

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКСЦЕНТРИЧНОЙ НАРЕЗКИ ВИНТА ЭКСТРУДЕРА НА ЕГО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

V.I. Yavorsky

THE STUDY OF THE INFLUENCE OF EXTRUDER WITH EXCENTRIC THREAD OF THE SCREW ON ITS PRODUCTIVITY

Яворский В.И. – асп. каф. технологии механизации животноводства и инженерной графики Южно-Уральского государственного аграрного университета, г. Челябинск. E-mail: viktor-felix@mail.ru

Yavorsky V.I. – Post-Graduate Student, Chair of Technology of Mechanization of Animal Husbandry and Engineering Graphics, Southern Ural State Agricultural University, Chelyabinsk. E-mail: viktor-felix@mail.ru

В результате проведенного эксперимента по изучению влияния эксцентрика винта и частоты вращения винта на удельную производительность экструдера, при влажности пшеницы 27 и 30 %, получены уравнения регрессии и построены поверхности отклика. Эксперименты проводились на экструдере, созданном на кафедре технологии механизации животноводства и инженерной графики Южно-Уральского ГАУ. Лабораторный экструдер имеет наборный рабочий орган, состоящий из пяти секций, что позволяет исследовать различные комбинации параметров винта. Привод осуществляется от электродвигателя мощностью 5,5 кВт посредством ременной передачи. Подача материала в экструдер осуществляется вибрационным питателем, а частота вращения гибко регулируется частотным преобразователем. Основной особенностью экструдера является использование нескольких участков винта с эксцентричной нарезкой лопастей, установленных под углом друг к другу, это позволяет создать дополнительную силу воздействия на сырье, при этом увеличивается скорость пластификации и производительность экструдера. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что при наличии эксцентрика до 2 мм и увеличении частоты вращения до 192 об/мин, при влажности пшеницы 27 %, происходит повышение удельной производительности экструдера на 8 %, а при влажности 30 % и увеличении частоты вращения до 252 об/мин – увеличение удельной производи-

тельности на 14 %. Проведенные эксперименты свидетельствуют, что эксцентричная нарезка винта экструдера повышает производительность экструдера, оказывает положительное влияние на протекание процесса экструзии; это позволяет рекомендовать его для малых фермерских хозяйств при производстве экструдированных кормов.

Ключевые слова: экструдер, экструзия, животноводство, кормление, корм, эксцентрик.

As a result of the experiment on studying of the effect of the screw eccentric and turning speed on the specific productivity of the extruder at 27 % and 30 % moisture of wheat, the regression equations were obtained and the response surface was constructed. The experiments were carried out on the extruder which was developed and assembled at the Department of Mechanization of Livestock Mechanization and Engineering Graphics at the South Ural State University of Agriculture. The laboratory extruder has the type-setting working body consisting of five sections allowing investigating various combinations of parameters of the screw. The drive is carried out by 5.5 kW electric motor by means of a belt drive. The supply of material in the extruder was carried out by vibration feeder, and the frequency of rotation is flexibly regulated by the frequency converter. The main feature of the extruder is the use of several sections of the screw with eccentric cutting of blades mounted at the angle to each other it allows to create additional force of impact on raw materials, thus the speed of plas-

ticization and productivity of the extruder increases. The analysis of obtained results allow us to make a conclusion, that in the presence of eccentric to 2 mm and an increase in the turning speed to 192 rpm, with 27 % moisture of wheat, there is an increase in specific extruder productivity by 8 %, but at 30 % moisture and in increase in frequency of rotation up to 252 rpm, there is an increase in the specific productivity by 14 %. Conducted experiments show that eccentric thread of the screw of the extruder has a positive effect on the process of extrusion; it allows us to recommend it for small farms in extruded feeds production.

Keywords: *extruder, extrusion, animal husbandry, feeding, feed, eccentric.*

Введение. Для получения высококачественных кормов широко применяется технология экструзионной переработки. Готовый продукт обладает высокими пищевыми качествами, хорошо переваривается и усваивается организмом животных, имеет высокую степень санитарной безопасности вне зависимости от исходной зараженности сырья грибной и бактериальной микрофлорой, также способен длительное время храниться, не теряя своих свойств [1–4].

На сегодняшний день существуют конструктивные решения по повышению эффективности работы экструдеров путем установки рабочего органа с эксцентриком или эксцентриковой нарезкой лопастей винта, например экструдер для приготовления комбикормов из зерновой смеси (RU №2133102 С1) или экструдер для приготовления кормов (SU №1493240 А1), в которых представлены варианты устройств экструдеров с эксцентриковым рабочим органом [5, 6].

Проведенный анализ научно-исследовательской литературы, публикаций последних лет и патентной документации позволил выявить недостаточную разработанность вопроса о влиянии конструктивных параметров эксцентрикового рабочего органа на технологические параметры процесса экструзии, физико-механические свойства готовой продукции. Для эффективного использования эксцентриков в экструзии необходимо определение этих закономерностей. Это обусловило выбор темы и определило направление научного поиска.

Цель исследования. Определение закономерностей влияния эксцентрика винта и часто-

ты вращения винта на удельную производительность экструдера.

Методы и результаты исследования. Исследования проводились на лабораторно-экспериментальном экструдере, созданном на кафедре технологии механизации животноводства и инженерной графики Южно-Уральского ГАУ.

Экструдер (рис. 1) состоит из корпуса 1 с загрузочной воронкой 2, температурной камеры для дополнительного подогрева смеси 3. Внутренняя поверхность корпуса 1 выполнена с рифлями для увеличения скорости пластификации смеси. Внутри корпуса 1 на приводном валу 4 жестко закреплены участки шнека с подающими лопастями 5, с прессующими лопастями 7 и эксцентриковый элемент 6, состоящий из трех участков с эксцентричной нарезкой лопастей. Эксцентриситеты расположены под углом 120° друг к другу. На конце приводного вала 4 установлен наконечник 8, который выполнен в виде продолжения вала с диаметром равным диаметру вала 4. Наконечник 8 зажимает участки винта 5, 6, 7 на приводном валу 4. На выходе из корпуса 1 закреплено устройство для выгрузки экструдата, включающее фланец 9, гайку 10, подшипниковый узел 11, подшипник 12, крышку 13. На внутренней поверхности фланца 9 нарезана резьба, в которую вкручена гайка 10. Гайка 10 имеет отверстие, в которое вставлен наконечник 8, тем самым образован радиальный зазор для выхода экструдата. Зазор между гайкой 10 и наконечником 8 регулируют вращением гайки 10 [7].

Работа экструдера осуществляется следующим образом. Сырье подается в загрузочную воронку 2 и попадает внутрь корпуса 1, захватывается подающими лопастями 5 и транспортируется на эксцентриковый элемент 6, где в процессе дальнейшего движения происходит воздействие эксцентрика на сырье. Далее смесь выдавливается прессующими лопастями 7 через зазор между гайкой 10 и наконечником 8 [7].

Установка подшипника в устройство для выгрузки экструдата обеспечивает постоянный зазор между шнеком и корпусом экструдера, что положительно сказывается на качестве экструдата и уменьшает износ деталей экструдера в процессе работы, а также позволяет избежать перегрева подшипника, повышая надежность его работы [7].

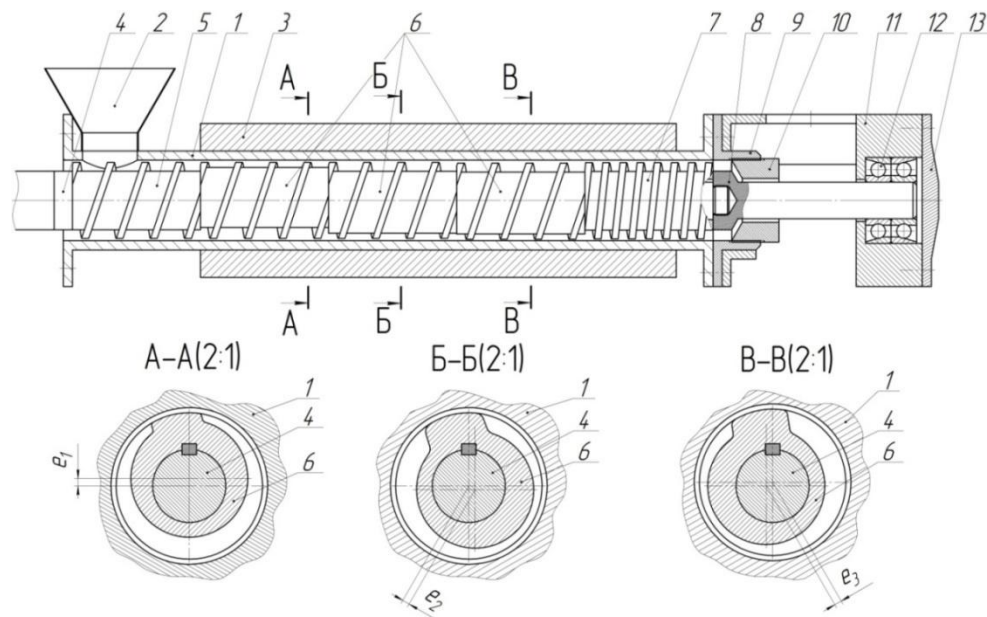


Рис. 1. Схема экспериментального экструдера: 1 – корпус; 2 – загрузочная воронка; 3 – температурная камера; 4 – приводной вал; 5 – подающие лопасти; 6 – эксцентриковые лопасти; 7 – прессующие лопасти; 8 – наконечник; 9 – фланец; 10 – гайка; 11 – подшипниковый узел; 12 – подшипник; 13 – крышка; e_1 , e_2 , e_3 – эксцентриситеты нарезки лопастей

Использование нескольких секций винта с эксцентричной нарезкой лопастей, установленных под углом друг к другу, создает дополнительную силу воздействия на сырье, при этом увеличивается скорость пластификации и производительность экструдера.

Лабораторный экструдер имеет наборный рабочий орган, состоящий из пяти секций, что позволяет исследовать различные комбинации параметров винта. Диаметр винта 40 мм, отношение длины к диаметру винта – 8. Привод осуществляется от электродвигателя мощностью 5,5 кВт посредством ременной передачи. Подача материала в экструдер осуществляется вибрационным питателем. Частота вращения регулируется посредством частотного преобразователя *Delta Electronics VFD-E*.

Методика экспериментальных исследований основывалась на СТО АИСТ 19.5-2012 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и оборудование для брикетирования, гранулирования и экструдирования кормов» [8].

В качестве сырья использовалась пшеница влажностью 27 и 30 %. Влажность определялась влагомером зерна *WILE 65*. Для проверки правильности показаний влагомера были проведены контрольные замеры влажности, которые сравнивали с требуемой влажностью по ГОСТ 13586.5-93 «Зерно. Метод определения

влажности». Расхождение результатов составило не более 5 % [9].

Для проведения экспериментов готовилась порция пшеницы массой 5 кг, в которую добавляли воду. Зерно выдерживалось в течение часа, с периодическим помешиванием. После чего производился повторный замер влажности, действия повторялись до тех пор, пока не получали необходимую влажность зерна.

Экструдер выводился на рабочий режим. С помощью частотного преобразователя устанавливалась необходимая частота вращения винта, после чего приступали к замерам технологических параметров.

Во время эксперимента токовыми клещами *DT266* фиксировалась сила тока и напряжение на фазах, бесконтактным тахометром *AR926* проверялась частота вращения шнека. Также фиксировалась температура ствола экструдера около фильеры с помощью инфракрасного пирометра *RAYNGER ST20*. Продолжительность эксперимента составляла 5 минут, после чего масса готового продукта взвешивалась на лабораторных весах *BK-1500*. Лабораторно-измерительное оборудование представлено на рисунке 2.

Эксперименты проводились с трехкратной повторностью в случайном порядке.



Рис. 2. Лабораторно-измерительное оборудование

В качестве плана был выбран полный двухфакторный эксперимент. Диапазон частот вращения винта от 160 до 192 об/мин при влажности пшеницы 27 % (табл. 1 и 2), от 220 до 252 об/мин при влажности 30 % (табл. 3, 4). Критерий оптимизации – удельная производительность экструдера, определяемая по формуле

$$q_{уд} = \frac{Q}{N}, \quad (1)$$

где Q – производительность экструдера, кг/ч; N – мощность, затрачиваемая на экструзию, кВт.

Таблица 1

Факторы, уровни и интервалы варьирования эксперимента при влажности пшеницы 27 %

Фактор	Величина эксцентрика, мм	Частота вращения винта, об/мин
Верхний уровень (+1)	2	192
Нижний уровень (-1)	0	160
Интервал варьирования (ΔX_i)	1	16

Таблица 2

План эксперимента при влажности пшеницы 27 %

Номер опыта	X ₀	X ₁	X ₂	X ₁ X ₂	У _{ср}
1	+	+	+	+	10,22
2	+	-	+	-	9,465
3	+	+	-	-	8,625
4	+	-	-	+	9,065

Таблица 3

Факторы, уровни и интервалы варьирования эксперимента при влажности пшеницы 30 %

Фактор	Величина эксцентрика, мм	Частота вращения винта, об/мин
Верхний уровень (+1)	2	252
Нижний уровень (-1)	0	220
Интервал варьирования (ΔX_i)	1	16

Таблица 4

План эксперимента при влажности пшеницы 30 %

Номер опыта	x_0	x_1	x_2	x_1x_2	$y_{ср}$
1	+	+	+	+	27,38
2	+	-	+	-	23,78
3	+	+	-	-	24,89
4	+	-	-	+	21,83

В результате обработки экспериментальных данных были получены математические модели в виде уравнений регрессии (2) и (3). Адекватность проверена по F-критерию Фишера.

По уравнениям регрессии построены поверхности отклика (рис. 3 и 4). Обработка опыт-

ных данных производилась с помощью программного продукта *MathCAD 15*.

$$y = 9,344 + 0,3x_1 + 0,5x_2 + 0,079x_1x_2. \quad (2)$$

$$y = 24,47 + 1,665x_1 + 1,11x_2 + 0,135x_1x_2. \quad (3)$$

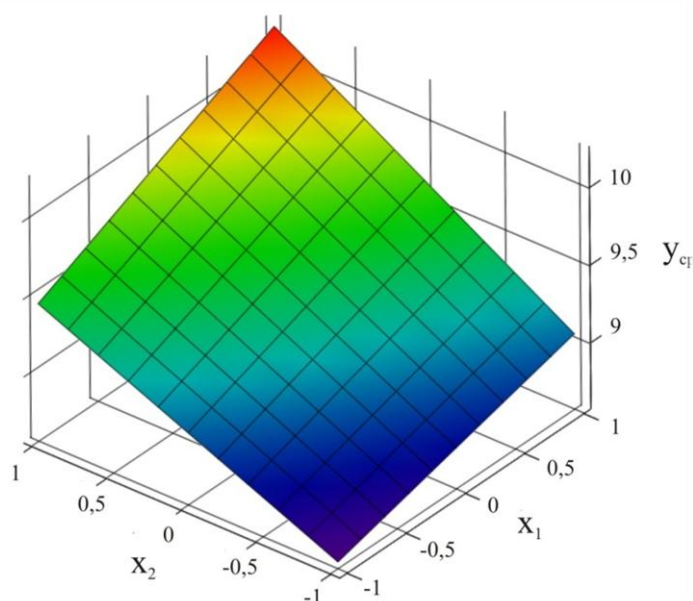


Рис. 3. График зависимости удельной энергоемкости (y) от величины эксцентрика винта (x_1) и частоты вращения (x_2) при влажности пшеницы 27 %

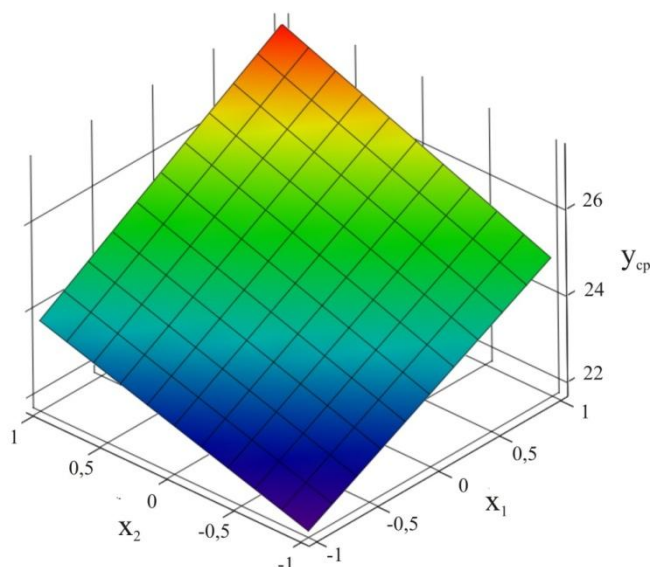


Рис. 4. График зависимости удельной энергоёмкости (y) от величины эксцентрика винта (x_1) и частоты вращения (x_2) при влажности пшеницы 30 %

Выводы. Анализируя полученные результаты, следует отметить, что при наличии эксцентрика до 2 мм и увеличении частоты вращения винта до 192 об/мин, при влажности пшеницы 27 %, происходит повышение удельной производительности экструдера y_{cp} на 8 %. а при влажности 30 % и увеличении частоты вращения до 252 об/мин – увеличение удельной производительности y_{cp} на 14 %. Действительно, применение нескольких участков с эксцентричной нарезкой лопастей, установленных под углом друг к другу в рабочем органе экструдера, создает дополнительную силу воздействия на сырье, увеличивая скорость пластификации и производительность.

Из проведенного эксперимента можно сделать вывод, что эксцентричная нарезка винта экструдера повышает производительность экструдера, оказывает положительное влияние на протекание процесса экструзии; это позволяет рекомендовать его для малых фермерских хозяйств при производстве экструдированных кормов.

Литература

1. Сыроватка В.И. Машинные технологии приготовления комбикормов в хозяйствах. – М., 2010, – 248 с.
2. Механизация и технология животноводства: учеб. / В.В. Кирсанов [и др.]. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 585 с.

3. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. – Л.: Колос, 1978. – 560 с.
4. Полищук В.Ю., Коротков В.Г., Зубкова Т.М. Проектирование экструдеров для отраслей АПК. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2003. – 202 с.
5. Патент РФ №2133102. Экструдер для приготовления комбикормов из зерновой смеси; заявитель и патентообладатель Опытное проектно-конструкторское технологическое бюро Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического животноводства / Н.А. Трусев [и др.]. – № 95102176/13-15.02. 1995, опублик. 20.07.1999.
6. Авторское свидетельство СССР №1493240. Экструдер для приготовления кормов / Г.И. Лопатин; заявитель Т.И. Лопатин. – № 4321247 – 15.02.1995; опублик. 20.07.1999, Бюл. № 26.
7. Яворский В.И., Николаев В.Н. Анализ процесса экструзии кормом и совершенствование экструдера // Вестник ЧГАА. – Челябинск, 2015. – Т. 71. – С. 61–66.
8. СТО АИСТ 19.5-2012. «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и оборудование для брикетирования, гранулирования и экструдирования кормов». – М., 2012.
9. ГОСТ 13586.5-93. Зерно. Метод определения влажности. – М., 1993.

Literatura

1. Syrovatka V.I. Mashinnye tehnologii prigotovlenija kombikormov v hozjajstvah. – M., 2010, – 248 s.
2. Mehanizacija i tehnologija zhivotnovodstva: uchebnik / V.V. Kirsanov [i dr.]. – M.: INFRA-M, 2013. – 585 s.
3. Mel'nikov S.V. Mehanizacija i avtomatizacija zhivotnovodcheskih ferm. – L.: Kolos, 1978. – 560 s.
4. Polishhuk V.Ju., Korotkov V.G., Zubkova T.M. Proektirovanie jeks-truderov dlja otraslej APK. – Ekaterinburg: Izd-vo UrO RAN, 2003. – 202 s.
5. Patent RF №2133102. Jekstruder dlja prigotovlenija kombikormov iz zernovoj smesi; zajavitel' i patentoobladatel' Opytnoe proektno-konstruktorskoje tehnologicheskoe bjuro Sibirskogo nauchno-issledovatel'skogo i proektno-tehnologicheskogo zhivotnovodstva / N.A. Trusov [i dr.]. – № 95102176/13-15.02. 1995, opubl. 20.07.1999.
6. Avtorskoje svidetel'stvo SSSR №1493240. Jekstruder dlja prigotovlenija kormov / G.I. Lopatin; zajavitel' T.I. Lopatin. – № 4321247 – 15.02.1995; opubl. 20.07.1999, Bjul. № 26.
7. Javorskij V.I., Nikolaev V.N. Analiz processa jekstruzii kormom i sovershenstvovanie jekstrudera // Vestnik ChGAA. – Cheljabinsk, 2015. – T. 71. – S. 61–66.
8. STO AIST 19.5-2012. «Ispytanija sel'skohozjajstvennoj tehniki. Mashiny i oborudovanie dlja briketirovanija, granulirovanija i jekstrudirovanija kormov». – M., 2012.
9. GOST 13586.5-93. Zerno. Metod opredelenija vlazhnosti. – M., 1993.



УДК 636.92:636.083.4

Н.А. Бабин

ВЛИЯНИЕ ВИТАМИНА ПАРААМИНОБЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ НА МОРФОЛОГИЮ ЛЕЙКОЦИТОВ, БИОХИМИЧЕСКИЙ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ КРОВИ КРОЛИКОВ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД ГОДА

N.A. Babin

THE EFFECT OF PARAAMINBENZOIC ACID VITAMIN ON LEUKOCYTES MORPHOLOGY BIOCHEMICAL AND MINERAL COMPOSITION OF RABBITS BLOOD IN SPRING PERIOD OF A YEAR

Бабин Н.А. – асп. каф. внутренних незаразных болезней, акушерства и физиологии сельскохозяйственных животных Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgau.ru

Babin N.A. – Post-Graduate Student, Chair of Internal Noncontagious Diseases, Obstetrics and Physiology of Farm Animals, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: info@kgau.ru

Исследования проводили в физиологической лаборатории Института прикладной биотехнологии и ветеринарной медицины Красноярского государственного аграрного университета. Опытную и контрольную группу кроликов, в количестве 10 голов по 5 в каждой группе в возрасте 7 месяцев, содержали в теплое время года в физиологическом дворе на открытом воздухе. Рацион питания кроликов опытной и контрольной групп соответство-

вал нормам кормления. В рацион кормления кроликов опытной группы витамин парааминобензойную кислоту включали 1 раз в сутки в утреннее кормление в количестве 10 мг на 1 кг живой массы в течение 10 дней. Подсчет лейкоцитарной формулы, определение количества кальция и фосфора, общего белка и его фракций в крови кроликов опытной и контрольной групп проводили после включения в рацион витамина парааминобензойной кисло-