

УДК 631.331

UDC 631.331

**КРОШЕНИЕ ПЛАСТА ТРЕХГРАННЫМ
КЛИНОМ**

**LAYER DESTRUCTION WITH THE
TRIHEDRAL WEDGE**

Сидоренко Сергей Михайлович
к.т.н., профессор

Sidorenko Sergey Mikhaylovich
Cand.Tech.Sci., professor

Петунин Александр Федорович
к.т.н., доцент

Petunin Aleksandr Fedorovich
Cand.Tech.Sci., assistant professor

Ефремова Виолетта Николаевна
ст. преподаватель
*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Efremova Violetta Nikolaevna
senior lecturer
*Kuban State Agrarian University,
Krasnodar, Russia*

В статье приведены исследования трехгранного клина и параметры вхождения его в почву. Построены графики зависимости изменения нормального давления на трехгранный клин от угла крошения почвы и от угла раствора, а также исследованы параметры изменения сопротивления от глубины хода трехгранного клина с острым углом вхождения в почву. По результатам исследования сделаны выводы

The article presents the study of three-edged wedge and parameters of entering it into the soil. We have built the graphs of the dependence of the changes of the normal pressure on a triangular wedge from the corner of the crumbling of the soil and from the corner solution, and we have also investigated the parameters of resistance changes depending on the depth of stroke of a triangular wedge with a sharp angle of digging into soil. According to the study, the conclusions were made

Ключевые слова: ПОЧВООБРАБОТКА, МНОГОЯРУСНЫЙ ПЛУГ, ЛЕМЕШНО-ОТВАЛЬНЫЕ ПЛУГИ, ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ЭНЕРГОЗАТРАТЫ, ТРЕХГРАННЫЙ КЛИН

Keywords: TILLAGE, STACKED PLOW, PLOWSHARE CONVEYOR PLOUGHS, PHYSICO - MECHANICAL PROPERTIES, ENERGY CONSUMPTION, TRIANGULAR WEDGE

Основная обработка почвы с оборотом пласта является одной из наиболее энергоемких и дорогих операций при возделывании сельскохозяйственных культур. При этом особые трудности возникают в летне-осенний период, когда в условиях низкой влажности почвы необходимо в кратчайшие сроки вспахать и подготовить почву под посев культур. Для обеспечения требуемой разделки почвы приходится делать несколько проходов тяжелых машинно-тракторных агрегатов по полю, что влечет за собой целый ряд социально-экономических эффектов и разрушение ее экологии.

В последние годы получили распространение энергосберегающие минимальная и нулевая технологии обработки почвы. Основное преимущество этих технологий – энергосбережение на фоне высоких цен на энергоносители, а недостаток – недостаточность или полное отсутствие рыхле-

ния почвы и обязательность применения ядохимикатов для борьбы с болезнями и вредителями.

Эти технологии возделывания сельскохозяйственных культур в некоторой степени позволяют решить проблему. Однако полностью отказаться от основной отвальной обработки тяжелых по механическому составу почв в условиях Кубани нельзя. Пахать обязательно нужно, хотя бы периодически, особенно под культуры раннего срока посева (люцерна, сахарная свекла).

Настоящая работа направлена на изыскание энергоресурсосберегающей технологии отвальной вспашки тяжелых почв Кубани под посев (люцерны) и технических средств. Решение этой задачи позволит снизить затраты энергетических и денежных ресурсов, а также предотвратить разрушение пахотного и уплотнение подпахотного почвенных горизонтов, за счет сокращения количества проходов МТА по полю при последующей подготовке почвы. При этом реализация технологии не должна требовать существенных капиталовложений и, по возможности, реализовываться в результате модернизации имеющихся в хозяйствах края технических средств.

Серийные лемешно-отвальные плуги зачастую не могут эффективно провести эти операции. Крошение почвы при оптимальной влажности эффективно осуществляется при движении и изгибе почвенного пласта на криволинейной лемешно-отвальной поверхности. Сухая глыба, при высоком содержании физической глины, не деформируется и не разрушается на лемешно-отвальной поверхности, т. к. взаимодействие глыбы с указанной поверхностью является безопорным.

На сухих почвах при относительной влажности < 14 % глыбы формируются еще в почвенном монолите в результате трещинообразования при высыхании почвы. Эти глыбы выдавливаются грудью корпуса из монолита, поэтому их габаритные размеры могут превышать глубину обработки и

ширину захвата корпуса.

Проблему снижения глыбистости при вспашке почвы призваны решать предплужники. Однако, предплужник, который в процессе работы вырезает полосу из монолита перед плужным корпусом осуществляет самый нерациональный с точки зрения энергозатрат вид резания почвы – заблокированное резание, при котором сила резания в 3–5 раз больше, чем при неблокированном, что способствует существенному росту тягового сопротивления плуга.

Кроме того, предплужник способствует увеличению боковой силы, которая прижимает полевую доску к стенке борозды и приводит к увеличению силы трения полевой доски о стенку борозды и снижению КПД плужного корпуса. При работе на тяжелых почвах полевые доски плугов (изготовленные из высокопрочной легированной стали) быстро изнашиваются, изгибаются и ломаются.

Кроме того, стойка предплужника, расположенная перед плужным корпусом, обволакивается растительными остатками и способствует забиванию плуга соломой, сорной растительностью и почвой на засоренных полях.

Отмеченные недостатки предплужников привели к повсеместному практически отказу в хозяйствах края при вспашке сухих тяжелых почв от их использования механизаторами. В том числе и по этой причине заводы изготовители стали поставлять плуги, не оборудованные предплужниками вообще. Поэтому налицо возникновение необходимости поиска альтернативы предплужнику.

Исследованиями установлено, что почва является средой анизотропной – ее прочность в горизонтальном направлении на 20 % меньше, чем в вертикальном.

Поэтому, наиболее целесообразным с энергетической точки зрения направлением движения почвообрабатывающего рабочего органа является

горизонтальное направление.

Целесообразно в условиях Кубани использование пассивных почвообрабатывающих рабочих органов в связи с простотой их конструкции, и, следовательно, простотой эксплуатации. Такие рабочие органы наиболее надежны на плотных сухих почвах и обеспечивают достаточно хорошее качество обработки.

Таким образом, предлагаемая нами конструкция позволяет качественно подготовить почву под посев, обеспечить хорошее крошение почвы, уменьшить энергетические и денежные затраты, повысить КПД плуга (производительность МТА), сократить сроки обработки почвы.

Комплексная механизация процессов обработки почвы в сельскохозяйственном производстве требует дополнительно к имеющимся машинам разработать большое количество новых. Научно обоснованное усовершенствование существующих и создание новых сельскохозяйственных машин требуют углубленного изучения объектов механизации, в том числе экспериментальной характеристики физико-механических свойств почв. Учитывая это, отдельными авторами и коллективами авторов Российских НИИ и вузов, конструкторских бюро аграрного производства и других организаций был подготовлен ряд изданий по методикам исследований, в которых обобщены результаты многолетних исследований.

В них отражены результаты исследований физико-механических свойств сельскохозяйственных объектов механизации иногда публиковались разными авторами в периодической печати, которые, как правило, проводились по единой методике, что давало и дает возможность сравнивать полученные результаты. Единые приемы и способы исследований, унифицированные приборы, а также единые формы учета и записи позволяли сравнивать и обобщать показатели для одноименных объектов, полученные в разных почвенно-климатических условиях.

Общие и частные методы исследований физико-механических

свойств дают основание для составления характеристики процессов в почвообработке при использовании различных рабочих органов. Они также дают рекомендации по выбору участка, порядок отбора образцов в поле и подготовке их к испытанию на приборах. При оценке почв изложены методические вопросы определения тех физико-механических свойств, которые необходимы при проектировании почвообрабатывающих машин: плотность, скважность, крошащая способность, сопротивление различным видам деформации, коэффициенты трения, липкость.

Любой рабочий почвообрабатывающий рабочий орган можно представить, как состоящий из клиньев с острыми и тупыми углами вхождения в почву. Для трехгранного клина с острым углом вхождения в почву при установившемся движении работа сводится к сдвигу почвы в сторону и подъему. Этот процесс сходен с процессом сжатия почвы в массиве. Нормальное давление N почвы на клин непостоянно и меняется в широких пределах по площади ABC (рис. 1) и зависит от уплотнения почвы.

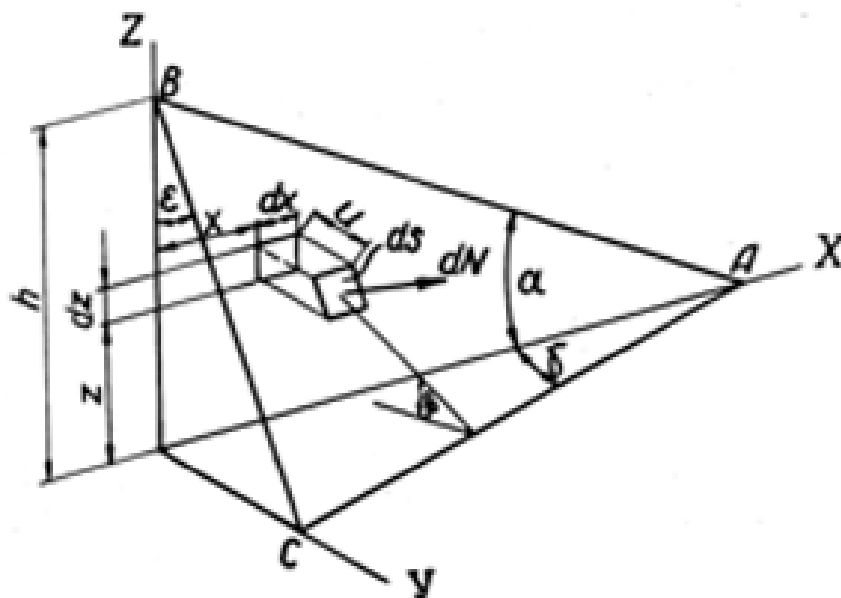


Рисунок 1. Трехгранный клин с острым углом вхождения в почву

Для определения нормальной составляющей рассмотрим деформацию площадки ds при перемещении ее на величину U . Элементарное нор-

мальное давление при этом можно определить как

$$dN = qUds, \quad (1)$$

где q – коэффициент пропорциональности, величина которого зависит от плотности почвы, скорости перемещения и геометрических параметров рабочего органа.

Из рисунка 1 следует, что перемещение площадки ds равно:

$$U = ztg\varepsilon - xtg\gamma. \quad (2)$$

Выразив значение угла ε через углы крошения β и раствора γ , и с учетом выражения (1), получили

$$dN = \frac{q}{\sin \beta} \left(\frac{z}{\operatorname{tg} \beta \cdot \cos \gamma} - x \cdot \operatorname{tg} \gamma \right) \cdot dx \cdot dz. \quad (3)$$

После интегрирования нормальное давление приняло вид

$$N = \frac{q \cdot h^3 \cdot (2 \cos \gamma - 1)}{3 \cdot \sin \beta \cdot \operatorname{tg}^2 \beta \cdot \sin 2\gamma \cdot \cos \gamma}, \quad (4)$$

где h – глубина хода рабочего органа, м;

γ – угол раствора крыла клина, град;

β – угол крошения, град.

Из выражения (4) следует, что нормальная составляющая всех сил, действующих на клин с острым углом вхождения, зависит от глубины хода в почве в кубической степени, геометрических параметров и коэффициента пропорциональности. Анализ уравнения приведен на рисунках 2 и 3.

Если рабочий орган состоит из верхней и нижней частей с острым и тупым углами вхождения в почву, то верхняя часть рабочего органа может быть представлена как усеченный пространственный клин. Нормальная составляющая всех сил действующих на щеку клина может быть выражена

как разность нормальных составляющих

$$N_1 = N' - N'' = \frac{q(h^3 - h_1^3)(2 \cos \gamma - 1)}{3 \cdot \sin \beta \cdot \operatorname{tg}^2 \beta \cdot \sin 2\gamma \cdot \cos \gamma}, \quad (5)$$

где N' - нормальная составляющая всех сил действующих на клин при глубине хода h , м; N'' - нормальная составляющая всех сил действующих на клин при глубине хода h_1 , м.

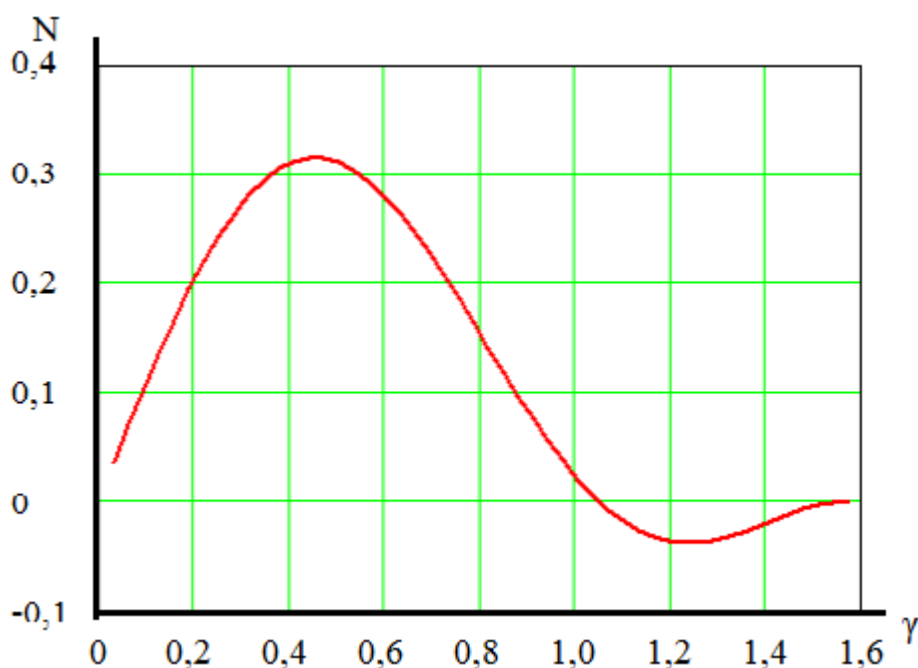


Рисунок 2. Изменение нормального давления на трехгранный клин с острым углом вхождения в почву от угла раствора γ при $h = 0,12$ м; $\beta = 0,039\pi$; $Q = 12$

Основная обработка почвы с оборотом пласта является одной из наиболее энергоемких и дорогих операций при подготовке ее под посев сельскохозяйственных культур. Для обеспечения требуемой подготовки почвы необходимо выполнять несколько проходов тяжелых машинно-тракторных агрегатов по полю, что влечет за собой целый ряд социально-экономических эффектов и разрушение ее структуры.

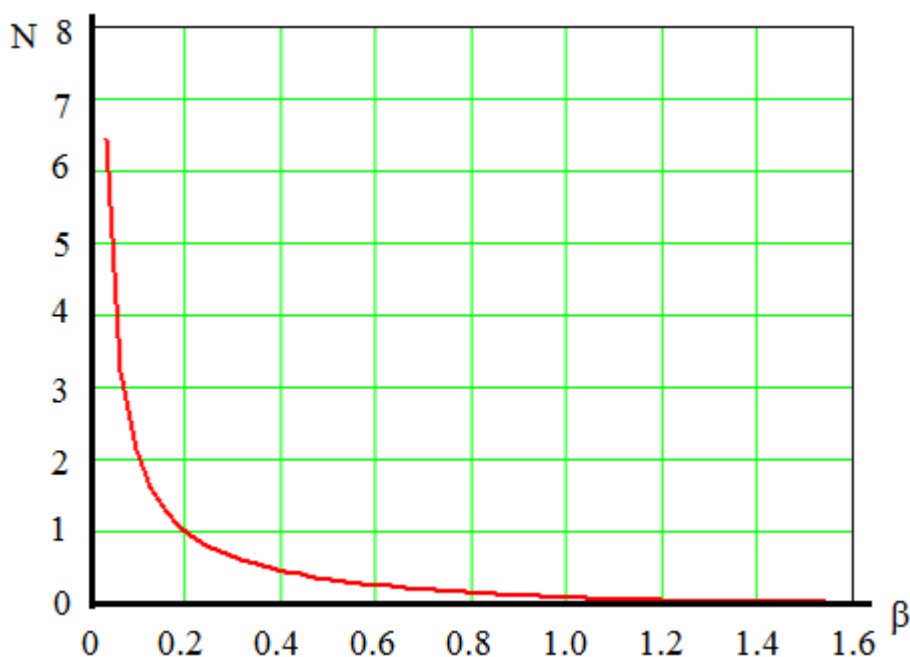


Рисунок 3. Изменение нормального давления на трехгранный клин с острым углом вхождения в почву от угла крошения β при $h = 0,12$ м; $\gamma = 0,25\pi$; $q = 12$

Серийные лемешно-отвальные плуги не могут эффективно подготавливать к последующему использованию почву. Крошение почвы при оптимальной влажности эффективно осуществляется при движении и изгибе почвенного пласта на криволинейной лемешно-отвальной поверхности. Сухая глыба, при высоком содержании физической глины, не деформируется и не разрушается на лемешно-отвальной поверхности, т. к. взаимодействие глыбы с указанной поверхностью является безопорной.

Проблему снижения глыбистости пахоты призваны решать предплужники. Однако предплужник, который в процессе работы вырезает канавку перед плужным корпусом осуществляет самый нерациональный с точки зрения энергозатрат вид резания почвы – заблокированное резание, при котором сила резания в 3–5 раз больше, чем при неблокированном, что способствует существенному росту тягового сопротивления плуга.

Исследованиями установлено, что почва является средой анизотропной – ее прочность в горизонтальном направлении на 20 % меньше, чем в

вертикальном.

Поэтому наиболее целесообразным с энергетической точки зрения направлением движения почвообрабатывающего рабочего органа является горизонтальное.

Для решения этой проблемы предлагается использование обрабатывающих сельскохозяйственных орудий, которые бы разрушали почву с использованием разрыва, а не сжатия и изгиба. Полностью выполнить такую технологию обработки почвы не представляется возможным, однако совмещение резания с отрывом пласта возможно. Поэтому нами предлагается многослойное крошение пласта за один проход, при котором пласт почвы разделяется на несколько слоев с одновременным крошением при подрезании и подъеме, а затем если это необходимо оборот пласта.

Таким образом, пласт сначала подрезается, а затем поднимается на величину высоты задней кромки лезвия. При этом происходит подрезание и крошение за счет сил напряжения возникающих в пласте. Чем тоньше срезаемый слой, тем меньше размеры почвенных частиц, получаемых при крошении пласта.

Нами предлагается трехслойная обработка почвы, которая позволит получить за один проход крошение, дающее возможность проводить посев сельскохозяйственных культур без дополнительной обработки почвы.

Сопротивление такого агрегата при обработке почвы можно представить как сумму сил расходуемых на резание, частичную деформацию и подъем пласта почвы, на каждом ярусе подрезаемого лемехами, что можно записать как

$$P = k_1 \cdot a_1 \cdot b_1 + k_2 \cdot a_2 \cdot b_2 + k_3 \cdot a_3 \cdot b_3 + \varepsilon(a_1 + a_2 + a_3) \cdot (b_1 + b_2 + b_3) \cdot v^2, \quad (6)$$

где P – сопротивление ярусного плуга при вспашке, Н;

k_1, k_2, k_3 – коэффициенты, учитывающие твердость почвы, Н/м²;

a_1, a_2, a_3 – толщина слоя почвы, обрабатываемого каждым лемехом,

м;

b_1, b_2, b_3 – ширина захвата каждого лемеха, м;

ε – коэффициент, учитывающий энергию на перемещение разрушенного пласта почвы, $(Н \cdot с^2)/(м^4)$;

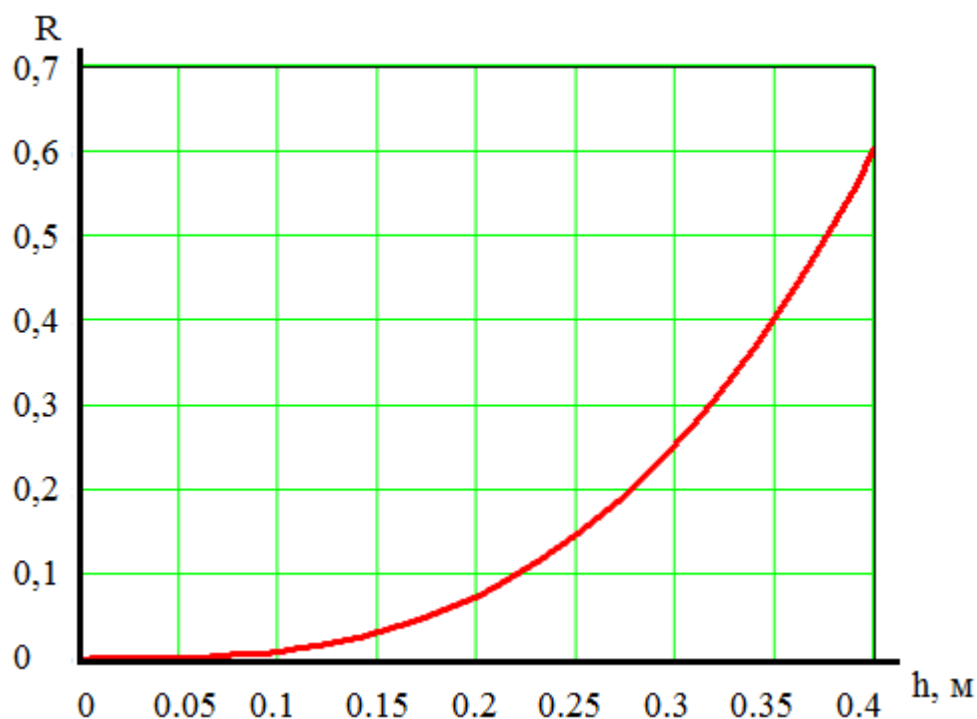


Рисунок 4. Характер изменения сопротивления R от глубины хода h трехгранного клина с острым углом вхождения в почву при $\gamma = 0,25\pi$;

$$\beta = 0,039\pi; q = 12$$

Подставим полученные нами значения сопротивлений при крошении пласта клином с острым углом вхождения в почву (7)

$$N = \frac{q \cdot b_i^3 \cdot (2 \cos \gamma - 1)}{3 \cdot \sin \beta \cdot \operatorname{tg}^2 \beta \cdot \sin 2\gamma \cdot \cos \gamma}, \quad (7)$$

где b_i – глубина хода рабочего органа, м;

γ – угол раствора крыла клина, град;

β – угол крошения, град.

и получим

$$P = \sum_1^3 \frac{q \cdot b_i^3 \cdot (2 \cos \gamma - 1)}{3 \cdot \sin \beta \cdot \operatorname{tg}^2 \beta \cdot \sin 2\gamma \cdot \cos \gamma} + \varepsilon (a_1 + a_2 + a_3) \cdot (b_1 + b_2 + b_3) \cdot v^2 \quad (8).$$

Таким образом, использование настоящего выражения (8) дает возможность определить сопротивление любого почвообрабатывающего орудия. Для определения сопротивления необходимо знать геометрические параметры этих рабочих органов, твердость почвы и энергетику пласта при его обороте. Графическая интерпретация полученного выражения представлена на рисунке 4. Анализ полученного выражения дает право сделать заключение, что сопротивление почвы движению трехгранного клина представляет собой кривую третьего порядка.

Выводы

1. Угол раствора γ при крошении пласта почвы оказывает влияние на его сопротивление. При увеличении угла раствора до 0,45 сопротивление возрастает. Дальнейшее увеличение приводит к снижению сопротивления.
2. Угол крошения пласта изменяется по гиперболическому закону, при этом увеличение угла ведет к снижению значения нормального давления.
3. Характер изменения общего сопротивления имеет зависимость третьего порядка.

Список литературы

1. Петунин А.Ф. Движение клина в почве / А.Ф. Петунин, В.Н. Ефремова. //Сб. «Ресурсосберегающие технологии и установки». Краснодар: КубГАУ, 2009, С. 38–40.
2. Петунина И.А. Определение точки приложения равнодействующей / Петунина И.А., Петунин А.Ф., Ефремова В.Н. // Сб. «Ресурсосберегающие технологии и установки». Краснодар: КубГАУ, 2011. С. 54–57.
3. Петунин А.Ф. Сопротивление почвы при вспашке ярусным плугом / Петунин А.Ф., Ефремова В.Н. // Итоги научно-исследовательской работы за 2012 год: материалы конференции. Краснодар: КубГАУ, 2013, С. 362–364.

References

1. Petunin A.F. Dvizhenie klina v pochve / A.F. Petunin, V.N. Efremova. //Sb. «Resursosberegajushhie tehnologii i ustanovki». Krasnodar: KybGAU, 2009, S. 38–40.
2. Petunina I.A. Opredelenie točki prilozhenija ravnodejstvujushhej / Petunina I.A., Petunin A.F., Efremova V.N. // Sb. «Resursosberegajushhie tehnologii i ustanovki». Krasnodar: KubGAU, 2011. S. 54–57.
3. Petunin A.F. Soprotivlenie pochvy pri vspashke jarusnym plugom / Petunin A.F., Efremova V.N. // Itogi nauchno-issledovatel'skoj raboty za 2012 god: materialy kon-ferencii. Krasnodar: KybGAU, 2013, S. 362–364.