



account the regularity of changes in their technical condition nor ensures an effective maintenance of vehicles in a state of readiness for proper use. The alternative of the life-length repair strategy is that of the technical condition repair the core of which is that in accordance with pre-repair diagnosis results for each components work stations are specified the specialization of which conforms with a set of technological operations required to restore its serviceability. The necessity of repairing motor vehicle components arises when even though one diagnostic parameter falls outside the tolerable values. In this event, may be made one of rational decisions on the place, time, scope and contents of work, to be made on the results of technical diagnosis, instrumental flaw detection, with regard to the reliability of components, extent of using their operating time, expenses on transporting repair objects, establishment and maintenance of circulating funds for assembly parts. Processes centralized repair on-condition units of automotive technology are, in ensuring that designated repair actions of their needs with little increase in complexity razborochno-assembly work required for access to replaceable parts. Proposed by the author are the model and techniques of substantiating the technological processes of repair according to the technical condition of motor vehicle components ensuring the reduction of labour intensity and repair expenses. The proposed work processes of repair by the technical condition of automotive equipment transmission assemblies are used for the development of repair documentation in the engineering and technology centre and improvement of production processes at auto repair bases.

**Key words:** Fuzzy sets, directed graph processes, on-condition repa.

#### Literatura

1 Gunba, V.S. *Teoreticheskie osnovi vibora reshenia pri nechetkoy ischodnoi informazii [Tekst] : sb. nauchn. tr. / V.S. Gunba, S.S. Kutovoy; RVVDKU. Ryazan, 2014. – Vip. – s.*

2 Kristofides, N. *Teoria grafov [Tekst] / N. Kristofides; perevod s angl. E. V. Verhakov, I. V. Konovalcev. – M. : Mir, 1978. – 432 s.*

3 Malishev, N. G. *Nechetkie modeli dlia ekspertnix sistem s SAPR. [Tekst] / N. G. Malishev, L. S. Bershtein, A. V. Bagenjk. M. : Energoatomizdat, 1991. – 136 s.*



УДК 621.43

### РАСЧЕТ СЕТЧАТОГО ИСКРОГАСИТЕЛЯ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

**КАПЦЕВИЧ Вячеслав Михайлович**, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Технология металлов», тел. +375-17-267-12-54

**ЛИСАЙ Николай Константинович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Основы научных исследований и проектирования», тел. +375-17-263-51-18

**ЧУГАЕВ Павел Сергеевич**, ст. преп. кафедры «Технология металлов», тел. +375-17-267-12-54

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

**БУЛЫГА Дмитрий Михайлович**, зав. кафедрой «Ликвидация чрезвычайных ситуаций», Институт переподготовки и повышения квалификации МЧС, г. Борисов, Республика Беларусь, тел. +375-177-7-27-74

**КОРНЕЕВА Валерия Константиновна**, ст. преп. кафедры «Технология металлов», тел. +375-17-267-12-54

**ЗАКРЕВСКИЙ Игорь Владимирович**, ст. преп. кафедры «Технология металлов», тел. +375-17-267-12-54

Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

В статье проводится анализ пожаров с установлением причин их возникновения. Обосновывается одна из причин возникновения пожаров при эксплуатации сельскохозяйственной техники – искры, выбрасываемые с выхлопными газами двигателей внутреннего сгорания. Приводится подробное описание искрогасящих устройств на объектах и технике, занятой в уборке, переработке и хранении урожая. На основании модели объемно-сетчатого фильтрующего материала проведены расчеты сетчатых искрогасителей, состоящих из одного или нескольких пакетов сеток, устанавливаемых на выходе выхлопной системы различных типов двигателей внутреннего сгорания. Расчеты позволили обосновать выбор площади пакетов сеток универсального искрогасителя.

**Ключевые слова:** модель объемно-сетчатого фильтрующего материала, расчет, сетчатые искрогасители, выхлопные системы, двигатель внутреннего сгорания.

### Введение

Анализ пожаров, возникающих в процессе эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники, показывает [1], что одной из причин их образования являются искры, выбрасываемые с выхлопными газами двигателей внутреннего сгорания.

Причиной образования искр является нагар, оседающий на внутренних стенках выпускной системы двигателей при сгорании топлива и моторных масел. Вибрация двигателя и машины в целом приводит к периодическому отрыву кусочков нагара и выбросу их с потоком выхлопных газов в атмосферу в виде горящих частиц – искр.

### Основная часть

Анализ пожаров в Республике Беларусь за 2002-2012 гг. (по данным МЧС) показал, что на объектах и технике, занятой в уборке, переработке и хранении урожая, произошло 380 пожаров. Источниками их возникновения явились тракторы (51,3 %) и комбайны (16,8 %). Кроме того, пожары и возгорания произошли на зерносушильных комплексах (16,3 %) и зерноскладах (7,1 %). Количественное соотношение пожаров, произошедших на различных объектах и мобильной сельскохозяйственной технике, представлено на рисунке 1. Последствиями данных пожаров явились потери 104 единиц техники, а также 415 т зерна и грубых кормов.

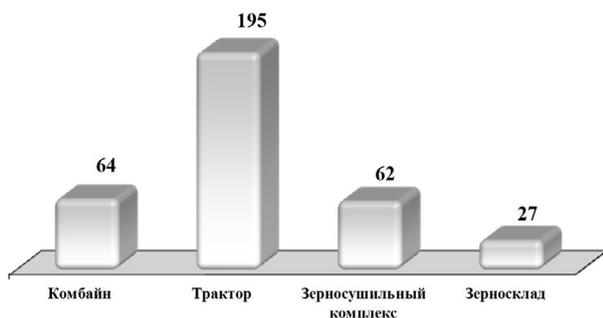


Рис. 1 – Количество пожаров на различных объектах и мобильной сельскохозяйственной технике (2002-2012 гг.)



Основными причинами возникновения пожаров от искр двигателей внутреннего сгорания явились нарушение технологического регламента (4 пожара) и механическое разрушение узлов и деталей (12 пожаров).

В качестве примера пожара, произошедшего в результате вылета искры из глушителя трактора МТЗ-82, можно привести случай возгорания сена в рулонных тюках, находящегося в тракторном прицепе ПТС-9 (Малоритский район Брестской области) [2]. В результате пожара огнем было повреждено 1,5 т сена. Последствия пожара показаны на рисунке 2.

Согласно нормативно-правовым актам, действующим в Республике Беларусь [3], на системах выпуска отработанных газов двигателей самоходных шасси, косилок, тракторов, автомобилей, комбайнов должны быть установлены искрогасители. Их отсутствие или неисправность приводят к серьезным и чрезвычайным последствиям, связанным с пожарами на полях во время уборки зерновых культур, заготовке грубых кормов, т. к. солома и ворох представляют собой легковоспламеняющуюся массу.

Искрогасители, устанавливаемые на выхлопные системы и обеспечивающие улавливание и тушение искр и продуктов сгорания, образующихся при работе двигателя, подразделяют на динамические и фильтрационные. В свою очередь фильтрационные, в которых выхлопные газы очищаются при прохождении через пористые перегородки, по типу пламегасящего элемента подразделяются на сетчатые искрогасители и искрогасители, состоящие из гранулированного материала

Среди вышеперечисленных сетчатые искрогасители обладают рядом преимуществ: низким гидродинамическим сопротивлением, несложной конструкцией и простотой обслуживания.

Установим взаимосвязь между структурными и гидродинамическими характеристиками сетчатого материала и перепадом давления для двигателей внутреннего сгорания различной мощности.



Рис. 2 – Последствия пожара в д. Мокраны Малоритского района Брестской области



При построении модели будем учитывать, что основными структурными параметрами сетчатого материала являются диаметр проволоки  $d$  и шаг плетения  $l$ , а сам материал представляет собой сетчатый пакет, состоящий из нескольких сеток, уложенных стопкой одна на другую. Гидродинамические характеристики будут характеризовать перепад давления на сетчатом пакете, который, в свою очередь, непосредственно связан с площадью сетчатого пакета и количеством выхлопных газов, проходящих через выпускную систему. В рассматриваемом случае площадь сетчатого пакета является конструкционным параметром искрогасителя, а расход выхлопных газов  $Q$  определяется объемом цилиндров двигателя  $V_{ц}$  и частотой вращения коленчатого вала  $n$ . Для четырехтактного двигателя взаимосвязь между  $Q$ ,  $V_{ц}$  и  $n$  определяется соотношением [4]

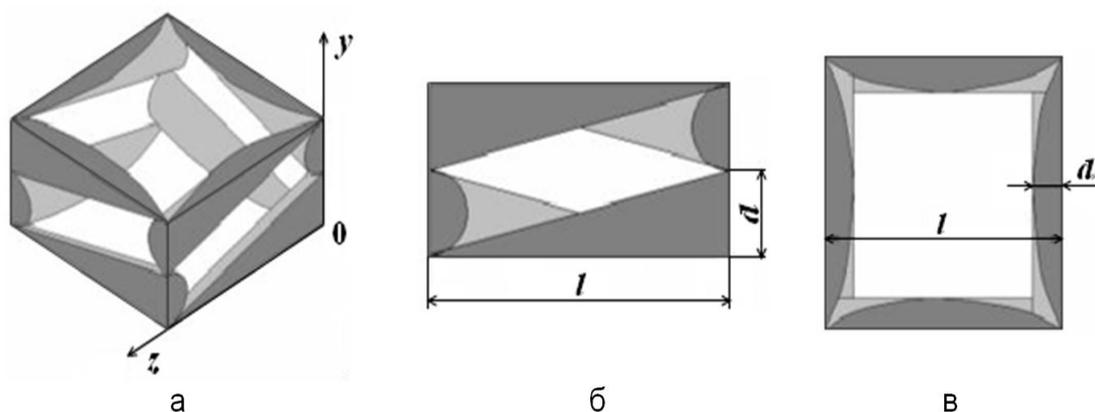
$$Q = \frac{V_{ц} n}{2}. \quad (1)$$

Мощность дизельных двигателей, объем цилиндров, частота вращения коленчатого вала, а также марки сельскохозяйственной техники, на которой устанавливаются двигатели, приведены в таблице 1.

При расчете структурных и гидродинамических свойств сетчатого пакета воспользуемся результатами работы [5]. В ней для расчета свойств объемно-сетчатого материала, которым является сетчатый пакет, использовался подход, основанный на построении элементарной ячейки, выделяемой из регулярной упаковки структурных элементов пористого тела. Модель такой элементарной ячейки в виде прямоугольного параллелепипеда для объемно-сетчатого материала, выделенного из сетчатого пакета, представлена на рисунке 3. Размеры характеризуются диаметром проволоки  $d$  и шагом плетения проволоки в сетке  $l$ .

Таблица 1 – Характеристики дизельных двигателей

Марка двигателя	Мощность, кВт	$V_{ц}$ , см <sup>3</sup>	$n$ , об/мин	Марки сельскохозяйственной техники
СМД 62/64	121,3	9150	2100	Т-150, Т-156, Т-150К, ДТ-75, КСК-4-1, КС-6, СКПР-6
Д 260	200	7100	2200	МТЗ-1221, МТЗ-1522
Д 240	55,1	4740	2200	МТЗ-80, МТЗ-82, МТЗ-82.1



а – общий вид; б – вид сбоку; в – вид сверху

Рис. 3 – Модель элементарной ячейки объемно-сетчатого фильтрующего материала:

Для такой модели были рассчитаны структурные свойства: зависимость пористости  $\Pi$  и размера пор  $d_n$ , а также гидродинамические свойства – вязкостный коэффициент проницаемости  $k_{\mu}$  от значений  $d$  и  $l$ :

$$\Pi = 1 - \frac{\pi d}{4l}; \quad (2)$$

$$d_n = l - d; \quad (3)$$

$$k_{\mu} = \frac{ld^3}{54(l-d)^2}. \quad (4)$$

Рассмотрим течение газового потока через сетчатый пакет, состоящий из  $a$  слоев сетки. Для этого воспользуемся законом Дарси [6]:



$$Q = \frac{k_{\mu} \Delta P}{\mu H} S, \tag{5}$$

где  $Q$  – расход газа, м<sup>3</sup>/с;  $k_{\mu}$  – коэффициент проницаемости, м<sup>2</sup>;  $\Delta P$  – перепад давления на сетчатом пакете, Па;  $\mu$  – кинематическая вязкость, м<sup>2</sup>/с;  $H$  – толщина сетчатого пакета, м;  $S$  – площадь поверхности сетчатого пакета, м<sup>2</sup>.

Из выражения (5) определим значение перепада давления  $\Delta P$  на сетчатом пакете.

$$\Delta P = \frac{\mu Q H}{k_{\mu} S}. \tag{6}$$

Используя выражения (1), (4) и учитывая, что толщина сетчатого пакета, состоящего из  $a$  слоев

сетки, равна  $H = ad$ , выразим значение  $\Delta P$  следующим образом:

$$\Delta P = \frac{27(l-d)^2 a \mu n V_{ц}}{l d^2 S}. \tag{7}$$

Уравнение (7) позволяет устанавливать взаимосвязь между перепадом давления  $\Delta P$  и площадью сетчатого пакета  $S$  искрогасителя в зависимости от диаметра проволоки  $d$  и шага плетения  $l$

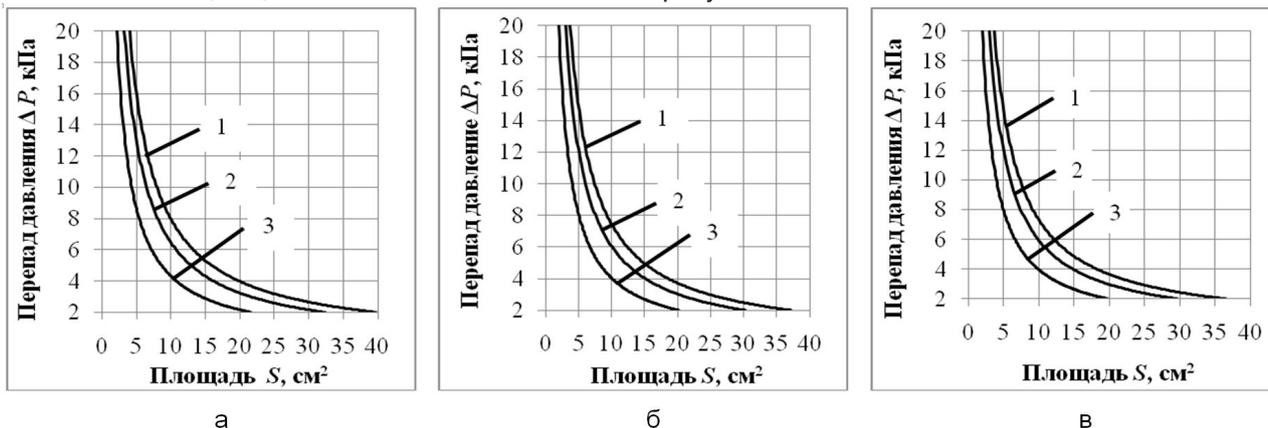
сетчатого материала, а также характеристик двигателя, а именно, объема цилиндров двигателя  $V_{ц}$  и частоты вращения коленчатого вала  $n$ .

Используя полученное выражение (7), установим взаимосвязь перепада давлений  $\Delta P$  от площади сетчатых пакетов  $S$  для различных типов двигателей (таблица 1) и возможных вариантов искрогасителей. Рассмотрим три варианта искрогасителей, каждый из которых представляет собой пакет из трех сеток одного диаметра  $d$  и с одним шагом плетения  $l$ . Структурные параметры пакета сеток искрогасителей трех вариантов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Структурные параметры пакета сеток искрогасителя

Варианты искрогасителей	$d$ , мкм	$l$ , мкм
Вариант 1	300	1100
Вариант 2	350	1350
Вариант 3	400	1650

Результаты расчетов, выполненных для различных вариантов искрогасителей (таблица 2) и типов двигателей (таблица 1) представлены на рисунке 4.



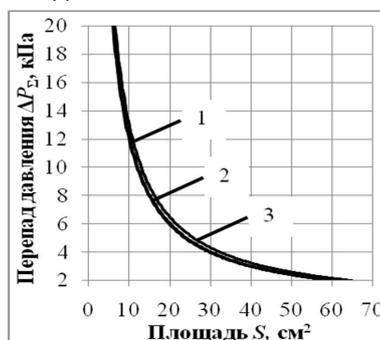
а – вариант 1 ( $d = 300$  мкм,  $l = 1100$  мкм);  
 б – вариант 2 ( $d = 350$  мкм,  $l = 1350$  мкм); в – вариант 3 ( $d = 400$  мкм,  $l = 1650$  мкм);  
 1 – двигатель СМД 62/64; 2 – двигатель Д 260; 3 – двигатель Д 240

Рис. 4 – Зависимость перепада давления  $\Delta P$  на сетчатых искрогасителях от их площади  $S$  для различных типов двигателей

Рассмотрим случай, когда искрогаситель выполнен из трех рассмотренных выше пакетов сеток, последовательно расположенных один за другим в его корпусе. В этом случае общий перепад давления на искрогасителе  $\Delta P_{\Sigma}$  будет равен сумме перепадов на каждом из пакетов:

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 \tag{8}$$

где  $\Delta P_1, \Delta P_2, \Delta P_3$  — перепады давлений на первом, втором и третьем пакетах, соответственно. Рассчитаем для этого случая зависимость изменения перепада давления  $\Delta P_{\Sigma}$  от площади сеток пакетов и их структурных параметров ( $d$  и  $l$ ). На рисунке 5 приведены результаты этих расчетов.



1 – двигатель СМД 62/64; 2 – двигатель Д 260;  
 3 – двигатель Д 240

Рис. 5 – Зависимость перепада давления  $\Delta P_{\Sigma}$  на сетчатом искрогасителе, выполненном из трех пакетов сеток, от его площади  $S$  для различных типов двигателей



Анализ графических зависимостей (рисунки 4,5) показывает, что в случае использования искрогасителя, выполненного из трех пакетов сеток (рисунок 4), перепад давления практически не зависит от типа двигателя, в отличие от искрогасителей из одного пакета сеток (рисунок 5). Это позволяет прийти к заключению, что искрогаситель, выполненный из трех пакетов сеток, является универсальным и может быть использован на различных двигателях сельскохозяйственной техники.

Известно [7], что оптимальный перепад давления  $\Delta P$  на системах глушения выхлопных газов в зависимости от режимов работы двигателя изменяется в диапазоне от 15 до 60 кПа. При проектировании искрогасителя следует учитывать, что его установка приведет к увеличению этого перепада давления. Будем считать, что допустимый перепад давления  $\Delta P$  на искрогасителе не должен превышать 6-10 кПа. Кроме того, при обосновании площади пакетов следует учитывать, что в процессе работы имеется вероятность частичной блокировки пор сетки сажистыми загрязнениями. В этой связи считаем необходимым дополнительно увеличить площадь пакетов в 4-6 раз. Тогда для обеспечения данного перепада давления (6-10 кПа) на искрогасителе необходимо выбрать площадь пакетов сеток, равную 72-80 см<sup>2</sup>.

#### Заключение

В работе проведен анализ пожаров, установлены причины их возникновения и установлено, что одной из причин являются искры, образующиеся из выхлопных систем двигателей внутреннего сгорания. Поэтому использование искрогасящих устройств на объектах и технике, занятой в уборке, переработке и хранении урожая является актуальным и необходимым.

Проведены расчеты сетчатых искрогасителей, состоящих из одного и нескольких пакетов сеток, устанавливаемых на выходе выхлопной системы

различных типов двигателей внутреннего сгорания. Показано, что для сетчатого искрогасителя, состоящего из трех пакетов сеток, перепад давления на нем практически не зависит от типа двигателя, что позволило прийти к заключению, что такой искрогаситель является универсальным и может быть использован на различных двигателях сельскохозяйственной техники. Обоснован выбор площади пакетов сеток универсального искрогасителя (72 –80 см<sup>2</sup>), обеспечивающей допустимый перепад давления 6-10 кПа.

#### Список литературы

1. Таубкин, С. И. Пожар и взрыв, особенности их экспертизы [Текст] / С.И. Таубкин. – М. : ВНИИПО, 1999. – 600 с.
2. Виртуальный Брест [Электронный ресурс] / авт. проекта А. Кухарчик, Ю. Кухарчик. – Брест, 2001. – Режим доступа : [virtual.brest.by](http://virtual.brest.by)
3. Правила пожарной безопасности Республики Беларусь для объектов сельскохозяйственного производства [Текст] : ППБ 2.36-2008 : [введ. 01.02.09]. – Минск, 2009. – 78 с.
4. ГОСТ 17.2.2.01-84. Охрана природы. Атмосфера. Дизели автомобильные. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерений [Текст]. – Введ. 01.07.85. – М. : Стандартинформ, 2006. – 11 с.
5. Новые фильтрующие материалы и перспективы их применения [Текст] : монография / В. М. Капцевич [и др.] ; рец. Л. П. Пилиневич, В. И. Байков. – Минск : БГАТУ, 2008. - 231 с. : ил.
6. Витязь, П. А. Фильтрующие материалы: свойства, области применения, технология изготовления [Текст] / П. А. Витязь, В. М. Капцевич, Р. А. Кусин. – Минск : НИИ ПМ с ОП, 1999. – 304 с.
7. Выхлопная система, глушители [Электронный ресурс] / авт. проекта Platform. – 2013. – Режим доступа : <http://dragonsraceclub.forum2x2.ru/t91-topic>. – 21.01.2014.

#### CALCULATING NET FLAME ARRESTER FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

**Kaptsevich Vyacheslav M.**, doctor of technical sciences, professor, Chair of Faculty "Metals Technology"

**Lisay Nikolai K.**, candidate of technical sciences, Associate Professor, Faculty "Research and Projects Fundamentals"

**Chugaev Pavel S.**, lecturer, Senior Teacher, Faculty "Metals Technology"

Belorussian State Agrarian Technical University, Minsk, the Republic of Belarus

**Bulyga Dmitriy M.**, Chair of Faculty "Emergency Recovery", MChS Institute of Additional and Advanced Training, Borisov, the Republic of Belarus

**Korneeva Valeriya K.**, Senior Teachers, Faculty "Metals Technology"

**Zakrevskiy Igor V.**, Senior Teachers, Faculty "Metals Technology"

Belorussian State Agrarian Technical University, Minsk, the Republic of Belarus

*In this paper, an analysis of fires, with the establishment of the cause. It is proved that one of the causes of fires in the operation of agricultural machinery are sparks generated from exhaust systems. A detailed description of spark arresters on objects and Technology, engaged in harvesting, processing and storage of the crop. Based on the model space-mesh filter material were calculated mesh spark arresters consisting of single and multiple packet networks and installed at the outlet of the exhaust system of different types of internal combustion engines, which allowed the area to justify the choice of packages nets universal spark arrester.*

**Key words:** model of the volume-mesh filter material, calculation, mesh spark arrestors, exhaust systems, internal combustion engine



### Literatura

1. Taubkin S.I. Pozhar i vzryv, osobennosti ikh ekspertizy / S.I. Taubkin.- M.: VNIPO, 1999.-600s.
2. Virtualnyy Brest [Elektronnyy resurs] / avt. proekta A. Kuharchik, U. Kuharchik.- Brest, 2001.
3. Pravila pozharnoy bezopasnosti Respubliki Belarus dla obektov selskokhozaystvennogo proizvodstva: PPB 2.36-2008. - Ved. 01.02.09.- Minsk , 2009.- 78s.
4. Okhrana prirody. Atmosfera. Dizeli avtomobilnye. Dymnost otrabotavshikh gazov. Normy i metody izmereniy :gOST 17.2.2.01.-84.- Vved. 01.07.85.-M.: Standartinform, 2006.-11s.
5. Kaptsevich, V.M. Novye filtruyushchiye materialy I perspektivy ikh primeneniya / V.M. Kaptsevich i [dr]. - Minsk BGATU, 2008.-232 s .
6. Vityaz, P.A. Filtruyushchie materialy: svoystva, oblasti primeneniya, tekhnologiya izgotovleniya/ P.A. Vityaz, V.M. Kaptsevich, R.A. Kusin .- Minsk: NII Pm s OP, 1999.-304.
7. Vykhlonnaya sistema, glushiteli [Elektronnyy resurs] / avt. proekta Platform.- 2013.- Rezhim dostupa : : [http:// dragonsraceclub.forum2x2.ru/t91-topic](http://dragonsraceclub.forum2x2.ru/t91-topic).- Data dostupa: 21.01.2014.



УДК 636.084.74

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ШНЕКОВЫХ МИКСЕРОВ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВЫХ СМЕСЕЙ

**КАШИРИН Дмитрий Евгеньевич**, д-р техн. наук, доцент кафедры электроснабжения, [kadm76@mail.ru](mailto:kadm76@mail.ru)

**ПОЛЯКОВА Анастасия Анатольевна** ассистент кафедры электротехники, электрооборудования и автоматики, [nastasia\\_19882010@.ru](mailto:nastasia_19882010@.ru)

**МИЛЮТИН Максим Андреевич**, магистрант кафедры электроснабжения, [mmilyutin@yandex.ru](mailto:mmilyutin@yandex.ru)  
Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

Животноводство является важной отраслью сельского хозяйства, от развития которой в значительной мере зависит безопасность нашей страны и эффективное развитие других отраслей сельского хозяйства. Получение больших объемов животноводческой продукции и снижение себестоимости возможно только посредством укрепления кормовой базы и использования комбинированных кормов. Комбинированные корма являются одними из самых дорогих видов корма, питательность их варьируется от 0,9 до 1,4 к.ед.\*кг. В настоящее время к качеству комбинированных кормов предъявляются высокие требования. Доказано, что эффективное использование их возможно при высокой степени их однородности. Традиционно для приготовления кормовых смесей в условиях хозяйства используют по большей части шнековые смесители, которые имеют ряд технологических преимуществ: высокую степень однородности, а также высокую технологическую надёжность. При использовании в реальном производстве шнековых миксеров часто изменяются показатели однородности смеси при изменении состава сгружаемых компонентов, а также с изменением конструктивно-технологических параметров шнековых миксеров. В связи с вышесказанным нами решено было провести многофакторный эксперимент, целью которого является оптимизация процесса смешивания и получение соответствующих технологических показателей шнековых миксеров. В процессе эксперимента варьировали следующие факторы: состав смеси и технологические параметры миксера: частоту вращения и диаметр шнека. В качестве критерия оптимизации выступил показатель неоднородности смеси. В результате статистической обработки экспериментальных данных получен ряд зависимостей, представленных графически в статье. Анализ полученных зависимостей позволяет установить рациональное соотношение значения факторов, позволяющих оптимизировать процесс смешивания.

**Ключевые слова:** вертикальный миксер, «мертвые зоны», шнек, кинематические и технологические параметры.

#### Введение

Исследование вертикальных миксеров для приготовления кормовых смесей для сельскохозяйственных животных является достаточно актуальной задачей в условиях ориентации производителей на индивидуальное кормление сель-

скохозяйственных животных. Это объясняется компактностью устройства, высокой скоростью обслуживания, возможностью приготовления индивидуальных рационов [1].

#### Экспериментальная часть

Проведение полнофакторного эксперимента