

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА МОЛОТКОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ

ЕЛИСЕЕВ Михаил Семенович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

РЫБАЛКИН Дмитрий Алексеевич, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

ПЕРЕТЯТЬКО Андрей Владимирович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

Обеспечение равномерности потока измельчаемого материала к рабочим органам молоткового измельчителя позволяет повысить его производительность, а также снизить энергоемкость процесса измельчения. Для обеспечения равномерного потока нами было изготовлено питающее устройство барабанного типа с четырьмя желобами, противоположные стороны которого повернуты друг относительно друга. При исследовании влияния расположения питающего устройства относительно вала ротора измельчителя выявлено, что при продольном расположении производительность увеличивается на 5...7 %, а энергоемкость процесса снижается на 5...6 %. Экспериментально подтверждено, что предлагаемая конструкция питающего устройства обеспечивает наиболее равномерный поток материала к рабочим органам измельчителя по сравнению с серийно выпускаемой. С целью определения влияния величины подачи измельчаемого материала к рабочим органам молоткового измельчителя проводили исследования с различными конструктивными и режимными параметрами работы питающего устройства. Анализ результатов позволил определить оптимальное значение диаметра барабана питающего устройства 0,07 м, и частоты вращения 70...80 мин⁻¹, при которых достигается величина подачи 240 ... 280 кг/ч. Так же на производительность молоткового измельчителя значительное влияние оказывают основные рабочие органы-молотки. Анализ влияния окружной скорости молотков равной 30 ... 40 м/с позволил определить режимные параметры молоткового ротора. Таким образом, в результате проведенных экспериментальных исследований были установлены оптимальные конструктивные и режимные параметры работы молоткового измельчителя, при которых достигается наибольшая производительность 250 ... 300 кг/ч и соответствующее ей значение энергоемкости процесса 0,8...1,0 кВт·ч/кг·ед.ст.изм.

Качественное измельчение лузги сельскохозяйственных культур до требуемого гранулометрического состава неразрывно связано с процессом ее подачи к рабочим органам измельчителя. Поэтому для определения наиболее эффективного процесса измельчения лузги нами была изготовлена лабораторная установка, позволяющая подавать измельчаемый материал при поперечном и продольном расположении питающего устройства относительно вала ротора измельчителя [1].

Для проведения экспериментальных исследований были отобраны следующие виды измельчаемого материала: лузга подсолнечника, гречихи и проса, являющихся наиболее распространенными отходами сельскохозяйственного производства. Измельчаемый материал отбирали

в производственных цехах после шелушения соответствующего вида крупы; была использована смесь всех трех видов лузги.

Основные физико-механические характеристики исследуемого измельчаемого материалов приведены в таблице [2].

Экспериментальные исследования проводили на лабораторной установке [1]. В программу экспериментальных исследований входило исследование процесса подачи измельчаемого материала к рабочим органам измельчителя, процесса измельчения и обоснование параметров питающего устройства и молоткового ротора.

Для обеспечения нормального технологического процесса измельчения поток материала, выходящий из питающего устройства, должен обладать необходимой равномерностью. Рав-

Физико-механические характеристики исследуемого измельчаемого материалов

Параметр	Материал		
	Лузга подсолнечника	Лузга гречихи	Просяная лузга
Геометрические параметры, мм:			
длина	7,1–14,8	4,2–6,2	1,8–3,2
ширина	5,2–10,3	2,8–3,7	1,5–2,0
толщина	3,3–4,2	0,13–0,18	0,1–0,13
Насыпная плотность, кг/м ³	85–140	160–195	200–270
Влажность, %	11,6–17,0	11,6–17,0	11,6–17,0
Скорость витания, м/с	1,54–1,76	1,3–1,63	1,1–2,0
Коэффициент парусности, м ⁻¹	3,16–4,13	3,69–5,8	2,45–8,1



номерность потока измельчаемого материала обеспечивает снижение энергоемкости процесса измельчения, увеличение производительности, а также снижение динамических нагрузок на ротор с молотками. Для решения данной задачи нами были изготовлены питающие устройства барабанного типа с четырьмя желобами: первый с прямой формой желобов и второй с формой желобов, противоположные стороны которых повернуты относительно друг друга [1, 5].

Для изучения влияния величины подачи измельчаемого материала было изготовлено 4 питающих устройства одинаковой длины, но различного диаметра. Частота вращения питающего устройства изменялась при помощи регуляторов, установленных на панели управления [1].

При проведении результатов входные параметры рабочего процесса питающего устройства задавались в следующем диапазоне: частота вращения питающего устройства n_n – 50, 60, 70, 80 мин⁻¹; диаметр барабана питающего устройства

d_n – 0,06, 0,07, 0,08, 0,09 м.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что при продольном расположении питающего устройства производительность молоткового измельчителя увеличивается на 5...7 %, чем при поперечном, а энергоемкость процесса измельчения снижается на 5...6 % (рис. 1, 2).

Экспериментально подтверждено, что предлагаемая конструкция питающего устройства с желобами, противоположные стороны которых

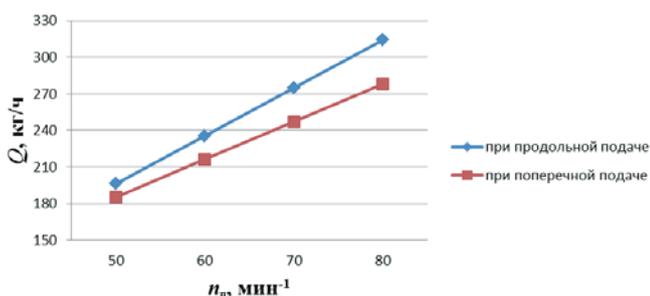


Рис. 1. Зависимость производительности молоткового измельчителя от частоты вращения питающего устройства при $d_n = 0,07$ м, лузга гречихи

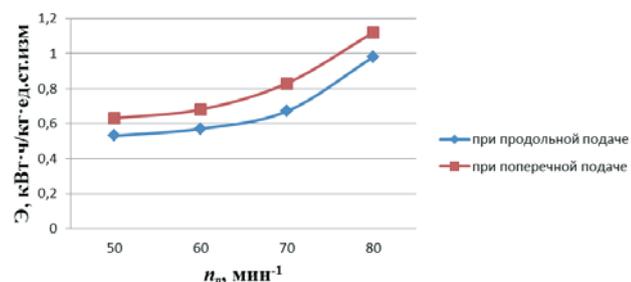


Рис. 2. Зависимость энергоемкости процесса измельчения от частоты вращения питающего устройства при $d_n = 0,07$ м, лузга гречихи

повернуты относительно друг друга, обеспечивает равномерность потока измельчаемого материала к рабочим органам молоткового измельчителя при меньших частотах вращения по сравнению с питателем с прямыми желобами (рис. 3).

С целью определения влияния величины подачи измельчаемого материала к рабочим органам молоткового измельчителя проводили исследования с различными конструктивными и режимными параметрами работы питающего устройства [3]. Диаметр

d_n барабана питающего устройства имеет существенное значение для определения величины подачи измельчаемого материала к рабочим органам молоткового измельчителя.

По результатам обработки полученных экспериментальных данных было построено уравнение регрессии, адекватность которого проверяли по критерию Фишера:

$$Q_n = 201,449 - 3,037 n_n - 5510,479 d_n - 0,0001 n_n^2 + 83,353 \cdot n_n D_n + 36759,391 d_n. \quad (1)$$

Графически зависимость величины подачи измельчаемого материала от частоты вращения n_n и диаметра d_n барабана питающего устройства представлена на рис. 4.

Как видно из рис. 4, диаметр d_n барабана питающего устройства ведет к увеличению величины подачи, причем данная зависимость носит линейный характер. Это объясняется ростом центробежных сил, увеличивающих скорость схода материала с лопасти желоба питающего устройства. То же происходит и с частотой вращения питающего устройства n_n в процессе подачи. При этом с увеличением частоты вращения питающего устройства увеличивается и подача измельчаемого материала.

При частоте вращения n_n питающего устрой-

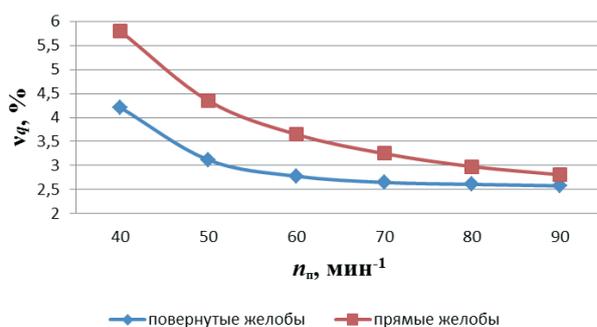


Рис. 3. Зависимость неравномерности подачи измельчаемого материала от частоты вращения n_n питающего устройства



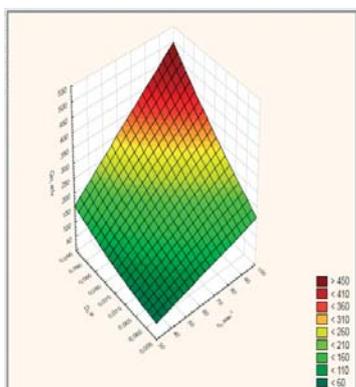


Рис. 4. Зависимость величины подачи измельчаемого материала от частоты вращения n_n и диаметра d_n барабана питающего устройства

тва 70 ... 80 мин⁻¹ и значении диаметра d_n , равном 0,07 м, достигается величина подачи измельчаемого материала к рабочим органам молоткового измельчителя 240...280 кг/ч.

На производительность молоткового измельчителя кроме физико-механических свойств и величины подачи измельчаемого материала также оказывают значительное влияние и рабочие органы измельчителя [45].

На рис. 5 показаны результаты влияния формы рабочей поверхности молотка на производительность молоткового измельчения: молотки со ступенчатой формой рабочей поверхности (экспериментальные) обеспечивают производительность молоткового измельчителя в 5–7 раз больше по сравнению с серийно выпускаемыми.

На основании полученных результатов исследований была построена зависимость энергоёмкости процесса измельчения от величины подачи измельчаемого материала и окружной скорости молотков (рис. 6).

Уравнение регрессии, описывающей данную зависимость, имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \mathcal{E} = & -294,284 + 2,266 Q_n + 0,771 v_m - \\ & - 0,004 Q_n^2 - 0,003 Q_n v_m + 0,001 v_m^2. \end{aligned} \quad (2)$$

Адекватность описания уравнением регрессии (2) результатов эксперимента проверяли по критерию Фишера.

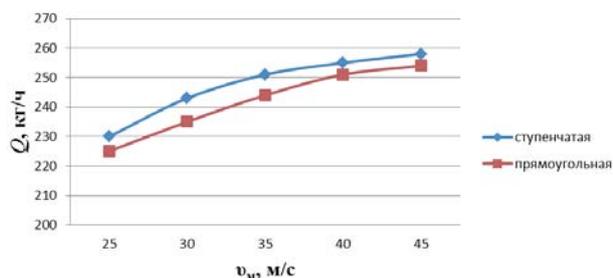


Рис. 5. Зависимость производительности молоткового измельчителя от окружной скорости молотков v_m

Анализ графика на рис. 6 и полученного уравнения (2) свидетельствует об уменьшении энергоёмкости процесса измельчения с 1,6 до 1,0 кВт·ч/кг·ед.ст.изм. при увеличении величины подачи и уменьшении окружной скорости молотков.

Таким образом, при оптимальном значении диаметра D_n барабана питающего устройства 0,07 м, частоты вращения $n_n = 70...80$ мин⁻¹, а также окружной скорости молотков v_m^2 , равной 30...40 м/с, обеспечивается эффективная производительность молоткового измельчителя 250...300 кг/ч и соответствующая ей энергоёмкость процесса 0,8 ... 1,0 кВт·ч/кг·ед. ст. изм. при измельчении лузги сельскохозяйственных культур экспериментальными рабочими органами. Увеличение производительности молоткового измельчителя достигается за счет изменения его конструктивных и режимных параметров работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Елисеев М.С., Елисеев И.И., Рыбалкин Д.А. Перспективная схема молоткового измельчителя // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 6. – С. 54–57.
2. Елисеев М.С., Загоруйко М.Г., Рыбалкин Д.А. Анализ факторов, влияющих на эффективность процесса измельчения // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 7. – С. 54–57.
3. Елисеев М.С., Рыбалкин Д.А., Леонтьев А.М., Марадудин А.А. Обоснование конструктивно-кинематических параметров питающего устройства молоткового измельчителя // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 9. – С. 54–57.
4. Патент 166614 РФ, МПК В02С 13/28 Молоток дробилки / Елисеев М.С., Рыбалкин Д.А.; заявитель и патентообладатель: СГАУ имени Н.И. Вавилова. – № 2016110503/13; опубл. 10.12.2016. Бюл. № 34. – 2 с.
5. Патент 2615001 РФ, МПК В02С 13/00, В02С 13/28. Молотковый измельчитель отходов переработки бакалейной группы сельскохозяйственной продукции / Елисеев М.С., Загоруйко М.Г., Елисеев И.И., Рыбалкин Д.А.; заявитель и патентообладатель: СГАУ имени Н.И. Вавилова. – № 2016110300; опубл. 03.04.2017. Бюл. № 10. – 9 с.

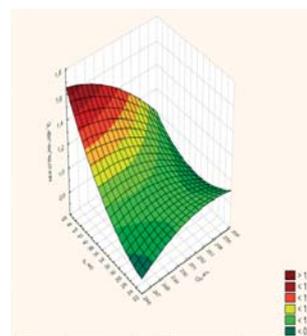


Рис. 6. Зависимость энергоёмкости процесса

измельчения от величины подачи Q_n измельчаемого материала и окружной скорости молотков v_m^2



Елисеев Михаил Семенович, д-р техн. наук, проф. кафедры «Механика и инженерная графика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Рыбалкин Дмитрий Алексеевич, аспирант кафедры «Механика и инженерная графика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Перетягко Андрей Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механика и инженерная графика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60.
Тел.: (8452) 74-96-51.

Ключевые слова: питающее устройство, неравномерность подачи, молоток, энергоёмкость процесса.

RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THE WORK PROCESS OF HAMMER SHREDDER

Eliseev Mikhail Semenovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair "Mechanics and Engineering Graphics", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Rybalkin Dmitry Alexeyevich, Post-graduate Student of the chair "Mechanics and Engineering Graphics", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Peretyatko Andrey Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Mechanics and Engineering Graphics", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: feeding device; uneven feeding; hammer; energy intensity of the process.

Ensuring the uniformity of the flow of the mill feed material to the working parts of the hammer shredder allows increasing its productivity, as well as reducing the energy intensity of the grinding process. To ensure a uniform flow, we produced a drum-type feeder with four troughs, the opposite sides of which are rotated relative to each other. When examining the influence of the arrangement of the feeder relative to the rotor shaft of the shredder, it is revealed that with the longitudinal arrange-

ment the productivity increases by 5...7%, and the process energy consumption reduces by 5...6%. It has been experimentally confirmed that the proposed design of the feeding device provides the most uniform flow of material to the working organs of the shredder in comparison with the commercially available. In order to determine the influence of the amount of in-feed to the working parts of the hammer shredder, investigations were carried out with various design and operating parameters of the feeding device. The analysis of the results made it possible to determine the optimal diameter of the drum of the feeder 0.07 m, and the rotational speed 70 ... 80 min⁻¹ at which the in-feed is 240..280 kg/h. The main working bodies-hammers have a significant influence on the productivity of the hammer shredder. Analysis of the effect of hammer circumferential velocity equal to 30...40 m/s made it possible to determine the operating parameters of the hammer rotor. Thus, as a result of the experimental studies, the optimum design and operating parameters of the hammer shredder were established, at which the maximum productivity is 250...300 kg/h, energy consumption of the process is 0.8...1.0 kW-h/kg-unit of measure.

УДК 630.386:626

К ВОПРОСУ ОБ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ПОЛИВА ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ В ЗАКРЫТОМ ГРУНТЕ

ПОРТНОВ Сергей Алексеевич, Физико-технический лицей № 1

МИХЕЕВА Ольга Валентиновна, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

Для решения задачи управления пространственным распределением влажности почвы необходимо осуществлять полив и контролировать электропроводность почвы в нескольких точках. В работе представлена система, состоящая из нескольких датчиков и нескольких исполнительных устройств. Созданный макет системы полива растений способен по команде микроконтроллера открывать и закрывать клапаны подачи воды, а также измерять напряжение на нижнем плече резистивного делителя, связанное с влажностью почвы. Описанный набор функций программы управления системой, загружаемой в микроконтроллер, позволяет определять (после соответствующей калибровки) уровень влажности почвы, а также управлять влажностью в точках, прилегающих к датчику влажности.

Для решения задачи управления пространственным распределением влажности почвы необходимо осуществлять полив и контролировать электропроводность почвы в нескольких точках. Для этого необходимо создать систему, состоящую из нескольких датчиков и нескольких исполнительных устройств. Микроконтроллеры AtMega328 имеют аналого-цифровой преобразователь, мультиплексированный на 8 входов, и дополнительно 2 порта разрядностью 8 бит каждый для под-

ключения исполнительных устройств. Таким образом, схема, использующая в качестве устройства управления контроллер AtMega328, может содержать до 8 датчиков влажности и исполнительных устройств. Для сокращения времени разработки, уменьшения габаритных размеров и обеспечения возможности повторения устройства вне масштабов электронного предприятия целесообразно использовать микроконтроллер, распаянный на плате Arduino Nano, поскольку эта плата имеет в

