

УДК 664.8.022

С.В. МАЗАНОВ, к.т.н., доцент (КНИТУ)
А.У. АЕТОВ, ассистент (КНИТУ)
А.О. СОЛОВЬЕВА, аспирант (КНИТУ)
И.И. МОНАХОВ, аспирант (КНИТУ)
г. Казань

РАСЧЕТ ПЛОТНОСТИ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ РАПСОВОГО И ПАЛЬМОВОГО МАСЕЛ В СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ФЛЮИДНЫХ УСЛОВИЯХ

Осуществлена реакция переэтерификации рапсового и пальмового масел в среде этилового спирта в сверхкритических флюидных условиях. Эксперименты осуществлены на установке, реализующей периодический режим осуществления реакции при мольных соотношениях этиловый спирт – рапсовое или пальмовое масло 20:1, 30:1 при температурах 623, 673 К, давлении 30 МПа длительностью 10, 20, 30 мин. Выбранные температурные и барические параметры состояния отвечают условиям сверхкритического флюидного состояния [1, 2]. Поскольку реакции осуществляется при заведомо высоких мольных соотношениях спирт-масло (20:1, 30:1), чем стехиометрический показатель (3:1), то после осуществления реакции избыток спирта как легкокипящий компонент был удален на тонкопленочном испарителе под разреженным давлением. После чего была измерена плотность образцов биодизельного топлива весовым методом при помощи стеклянного пикнометра ПЖ2-10 КШ 7/16 (ГОСТ 22524-77). Взвешивание осуществлялось на аналитических весах модели ВЛА-200 и электронных весах «Mettler PM 600».

Полученные экспериментальные данные описаны с помощью языка программирования Python. Некоторые результаты эксперимента и расчетного описания приведены на рисунках 1, 2.

Результаты экспериментального исследования некоторых образцов приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Плотность образцов реакции переэтерификации из рапсового масла

Образец	Температура, С	Время реакции, мин	Мольное соотн. Спирт:масло	Т	Плотность
31	350	10	20:1	15	0,8930
				40	0,8735
				50	0,8658
				60	0,8598

32	350	20	20:1	15	0,8910
				40	0,8696
				50	0,8611
				60	0,8549
33	350	30		15	0,8920
				40	0,8708
				50	0,8622
				60	0,8541
34	400	10	20:1	15	0,8950
				40	0,8757
				50	0,8679
				60	0,8617
35	400	20	20:1	15	0,8920
				40	0,8705
				50	0,8621
				60	0,8555
36	400	30	20:1	15	0,8930
				40	0,8711
				50	0,8623
				60	0,8557
37	350	10	30:1	15	0,8850
				40	0,8717
				50	0,8663
				60	0,8587
38	400	10	30:1	15	0,8880
				40	0,8733
				50	0,8675
				60	0,8609
39	400	30	30:1	15	0,8800
				40	0,8625
				50	0,8557
				60	0,8490

Таблица 2

Плотность образцов реакции переэтерификации из пальмового масла

Образец	Температура, С	Время реакции, мин	Мольное соотн. Спирт:масло	Т	Плотность
41	350	10	20:1	15	0,8980
				40	0,8908
				50	0,8801
				60	0,8722
42	350	20	20:1	15	0,8950
				40	0,8879
				50	0,8772
				60	0,8694
43	350	30		15	0,8960

				40	0,8898
				50	0,8799
				60	0,8737
44	400	10	20:1	15	0,8990
				40	0,8918
				50	0,8817
				60	0,8745
45	400	20	20:1	15	0,9010
				40	0,8941
				50	0,8837
				60	0,8774
46	400	30	20:1	15	0,8990
				40	0,8927
				50	0,8827
				60	0,8746
47	350	10	30:1	15	0,9050
				40	0,8968
				50	0,8846
				60	0,8768
48	400	10	30:1	15	0,8950
				40	0,8880
				50	0,8773
				60	0,8691
49	400	30	30:1	15	0,8970
				40	0,8901
				50	0,8797
				60	0,8737

Полученные экспериментальные данные описаны с помощью языка программирования Python. Некоторые результаты эксперимента и расчетного описания приведены на рисунках 1, 2.

Результаты аппроксимации данных выражена функциональной зависимостью типа $y=f(t)$:

$$\text{№31: } y = -0,90643 + 9,3064 \cdot 10^{-4}T - 2,5167 \cdot 10^{-6}T^2 \quad (1)$$

$$\text{№32: } y = -0,90609 + 1,0515 \cdot 10^{-3}T - 3,2482 \cdot 10^{-6}T^2 \quad (2)$$

$$\text{№33: } y = -0,90505 + 8,7584 \cdot 10^{-4}T - 4,2926 \cdot 10^{-7}T^2 \quad (3)$$

$$\text{№34: } y = -0,90800 + 8,9459 \cdot 10^{-4}T - 2,0063 \cdot 10^{-6}T^2 \quad (4)$$

$$\text{№35: } y = -0,90684 + 1,0299 \cdot 10^{-3}T - 2,8606 \cdot 10^{-6}T^2 \quad (5)$$

$$\text{№36: } y = -0,90818 + 1,0523 \cdot 10^{-3}T - 2,9043 \cdot 10^{-6}T^2 \quad (6)$$

$$\text{№37: } y = -0,89080 + 3,4250 \cdot 10^{-4}T + 3,1541 \cdot 10^{-6}T^2 \quad (7)$$

$$\text{№38: } y = -0,89616 + 5,3111 \cdot 10^{-4}T + 9,1990 \cdot 10^{-7}T^2 \quad (8)$$

$$\text{№39: } y = -0,89083 + 7,3026 \cdot 10^{-4}T - 5,5203 \cdot 10^{-7}T^2 \quad (9)$$

$$\text{№41: } y = -0,90789 + 6,4245 \cdot 10^{-4}T + 1,4 \cdot 10^{-6}T^2 \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \text{№42: } y &= -0,90483 + 6,3762 \cdot 10^{-4}T + 1,4 \cdot 10^{-6}T^2 & (11) \\ \text{№43: } y &= -0,90567 + 6,4069 \cdot 10^{-4}T + 1,0842 \cdot 10^{-19}T^2 & (12) \\ \text{№44: } y &= -0,90937 + 6,9586 \cdot 10^{-4}T + 1,0842 \cdot 10^{-19}T^2 & (13) \\ \text{№45: } y &= -0,91211 + 7,5524 \cdot 10^{-4}T - 1,2 \cdot 10^{-6}T^2 & (14) \\ \text{№46: } y &= -0,9066 + 4,5841 \cdot 10^{-4}T + 3,6 \cdot 10^{-6}T^2 & (15) \\ \text{№47: } y &= -0,91772 + 8,589 \cdot 10^{-4}T - 8,0 \cdot 10^{-7}T^2 & (16) \\ \text{№48: } y &= -0,90417 + 5,7986 \cdot 10^{-4}T + 2,4 \cdot 10^{-6}T^2 & (17) \\ \text{№49: } y &= -0,90847 + 7,87 \cdot 10^{-4}T - 1,8 \cdot 10^{-6}T^2 & (18) \end{aligned}$$

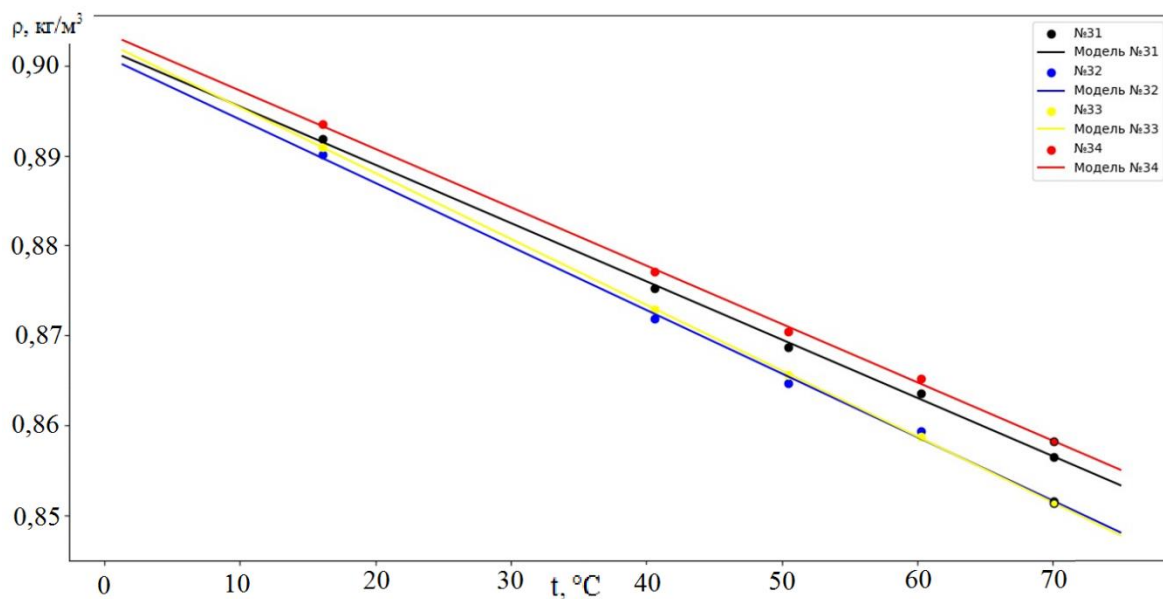


Рис. 1. Результаты расчета плотности биодизельного топлива, полученного из рапсового масла

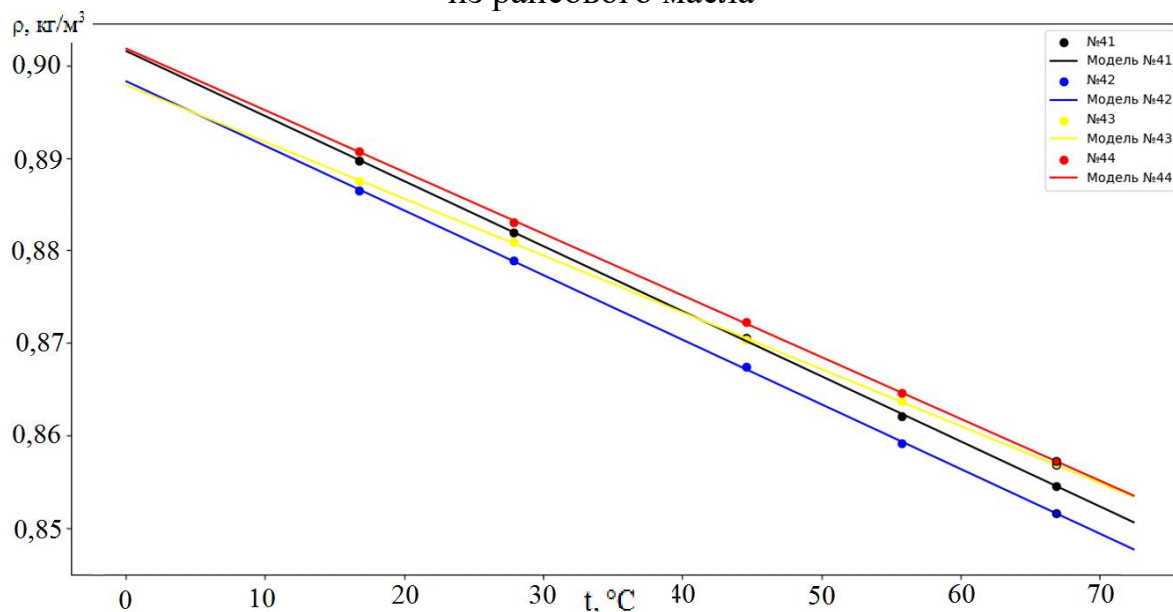


Рис. 2. Результаты расчета плотности биодизельного топлива, полученного из пальмового масла

Программа может использоваться для расчета плотностей летнего биодизельного топлива, получаемого из масел с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот (рапсовое масло), и масел с высоким содержанием насыщенных жирных кислот (пальмовое масло) в сверхкритических флюидных условиях в зависимости от температуры процесса, времени реакции и мольного соотношения исходных реагентов (спирт и масло).

Благодарности: Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №23-79-10304, <https://rscf.ru/project/23-79-10304/>).

Список литературы:

1. Saka, S. Biodiesel fuel from rapeseed oil as prepared in supercritical methanol / S. Saka, D. Kusdiana // Fuel. – 2001. – №80. – С. 225-231.
2. Гумеров, Ф.М. Биодизельное топливо. Переэтерификация в сверхкритических флюидных условиях: Монография / Ф.М. Гумеров, Р.А. Усманов, С.В. Мазанов и др. – Казань: ООО «Инновационно-издательский дом «Бутлеровское наследие», 2017. – 360 с.

Информация об авторе:

Мазанов Сергей Валерьевич, к.т.н., доцент, КНИТУ, 420015, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 68, serg989@yandex.ru

Аетов Алмаз Уралович, ассистент, КНИТУ, 420015, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 68, aetovalmaz@mail.ru

Соловьева Алина Олеговна, аспирант, КНИТУ, 420015, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 68, alinasoloveva161@mail.ru

Монахов Иван Игоревич, аспирант, КНИТУ, 420015, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 68, monahov64@gmail.com