



УДК 621.926.4 **В.А. Титов, Ю.А. Пикалов, В.С. Секацкий, Н.В. Мерзликina**
V.A. Titov, Yu.A. Pikalov, V.S. Sekatskiy, N.V. Merzlikina

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ГРАНУЛЯТОРА

RESULTS OF PRELIMINARY STUDIES OF ENERGY-EFFICIENT PELLET MILL

Проведенный анализ показал, что сдерживающим фактором широкого применения гранулирования является низкая энергоэффективность существующих грануляторов. В основу исполнительного механизма инновационного энергоэффективного гранулятора положена оригинальная зубчатая передача внутреннего зацепления, которая позволяет реализовать принцип экструзионного воздействия на исходное сырье. Для планирования многофакторных экспериментов проведены предварительные исследования по гранулированию различного по свойствам сырья: пшеницы, овса и торфа. Исследования проводились на специально созданном экспериментальном стенде. Проведенная серия предварительных исследований показала, что выбранные входные факторы (температура, влажность сырья, число оборотов шестерни зубчатой передачи и шнекового вала) оказывают существенное влияние на выходные параметры (производительность гранулирования и плотность гранул) процесса гранулирования – это позволит корректно построить план проведения многофакторных исследований и выявить статистические зависимости, описывающие процесс гранулирования.

Ключевые слова: грануляторы, энергоэффективность, исследования, оригинальная зубчатая передача внутреннего зацепления, кольцевые матрицы.

The analysis has shown that a widespread use of pellet mills is constrained by the low energy efficiency of aforesaid mills. The use of original internal gear pairs in actuating mechanism of this innovation energy-efficient pellet mill enable the principle of extrusion effect on powdered material. For subsequent complex experiments, different materials (wheat, oat and peat) were examined in the preliminary studies of pelleting. In the former specialized experimental stand was used. The series of preliminary studies have shown a significant impact of selected input factors (temperature, moisture of raw material, speed of pinion gear and screw shaft) on output parameters (pelleting performance and density of the pellets) of the pelleting process. The application of those would affect the veracity of the further multifactorial experiments and enable to reveal the statistical dependences of the pelleting process.

Keywords: pellet mill, energy efficiency, research, original internal gear pairs, ring die.

Титов Валерий Архипович, к.т.н., доцент, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск. Тел.: 950-403-88-83. E-mail: titov-var@mail.ru.

Пикалов Юрий Анатольевич, к.т.н., доцент, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск. Тел.: 923-354-08-43. E-mail: UAPikalov@mail.ru.

Секацкий Виктор Степанович, к.т.н., зав. каф. «Стандартизация, метрология и управления качеством», Сибирский федеральный университет, г. Красноярск. Тел. 913-521-50-54. E-mail: sekackiy@rambler.ru.

Мерзликina Наталья Викторовна, ст. преп., Сибирский федеральный университет, г. Красноярск. Тел.: 913-537-41-30. E-mail: mnv190573@mail.ru.

Titov Valeriy Arkhipovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Siberian Federal University, Krasnoyarsk. Ph.: 950-403-88-83. E-mail: titov-var@mail.ru.

Pikalov Yuriy Anatolyevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Siberian Federal University, Krasnoyarsk. Ph.: 923-354-08-43. E-mail: UAPikalov@mail.ru.

Sekatskiy Viktor Stepanovich, Cand. Tech. Sci., Head, Chair of Standardization, Metrology and Quality Control, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. Ph.: 913-521-50-54. E-mail: sekackiy@rambler.ru.

Merzlikina Natalya Viktorovna, Asst. Prof., Siberian Federal University, Krasnoyarsk. Ph.: 913-537-41-30. E-mail: mnv190573@mail.ru.

Гранулированные материалы имеют ряд преимуществ перед рассыпными. Одним из основных сдерживающих факторов широкого применения гранулирования является низкая энергоэффективность существующих грануляторов. Например, грануляторы с кольцевой матрицей и производительностью до 1 т/ч оснащены приводными электродвигателями мощностью 90-110 кВт [1].

В Сибирском федеральном университете разрабатываются инновационные энергоэффективные грануляторы на основе оригинальной зубчатой передачи внутреннего зацепления [2-6]. Экспериментально доказана возможность получения гранул из некоторых видов сырья [7-8]. Исследования проводятся на специально созданном экспериментальном стенде [9].

Из соображений, что на выходные параметры процессов гранулирования оказывают влияние ряд входных факторов, процессы гранулирования необходимо описывать многофакторными зависимостями, которые могут быть получены на основе теории планирования многофакторных экспериментов. Для корректной постановки задачи планирования необходимо провести предварительные исследования влияния отдельных факторов.

В ходе экспериментов на стенде было выполнено гранулирование пшеницы, овса и торфа. При этом загрузка исходного сырья производилась шнековым транспортером с регулированием числа оборотов его приводного вала. Входными параметрами, влияющими на качество гранул и производительность, были приняты: температура, влажность сырья, число оборотов шестерни зубчатой передачи (n , об/мин.) и шнекового вала ($n_{шт}$).

Температуру сырья измеряли ИК-термометром модели Testo 826-T4, влажность – влагомерами GMH 3830 и Wile 55. Диаметр отверстий в матрице принят 8 мм.

В качестве выходных критериев приняты производительность гранулирования Q и плотность гранул ρ .

Производительность определяли по формуле

$$Q = \frac{m}{t}, \text{ кг/ч,}$$

где t – масса гранул, полученных в течение времени t .

На рисунке 1 приведены зависимости производительности гранулирования пшеницы от числа оборотов ведущего вала.

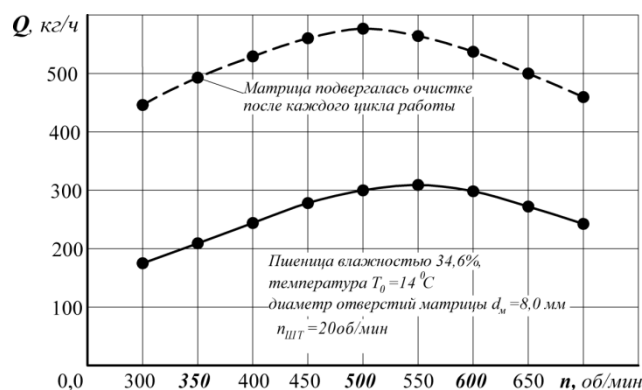


Рис. 1. Зависимости производительности гранулирования пшеницы от числа оборотов ведущего вала гранулятора

Видно, что зависимости имеют оптимум в диапазоне 500-550 об/мин. Кроме того, выявлено, что при засорении (залипании) матрицы производительность сырьем уменьшается в 1,5-2,0 раза. Необходимо выявить факторы, влияющие на характер свободного

(без залипания) истечения продукта через отверстия матрицы.

При гранулировании торфа учитывали его влажность и температуру.

На рисунке 2 приведен график производительности гранулирования торфа в зависимости от числа оборотов ведущего вала гранулятора.

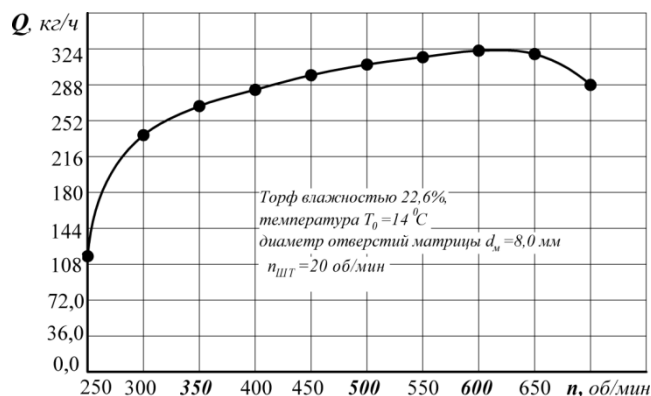


Рис. 2. Зависимость производительности гранулирования торфа от числа оборотов ведущего вала гранулятора

Видно, что зависимость $Q(n)$ имеет также экстремальный характер. Максимум производительности (более 320 кг/ч) наблюдается в диапазоне чисел оборотов ведущего вала гранулятора – от 600 до 700 об/мин.

Одним из показателей качества гранул является их плотность, которую определяли после их получения, а затем после просушки.

Для определения плотности гранул были произведены отборы проб одинаковой влажности и температуры, но полученные при разном количестве оборотов вала шнекового транспортера $n_{шт} = 10-70$ об/мин., при постоянном числе оборотов ведущего вала гранулятора $n = 500$ об/мин. и при различной влажности исходного сырья (15,3; 25,5 и 34,6%).

Данные, полученные в ходе эксперимента, приведены в таблице.

Графическое отображение результатов эксперимента по изменению плотности гранул от числа оборотов шнекового транспортера до и после просушки представлено на рисунке 3. Видно, что плотность остается практически постоянной, изменяясь в пределах до 10%.

Графики, представленные на рисунке 3, показывают, что плотность гранул, независимо от начальной влажности зерна пшеницы (от 15 до 35%), практически не зависит от их просушки, а зависит от скорости подачи зерна в зону гранулирования. Так, при исходной влажности зерна в 34,6% может наблюдаться экстремум при числе оборотов шнека $n_{шт} = 20$ об/мин. (рис. 3б).

Плотность гранул пшеницы в зависимости от числа оборотов шнекового транспортера «до просушки»/«после просушки» при различной влажности сырья

Число оборотов шнека $n_{шт}$, об/мин.	Плотность гранул ρ , кг/м ³ при влажности исходного сырья					
	15,3%		25,5%		34,6%	
	до просушки	после просушки	до просушки	после просушки	до просушки	после просушки
10	1252,21	1181,0	1140,33	1120,15	1041,25	1037,82
20	1181,82	1123,44	1157,47	1120,93	1055,47	1051,20
30	1142,42	1078,97	1131,73	1102,67	1043,24	1040,25
40	1210,19	1217,17	1110,25	1113,41	1024,49	1027,52
50	1194,57	1078,51	1109,97	1100,5	1022,14	1025,81
60	1248,38	1257,73	1134,45	1137,52	1011,59	1006,67
70	1242,04	1185,95	1140,34	1120,43	1030,11	1025,78

При меньшей исходной влажности (15,3%) зерна гранулы получаются более плотной структуры ($\rho \approx 1200$ кг/м³), а при высокой исходной влажности (более 35%) зерна плотность получаемых гранул снижается до $\rho \approx 1000$ кг/м³. Кроме этого, следует отметить, что при режимах работы гранулятора ($n = 500$ об/мин. и $n_{шт} = 50$ об/мин.), при которых наблюдается наибольшая производительность, плотность гранул – наименьшая.

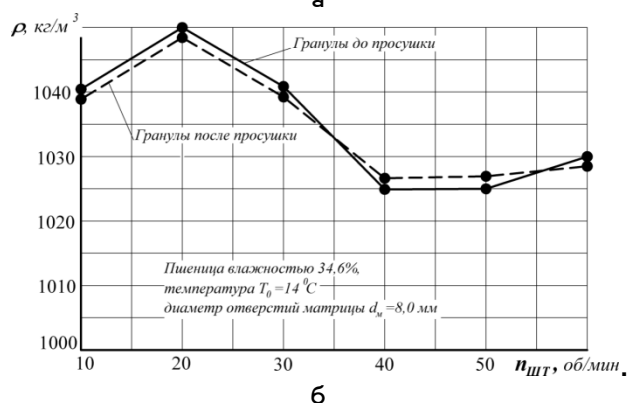
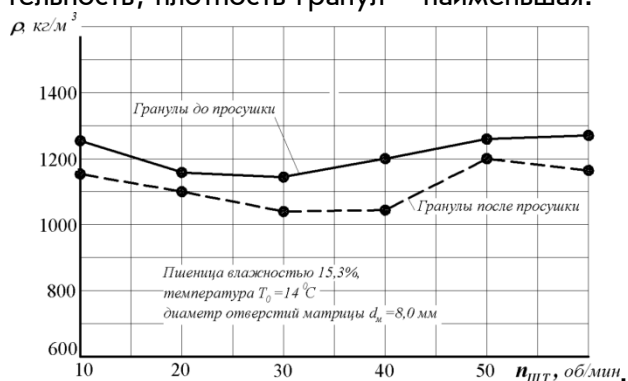


Рис. 3. Графики изменения плотности пшеничных гранул до и после просушки

Проведенная серия предварительных исследований показала, что выбранные входные факторы оказывают существенное влияние на выходные параметры процесса гранулирования – это позволит корректно построить план проведения многофакторных исследований и выявить статистические зависимости, описывающие процесс гранулирования.

Библиографический список

1. Пресс-грануляторы. Линии гранулирования серии «ДОЗА». Н. Новгород [Электронный ресурс]. URL: <http://www.dozagran.com/ru/catalog/ogm6>. Загл. с экрана. 2011.
2. Патент РФ № 2365414/С1, МПК В 02С 13/22. Дезинтегратор / В.А. Титов. Оpubл. 27.08.09. Бюл. № 24.
3. Патент РФ № 2366508/С1, МПК В 02С 13/22. Дезинтегратор / В.А. Титов. Оpubл. 10.09.09. Бюл. № 25.
4. Титов В.А., Мерзликина Н.В. Дезинтегратор для нужд сельского хозяйства. Исследование процессов измельчения // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2009. – № 11. – С. 166-170.
5. Колбасина Н.А., Мерзликина Н.В., Титов В.А. Современный подход к проектированию торцевых зубчатых передач и измельчителей материалов на их основе // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – 2010. – № 2. – С. 134-136.
6. Титов В.А., Колбасина Н.А., Мерзликина Н.В., Пикалов Ю.А., Секацкий В.С. Современный подход к созданию оригинальных зубчатых передач для измельчителей сырья и материалов // Технические науки – от теории к практике. – 2012. – № 14. – С. 30-41.
7. Титов В.А., Мерзликина Н.В., Пикалов Ю.А., Секацкий В.С. Экспериментальное исследование многофункциональных возможностей измельчителя на основе торцевой зубчатой передачи // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2010. – Т. 12. – № 1-2. – С. 556-559.
8. Титов В.А., Пикалов Ю.А., Секацкий В.С., Мерзликина Н.В. Грануляторы сырья, состояние и перспективы // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – 2012. – № 6(46). – С. 197-200.
9. Титов В.А., Рыбин А.А., Пикалов Ю.А. и др. Экспериментальный стенд на базе техники Siemens технологий NationalInstruments для исследования измельчителя материалов // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2011. – № 1. – С. 119-124.

References

1. Press-granulyatory. Linii granulirovaniya serii «DOZA». N. Novgorod [Elektronnyi resurs]. URL: <http://www.dozagran.com/ru/catalog/ogm6>. Zagl. s ekrana. 2011.
2. Patent RF № 2365414/S1, MPK V 02S 13/22. Dezintegrator / V.A. Titov. Opubl. 27.08.09. Byul. № 24.
3. Patent RF № 2366508/S1, MPK V 02S 13/22. Dezintegrator / V.A. Titov. Opubl. 10.09.09. Byul. № 25.
4. Titov V.A., Merzlikina N.V. Dezintegrator dlya tuzhd sel'skogo khozyaistva. Issledovanie protsessov izmel'cheniya // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2009. – № 11. – S. 166-170.
5. Kolbasina N.A., Merzlikina N.V., Titov V.A. Sovremennyy podkhod k proektirovaniyu tortsevykh zubchatykh peredach i izmel'chitelei materialov na ikh osnove // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. akademika M.F. Reshetneva. - 2010. – № 2. – S. 134-136.
6. Titov V.A., Kolbasina N.A., Merzlikina N.V., Pikalov Yu.A., Sekatskii V.S. Sovre-

mennyi podkhod k sozdaniyu original'nykh zubchatykh peredach dlya izmel'chitelei syr'ya i materialov // Tekhnicheskie nauki - ot teorii k praktike. – 2012. – № 14. – S. 30-41.

7. Titov V.A., Merzlikina N.V., Pikalov Yu.A., Sekatskii V.S. Eksperimental'noe issledovanie mnogofunktsional'nykh vozmozhnostei izmel'chitelya na osnove tortsevoi zubchatoi peredachi // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk. – 2010. – T. 12. – № 1-2. – S. 556-559.

8. Titov V.A., Pikalov Yu.A., Sekatskii V.S., Merzlikina N.V. Granulyatory syr'ya, sostoyanie i perspektivy // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta imeni akademika M.F. Reshetneva. – 2012. – № 6 (46). – S. 197-200.

9. Titov V.A., Rybin A.A., Pikalov Yu.A. i dr. Eksperimental'nyi stend na baze tekhniki Siemens i tekhnologii National Instruments dlya issledovaniya izmel'chitelya materialov // Problemy mashinostroeniya i avtomatizatsii. – 2011. – № 1. – S. 119-124.



УДК 631.171.(07308)

В.А. Завора
V.A. Zavora

**ОСНОВЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ КОЛИЧЕСТВА
МОБИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ МАШИННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ РАСТЕНИЕВОДСТВА**

**FUNDAMENTALS OF THEORETICAL SUBSTANTIATION OF MOBILE MACHINERY UNITS
NUMBER AT FARM MACHINERY DEPOTS TO PERFORM CROP GROWING OPERATIONS**

Основой энергетики аграрного производства для выполнения технологических работ в растениеводстве служат мобильные агрегаты. Экономическая эффективность работы мобильных агрегатов в большой степени зависит от правильного выбора типа энергетических средств. Выбор и комплектование состава МТП – одна из основных задач, от решения которой зависит эффективность работы машинно-технологических станций (МТС). Учитывая особенности функционирования МТС и эксплуатации МТП, его марочный состав определяют на основании оценки удельных приведенных затрат. Это позволяет рационализировать количество машин, их годовую загрузку и существенно уменьшить капиталовложения. Рассматриваются теоретические вопросы обоснования количества мобильных агрегатов при выполнении механизированных работ в растениеводстве машинно-технологическими станциями. Характер полученной зависимости позволяет сделать ряд выводов. 1. Потребное количество агрегатов пропорционально сезонному объему работ. 2. Необходимое количество агрегатов увеличивается при прочих равных условиях с увеличением значений $K_{\text{пр}}$, U , C_n . Таким образом, повышение урожайности или закупочной цены на продукцию в n раз приводит к увеличению экономически целесообразного количества агрегатов в \sqrt{n} раз. 3. Потребное количество агрегатов для выполнения определенного объема работ уменьшается с увеличением рабочей скорости v_p , коэффициента использования времени τ и удельной стоимости машин.

Ключевые слова: удельные приведенные затраты, балансовая стоимость машин, рациональный шлейф, отчисления на реновацию мобильного агрегата, нормативный коэффициент,

продолжительность рабочего дня, коэффициент использования времени смены.

The energy sources in crop growing operations are mobile machinery units. The economic efficiency of mobile units' operation is their correct choice. The selection of machinery and completing machine-and-tractor fleet (MTF) is one of the main issues determining the efficiency of farm machinery depots (FMD). Taking into consideration the features of FMD functioning and MTF operation, its machinery list is determined on the basis of total unit costs. That enables rationalizing the number of machinery, their annual load and to significantly reduce investment. The theoretical issues of the substantiation the number of mobile machinery units at FMD for mechanized operations in crop growing are discussed. The obtained dependence suggests the following conclusions: 1) the required number of units is proportional to the seasonal work volume; 2) required number of units increases, all other things being equal, with increasing values of K (crop losses), U (crop yield), C (crop purchasing price). Thus, n -times increase in crop yields or crop purchasing price results in economically viable increase in units number \sqrt{n} times; 3) the required number of units to perform a certain amount of operations decreases with increasing operating speed, time utilization rate and the unit cost of the machinery.

Keywords: total unit costs, balance cost of machinery, rational tail, deductions for renovation of a mobile unit, norm coefficient, work hours, shift time utilization rate.