DOI: 10.17117/na.2016.02.02.352

Поступила (Received): 24.02.2016

<http://ucom.ru/doc/na.2016.02.02.352.pdf>**Колобов А.Н.****Использование программного обеспечения для моделирования качества экструдированной продукции****Kolobov A.N.****Use of the software for modeling of quality of extruded production**

Рапсовое масло, полученное путем экструдирования семян используется в качестве сырья для получения альтернативного дизельного топлива (биотопливо). Подбор геометрических размеров конструкции шнека позволяет повысить качественные показатели масла. Полученные уравнения регрессии связывают показатели качества масла с толщиной лопасти и шагом шнека, а также скоростью протекания технологического процесса

Ключевые слова: программное обеспечение, моделирование, качество продукции

The rape oil received by extruding of seeds is used as raw materials for receiving alternative diesel fuel (biofuel). Selection of the geometrical sizes of a design of the screw allows to raise quality indicators of oil. The received equations of regression connect indicators of quality of oil with thickness of the blade and a step of the screw, and also speed of course of technological process

Key words: software, modeling, quality of production

Колобов Алексей Николаевич

Кандидат технических наук, доцент
Оренбургский государственный педагогический университет
г. Оренбург, ул. Советская, 19

Kolobov Aleksey Nikolaevich

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
Orenburg state pedagogical university
Orenburg, Sovetskaya st., 19

Получение из сырья растительного происхождения источников энергии стало актуальным в настоящее время. Одним из перспективных альтернативных топлив являются смазочные материалы и дизельное топливо на базе растительного рапсового масла, оптимального как по стоимости, так и по доступности.

Возможности современного шнекового экструзионного оборудования позволяют перерабатывать как без оттока, так и с оттоком жидкой фазы, сырье растительного происхождения, например, при отжиге масла [1, с. 19].

Взаимодействие рабочих органов экструдера приводит к существенным изменениям качественных характеристик обрабатываемого материала, под воздействием сил трения и давления создается определенная температура технологического процесса. В результате экструдирования семян рапса масло приобретает определенные свойства. Нас интересуют свойства, которые характеризуют качество масла как сырье для биотоплива [2, с. 8].

Показателями качества рапсового масла являются: кислотное число, массовая доля влаги, нежировые примеси, фосфорсодержащие вещества и др.

Содержание свободных жирных кислот выражает кислотное число, образующихся в процессе хранения продукта при распаде жира. Их накопление говорит об ухудшении качества продукта (рекомендованные значения 1,5-2,78 мг КОН/г). Влага опасна развитием микроорганизмов, образования перекисей и коррозионного воздействия воды, в том числе и на элементы топливной аппаратуры (рекомендованные значения 0,1-0,46%). Нежировые примеси – это частицы мезги, обрывки клеточных стенок и др. (отстой по массе) (рекомендованные значения 0,11-0,33%). Наличие в рапсовом масле фосфорсодержащих веществ характеризует наличие фосфатидов, которые гигроскопичны, поглощая воду, набухают с образованием коллоидных растворов, что является причиной образования в масле растительного осадка (рекомендованные значения 0,2-1,15%).

Проведя физические эксперименты по отжиму масла из семян рапса, мы получили возможность проанализировать зависимости качественных показателей масла от скорости протекания технологического процесса и геометрических параметров шнека экструдера.

Рис. 1. Программа для расчета показателей качества экструдированных продуктов

В эксперименте использовали шнеки с изменением шага лопасти ($s_{ш}$) от 0,032 до 0,047 м, толщину лопасти ($t_{л}$) от 0,006 до 0,021 м, скорость вращения шнека изменяли от 10 до 23 рад/с. Для получения эмпирических зависимостей использовали программное средство [3], работа которого приведена на рис. 1 [4, с. 177].

Уравнение (1) описывает зависимость качественного показателя рапсового масла кислотного числа от толщины винтовой поверхности шнека, шага шнека и скорости вращения шнека:

$$K(\omega, t_{л}, s_{ш}) = 0,01 \cdot \omega + 173,15 \cdot t_{л} - 65437,91 \cdot t_{л}^2 + 37397,66 \cdot t_{л} \cdot s_{ш} - 4465,08 \cdot s_{ш}^2. \quad (1)$$

Аналогичные зависимости (2 – 4) получены соответственно для массовой доли влаги и летучих веществ, массовой доли нежировых примесей, массовой доли фосфорсодержащих веществ рапсового масла.

$$ВЛ = 0,71 - 10 \cdot t_{л} - 18 \cdot s_{ш} + 0,56 \cdot \omega \cdot t_{л} - 0,21 \cdot \omega \cdot s_{ш} + 224 \cdot s_{ш}^2 \quad (2)$$

Рис. 2. Зависимость кислотного числа (K) от толщины лопасти ($t_{л}$) и шага винтовой лопасти шнека ($s_{ш}$)

Рис. 3. Зависимость массовой доли влаги и летучих веществ (ВЛ) от толщины лопасти ($t_{л}$) и шага винтовой лопасти шнека ($s_{ш}$)

$$HЖ = (\omega, t_l, s_{ш}) = 0,5 + 0,03 \cdot \omega + 28 \cdot t_l - 28 \cdot s_{ш} - 0,18 \cdot \omega \cdot t_l - 0,45 \cdot \omega \cdot s_{ш} + 2048 \cdot t_l^2 - 1664 \cdot t_l \cdot s_{ш} + 480 \cdot s_{ш}^2 \quad (3)$$

$$\Phi = (\omega, t_l, s_{ш}) = -1,31 - 0,18 \cdot \omega + 360 \cdot t_l + 108 \cdot s_{ш} + 0,71 \cdot \omega \cdot t_l + 0,76 \cdot \omega \cdot s_{ш} - 9728 \cdot t_l^2 - 3072 \cdot t_l \cdot s_{ш} - 1536 \cdot s_{ш}^2 \quad (4)$$

На рисунках 2 – 5 показаны зависимости кислотного числа (K), массовой доли влаги и летучих веществ ($ВЛ$), массовой доли нежировых примесей ($НЖ$), массовой доли фосфорсодержащих веществ (Φ) от шага, толщины винтовой поверхности шнека при скорости $\omega = 20$ рад/с.

Рис. 4. Зависимость нежировых примесей ($НЖ$) от толщины лопасти (t_l) и шага винтовой лопасти шнека ($s_{ш}$)

Рис. 5. Зависимость фосфорсодержащих веществ (Φ) от толщины лопасти (t_l) и шага винтовой лопасти шнека ($s_{ш}$)

Анализ этих зависимостей показал, что кислотное число (K) и массовая доля нежировых примесей ($НЖ$) образцов масла рапсового нерафинированного уменьшаются, при увеличении толщины лопасти шнека (t_l) и уменьшении шага винтовой лопасти шнека ($s_{ш}$), либо при уменьшении толщины лопасти шнека (t_l) и увеличении шага винтовой лопасти шнека ($s_{ш}$). Массовая доля влаги и летучих веществ ($ВЛ$) увеличивается с уменьшением толщины лопасти (t_l) и шага винтовой лопасти ($s_{ш}$) шнека и, наоборот, уменьшается с увеличением толщины

лопасти (t_l) и шага винтовой лопасти шнека (s_w). Массовая доля фосфорсодержащих веществ (Φ) увеличивается с уменьшением шага винтовой лопасти шнека (s_w) и достигает максимального значения при $t_l \approx 0,014$ м.

Анализ полученных уравнений (1) – (4) показал, что кислотное число (K) и массовая доля нежирных примесей ($HЖ$) в рапсовом масле уменьшаются при увеличении толщины лопасти (t_l) и уменьшении шага винтовой поверхности шнека (s_w), а также при увеличении шага и уменьшении толщины лопасти. Массовая доля влаги ($ВЛ$) и фосфорсодержащих веществ (Φ) уменьшаются с увеличением толщины лопасти (t_l) и шага шнека (s_w).

Анализируя полученные результаты, пришли к выводу, что целесообразнее поводить технологический процесс при скорости $\omega = 20$ рад/с, толщине лопасти $t_l = 0,0123$ м и шаге $s_w = 0,043$ м.

Значимость коэффициентов в уравнениях регрессии проверялись по критерию Фишера.

Полученные эмпирические зависимости, связывающие показатели качества, характеризующие рапсовое масло, как источник сырья для получения биотоплива и показатели качества жмыха, используемого для кормления сельскохозяйственных животных, позволяют проектировать экструзионную технику с заданными показателями качества готовой продукции. Разработанное программное средство позволяет исследовать зависимость показателей качества готовой продукции от геометрических параметров шнека и скорости протекания технологического процесса.

Список используемых источников:

1. Карташов Л.П., Зубкова Т.М. Параметрический и структурный синтез технологических объектов на основе системного подхода и математического моделирования. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 225 с.
2. Зубкова Т.М., Колобов А.Н. Мустюков Н.А. Физические эксперименты для определения показателей качества экструдированной продукции // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. №4. С. 7-9.
3. Зубкова Т.М., Колобов А.Н., Корякина М.А. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2009614615. Программа для расчета показателей качества экструдированных продуктов. РОСПАТЕНТ. Заявка № 2009613523. Заявлено 06.06.2009. Опубл. 28.08.2009.
4. Зубкова Т.М., Колобов А.Н. Мустюков Н.А. Реконфигурирование САПР для проектирования одношнековых экструдеров на основе модели нечеткого вывода Мамдани // Вестник Оренбургского государственного университета. Научный журнал. 2013. №1. С. 176-181.

© 2016, Колобов А.Н.

Использование программного обеспечения для моделирования качества экструдированной продукции

© 2016, Kolobov A.N.

Use of the software for modeling of quality of extruded production