

УДК 636.084.4

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

**ШЕЛУШИЛЬНО-ДРОБИЛЬНАЯ МАШИНА  
ДЛЯ КОРМОВОГО ЗЕРНА**

Пасечников Иван Иванович  
аспирант кафедры «Технологии и средства механизации АПК»  
*Азово-Черноморский инженерный институт – филиала ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зерноград, Россия*

Высочкина Любовь Игоревна  
к.т.н., доцент  
email: [lubasha\\_vis\\_67@list.ru](mailto:lubasha_vis_67@list.ru)  
*ФГБОУ ВО СтГАУ, Ставрополь, Россия*

В кормлении животных, особенно молодняка свиней и птицы, в настоящее время наибольшие проблемы возникли в получении крупы из зерна с прочной оболочкой, ости игольчатой формы и острые частицы которой при кормлении молодняка являются источником повреждения желудочно-кишечного тракта, снижения их роста и развития, а нередко и их гибели. Это относится в первую очередь к крупам из ячменя, овса, кукурузы и семян белого люпина, которые имеют семенные оболочки, прочно сросшиеся с ядром. Среди технологических операций приготовления крупы из зерна таких культур, используемой в рационах питания молодняка сельскохозяйственных животных и птицы наиболее важной представляется удаление оболочек от ядра, плохо усвояемых ими. Известные технологии измельчения зерна с получением крупы не обеспечивают удаление шелухи и усугубляют указанные недостатки в кормлении поросят, телят и цыплят. Устранение этих недостатков предложено совершенствованием процесса работы шелушильно-дробильной машины, дробильная камера которой установлена наклонно под углом к горизонту и к ней по оси ротора примыкает коническая камера шелушителя зерна перед его дроблением. Дано описание конструкции и процесса работы такой машины. Показана необходимость регулировки конусного зазора в сопряжениях деталей шелушителя в зависимости от размеров измельчаемого зерна, а также соединения дробильной камеры в зоне ввода в неё зерна после шелушения и зашёрстного пространства в нижней части её с системой аспирации частиц разрушенной шелухи со скоростями больше скорости их витания

Ключевые слова: ОБОЛОЧКА ЗЕРНА, ДРОБЛЕНИЕ, ШЕЛУШЕНИЕ, ДРОБИЛЬНАЯ МАШИНА, АСПИРАЦИЯ

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-172-012>

UDC 636.084.4

05.20.01 - Technologies and means of mechanization of agriculture (technical sciences)

**PEELING AND CRUSHING MACHINE FOR  
FEED GRAIN**

Pasechnikov Ivan Ivanovich  
graduate student of the Technologies and Means of Mechanization department  
*Agro-Industrial Complex" of the Azov-Black Sea Engineering Institute - a branch of the FSBEI HE Don Don State Autonomous University, Zernograd, Russia*

Vysochkina Lyubov Igorevna  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
*FSUE Stavropol GAU, Stavropol, Russia*

In feeding animals, especially young pigs and poultry, currently, the greatest problems have arisen in obtaining cereals from grain with a strong shell, needle-shaped awns and sharp particles of which, when feeding young animals, are a source of damage to the gastrointestinal tract, reducing their growth and development, and often their death. This applies primarily to cereals made from barley, oats, corn and white lupine seeds, which have seed shells that are firmly fused with the kernel. Among the technological operations of preparing cereals from grain of such cultures, used in the diets of young farm animals and poultry, the most important is the removal of the shells from the kernel, which are poorly absorbed by them. The known technologies of grain grinding with the production of cereals do not ensure the removal of the husk and exacerbate these shortcomings in the feeding of piglets, calves and chickens. The elimination of these shortcomings is proposed by improving the process of operation of the peeling and crushing machine, the crushing chamber of which is installed obliquely at an angle to the horizon and the conical chamber of the grain husker is adjacent to it along the axis of the rotor before crushing it. The article gives a description of the design and operation of such a machine. The necessity of adjusting cone gap mating parts of the de-hulling machine, depending on the size of the crushed grain and the connections of the crushing chamber in the area of putting her in the grain after peeling and out-of-cage space in the lower part of her aspiration system of particles ruined husk at speeds greater than the their soaring speed

Keywords: GRAIN SHELL, CRUSHING, PEELING, CRUSHING MACHINE, ASPIRATION

**Введение.** Увеличение производства зерновых культур в последние годы дало возможность использования значительной части зерна для кормления животных.

В кормовых целях используются семена различных сельскохозяйственных культур, наибольшее распространение среди них получили пшеница, рожь, ячмень, овёс, кукуруза, просо, горох [3, 4, 8]. Реже используют бобовые, нут, белый люпин и семена других культур [7]. Зерна ячменя, овса, ржи, гороха, люпина, кукурузы имеют прочные оболочки, нередко сросшиеся с основной частью семени [1, 4].

В технологии обработки такого зерна перед скармливанием основной операцией является удаление оболочек от ядра, которые плохо усваиваются поросятами, телятами, молодняком других животных и птиц [2, 7, 10]. Это объясняется тем, что концорма, имея высокое содержание клетчатки, непригодны для использования в рационах кормления молодых животных и сельскохозяйственной птицы без проведения операций по специальной их обработки. Поэтому в кормовой смеси для таких животных не должно быть частиц оболочки, особенно ячменя и овса, после дробления которых в крупе содержатся игольчатые ости и острые частицы плёнок. Вонзаясь в ткани пищевода животных после кормления, такие частицы являются источником тяжелых заболеваний и часто приводят к их гибели [10]. Значительный вред причиняют частицы оболочек и ости кормового зерна и для птиц, вызывая ранения их пищевода.

**Методы исследований.** Поэтому в работе при разработке схемы процессов предварительной механической обработки кормового зерна с шелушением его оболочки и усовершенствованной машины, совмещающей операции шелушения и измельчения зерна в крупу, использованы известные методы патентных исследований, положения конструкторских разработок, теоретической механики, газовой динамики и определения показателей переваримости корма.. Эксперименты проведены на серийных и

опытных образцах дробилок с использованием стандартных и типовых методик определения качества дробления зерна, производительности и мощности привода их.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Прочность связи оболочек зерна с ядром представляет основной фактор в выборе способа шелушения его. В наибольшей мере распространено шелушение зерна воздействием на него сил сжатия и сдвига, многократного или однократного удара, а также интенсивным истиранием шелухи шероховатой поверхностью рабочих органов специальных машин [4, 8].

Серийные шелушильные постова, вальцевые станки и специальные шелушильные машины, оборудованные обрешиненными вальцами, имеют рабочие органы, обеспечивающие сжатие и сдвиг для разрушения и последующего отделения частиц оболочек. На рисунке 1 представлены схемы основных способов разрушения оболочек кормового зерна, в основу которых положено относительное движение поверхностей рабочих органов.

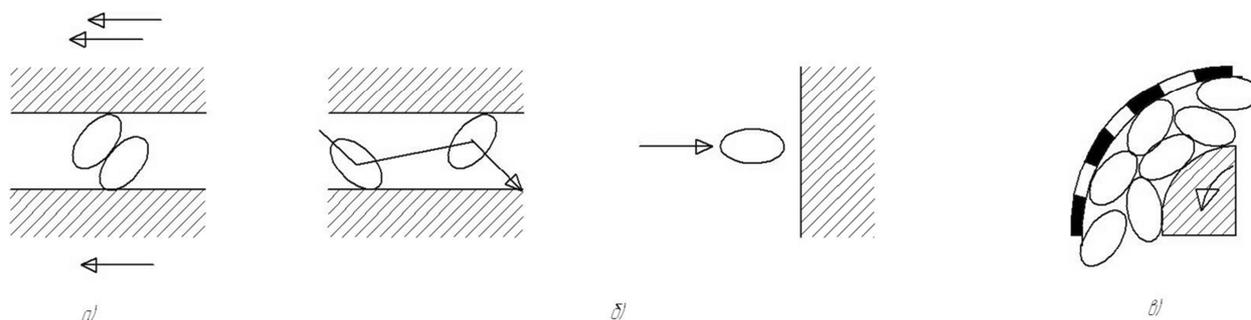


Рисунок 1 – Схемы способов шелушения зерна:

*а) сжатием и сдвигом; б) многократным и однократным ударом; в) интенсивным истиранием*

Обоечные машины и шелушители центробежного типа оборудованы рабочими органами, обеспечивающими шелушение зерна за счет ударного воздействия его о твердую поверхность. При этом за счёт однократного удара можно отделять оболочку у тех зёрен, пленки которых не срослись с ядром. Так однократным ударом в центробежных шелушителях достаточ-

но эффективно подвергается шелушению овес, несколько хуже (из-за наличия мелких фракций) в них обрушиваются зёрна гороха, сои, ячменя и кукурузы.

Для всех способов шелушения зерна обязательным является необходимость максимального отделения оболочек в течение одного прохода и минимального образования мелких и пылеобразных частиц шелухи.

Известные устройства для измельчения зерна в кормовую крупу [4, 7] в качестве рабочего органа содержат расположенный в корпусе ротор с молотками. К их недостаткам относятся переизмельчение продукта, снижение выхода деловой крупы и высокое содержание в ней частиц измельчённой оболочки зерна.

Эффективность шелушения кормового зерна может увеличена за счет повышения интенсивности истирания в совокупности с ударным воздействием на него. В этом отношении определённый практический интерес представляет дробление зерна в крупу с одновременным удалением частиц оболочки, предложенный нами в конструкции шелушильно-дробильной машины (рисунок 2).

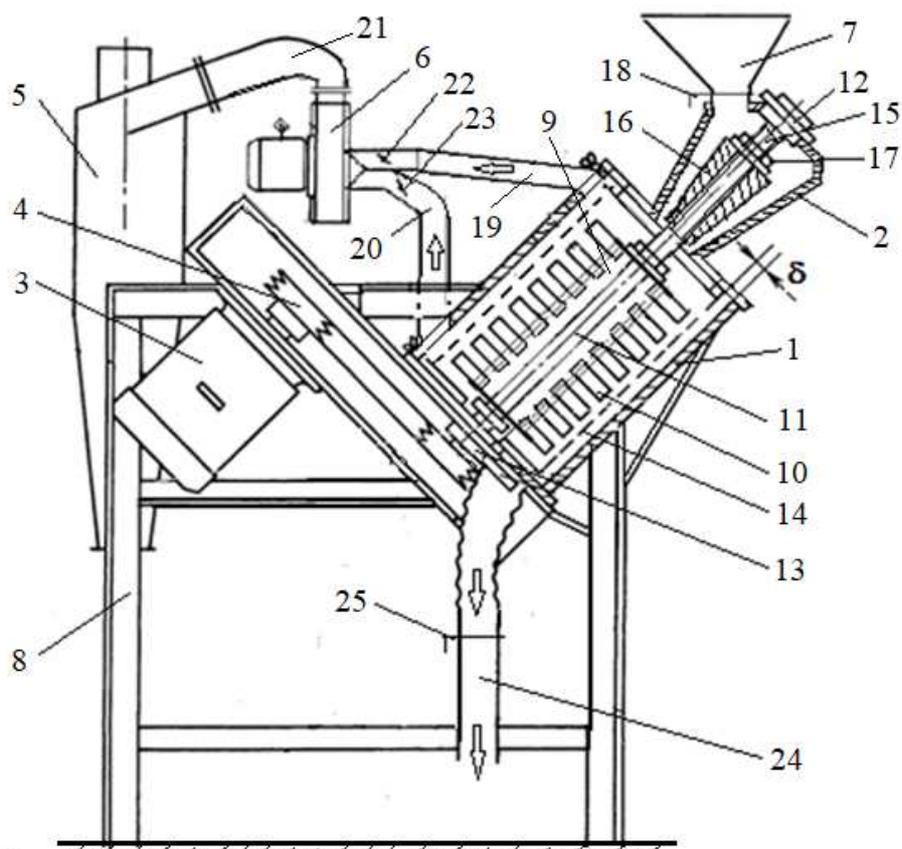


Рисунок 2 – Схема шелушильно-дробильной машины

Целью разработок – предварительное разрушение оболочки зерна, удаление её частиц из машины перед последующим дроблением его для получения кормовой крупы и сокращение затрат энергии.

Дробильно-шелушильная машина содержит наклонную дробильную камеру 1, сочленённую в верхней части с камерой шелушения 2 зерна, а в нижней с механизмом привода их, состоящего из электродвигателя 3 и передачи 4, циклон 5, вентилятор 6 и бункер 7, закреплённые на общей раме 8. В дробильной камере 1 установлен ротор 9 с молотками 10 и валом 11, установленным в подшипниках 12 и 13. Вокруг ротора 9 расположено цилиндрическое решето 14 с зазором  $\delta$  между внутренней полостью дробильной камеры 1 и решетом 14.

Нижняя часть камеры шелушения 2 выполнена конической. В ней на резьбовую часть 15 вала 11 ротора навёрнут конический ролик 16, фиксируемый контргайкой 17. Конусность ролика меньше, чем конической части

камеры шелушения 2, из-за чего зазор между ними постепенно уменьшается к выходу в дробильную камеру 1.

Сверху на камере шелушения 2 установлен бункер 7 с заслонкой 18 регулировки подачи зерна в дробильно-шелушительную машину.

Вентилятор 6 оборудован двумя всасывающими патрубками 19 и 20 и нагнетательным 21. Всасывающий патрубок 19 соединён с верхней частью дробильной камеры 1, а патрубок 20 – с нижней её частью. Патрубком 21 вентилятор соединён с циклоном 5. На всасывающих патрубках 19 и 20 установлены регулировочные заслонки 22 и 23.

Для вывода получаемой в дробильной камере 1 крупы, поступающей в зарешётное пространство с зазором  $\delta$ , дробильно-шелушительная машина оборудована выпускным патрубком 27 с установленной в ней заслонкой 25.

Внутренняя коническая поверхность камеры шелушения 2 и наружная конического ролика 16 могут выполняться рифлёными, причём направление рифлей может быть противоположным, а на поверхности ролика с возможностью захвата зерна (например, как в шнеке).

При работе дробильно-шелушительной машины зерно из бункера 7 при открытой заслонке 18 самотёком поступает в полость камеры шелушения 2. Здесь оно поступает в кольцевой зазор между камерой шелушения и коническим роликом и при вращении конического ролика защемляется в зазоре, продвигаясь постепенно в этом зазоре. Под действием деформации сжатия оболочки зёрен разрушаются, а ядра их могут раскалываться на крупные частицы. Наличие рифлей на ролике и на внутренней конусной части шелушительной камеры 2 усиливает процесс разрушения оболочек зерна перед поступлением в дробильную камеру 1.

Поступающая в дробильную камеру 1 масса очищенного ядра и обрубленной шелухи продувается потоком воздуха, всасываемого по патрубку 19 в вентилятор 6. Скорость потока воздуха регулируется с помощью

заслонки 22 так, чтоб она была выше скорости витания частиц шелухи, но ниже скорости витания ядер зерна и частиц их раскалывания в камере шелушения 2. Ядра зерна и их частицы, попав на ротор 9, разрушаются молотками 10 с образованием кормовой крупы, размер которой определяется диаметром отверстий решета 14. Просыпаясь через отверстия решета, кормовая крупа выходит из дробильно-шелушильной машины при открытой заслонке 25 через выпускной патрубок 24 в линию сбора её и хранения (на рисунке не показано) до скармливания животным. Образующаяся пыль при измельчении ядрицы отсасывается по патрубку 20 вентилятором 6 и нагнетается в циклон 5. Заслонкой 23 при этом устанавливается скорость воздушного потока в нижней части дробильной камеры такой, чтобы она была выше скорости витания пылевых частиц дроблёного зерна, но меньше скорости витания крупы.

В зависимости от размеров измельчаемого зерна зазор конусная часть камеры шелушения 2 – конусный ролик 16 регулируется смещением ролика по резьбовой части 16 вала 11 ротора: вниз для уменьшения зазора ( для более мелких зёрен), а вверх – для увеличения зазора (для зёрен с большими размерами).

Процесс шелушения зерна, как известно [4, 7, 8], сопровождается весьма сложными, энергоёмкими и длительными технологическими операциями. Упрощение его и снижение затрат при этом возможно путём объединения в представленной машине процессов шелушения зерна и его дробления, затраты энергии при которых определяются по зависимости:

$$A = K + \frac{G_p^2 V}{2E} m_y + K_R S \alpha,$$

где  $K$  – энергия на процессы деформации и износа рабочих органов машины;  $G_p$  – напряжение, возникающее при разрушении зерна,  $\text{Н/м}^2$ ;  $V$  – объем зерновки,  $\text{м}^3$ ;  $E$  – модуль, характеризующий упругость зерна,  $\text{Н/м}^2$ ;  $m_y$  – общее число деформаций зерновки в процессе измельчения;  $K_R$  – энергия

образования  $1 \text{ м}^2$  новых поверхностей из зерновки в процессе измельчения;  $S = S_k - S_H$  – общая площадь образовавшихся поверхностей, а  $S_k$  и  $S_H$  – площади соответственно зерна после и до его измельчения,  $\alpha$  – коэффициент (безразмерная величина).

По приведённой формуле затраты энергии на измельчение зерна с шелушением уменьшаются, если снижается количество деформаций ( $m_v$ ) путём своевременного удаления частиц из машины, и сокращаются напряжения разрушения зерна. По данным приведённой ниже таблицы последнего можно добиться путём предварительного увлажнения кормового зерна [5, 6, 9]. По ней увеличение влажности зерна повышает качество разрушения и отделения оболочек, снижаются при этом и энергетические затраты на этот исследуемый процесс.

Таблица –Зависимость показателей шелушения зерна за один проход в шелушильно-дробильной машине от степени его увлажнения

Культура	Марка машины	Вид продукта	Процент содержания фракций продуктов шелушения зерна при относительной его влажности				Процент снижения энергоёмкости
			10	13	15	20	
Ячмень	ДКМ-1М	Оболочка и мучка	31	30	28	30	–
		Деловая крупа	69	70	72	70	
	Шелушильно-дробильная машина	Оболочка и мучка	25	26	22	20	7,8
		Деловая крупа	75	74	78	80	

По результатам опыта влажность кормового зерна перед процессом шелушением его должна быть доведена до 15%, дальнейшее увеличение влажности повышает повреждение ядра, приводит к получению мелких частиц в деловой крупе. В кормовой крупе ячменя содержится 58% частиц с размерами от 1 до 3,2 мм.

Опытами в производственных условиях определена возможность повышения переваримости протеина при скармливании поросётам дроблёного на шелушильно-дробильной машине зерна ячменя на 18%, повышения переваримости жира и клетчатки. Установлено повышение на 18...25 % среднесуточных привесов животных в сравнении с кормлением их крупой ячменя без шелушения.

**Выводы.** Установлена необходимость применения в известных методах обработки зерна к скармливанию молодым животным и птицам операции предварительного удаления с него наружных оболочек. Она возможна на основе совмещения операций шелушения и дробления в одном устройстве, как это предусмотрено в предлагаемой шелушильно-дробильной машине применительно к животноводческим фермам в условиях, характерных для семейных, личных подсобных и крестьянских хозяйств. Использование дробильно-шелушильной машины обеспечивает получение крупы, лишённой острых частиц оболочки и позволяет снизить энергозатраты на её получение.

### Литература

1. Антонов, Н. М. Обоснование конструктивно-режимных параметров установки для тепловой обработки зерна / Н. М. Антонов, С. И. Богданов, Е. И. Макевнина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование - 2012. – №1. – С.135-138.
2. Дикусаров, В. Г. Интенсификация производства свинины за счет оптимизации факторов кормления / В. Г. Дикусаров, С. И. Николаев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование - 2010. – №3(19). – С.103-108.
3. Казанцева, Е.И. Разработка технологии обжаривания зерна ячменя в среде нагретого кормового жира и обоснование режимов работы технических средств для её реализации / Дис. канд. техн. наук. – Волгоград, 2014. – 143 с.
4. Краснов, И.Н. Производство комбикормов в условиях личных подсобных и фермерских хозяйств / И.Н. Краснов, В.М. Филин, А.Н. Глобин, Е.А. Ладыгин. – Волгоград: Монография, ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2014. –228 с.
5. Краснов, И.Н. Совершенствование технологии подготовки семян зерновых к озимому посеву в условиях аридизации климата / А.В. Касьяненко, И.Н. Краснов // Вестник аграрной науки Дона. – 2017. № 3 (39). – С. 42-47 (0,6/0,36 п.л.).
6. Краснов, И.Н. Расчёт процесса насыщения семян влагой. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018665808. Правообладатель:

ФГБОУ ВО «Донской ГАУ» (RU). – заявка № 2018663247 от 22.11.2018; дата рег. 11.12.2018 / И.Н. Краснов, В.Н. Литвинов, Е.В. Назарова, И.А. Кравченко, А.В. Касьяненко.

7. Петров, А. Шелушение и фракционирование узколистного люпина / А. Петров, С. Зверев, С. Смирнов // Комбикорма, №2, 2014. – С. 43-44.

8. Петров, А. Белый люпин: дробление, шелушение и сепарация / А. Петров, С. Зверев, А. Цыгуткин // Комбикорма, №6, 2014. – С. 41-46.

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018665808. Расчёт процесса насыщения семян влагой / И.Н. Краснов, В.Н. Литвинов, Е.В. Назарова, И.А. Кравченко, А.В. Касьяненко. Правообладатель: ФГБОУ ВО «Донской ГАУ». Заявка № 2018663247, заявл. 22.11.2018, дата рег. 11.12.2018.

10. Чурилова, К. С. Обоснование методики оценки экономической эффективности производства кормового зерна / К. С. Чурилова, Е. А. Волкова // Научное обозрение. – 2013. – №3. – С. 340-343.

### References

1. Antonov, N. M. Obosnovanie konstruktivno-rezhimny`x parametrov ustanov-ki dlya teplovoj obrabotki zerna / N. M. Antonov, S. I. Bogdanov, E. I. Makevnina // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. Nauka i vy`sshee profes-sional`noe obrazovanie - 2012. – №1. – S.135-138.

2. Dikusarov, V. G. Intensifikaciya proizvodstva svininy` za schet optimizacii faktorov kormleniya / V. G. Dikusarov, S. I. Nikolaev // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. Nauka i vy`sshee professional`noe obrazovanie - 2010. – №3(19). – S.103-108.

3. Kazanceva, E.I. Razrabotka texnologii obzharivaniya zerna yachmenya v srede nagretogo kormovogo zhira i obosnovanie rezhimov raboty` texnicheskix sredstv dlya eyo realizacii / Dis. kand. texn. nauk. – Volgograd, 2014. – 143 s.

4. Krasnov, I.N. Proizvodstvo kombikormov v usloviyax lichny`x podsobny`x i fermer-skix xozyajstv / I.N. Krasnov, V.M. Filin, A.N. Globin, E.A. Lady`gin. – Zernograd: Monografiya, FGBOU VPO AChGAA, 2014. –228 s.

5. Krasnov, I.N. Sovershenstvovanie texnologii podgotovki semyan zernovy`x k ozimomu posevu v usloviyax aridizacii klimata / A.V. Kas`yanenko, I.N. Krasnov // Vestnik agrarnoj nauki Dona. – 2017. № 3 (39). – S. 42-47 (0,6/0,36 p.l.).

6. Krasnov, I.N. Raschyot processa nasy`shheniya semyan vlagoj. Svidetel`stvo o gosudarstvennoj registracii programmy` dlya E`VM № 2018665808. Pravoobladatel`: FGBOU VO «Donskoj GAU» (RU). – заявка № 2018663247 от 22.11.2018; дата рег. 11.12.2018 / I.N. Krasnov, V.N. Litvinov, E.V. Nazarova, I.A. Kravchenko, A.V. Kas`ya-nenko.

7. Petrov, A. Shelushenie i frakcionirovanie uzkolistnogo lyupina / A. Petrov, S. Zverev, S. Smirnov // Kombikorma, №2, 2014. – С. 43-44.

8. Petrov, A. Bely`j lyupin: droblenie, shelushenie i separaciya / A. Petrov, S. Zverev, A. Cygutkin // Kombikorma, №6, 2014. – С. 41-46.

9. Svidetel`stvo o gosudarstvennoj registracii programmy` dlya E`VM №2018665808. Raschyot processa nasy`shheniya semyan vlagoj / I.N. Krasnov, V.N. Litvi-nov, E.V. Nazarova, I.A. Kravchenko, A.V. Kas`yanenko. Pravoobladatel`: FGBOU VO «Donskoj GAU». Zayavka № 2018663247, zayavl. 22.11.2018, data reg. 11.12.2018.

10. Churilova, K. S. Obosnovanie metodiki ocenki e`konomicheskoy e`ffektivno-sti proizvodstva kormovogo zerna / K. S. Churilova, E. A. Volkova // Nauchnoe obozre-nie. – 2013. – №3. – С. 340-343.