

УДК 631.333.53

UDC 631.333.53

05.00.00 Технические науки

Technical science

**ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ АППАРАТ С ПОДАЧЕЙ МАТЕРИАЛА ВДОЛЬ ЛОПАТОК****A CENTRIFUGAL DEVICE WITH SUPPLY OF MATERIAL ALONG SHOVELS**

Припоров Евгений Владимирович  
к.т.н., доцент  
SPIN-код автора: 9965-6360

Priporov Evgeny Vladimirovich  
Cand.Tech.Sci., associate professor  
RSCI SPIN-code: 9965-6360

Картохин Сергей Николаевич  
студент  
ФГБОУ ВПО Кубанский государственный аграрный университет г. Краснодар, Россия

Kartokhin Sergey Nikolaevich  
student  
Kuban state agricultural university, Krasnodar, Russia

Внесение минеральных удобрений проводится центробежными аппаратами. По количеству дисков центробежные аппараты различают одно дисковые и двухдисковые. По объему емкостей для хранения минеральных удобрений различают бункерные и кузовные. Бункерные содержат объем от 0,5 до 1,5 м<sup>3</sup>. Кузовные имеют вместимость более 2 м<sup>3</sup>. Отмечаются достоинства бункерных центробежных аппаратов. Материал из бункера подается на центробежный диск перпендикулярно плоскости вращения. В момент захвата материала лопатками имеет место дробление частиц и их отражение от лопаток и плоскости диска. Это приводит к увеличению неравномерности внесения минеральных удобрений. На кафедре ЭМТП Кубанского ГАУ разработан центробежный аппарат с подачей материала вдоль лопаток. Представлена схема центробежного аппарата. Машина для внесения минеральных удобрений содержит однодисковый центробежный аппарат, конусообразный бункер и цилиндрический дозатор. Подача материала на диск регулируется заслонкой дозатора. Представлена методика определения конструктивных и технологических параметров разработанной конструкции. Место подачи материала на диск регулируется путем вращения дозатора вокруг вертикальной оси. Норма подачи материала на диск изменяется заслонкой дозатора. Предварительная настройка места подачи производится по модельному материалу с коэффициентом трения  $f_1$ . В производственных условиях поворот дозатора от первоначального положения производится в зависимости от коэффициента трения удобрений  $f_2$ . При  $f_1 > f_2$  поворот дозатора против направления вращения диска, а при  $f_1 \leq f_2$  поворот дозатора по направлению вращения диска

Introduction of mineral fertilizers is performed by centrifugal devices. By quantity of disks, centrifugal devices distinguish one disk and two-disk. On the volume of capacities for storage of mineral fertilizers distinguish bunker and body. Bunker contains volume from 0.5 to 1.5 m<sup>3</sup>. Body has capacity more 2 m<sup>3</sup>. Advantages of bunker centrifugal devices are noted. Material from the bunker moves on a centrifugal disk perpendicular to the rotation plane. At the time of material capture by shovels, crushing of particles and their reflection from shovels and the plane of a disk takes place. It leads to increase in unevenness of introduction of mineral fertilizers. At EMTP chair of the Kuban GAU the centrifugal device with supply of material along shovels is developed. The scheme of the centrifugal device is submitted. A device for introduction of mineral fertilizers contains the one-disk centrifugal device, the cone-shaped bunker and the cylindrical batcher. The batcher gate regulates supply of material on a disk. The technique of determination of design and technological data of the developed design is presented. The place of supply of material on a disk is regulated by rotation of the batcher round a vertical axis. The norm of supply of material on a disk changes the batcher gate. Preliminary control of a place of giving is made on model material with coefficient of friction of  $f_1$ . Under production conditions, turn of the batcher from initial situation is made depending on coefficient of friction of the  $f_2$  fertilizers. At  $f_1 > f_2$  turn of the batcher against the direction of rotation of a disk, and at  $f_1 \leq f_2$  turn of the batcher in the direction of rotation of a disk

Ключевые слова: МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ, ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ АППАРАТ, ПОДАЧА ВДОЛЬ ЛОПАТОК, КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ, ДИАМЕТР ДИСКА, ДИАМЕТР ДОЗАТОРА, РЕГУЛИРОВКА ДОЗАТОРА

Keywords: MINERAL FERTILIZERS, THE CENTRIFUGAL DEVICE, GIVING ALONG SHOVELS, FRICTION COEFFICIENT, DIAMETER OF DISK, DIAMETER OF BATCHER, ADJUSTMENT OF BATCHER

Своевременное и качественное внесение минеральных удобрений - необходимое условие восполнения плодородия почвы. Минеральные удобрения до 80% потребной нормы вносятся в период основной обработки почвы и остальная часть в период вегетации.

Основное внесение минеральных удобрений вносится с большой нормой, и поэтому требуется обеспечить равномерность распределения по поверхности почвы. Высокая неравномерность внесения оказывает существенное влияние на плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур.

Основными средствами механизации для поверхностного внесения минеральных удобрений - машины с центробежными рабочими органами. Эти средства механизации успешно применяют на подкормке озимых, основного внесения минеральных удобрений под основную обработку почвы. Для поверхностного внесения минеральных удобрений выпускаются навесные машины, оснащенные центробежным рабочим органом. Объем бункера колеблется в интервале от 0,5 до 1,5 м<sup>3</sup>. Такие машины оснащены однодисковым или двухдисковым центробежным аппаратом. Двухдисковые машины обеспечивают большие дозы внесения. На диски закреплено от 4 до 6 лопаток установленных радиально. Диск вращается в горизонтальной плоскости. Основное достоинство навесных машин для внесения минеральных удобрений с центробежным рабочим органом – высокая маневренность и производительность. Минеральные удобрения из бункера перпендикулярно плоскости вращения диска в определенное место. При вращении диска часть поступающего материала захватывается лопатками. Частицы удобрений, приобретают кинетическую энергию во время совместного движения и покидают диск. Подача материала перпендикулярно плоскости вращения диска имеет следующие недостатки:

- дробление частиц удобрений и залипание внутренней поверхности лопаток. Залипание внутренней поверхности лопаток затрудняет движе-

ние частиц и увеличивает неравномерность рассева;

- отражение частиц от рабочих кромок лопаток и горизонтального диска является причиной неорганизованного слета частиц и увеличения неравномерности рассева удобрений центробежным аппаратом.

На кафедре эксплуатации машинно-тракторного парка Кубанского ГАУ разработан однодисковый центробежный аппарат с подачей материала вдоль лопаток [1]. Схема центробежного аппарата с подачей материала вдоль лопаток представлена на рисунке 1.

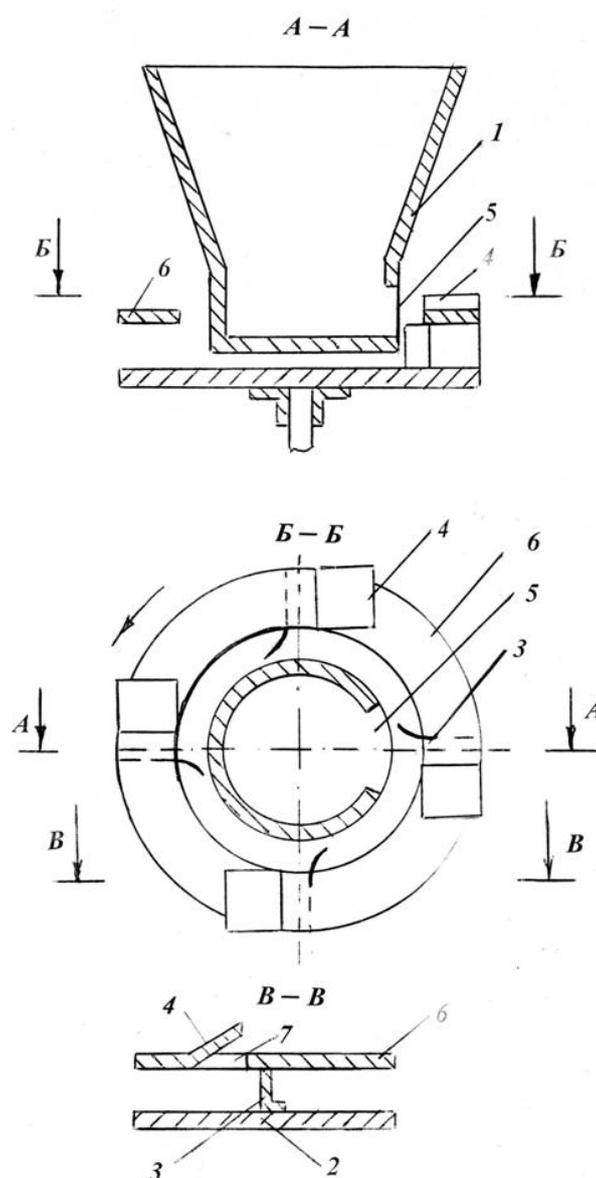


Рисунок 1- Однодисковый центробежный аппарат с подачей материала вдоль лопаток: 1- бункер; 2- рассеивающий диск; 3-внутренний торцевой

отгиб лопатки; 4-дефлектор; 5- выгрузное окно дозатора; 6-кольцо отража-  
тельное;  
7- приемное окно дефлектора

Центробежный аппарат включает бункер 1, в нижней части которого установлен дозатор цилиндрической формы. В цилиндре выполнен вырез для сектора подачи с центральным углом  $\alpha$ . Высота выгрузного окна 5 регулируется заслонкой. Величина подачи удобрений на диск регулируется заслонкой, которая перемещается вертикально по образующей цилиндра. Материал из бункера 1 через выгрузное окно дозатора 5 поступает на рассеивающий диск 2 вращающийся в горизонтальной плоскости. По мере вращения диска материал захватывается внутренним торцовым отгибом лопатки. При вращении диска дефлектор подает воздух через приемное окно в пространство между диском 2 и кольцом 6. Во время слета частиц воздушного потока образуется веер рассева относительно продольной оси агрегата. Частицы материала, двигаясь вдоль лопаток, приобретают кинетическую энергию. В момент схода с лопатки частицы подхватываются воздушным потоком, и создается веер рассева относительно продольной оси машины. Радиальная подача материала дозатором обеспечивает мягкий контакт частиц с внутренней поверхностью лопатки, что исключает дробление и отражение материала.

Отражение от плоскости диска исключается путем соответствующего согласования кинематических параметров дозатора и лопатки. При этом должно быть полностью исключено просыпание через край рабочей зоны лопатки. Поэтому, объем материала, заключенного в торцовом отгибе лопатки ограничивается высотой.

Пусть диск имеет  $z$  лопаток, а частота вращения диска  $n$  мин<sup>-1</sup>. Тогда масса материала, приходящаяся на лопатку, составляет

$$q_n = \frac{Q}{zn}, \quad (1)$$

где  $Q$  – секундная подача дозатора на диск, кг/с.

Величина секундной подачи на диск зависит от площади выгрузного окна, скорости истечения и плотности материала

$$Q = F \cdot v \cdot \rho, \quad (2)$$

где  $F$  – площадь выгрузного окна цилиндра, м<sup>2</sup>;

$v$  – скорость истечения, м/с;

$\rho$  – плотность материала при истечении, кг/м<sup>3</sup>.

Площадь выгрузного окна определяется как площадь прямоугольника со стороной  $l$  равной центральному углу  $\alpha$ , а высота прямоугольника равна высоте открытия заслонки сектора подачи  $h_q$ .

Подставляя известную формулу длины дуги, имеющей центральный угол  $\alpha$ , получаем площадь выгрузного окна.

$$F = 0,01745 r_q \cdot \alpha \cdot h_q \quad (3)$$

Секундная подача на диск, с учетом выражения 3 составит

$$Q = 0,01745 r_q \cdot h_q \cdot v \cdot \rho \cdot \alpha. \quad (4)$$

где  $r_q$  – радиус дозатора, м;

$h_q$  - высота подъема заслонки дозатора, м

$\alpha$  – сектор подачи на диск дозатора, рад;

$v$  – скорость истечения материала, м/с;

$k$  – коэффициент учитывающий наличие пор.

Зависимость секундной подачи материала на диск от высоты подъема заслонки дозатора представлена на рисунке 1. При построении графика приняты следующие исходные данные: радиус дозатора 0,075 м, плотность мочевины  $1250 \text{ кг/м}^3$ , частота вращения дна дозатора  $540 \text{ мин}^{-1}$ , центральный угол сектора подачи  $160^\circ$ .

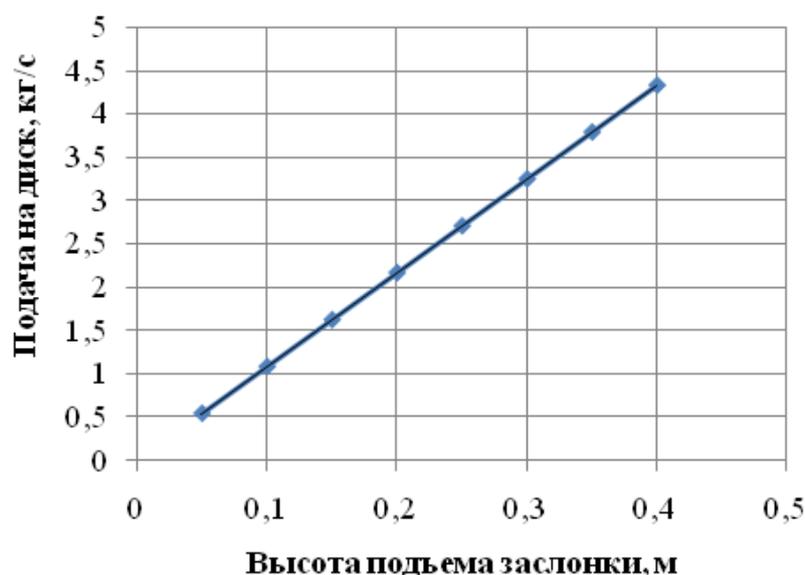


Рисунок 1-Зависимость секундной подачи дозатора от высоты открытия заслонки

Анализ графика свидетельствует, что увеличение высоты подъема заслонки более 0,3 м приводит к необходимости увеличения высоты цилиндрической части дозатора более 0,5 м. Увеличение высоты дозатора приводит к увеличению общей высоты бункера и самой машины. Большая высота затрудняет загрузку бункера удобрениями. Анализ конструкций бункерных машин свидетельствует, что высота машины не должна

превышать 1,4-1,6 м.

Зависимость подачи на диск от радиуса дозатора представлена на рисунке 2.

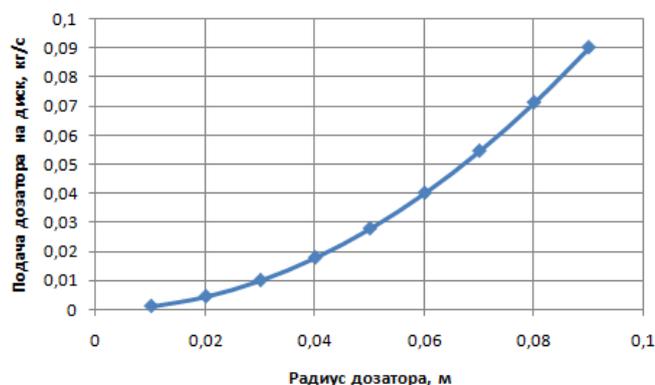


Рисунок 2- Зависимость секундной подачи на диск от радиуса дозатора

При построении графика приняты следующие исходные данные: высота открытия заслонки дозатора 0,2 м, частота вращения дна дозатора 540 мин<sup>-1</sup>, плотность мочевины 1250 кг/м<sup>3</sup>. Анализ рисунка 2 свидетельствует, что диаметр дозатора не существенно влияет на величину подачи на диск.

Подача материала через выгрузное окно дозатора на лопатку

$$q_{л} = \frac{0,00182 \cdot r_q \cdot \alpha \cdot h_q \cdot r_a \cdot \rho}{z} \quad (5)$$

Максимальный объем материала, заключенный в приемной части внутреннего отгиба, представляет собой часть цилиндра. Основание последнего – сектор, ограниченный центральным углом  $\alpha_1$  с радиусом кривизны  $r_{л}$ . Объем отмеченного цилиндра определяется по известной формуле и составляет [9]

$$V = 0,00873 \cdot k_o \cdot r_{л}^2 \cdot \alpha \cdot h_{л} \quad .$$

(7)

Тогда, масса сыпучего материала, подаваемого лопаткой

$$P_{л} = 0,00873 \cdot k_o \cdot r_{л}^2 \cdot \alpha \cdot h_{л} \cdot \rho ,$$

(8)

где  $k_o$  – коэффициент, учитывающий наличие промежутков и пор;

$r_{л}$  – радиус кривизны торцевого внутреннего отгиба лопатки, м ;

$h_{л}$  – высота лопатки, м ;

$\rho$  – плотность материала, кг/м<sup>3</sup>.

Просыпание через лопатку будет исключено, если соблюдается равенство масс поступающего и удаленного лопаткой материала.

$$P_{л} > q_{л}$$

(9)

Вектор относительной скорости поступающих частиц должен быть параллелен окружной скорости кромки торцевого отгиба лопатки. Учитывая выражения (2) , выражение (4) и подставляем в выражение (5). Из полученного выражения определяем радиус кривизны внутреннего отгиба лопатки.

$$r_{л} = \sqrt{\frac{0,026 \cdot r_q \cdot \alpha \cdot h_o \cdot r_a}{h \cdot z \cdot k_o}} \quad (10)$$

Скорость истечения материала из выгрузного окна дозатора в момент вращения диска определяется по выражению

$$v = \frac{\pi \cdot n \cdot r_q}{30},$$

(11)

где  $n$  – частота вращения диска,  $n = 540 \text{ мин}^{-1}$ .

Качество работы центробежного аппарата с подачей материала вдоль лопаток будет обеспечено при согласовании конструктивных параметров рассеивающего диска и технологических параметров дозатора сыпучего материала. Оптимальное значение конструктивных параметров рассеивающего диска устанавливается на основе анализа литературных источников. По мнению многих исследователей, диаметр рассеивающего диска  $D_q$  рекомендуется принимать в интервале 0,4-0,6 м. Число оборотов рассеивающего диска составляет  $720 \text{ мин}^{-1}$  при частоте вращения ВОМ трактора  $540 \text{ мин}^{-1}$ . Угловая скорость вращения рассеивающего диска определяется по известной формуле

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (12)$$

где  $\omega$  – угловая скорость вращения диска,  $\text{с}^{-1}$ ;

$n$  – частота вращения рассеивающего диска,  $\text{мин}^{-1}$ .

Определение конструктивных и технологических параметров центробежного аппарата с подачей материала вдоль лопаток определяется в следующей последовательности.

Выбирается максимальная секундная подача дозатора на диск для обеспечения требуемой агротехнической нормы внесения

$$Q = \frac{H \cdot B_p \cdot g_p}{36}, \quad (13)$$

где  $Q$  – секундная подача удобрений на диск, кг/с;

$H$  – норма внесения удобрений, т/га;

$V_p$  – рабочая ширина захвата, м;  $v_p$  – рабочая скорость, км/ч.

В зависимости от величины секундной подачи устанавливается высота открытия заслонки дозатора по рисунку 1.

Принимается диаметр рассеивающего диска и определяется диаметр цилиндрического корпуса дозатора

$$d_q = (0,3-0,4)D_q.$$

Определяется диаметр кольца отражающего диска  $d_a$

$$d_a = (0,6-0,7)d_q.$$

Задается длина дуги, сектора подачи дозатора выгрузного окна по выражению

$$L_q = (1,06-1,08)d_q.$$

Определяется величина центрального угла, сектора подачи выгрузного окна дозатора, по выражению

$$\alpha = \frac{L_q}{0.01745 \cdot r_q}$$

Вычисляется радиус кривизны внутреннего торцевого отгиба лопатки для обеспечения величины секундной подачи удобрений по выражению

$$r_{л} = \sqrt{\frac{0,0174 \cdot r_q^2 \cdot \alpha \cdot h}{z \cdot h_{л} \cdot k_o}},$$

где  $r_{л}$  – радиус кривизны внутреннего торцевого отгиба лопатки, м;

$h$  – высота открытия заслонки дозатора, м;

$z$  – число лопаток на рассеивающем диске;

$h_{л}$  – высота лопатки, м;

$k_o$  – коэффициент учитывающий наличие промежутков и пор, 0,4-0,5.

Внутренний торцевой отгиб лопатки выполняют с заточкой  $15^\circ$ .

Длина дуги внутреннего торцевого отгиба лопатки определяется по выражению

$$l_o = (1,35-1,38) \cdot r_{л}.$$

Определяется величина относительной скорости движения частиц вдоль лопатки по выражению

$$v_r = l \cdot \omega \cdot \sqrt{\frac{2(l-l_o)}{l_o}} [1 + 0,5 \cdot (2f \cdot \omega - k_n) \sqrt{\frac{2(l-l_o)}{l_o}}]$$

Переносная скорость движения частиц

$$v_e = \omega \cdot r_q.$$

Абсолютная скорость движения частицы составит

$$v_a = \sqrt{v_e^2 + v_r^2}.$$

В лабораторных условиях определяется место подачи на диск для модельного материала с коэффициентом трения  $f_1$ . Место подачи модельного материала на диск должно обеспечивать оптимальное распределение по углу разбрасывания при высоком качестве рассева. Это место подачи на диск принимается исходным.

В производственных условиях симметричность распределения по ширине захвата при рассеве материала с коэффициентом трения  $f_2$  достигается за счет корректировки места подачи путем поворота дозатора вокруг вертикальной оси на величину угла  $\Delta Q$ . Изменение места подачи на диск в зависимости от коэффициента трения рассеваемого материала определяется по выражению

$$\Delta Q = \arctg \frac{1}{\sqrt{1+f_2+f_2}} - \arctg \frac{1}{\sqrt{1+f_1+f_1}} .$$

При рассеве материала с коэффициентом трения  $f_2 > f_1$  поворот дозатора осуществляется против направления вращения диска. В случае, если  $f_2 \leq f_1$  поворот по направлению вращения диска.

Предложена методика расчета технологических и конструктивных параметров дозатора центробежного аппарата с подачей материала вдоль лопаток. Так диаметр центробежного диска составляет 0,4-0,6 м. Диаметр цилиндрической части дозатора 0,120-0,240 м. Величина центрального угла центральный угол сектора подачи не должна превышать 160-170°. Место подачи устанавливается для модельного материала с коэффициентом трения  $f_1$  и фиксируется. В процессе эксплуатации дозатор поворачивается вокруг вертикальной оси в зависимости от коэффициента трения рассеваемого материала  $f_2$ .

### Список литературы

1. Припоров Е.В. Параметры процесса распределения гранулированных минеральных удобрений и семян риса горизонтальным однодисковым аппаратом. Дисс. ... канд. техн. наук. Краснодар, 2003. 122 с.
2. Припоров И.Е. Параметры усовершенствования процесса разделения компонентов вороха семян крупноплодного подсолнечника в воздушно-решетных зерноочистительных машинах. Дисс. ... канд. техн. наук. Краснодар, 2012. 149 с.
3. Пат. РФ 2197807 Центробежный разбрасыватель сыпучих материалов / Якимов Ю.И. Припоров Е.В., Заярский В.П., Селивановский О.Б.: заяв. и патентообладатель Кубанский государственный аграрный университет; заяв. 20.04.2001; опубл. 27. 03. 2003 бюл. №9
- 4.Тарасенко Б.Ф. Теоретические основы расчёта энергетических параметров механизированных процессов обработки почвы/[Б.Ф. Тарасенко](#)//Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. -2011. -№66(02). -8 с.

### Reference

1. Priporov E.V. Parametry processa raspredelenija granulirovannyh mineral'-nyh udobrenij i semjan risa gorizonta'l'ny'm odnodiskovym apparatom. Diss. ... kand. tehn. nauk. Krasnodar, 2003. 122 s.
2. Priporov I.E. Parametry usovershenstvovanija processa razdelenija komponen-tov voroha semjan krupnoplodnogo podsolnechnika v vozdushno-reshetnyh zernoochistitel'nyh mashinah. Diss. ... kand. tehn. nauk. Krasnodar, 2012. 149 s.
3. Pat. RF 2197807 Centrobezhnyj razbrasyvatel' sypuchih materialov / Jakimov Ju.I. Priporov E.V., Zajarskij V.P., Selivanovskij O.B.: zjav. i patentoobladatel' kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet; zjav. 20.04.2001; opubl. 27. 03. 2003 bjul. №9
- 4.Tarasenko B.F. Teoreticheskie osnovy raschjota jenergeticheskikh parametrov mehani-zirovannyh processov obrabotki pochvy/B.F. Tarasenko//Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. -2011. - №66 (02). -8 s.