

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПЛОЩАДИ ТОРЦЕВЫХ РЕШЕТ ДРОБИЛКИ ЗЕРНА С УВЕЛИЧЕННОЙ СЕПАРИРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ**Зиганшин Б. Г., Булатов С. Ю., Миронов К. Е., Рукавишников В. Н., Шкилев Н. П.**

Реферат. Для разрушения зернового материала в кормоприготовлении широко применяют молотковые дробилки. При их работе в камере измельчения в результате вращения ротора возникают воздушные потоки, вовлекающие частицы раздробленного материала и целые зерновки в движение, создавая этим воздушно-продуктивный слой. На эти воздушные потоки оказывают влияние форма и геометрические параметры лопаток, их расположение, диаметр и скорость вращения ротора, параметры сепарирующей поверхности. В условиях Княгининского университета была разработана молотковая дробилка с увеличенной сепарирующей поверхностью, рабочая камера которой образована двумя торцевыми и одним периферийным решетками. В качестве рабочих органов на ротор устанавливали угловые молотки, прямые молотки или комбинацию прямых молотков и угловых лопаток, размещенных между ними. Исследование проводили с целью изучения влияния вида рабочих органов и площади перекрытия торцевого решета на направление воздушных потоков в камере измельчения и определения рабочей площади торцевого решета. Для угловых молотков характерно движение воздушных потоков в осевом направлении и следующее их распределение: всасывание в камеру измельчения в центральной части торцевого решета и выталкивание по внешней окружности решета. Исходя из этого, всю площадь торцевого решета можно разделить на три части: зона всасывания, зона выталкивания и переходная зона. Увеличение длины угловых лопаток приводит к росту рабочей площади торцевых решет, следовательно, использование комбинированных рабочих органов рационально. Установка рабочих органов в виде прямых молотков нецелесообразна, так как рабочая площадь торцевых решет при этом минимальна. Нерационально и использование рабочих органов в виде угловых молотков, поскольку для них характерна максимальная площадь зоны втягивания и малая рабочая площадь торцевых решет.

Ключевые слова: молотковая дробилка, воздушный поток, рабочие органы, торцевое решето.

Введение. Кормоприготовление – одна из наиболее важных составляющих сельского хозяйства. Правильная подготовка кормовых смесей перед скормливанием их животным способствует более полному усвоению питательных веществ и, как следствие, уменьшению объема кормов, затрачиваемого на производство единицы массы продукции животноводства [1, 2, 3]. Зерно – один из основных источников растительного белка. Перед введением в кормовую смесь его необходимо измельчить до соответствующих зоотехническим требованиям гранулометрических параметров [4]. Существует множество различных способов разрушения зернового материала, один из которых – дробление в результате свободного удара о быстро движущиеся рабочие органы, осуществляемого в молотковых дробилках [5, 6].

Работа молотковых дробилок включает три основных стадии: подача материала, его измельчение и эвакуация готового продукта [7]. Результаты анализа конструкций молотковых дробилок свидетельствуют, что возможны различные способы подачи исходного сырья в их рабочую камеру. Конструктивно наиболее простой способ – подача зерновой массы самотеком. Однако он содержит ряд недостатков, основные из которых невозможность контроля скорости подачи, а это важный технологический параметр, влияющий на качество готового продукта [8]. Недостаточная скорость подачи сопровождается пониженной производительностью дробилки и увеличенными удельными энергозатратами, а чрезмерно высокая приводит к росту содержания недоизмельченного продукта и повышению износа рабочих органов [9, 10, 11].

Принудительная подача зернового материала может осуществляться аэродинамическим и ме-

ханическим способами, которые позволяют контролировать объем зерна, попадающего в рабочую камеру дробилки за единицу времени. Аэродинамический способ открывает возможности для более эффективного контроля скорости, направления и координат ввода зерновок, но более дорог и конструктивно сложен [12]. В зависимости от положения входного отверстия как принудительную, так и подачу самотеком можно разделить на центральную, боковую, тангенциальную и радиальную.

Разрушение зерновок в рабочей камере молотковых дробилок происходит в результате соударения с активными рабочими органами – молотками и вторичного соударения с пассивными рабочими органами – решетками и деками. Эффективность работы молотков определяют их форма, количество и окружная скорость. Своевременность отвода готового продукта и производительность молотковой дробилки зависит от коэффициента живого сечения решета и площади сепарирующей поверхности [13].

При работе молотковой дробилки в камере измельчения в результате вращения ротора формируются воздушные потоки, вовлекающие частицы раздробленного материала и целые зерновки в движение, создавая этим воздушно-продуктивный слой [14, 15]. В работах, посвященных изучению воздушно-продуктивного слоя, показано, что для молотковых дробилок характерно неравномерное распределение частиц разного размера по камере измельчения. Для формирования воздушных потоков в камере измельчения на ротор могут дополнительно устанавливаться лопатки или вентилятор, который монтируется в корпус дробилки. На формируемое вентилятором или лопатками ротора давления оказывают влияние форма и геометри-

ческие параметры лопаток, их расположение, диаметр и скорость вращения ротора, параметры сепарирующей поверхности [6, 7, 13].

В условиях ГБОУ НГИЭУ была разработана молотковая дробилка с увеличенной сепарирующей поверхностью, рабочая камера которой образована двумя торцевыми и одним периферийным решетками (рисунок 1). В качестве рабочих органов на ротор можно устанавливать четыре молотка, выполненных в виде продольно согнутых стальных пластин (угловые молотки), четыре прямых молотка или комбинацию прямых молотков и угловых лопаток, размещенных между ними [16].

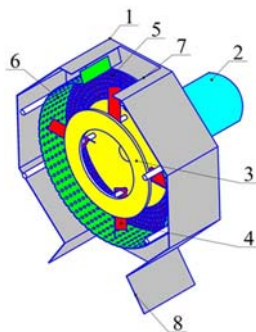


Рисунок 1 – Схема дробилки зерна с увеличенной сепарирующей поверхностью (торцевая крышка снята): 1 – корпус; 2 – электродвигатель; 3 – ротор дробилки; 4 – молотки; 5 – торцевые решета; 6 – периферийное решето; 7 – загрузочное окно; 8 – выгрузное окно

Проведение предварительных исследований показало, что при вращении ротора с угловыми молотками и лопатками в рабочей камере возрастает давление, увеличение которого прямо пропорционально длине угловых молотков. Также вращение угловых и комбинированных рабочих органов приводит к возникновению насосного эффекта и делению всей площади торцевого решета на зоны всасывания и выталкивания воздушного потока. Исходя из этого, можно заключить, что площадь торцевых решет не полностью задействована в эвакуации готового измельченного материала.

С учетом изложенного, цель нашего исследования – изучение влияния вида рабочих органов и площади перекрытия торцевого решета на направления воздушных потоков в камере измельчения и определение рабочей площади торцевого решета.



а)



б)

Рисунок 3 – Распределение нитей по площади торцевого решета (а), направление нитей при вращении рабочих органов молотковой дробилки (б)

Условия, материалы и методы исследований. Лабораторная установка состоит из станины с закрепленным на ней электродвигателем, корпуса, внутри которого установлен ротор с рабочими органами, и загрузочного бункера. Внешняя крышка корпуса сделана из прозрачного материала. Ротор выполнен в виде ступицы с внутренним и наружным дисками, между которыми шарнирно крепятся угловые или прямые молотки. В качестве рабочих органов молотковой дробилки на ротор устанавливали четыре молотка, выполненные в виде продольно согнутых стальных пластин (угловые молотки), четыре прямых молотка или комбинацию прямых молотков и угловых лопаток, установленных между ними (рисунок 2).



Рисунок 2 – Ротор с комбинацией прямых молотков и угловых лопаток.

Длина угловых молотков составляла 100 мм, в качестве угловых лопаток использовали комплекты продольно согнутых пластин с длиной рабочей части 10 мм и 40 мм.

Для определения направления воздушного потока с внешней стороны торцевого решета исследуемой дробилки были закреплены нити длиной 30 мм. Их распределяли равномерно по всей площади решета на расстоянии 15...30 мм одна от другой (рисунок 3). Наблюдения проводили при частоте вращения ротора 3000 мин⁻¹.

Для изучения влияния площади перекрытия решета на направление воздушных потоков центральную часть торцевого решета перекрывали дисками диаметром $d_d = (0,125..0,5)d_p$ (где d_p – диаметр решета).

Анализ и обсуждение результатов исследований. Наблюдения при проведении исследования показали, что при использовании угловых молотков характерно движение воздушных потоков в осевом направлении со следующим рас-

Таблица – Изменение рабочей площади торцевого решета в зависимости от исследуемых факторов

Диаметр перекрывающего диска, d_0	Обозначение исследуемого диаметра и рабочей площади	Прямые молотки	Комбинированный рабочий орган		Угловые молотки
			Длина угловых лопаток, мм		
			10	40	
0	d_1	6	16	23	28
	d_2	37	32	30	35
	S_p	376,8	647,6	745,0	489,8
0,125 d_p	d_1	7	18	26	30
	d_2	37	32	33	35
	S_p	376,8	647,6	596,6	489,8
0,25 d_p	d_1	13,6	18	28	32
	d_2	37	33	33	35
	S_p	376,8	596,6	596,6	489,8
0,375 d_p	d_1	19	25	30	33
	d_2	37	33	35	35
	S_p	376,8	596,6	489,8	489,8
0,5 d_p	d_1	25	33	32	35
	d_2	37	35	37	37
	S_p	376,8	489,8	376,8	376,8

пределением: всасывание в камеру измельчения в центральной части торцевого решета и выталкивание по внешней окружности решета. Исходя из этого, всю площадь торцевого решета можно разделить на три части: зона всасывания, зона выталкивания и переходная зона (рисунок 4). Зона всасывания (см. рисунок 4, б) ограничена диаметром d_1 , переходная зона расположена между диаметрами d_1 и d_2 . Рабочей площадью торцевого решета можно считать только зону выталкивания воздушного потока, которая ограничена диаметрами d_2 и d_p .

Анализ результатов исследования показал, что использование угловых молотков длиной 100 мм соответствует невысоким значениям рабочей площади торцевого решета и максимальному в эксперименте диаметру зоны всасывания, составляющему 65...81 % от диаметра решета (см. табл.). Это свидетельствует о нерациональности использования таких рабочих органов.

Для прямых молотков характерны минимум осевой составляющей направления движения воздушного потока, наименьшие размеры площади зоны всасывания и рабочей площади. При этом следует отметить, что площадь зоны вытал-

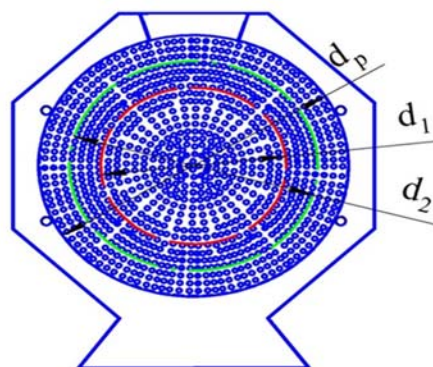
кивания практически не зависит от площади перекрывания торцевого решета, что свидетельствует о том, что изменение направления воздушного потока происходит из-за его столкновения с периферийным решетом, а не благодаря форме молотка.

Максимальная в эксперименте рабочая площадь торцевого решета соответствует использованию комбинированного рабочего органа с длиной угловых лопаток 40 мм без перекрывания решета. Однако стоит отметить, что при этом диаметр зоны всасывания достаточно велик. Увеличение радиуса зоны втягивания воздушного потока, что может приводить к многократной циркуляции воздушно-продуктового слоя через торцевое решето и, как следствие, к переизмельчению продукта. Следовательно, необходимо проведение дальнейшего исследования качества готового продукта, получаемого при работе молотковой дробилки с комбинированными рабочими органами. При перекрывании торцевого решета максимальные размеры рабочей площади соответствуют использованию угловых молотков длиной 10 мм, диаметр зоны всасывания при этом относительно небольшой.

Площадь зоны всасывания увеличивается



а)



б)

Рисунок 4 – Характер движения воздушного потока в рабочей камере молотковой дробилки: а) общий вид, б) схема распределения зон движения воздуха

как по мере роста длины угловых рабочих органов, так и при увеличении площади перекрывания торцевого решета. Рост площади перекрывания торцевого решета во всех случаях приводит к уменьшению рабочей площади решета.

Выводы. В рабочей камере молотковой дробилки с увеличенной сепарирующей поверхностью рационально использование комбинированных рабочих органов, поскольку экспериментально выявлено увеличение при этом рабочей

площади торцевых решет. Использование рабочих органов в виде прямых молотков нецелесообразно, так как рабочая площадь торцевых решет при этом минимальна. Также нерационально использование рабочих органов в виде угловых молотков, при котором отмечена максимальная в эксперименте площадь зоны втягивания и малая рабочая площадь торцевых решет.

Литература

1. Nikkhah A. Optimizing barley grain use by dairy cows: A betterment of current perceptions // Progress in Food Science and Technology / edited by: Greco A.J. NY: Nova Science Publishers, Inc, 2011. Volume 1. Pp. 165-178.
2. Processing oats grain for cull cows finished in feedlot processamento do grão de aveia para alimentação de vacas de descarte terminadas em confinamento / J. Restle, C. Faturi, L. L. Pascoal, et al. // Ciência Animal Brasileira. 2009. 10(2). Pp. 497-503.
3. Feed uses for barley / J.L. Black, A.M. Tredrea, S.G. Nielsen, et al. // Proceedings of the 12th Australian Barley Technical Symposium. Hobart, Tasmania. 2005.
4. Nikkhah A. Barley grain for ruminants: A global treasure or tragedy // Journal of Animal Science and Biotechnology. 2012. 3(1). P. 22. DOI 10.1186/2049-1891-3-22.
5. Наймушин А.А. Обоснование конфигурации рабочих органов для измельчения зерна // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 5 (115). С. 139–144.
6. Коношин И.В., Звекон А.В. Повышение эффективности рабочего процесса молотковых дробилок закрытого типа // Агротехника и энергообеспечение. 2014. № 1 (1). С. 165–174.
7. Бурлуцкий Е.М. Методика производственных испытаний молотковой дробилки закрытого типа с усовершенствованной рабочей камерой // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. №1(29). С. 56–60.
8. Федосеев В.Б., Зацаринная И.А. Стохастический характер образования динамических сводов при установившемся режиме истечения сыпучих материалов из бункеров // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2011. № 1(1). С. 196-199.
9. Власенко Д.А., Левченко Э.П. Влияние параметров подачи материала в рабочую зону молотковой дробилки на условия процесса соударения // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. 2017. № 8 (51). С. 140-144.
10. Кунаков В.С., Савенков Д.Н., Тимолянов К.А. Энергетический баланс при гравитационном истечении зернового материала из бункера с боковым отверстием // Вестник Донского государственного технического университета. 2013. № 7-8(75). Т. 13. С. 97-105.
11. Яцун С.Ф., Локтионова О.Г., Галицына Т.В. Численное моделирование истечения сыпучего материала из бункера // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2008. №6. С. 50-56.
12. Елисеев М. С., Елисеев И. И., Рыбалкин Д. А. Теоретическое обоснование параметров работы устройства для ориентированной подачи измельчаемого материала к рабочим органам молоткового измельчителя // Аграрный научный журнал. 2017. № 3. С. 53–55.
13. Баранов Н. Ф., Фарафонов В. Г., Лопатин Л. А. Исследование взаимодействия частиц с рабочими органами молотковой дробилки // Пермский аграрный вестник. 2018. № 3 (23). С. 4–11
14. Бурлуцкий Е.М., Павлидис В.Д., Чкалова М.В. Математические методы определения массового состава воздушно-продуктового слоя в зонах рабочей камеры молотковой дробилки // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. № 1 (29). С. 61-64.
15. Gvozdev A., Yalpacik E. Power-hungryness of process of growing of grain shallow in crusher with vertical rotor // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2012. Т. 12. № 4. С. 34–39.
16. Пат. RUS 2658704 Дробилка зерна с увеличенной сепарирующей поверхностью / С.Ю. Булатов, К.Е. Миронов, В.Н. Нецаев и др.; патентообладатель: ГБОУ ВПО НГИЭИ – № 2017114460; заявл. 25.04.2017; опубл. 22.06.2018, Бюл. № 18. – 5 с.

Сведения об авторах:

Зиганшин Булат Гусманович – доктор технических наук, профессор РАН, первый проректор; e-mail: zigan66@mail.ru
 ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия
 Булатов Сергей Юрьевич – доктор технических наук, доцент кафедры технического сервиса; e-mail: bulatov_sergey_urevich@mail.ru
 Миронов Константин Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технических и биологических систем; e-mail: micropow@mail.ru
 Рукавишников Валентина Николаевна – старший преподаватель кафедры охраны труда и безопасности жизнедеятельности; e-mail: rukavishnikova_valentina@mail.ru
 Шкилев Николай Павлович – доктор сельскохозяйственных наук, научный сотрудник; e-mail: ngiei-126@mail.ru
 ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет», г. Княгинино, Россия

DETERMINATION OF THE WORKING AREA OF THE EDGE SIEVE OF GRAIN CRUSHER WITH INCREASED SEPARATING SURFACE

Ziganshin B.G., Bulatov S.Yu., Mironov K.E., Rukavishnikova V.N., Shkilev N.P.

Abstract. Hammer crushers are widely used for the destruction of grain in feed preparation. When they work in the grinding chamber, as a result of the rotor's rotation, air flows arise that involve particles of crushed material and whole grains in motion, thereby creating an air-productive layer. These air flows are influenced by the shape and geomet-

rical parameters of the blades, their location, rotor diameter and speed, and the parameters of the separating surface. Under the conditions of Knyagininsky University, a hammer crusher with an enlarged separating surface was developed, the working chamber of which was formed by two end and one peripheral sieves. Angle hammers, straight hammers, or a combination of straight hammers and corner blades placed between them were installed on the rotor as working units. The study was carried out to study the effect of the type of working units and the area of overlapping of the edge sieve on the direction of air flows in the grinding chamber and to determine the working area of the edge sieve. Angle hammers are characterized by the movement of air flows in the axial direction and their following distribution: suction into the grinding chamber in the central part of the end sieve and ejection along the outer circumference of the sieve. Based on this, the entire area of the end sieve can be divided into three parts: the suction zone, the ejection zone and the transition zone. An increase in the length of the angular blades leads to an increase in the working area of the end screens, therefore, the use of combined working units is rational. Installation of working units in the form of straight hammers is impractical, since the working area of the end screens is minimal. It is also irrational to use working units in the form of angle hammers, since they are characterized by the maximum area of the retraction zone and a small working area of the end sieves.

Key words: hammer crusher, air flow, working units, edge sieve.

References

1. Nikkhah A. Optimizing barley grain use by dairy cows: A betterment of current perceptions // *Progress in Food Science and Technology* / edited by: Greco A.J. NY: Nova Science Publishers, Inc, 2011. Volume 1. P. 165-178.
2. Processing oats grain for cull cows finished in feedlot processamento do grão de aveia para alimentação de vacas de descarte terminadas em confinamento / J. Restle, C. Faturi, L. L. Pascoal, et al. // *Ciência Animal Brasileira*. 2009. 10(2). P. 497-503.
3. Feed uses for barley / J.L. Black, A.M. Tredrea, S.G. Nielsen, et al. // *Proceedings of the 12th Australian Barley Technical Symposium*. Hobart, Tasmania. 2005.
4. Nikkhah A. Barley grain for ruminants: A global treasure or tragedy // *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2012. 3(1). P. 22. DOI 10.1186/2049-1891-3-22.
5. Naymushin A.A. Justification of the configuration of working units for grain grinding. [Obosnovanie konfiguratsii rabochikh organov dlya izmelcheniya zerna]. // *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Altai State Agrarian University*. 2014. № 5 (115). P. 139–144.
6. Konoshin I.V., Zvekov A.V. Increasing the efficiency of the working process of closed-type hammer crushers. [Povyshenie effektivnosti rabocheho protsessa molotkovykh drobilok zakrytogo tipa]. // *Agrotehnika i energoobespechenie. – Agrotechnics and energy supply*. 2014. № 1 (1). P. 165–174.
7. Burlutskiy E.M. Technique of production tests of a closed-type hammer crusher with an improved working chamber. [Metodika proizvodstvennykh ispytaniy molotkovoy drobilki zakrytogo tipa s usovershenstvovannoy rabochey kameroy]. // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Orenburg State Agrarian University*. 2011. №1(29). P. 56–60.
8. Fedoseev V.B., Zatsarinnyaya I.A. Stochastic nature of dynamic vaults formation in the steady-state mode of outflow of bulk materials from bunkers. [Stokhasticheskiy kharakter obrazovaniya dinamicheskikh svodov pri ustanovivshemsya rezhime istecheniya sypuchikh materialov iz bunkerov]. // *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Michurinsky State Agrarian University*. 2011. № 1-1. P. 196-199.
9. Vlasenko D.A., Levchenko E.P. Vliyaniye parametrov podachi materiala v rabochuyu zonu molotkovoy drobilki na usloviya protsessa soudareniya. // *Sbornik nauchnykh trudov Donbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. (Influence of the parameters of material feeding into the working zone of a hammer crusher on the conditions of the impact process. // *Collection of scientific works of Donbass State Technical University*). 2017. № 8 (51). P. 140-144.
10. Kunakov V.S., Savenkov D.N., Timolyanov K.A. Energy balance during gravitational outflow of grain material from a bunker with a side hole. [Energeticheskiy balans pri gravitatsionnom istechenii zernovogo materiala iz bunkera s bokovym otverstiem]. // *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – The Herald of Don State Technical University*. 2013. № 7-8(75). Vol. 13. P. 97-105.
11. Yatsun S.F., Loktionova O.G., Galitsyna T.V. Numerical modeling of the outflow of bulk material from the bunker. [Chislennoe modelirovaniye istecheniya sypuchego materiala iz bunkera]. // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. – News of higher educational institutions*. Mashinostroeniye. 2008. №6. P. 50-56.
12. Eliseev M. S., Eliseev I. I., Rybalkin D. A. Theoretical substantiation of the operating parameters of the device for oriented feeding of the crushed material to the working units of the hammer grinder. [Teoreticheskoe obosnovaniye parametrov raboty ustroystva dlya orientirovannoy podachi izmelchaemogo materiala k rabochim organam molotkovogo izmelchitelya]. // *Agrarnyy nauchnyy zhurnal. – Agrarian scientific journal*. 2017. № 3. P. 53–55.
13. Baranov N. F., Farafonov V. G., Lopatin L. A. Study of the interaction of particles with the working units of a hammer crusher. [Issledovanie vzaimodeystviya chastits s rabochimi organami molotkovoy drobilki]. // *Permskiy agrarnyy vestnik. – Perm agrarian herald*. 2018. № 3 (23). P. 4–11.
14. Burlutskiy E.M., Pavlidis V.D., Chkalova M.V. Mathematical methods for determining the mass composition of the air-product layer in the zones of the working chamber of a hammer crusher. [Matematicheskie metody opredeleniya massovogo sostava vozdušno-produktovogo sloya v zonakh rabochey kamery molotkovoy drobilki]. // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Orenburg State Agrarian University*. 2011. № 1 (29). P. 61-64.
15. Gvozdev A., Yalpachik E. Power-hungryness of process of growing of grain shallow in crusher with vertical rotor // *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2012. Vol. 12. № 4. P. 34–39.
16. Pat. RUS 2658704 *Drobilka zerna s uvelichennoy separiruyushey poverkhnostyu*. [Grain crusher with an ...] № 2017114460; applied 25.04.2017; published 22.06.2018, bulletin № 18. – P. 5.

Authors:

Ziganshin Bulat Gusmanovich - Doctor of Technical sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, first vice-rector; e-mail: zigan66@mail.ru
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia
 Bulatov Sergey Yurievich - Doctor of Technical sciences, associate professor of Technical service Department; e-mail: bulatov_sergey_urevich@mail.ru
 Mironov Konstantin Evgenievich – Ph.D. of Technical sciences, associate professor of Technical and Biological Systems Department; e-mail: mironow@mail.ru
 Rukavishnikova Valentina Nikolaevna - senior lecturer of Labor Protection and Life Safety Department; e-mail: rukavishnikova_valentina@mail.ru
 Shkilev Nikolay Pavlovich - Doctor of Agricultural Sciences, research fellow; e-mail: ngiei-126@mail.ru
 Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University, Knyaginino, Russia