

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭКСТРУДЕРА

Курманов Аяп Конлямжаевич

*Доктор технических наук,
профессор, Костанайский региональный
университет им. А.Байтурсынова
г.Костанай, Казахстан
E-mail: kurmanov_ayap@mail.ru*

Кабдушева Альмира Серикпаевна

*Магистр сельскохозяйственных наук,
ст. преподаватель, Костанайский региональный
университет им. А.Байтурсынова
г.Костанай, Казахстан
E-mail: 9.12.1989@mail.ru*

Аннотация

В данной статье представлены результаты теоретических исследований научной работы, на основании которых установлены закономерности, связывающие производительность экструдера, влажность растительного материала, энергоёмкость, физико-механические свойства, кинематические и конструктивные параметры. Приведен рисунок экструдата зерна пшеницы, которые были получены в результате проведения экспериментальных исследований. Предложено новое конструктивное решение - изготовление рифленой кромки винта экструдера, прилегающей к корпусу. Приведен график зависимости производительности экструдера от коэффициента внутреннего трения зерна пшеницы. Для определения эффективной работы экструдера предложен оценочный показатель.

Целью научного исследования является повышение эффективности экструдера при переработке растительного материала путем уменьшения утечки материала между внутренней поверхностью корпуса экструдера и кромкой винта шнека.

Ключевые слова: удельная производительность экструдера, мощность, рифлёная кромка винта, зерно пшеницы, коэффициент внутреннего трения.

Введение

Экструдирование дает системе животных усвоить возможность пищеварительной необходимые компоненты и

минимизировать пагубное воздействие на зерно условий уборки и хранения [1,2]. На рисунке представлен пример экструдата зерна пшеницы,

полученного нами в результате научных экспериментальных исследований, при определенной влажности кормового продукта (рисунок 1).



Рисунок 1 – Экструдат зерна пшеницы

Влияние множественных факторов на качество экструдата представляет собой сложную, но весьма важную практическую задачу, поскольку ее решение указывает пути управления протекающим процессом. Это может быть достигнуто путем совершенствования конструктивных параметров экструдера, в частности основного рабочего органа – шнека, поэтому повышение эффективности процесса экструдирования является актуальной задачей [3,4].

Материалы и методы

Производительность экструдера при переработке зерна пшеницы с учётом коэффициента проскальзывания определяется по следующей формуле [5]:

$$Q = g_k \cdot g_{\max} \cdot \eta \cdot V_0 \cdot h \cdot S \cdot i, \text{ кг/ч} \quad (1)$$

где g_k , g_{\max} – безразмерные расходы; η – коэффициент проскальзывания; V_0 – окружная скорость винта, рад./с; h – глубина винтового канала, м.; S – шаг винта, м.; i – число заходов.

При проведении теоретических исследований нами был предложен показатель, более полно отражающий процесс экструдирования – коэффициент внутреннего трения (f_{mp}) [6]. При движении материала по винтовому конвейеру производительность его

прямо пропорциональна коэффициенту проскальзывания материала (η_1), который зависит от коэффициента внутреннего трения, так как давление внутри экструдера не меняется.

Для реализации рабочей гипотезы подставим в формулу 1 коэффициент проскальзывания $\eta = \eta_1 \cdot f_{mp}$, который зависит от коэффициента внутреннего трения, получаем:

$$Q = g_k \cdot g_{\max} \cdot \eta_1 \cdot f_{mp} \cdot V_0 \cdot h \cdot S \cdot i, \text{ кг/ч} \quad (2)$$

После ряда преобразований нами была получена формула, для определения мощности, затрачиваемой на экструдирование зерна пшеницы [5]:

$$N = \frac{\mu \cdot \tau \cdot \pi \cdot d^3}{16 \cdot (10700 - 200 \cdot W \cdot (\frac{\gamma}{\gamma_1})^{-0.437})} \cdot \omega, \text{ кВт} \quad (3)$$

где N - мощность, затрачиваемая на экструдирование зерна пшеницы, кВт; ω - частота вращения шнека, рад/с; τ - напряжение сдвига (сдвиговое усилие), Па; d - диаметр вала шнека, м; μ - коэффициент консистенции материала; s^{-1} ; W - влажность теста, %; γ - скорость сдвига, s^{-1} ; γ_1 - единичная скорость сдвига, s^{-1} .

На основании теоретических исследований мощность, затрачиваемая на экструдирование зерна пшеницы, увеличивается в зависимости от таких параметров как частота вращения шнека, коэффициент консистенции и влажности материала, напряжение сдвига, диаметра вала шнека.

Результаты

Для повышения производительности экструдирования зерна пшеницы нами был разработан шнековый рабочий орган с рифленой кромкой винта экструдера, прилегающей к корпусу (угол защемления), получен патент на полезную модель РК № 4844 (рисунок 2) [7].

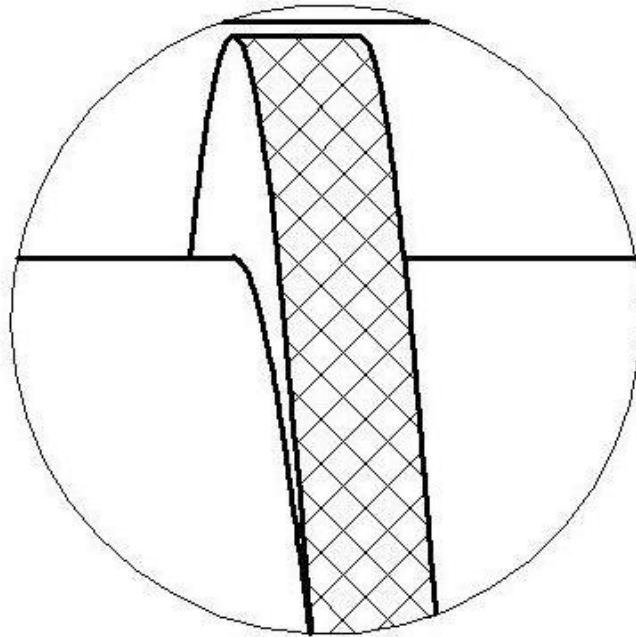


Рисунок 2 – Рифленая поверхность винта экструдера

Рифленая поверхность позволяет создать внутреннее трение при работе экструдера, т. к. поверхность рифлей заполняется материалом при этом коэффициент внутреннего трения в среднем до 3 раз больше чем коэффициент трения комбикорма о сталь [7]. Такое соотношение позволяет создать затвор и уменьшить утечку материала, тем самым повысив производительность экструдирования [8,9].

Кроме того, рифленая поверхность дробит материал при

движении по винтовому конвейеру экструдера, увеличивая взаимодействие между зерном пшеницы на рифленой поверхности и зерном пшеницы в возвратном потоке за счет увеличения рабочей площади поверхности витков шнека экструдера [7].

По результатам теоретических исследований, построили график зависимости производительности от коэффициента внутреннего трения (рисунок 3).

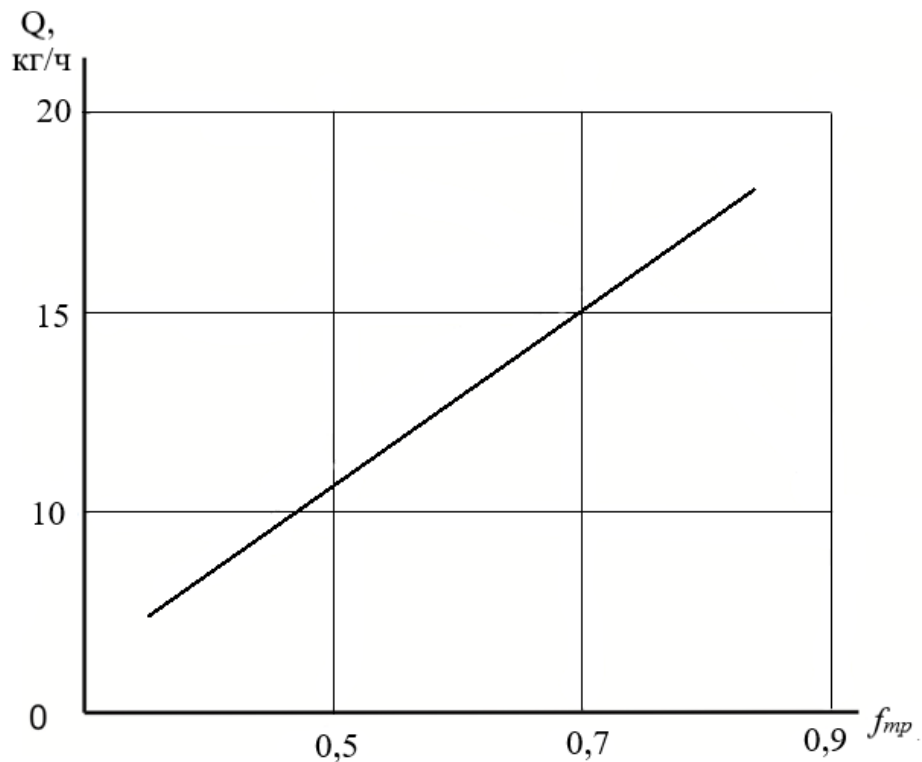


Рисунок 3 - Зависимость производительности от коэффициента внутреннего трения

Следовательно, анализируя полученные значения зависимости производительности от коэффициента внутреннего трения, можно сделать вывод, что повышение производительности возможно увеличением внутреннего трения материала, расположенного между внутренней поверхностью корпуса экструдера и кромкой винта шнека при экструдировании зерна пшеницы.

Обсуждение

В качестве критерия оптимизации нами предложен оценочный показатель эффективности работы экструдера, удельная производительность [10]:

$$q = \frac{Q}{N}, \text{ (кг/кВт·ч)} \quad (4)$$

Исходя из имеющихся значений мощности и производительности, подставив их в формулу 11, получаем:

$$q = \frac{16 \cdot (g_k \cdot g_{\max} \cdot \eta_1 \cdot f_{mp} \cdot V_0 \cdot h \cdot S \cdot i) \cdot (10700 - 200 \cdot W \cdot (\frac{\gamma}{\gamma_1})^{-0.437})}{\mu \cdot \tau \cdot \pi \cdot d^3 \cdot \omega}, \text{ (кг/кВт·ч)} \quad (5)$$

Предложенный показатель позволяет объективно определить эффективность работы экструдера и установить связь между производительностью и затратами мощности на процесс экструдирования.

Заключение

Теоретические исследования приведенные в статье, подтверждены экспериментальными исследованиями с годовым экономическим эффектом от применения, разработанного рабочего органа – шнека, с рифленой кромкой винта, прилегающей к корпусу, не менее 21830 тенге/т.

Список литературы

1 Антимонов, С.В. Оптимизация технологии экструдированных грубых кормов и добавок [Текст] / С.В. Антимонов// Материалы IX международной научно - практической конференции «Научный вестник». – Прага, 2013.- С. 72–76. - ISBN 978-966-8736-05-6.

2 Пахомов, В.И. Технологии и оборудование для экструдирования растительного сырья [Текст]: учебное пособие/ Д.В. Рудой, Т.И. Тупольских, А.Н. Соловьев, С.В. Брагинец, О.Н. Бахчевников. - Ростов-на-Дону, 2018. – 109 с.

3 Riaz, M. N. Extruders in food applications [Text] / M. N. Riaz //Technomic Publishing, USA. - 2000. - 240 p. DOI: 10.1201/9781482278859.

4 Adekola, K.A. Engineering review food extrusion technology and its applications [Text] / K. A. Adekola// Journal of Food Science and Engineering.- 2016. - Vol. 6. (3). - P. 149–168. - DOI: 10.17265/2159-5828/2016.03.005.

5 Гаврилов, Н.В. Обоснование конструктивно-режимных параметров экструдера при переработке кормосмеси [Текст]: автореф. дис.канд. техн. наук/ Н.В. Гаврилов. - Оренбург, 2005. - 19 с.

6 Michelangelli, O.P. The influence of pellet-barrel friction on the granular transport in a single screw extruder [Text]:/ O.P. Michelangelli // Powder Technology. - 2014. - P. 401-408.

7 Пат. 4844 Республика Казахстан, МПК А23N 17/00 (2006.01). Устройство для термической обработки кормов экструдированием [Текст] / Хасенов У.Б., Курманов А.К., Рыспаев К.С., Джаманбалин К.К., Кабдушева А.С.; заявитель и патентообладатель Учреждение "Костанайский социально - 1технический университет имени академика Зулхарнай Алдамжар".- №4844; заявл. 26.11.2018; опубл. 10.04.2020, Бюл. № 14.-3с.: ил.

8 Roland, W. Symbolic regression models for predicting viscous dissipation of three-dimensional non-Newtonian flows in single-screw extruders [Text]:/ С. Marschik, M. Krieger // Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics.-2019. - Vol. 268. - P.12-29. - DOI: 10.1016/j.jnnfm.2019.04.006.

9 Deng, J. Energy monitoring and quality control of a single screw extruder [Text]:/ K. Li, E. Harkin-Jones, M. Price, N. Karnachi, A. Kelly, J. Vera-Sorroche, P. Coates, E. Brown, & M. Fei// Applied Energy.- .-2014.- Vol. 113.- P. 1775-1785.- DOI: 10.1016/j.apenergy.2013.08.084.

10 Kabdusheva, A. The effect of parameters on the performance efficacy of a single screw feed extruder using a design experiments and response surface methodology [Text]:/ A. Kurmanov, M. Amantayev, Y. Khasenov, S. Vladimir // Bulgarian Journal of Agricultural Science. - 2020. - Vol. 26, №2. - P. 492-497.

References

1 Antimonov, S.V. Optimizaciya tekhnologii ekstrudirovannyh grubyyh kormov i dobavok [Tekst] / S.V. Antimonov// Materialy IH mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoj konferencii «Nauchnyj vestnik». – Praga, 2013.- S. 72–76. - ISBN 978-966-8736-05-6.

2 Pahomov, V.I. Tekhnologii i oborudovanie dlya ekstrudirovaniya rastitel'nogo syr'ya [Tekst]: uchebnoe posobie/ D.V. Rudoj, T.I. Tupol'skih, A.N. Solov'ev, S.V. Braginec, O.N. Bahchevnikov. - Rostov-na-Donu, 2018. – 109 s.

3 Riaz, M. N. Extruders in food applications [Text] / M. N. Riaz //Technomic Publishing, USA. - 2000. - 240 p. DOI: 10.1201/9781482278859.

4 Adekola, K.A. Engineering review food extrusion technology and its applications [Text] / K. A. Adekola// Journal of Food Science and Engineering.- 2016. - Vol. 6. (3). - P. 149–168. - DOI: 10.17265/2159-5828/2016.03.005.

5 Gavrilov, N.V. Obosnovanie konstruktivno-rezhimnyh parametrov ekstrudera pri pererabotke kormosmesi [Tekst]: avtoref. dis.kand. tekhn. nauk/ N.V. Gavrilov. - Orenburg, 2005. - 19 s.

6 Michelangelli, O.P. The influence of pellet-barrel friction on the granular transport in a single screw extruder [Text]:/ O.P. Michelangelli // Powder Technology. - 2014. - P. 401-408.

7 Pat. 4844 Respublika Kazahstan, MPK A23N 17/00 (2006.01). Ustrojstvo dlya termicheskoj obrabotki kormov ekstrudirovaniem [Tekst] / Hasenov U.B., Kurmanov A.K., Ryspaev K.S., Dzhamanbalin K.K., Kabdusheva A.S.; zayavitel' i patentoobladatel' Uchrezhdenie "Kostanajskij social'no - tekhnicheskij universitet imeni akademika Zulharnaj Aldamzhar".- №4844; zayavl. 26.11.2018; opubl. 10.04.2020, Byul. № 14.-3s.: il.

8 Roland, W. Symbolic regression models for predicting viscous dissipation of three-dimensional non-Newtonian flows in single-screw extruders [Text]:/ C. Marschik, M. Krieger // Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics.-2019. - Vol. 268. - R.12-29. - DOI: 10.1016/j.jnnfm.2019.04.006.

9 Deng, J. Energy monitoring and quality control of a single screw extruder [Text]:/ K. Li, E. Harkin-Jones, M. Price, N. Karnachi, A. Kelly, J. Vera-Sorroche, P. Coates, E. Brown, & M. Fei// Applied Energy.- .-2014.- Vol. 113.- R. 1775-1785.- DOI: 10.1016/j.apenergy.2013.08.084.

10 Kabdusheva, A. The effect of parameters on the performance efficacy of a single screw feed extruder using a design experiments and response surface methodology [Text]:/ A. Kurmanov, M. Amantayev, Y. Khasenov, S. Vladimir // Bulgarian Journal of Agricultural Science. - 2020. - Vol. 26, №2. - P. 492-497.

Курманов Аяп Конлямжаевич
Техника ғылымдарының докторы,
профессор, А. Байтұрсынов атындағы
Қостанай өңірлік университеті,
Қостанай қ., Қазақстан
E-mail: kurmanov_ayap@mail.ru

Кабдушева Альмира Серикпаевна
Ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі,
аға оқытушысы, А. Байтұрсынов атындағы
Қостанай өңірлік университеті,
Қостанай қ., Қазақстан
E-mail: 9.12.1989@mail.ru

Түйін

Бұл мақалада ғылыми жұмыстың теориялық зерттеулерінің нәтижелері келтірілген, олардың негізінде экструдердің өнімділігі, өсімдік материалының ылғалдылығы, энергия сыйымдылығы, физика-механикалық қасиеттері, кинематикалық және құрылымдық параметрлері байланысты заңдылықтар анықталған. Эксперименттік зерттеулер нәтижесінде алынған бидай дәнінің экструдатының суреті келтірілген. Жаңа құрылымдық шешімі ұсынылды-корпусқа іргелес экструдер бұрандасының бұдырлы жиегін жасау. Экструдердің өнімділігі бидай дәнінің ішкі үйкеліс коэффициентіне тәуелділігінің графигі келтірілген. Экструдердің тиімді жұмысын анықтау үшін бағалау ұсынылады.

Ғылыми зерттеудің мақсаты-экструдер корпусының ішкі беті мен иірмекті бұрамасының шеті арасындағы материалдың ағып кетуін азайту арқылы өсімдік материалын өңдеуде экструдердің тиімділігін арттыру.

Кілт сөздер: экструдердің нақты өнімділігі, қуаты, бұраманың бұдырлы жиегі, бидай дәні, ішкі үйкеліс коэффициенті.

THEORETICAL STUDIES OF EXTRUDER PARAMETERS

Kurmanov Ayap Konlyamzhaevich
Doctor of technical sciences,
professor, Baitursynov Kostanay
Regional University,
Kostanay, Kazakhstan
E-mail: kurmanov_ayap@mail.ru

Kabdusheva Almira Serikpaevna
Master of agricultural sciences,
senior lecturer, Baitursynov Kostanay
Regional University

Abstract

This article presents the results of theoretical research of scientific work, on the basis of which the regularities linking the productivity of the extruder, the moisture content of plant material, energy intensity, physical and mechanical properties, kinematic and design parameters are established. The drawing of the extrudate of wheat grains, which were obtained as a result of experimental studies, is given. A new design solution is proposed - the manufacture of a grooved edge of the extruder screw adjacent to the housing. A graph of the dependence of the extruder performance on the coefficient of internal friction of wheat grain is given. To determine the effective operation of the extruder, an estimated indicator is proposed.

The purpose of the research is to increase the efficiency of the extruder in the processing of plant material by reducing the leakage of material between the inner surface of the extruder body and the edge of the screw screw.

Keywords: specific productivity of the extruder, power, grooved edge of the screw, wheat grain, coefficient of internal friction.