный электромагнитный клапан; 9 — газовый фильтр; 10 — аккумуляторная батарея; 11 — педаль-задатчик частоты вращения двигателя; 12 — газовый редуктор «САГА»; 13 — датчик частоты вращения коленчатого вала; 14 — датчик температуры охлаждающей жидкости двигателя; 15 — датчик положения исполняющего устройства; 16 — электронный блок управления; 17 — электронный регулятор положения топливной рейки ТНВД «ЭРУС»; 18 — ТНВД

му циклу: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Е.В. Бебенин. — Саратов, 2009. — С. 14–15.

3. Пат. 105372 РФ МПК F02M21/02. Система распределенного эжекционного впрыска газообразного топлива / Б.П. Загородских, В.В. Володин, Е.В. Бебенин. — № 2010152293/28, заявл. 21.12.2010; опубл. 10.06.2011, Бюл. № 16.

4. Пат. 108491 РФ МПК F02B43/00, F02M31/00. Устройство эжекционной подачи газообразного топлива в двигатель / Б.П. Загородских, В.В. Володин, Е.В. Бебенин. — № 2010152294/28, заявл. 21.12.2010; опубл. 20.09.2011, Бюл. № 19. — 4 с.

УДК 664.784.6

А.Н. Остриков, доктор техн. наук
М.С. Напольских

Воронежский государственный университет инженерных технологий

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИЩЕВЫХ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ТЕКСТУРАТОВ НА РАСТИТЕЛЬНО-МЯСНОЙ ОСНОВЕ

Современные разработки в питании, развитии сельского хозяйства и мировых рынков привели в последние годы к возрастанию интереса к текстурированным продуктам на основе зерновых и зернобобовых культур. Однако предлагае-

мые сегодня на рынке экструзионные продукты несбалансированы по аминокислотному составу, так как состоят преимущественно из одного компонента. В связи с этим одним из основных направлений в пищевой промышленности является изго-

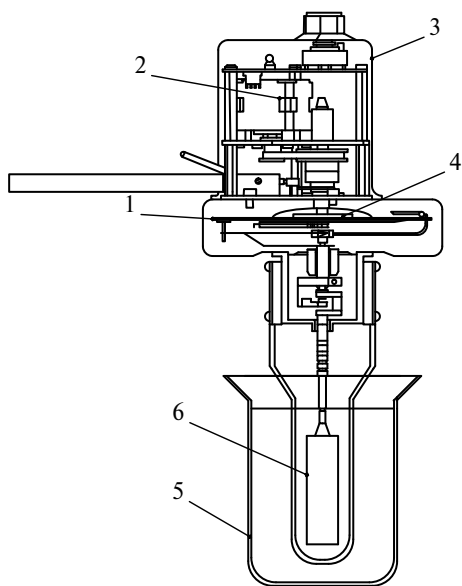


Рис. 1. Схема ротационного вискозиметра Brookfield

товление продуктов повышенной пищевой и биологической ценности, обогащенных определенным функциональным компонентом. В полной мере это перспективное направление реализуется при производстве готовых к употреблению снековых продуктов, изготавливаемых при помощи термопластической экструзии. С помощью этого процесса возможно получение широкого ассортимента изделий практически из любого сырья растительного и животного происхождения, что позволяет характеризовать этот процесс как универсальный [1].

Определяющее влияние на протекание процесса экструзии и качество получаемого продукта оказывают реологические свойства материалов, которые в свою очередь, зависят от влажности исходного сырья, температурного режима проведения процесса экструзии, давления в предматричной зоне [2].

Для определения реологических свойств экструдированной смеси использовался ротационный вискозиметр Brookfield (рис. 1).

Принцип работы вискозиметра основан на измерении закручивания калиброванной пружины при вращении шпинделя в тестируемой смеси с постоянной скоростью [1].

Шпиндель 6 вращается в исследуемой смеси, помещенной в контейнер 5 с помощью мото-

ра 2, помещенного в корпус 3 через калиброванную пружину 4. Вязкое трение жидкости о шпиндель определяется по закручиванию калиброванной пружины, которое измеряется датчиком угла вращения. Закручивание пружины отражается на дисплее 1 либо выводится на печать.

Объектом исследования являлась исходная растительно-мясная смесь, состоящая из следующих компонентов в соотношении: люпин — 66 %, чечевица — 24 %, сублимированное мясо говядины — 5 %, сублимированное мясо свинины — 5 %.

После проведения серии экспериментов (табл. 1) было подтверждено, что все компоненты исходной смеси при обработке в поле действия высоких температур под большим давлением переходят в расплав, который относится к аномально-вязким жидкостям, подчиняющимся степенному закону Оствальда-де-Вилля:

$$\tau = \mu \dot{\gamma}^n, \quad (1)$$

где τ , МПа, и $\dot{\gamma}$, c^{-1} — напряжение и скорость сдвига у стенки капилляра соответственно; n — индекс течения (заранее неизвестен).

Индекс n связывает скорость сдвига $\dot{\gamma}$ и эффективную скорость сдвига $\dot{\gamma}_{эф}$. На основании значения коэффициента течения степенные жидкости могут быть разделены на три группы: при $n < 1$ — псевдопластичные и тиксотропные; при $n = 1$ — ньютоновские; при $n > 1$ — дилатантные.

Таблица 1

Реологические параметры исходной смеси

Температура, °С	Скорость сдвига $\dot{\gamma}$, c^{-1}	Влажность W , %					
		18		20		22	
		$\tau 10^4$, МПа	μ , МПа·с ⁿ	$\tau 10^4$, МПа	μ , МПа·с ⁿ	$\tau 10^4$, МПа	μ , МПа·с ⁿ
50	7,1	63,50	192,32	57,18	215,32	55,90	231,50
60	16,1	90,14	147,92	78,15	161,52	69,30	175,45
70	21,6	105,72	110,67	94,72	123,27	84,14	132,98
80	34,5	132,14	87,60	120,32	95,64	103,54	105,83
120	95,4	225,87	41,57	195,78	46,36	152,87	53,54
130	114,2	268,07	30,57	223,52	37,10	175,87	44,92
140	138,6	375,52	27,54	308,01	29,48	345,02	30,78
150	162,3	540,19	26,57	454,32	27,14	395,65	28,76
160	218,4	880,79	23,15	732,14	25,78	578,51	27,15

Таблица 2

Значения индекса течения n при различных температуре и влажности расплава растительно-мясной смеси

Влажность W , %	Температура T , К								
	323	333	343	353	393	403	413	423	433
18	4,13	3,14	2,98	2,72	2,39	2,40	2,40	2,40	2,39
20	4,02	3,06	2,91	2,67	2,34	2,32	2,34	2,36	2,33
22	3,97	2,98	2,85	2,60	2,25	2,23	2,36	2,32	2,28

По данной методике был рассчитан индекс течения n , входящий в формулу (табл. 2), определена зависимость индекса течения и вязкости от начальной влажности растительно-мясной смеси и температуры расплава в предматричной зоне двухшнекового экструдера (рис. 2). Влияние температуры на реологические свойства зерновой смеси изучалось в интервале от 323 до 433 К, а влажность была выбрана в интервале от 18 до 22 %, что соответствует режиму горячей экструзии.

Из анализа графических зависимостей (см. рис. 2) следует, что разрушение структуры расплава зерновой смеси происходит в интервале скоростей сдвига $100...200 \text{ с}^{-1}$, что свидетельствует о внутренней перестройке, происходящей в расплаве продукта, а в диапазоне $400...435 \text{ К}$ имеет место экспоненциальное увеличение скорости сдвига расплава зерновой смеси. Также следует, что влажность оказывает большее влияние, чем температура.

В результате интерполяции экспериментальных данных с помощью математического комплекса Statistica 9.0 были получены следующее регрессионные уравнения:

$$\mu = 2848,259 + 0,02T^2 - 15,21T - 0,07TW + 32,847W - 0,061W^2, \quad (2)$$

$$n = 44,812 + 0,0003T^2 - 0,205T + 0,0001TW - 0,135W + 0,0012W^2, \quad (3)$$

где T — температура расплава продукта в предматричной зоне экструдера, К; W — начальная влажность зерновой смеси, %.

Таким образом, в результате исследования реологических свойств расплава зерновой смеси, нахо-

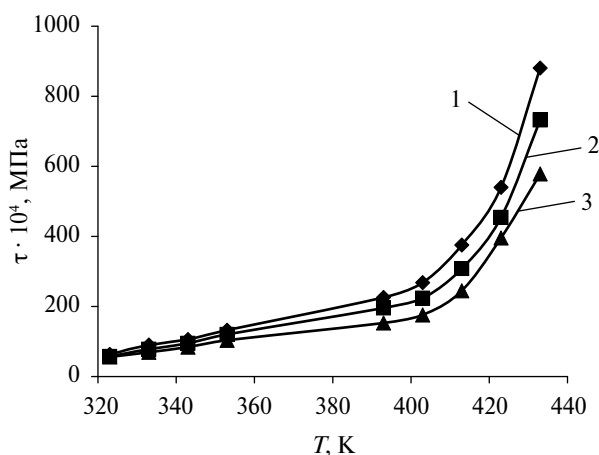


Рис. 2. Кривые течения расплава растительно-мясной смеси при влажности: 1 — 18 %; 2 — 20 %; 3 — 22 %

дящегося в предматричной зоне экструдера, было определено, что расплав в определенном диапазоне скоростей деформации можно отнести к аномально-вязким (неньютоновским) жидкостям. Результаты исследования реологических свойств расплава растительно-мясной смеси будут использованы для проектирования конструкций формирующих устройств с целью получения высококачественных экструзионных продуктов.

Список литературы

1. Малкин, А.Я. Реология: концепции, методы: пер. с англ. / А.Я. Малкин, А.Я. Исаева. — СПб.: Профессия, 2007. — 560 с.
2. Остриков, А.Н. Экструзия в пищевой технологии / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.С. Рудометкин. — СПб.: ГИОРД, 2004. — 288 с.

УДК 621.43, 631.37

М.В. Селезнёв

А.А. Глущенко, канд. техн. наук

В.М. Холманов, канд. техн. наук

Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина

АНАЛИЗ РАЗДЕЛЕНИЯ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ НА ФРАКЦИИ В ГИДРОЦИКЛОНЕ

Процесс разделения отработанных масел на фракции в гидроциклоне может быть представлен следующим образом. На частицу, находящуюся в потоке жидкости в гидроциклоне, действуют следующие силы (рис. 1): центробежная $P_{ц}$, отбрасывающая частицу к периферии; радиальная сила P_r , возникающая от действия радиального потока жидкости и направленная к оси аппарата; сила Кориолиса P_K , которая перемеща-

ет частицу в окружном направлении относительно потока; сила сопротивления среды P_c , препятствующая осаждению частицы; сила инерции $P_{и}$, образующаяся вследствие изменения скорости осаждения [1].

Если вследствие малости частицы принять, что она увлекается потоком во вращательное движение с угловой скоростью ω , то основная действующая на нее сила — центробежная: