

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЯГОВО-ПРИВОДНОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА

Петров Михаил Александрович¹, аспирант кафедры «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства»

Савельев Юрий Александрович¹, доктор технических наук, профессор кафедры «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства»

Ишкин Павел Александрович², кандидат технических наук, заместитель директора по науке ФГБУ Поволжская МИС

¹ ФГБОУ ВО Самарская ГСХА

² ФГБУ Поволжская МИС

¹ 446442, Самарская область, г.о. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2. тел. 8(846-63) 46-2-31

² 446442, Самарская область, г.о. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, 82. тел. 8(84663) 46-1-43

Ключевые слова: *поверхностная обработка почвы, эффективность использования, энергосбережение, трактор, скорость.*

Обработка почвы является наиболее энергоемкой операцией в растениеводстве, на которую приходится до 40 % общих энергетических затрат. Повышение энергоэффективности обработки почвы является одной из важных задач в повышении рентабельности сельскохозяйственного производства. Предложено повысить энергоэффективность обработки почвы за счет применения тягово-приводных почвообрабатывающих орудий с активными рабочими органами, не создающих высоких тяговых сопротивлений и не требующих большого тягово-сцепного веса агрегирующего трактора. Снижение тягового сопротивления орудия достигается за счет передачи основной доли мощности, потребляемой орудием на технологический процесс рыхления почвы, через вал механизма отбора мощности трактора на приводные ротационные рабочие органы, которые, в свою очередь, создают толкающее усилие, минимизируя тяговое сопротивление почвообрабатывающего орудия. Приводится анализ энергоэффективности обработки почвы с применением тягово-приводных почвообрабатывающих орудий, оснащенных активными рабочими органами. Наиболее полно энергоэффективность тягово-приводного почвообрабатывающего агрегата отражает коэффициент полезного действия (к.п.д.) машинно-тракторного агрегата. Этот коэффициент показывает, насколько полно используется полезная мощность трактора при выполнении технологического процесса обработки почвы. К.п.д. позволяет выявить пути оптимизации конструктивно-технологических параметров тягово-приводного машинно-тракторного агрегата. Получены формулы для определения к.п.д. тягово-приводного машинно-тракторного агрегата. Установлена возможность повышения к.п.д. агрегата за счет снижения буксования колес трактора и потерь на перекачивание агрегата, что достигается передачей части мощности через вал отбора мощности на приводные рабочие органы, которые компенсируют тяговое сопротивление орудия и создают толкающее усилие, снижая сопротивление на перекачивание агрегата.

Введение

Энергоэффективность сельскохозяйственного производства в целом во многом определяет энергоэффективность каждой составляющей технологического процесса. В растениеводстве к наиболее энергоемким операциям относят обработку почвы, на которую приходится до 40 % общих энергетических затрат [1, 2, 3, 4]. В связи с этим актуальными и значимыми являются исследования, направленные на оптимизацию технологических параметров машинно-тракторных агрегатов, что позволяет повысить эффективность использования энергетических ресурсов в растениеводстве.

Повышение энергоэффективности обработки почвы возможно за счет применения тягово-приводных почвообрабатывающих орудий с

активными рабочими органами, не создающих больших тяговых сопротивлений и не требующих значительного тягово-сцепного веса агрегирующего трактора [5, 6, 7, 8].

Объекты и методы исследований

Для повышения энергоэффективности обработки почвы разработано тягово-приводное почвообрабатывающее орудие (рис. 1), имеющее малое тяговое сопротивление. Снижение тягового сопротивления орудия достигается за счет передачи основной доли мощности, потребляемой орудием на технологический процесс рыхления почвы, через вал механизма отбора мощности трактора на приводные ротационные рабочие органы, которые, в свою очередь, создают толкающее усилие, минимизируя тяговое сопротивление почвообрабатывающего орудия [9].

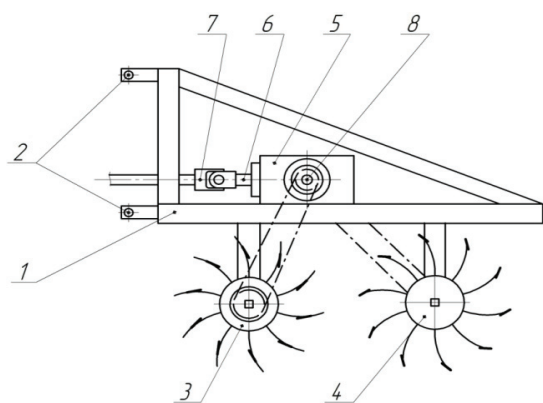


Рис. 1 – Тягово-приводное почвообрабатывающее орудие:

1 - рама; 2 - навесное устройство; 3, 4 - игольчатые диски; 5 - конический редуктор; 6 - входной вал; 7 - карданный вал; 8 - выходной вал

Наиболее полно энергоэффективность тягово-приводного почвообрабатывающего агрегата отражает такой параметр, как коэффициент полезного действия машинно-тракторного агрегата (к.п.д. МТА). Этот параметр зависит от технологического процесса, конструкции машины, ходового аппарата, веса агрегата, режимов обработки почвы и других конструктивно-технологических параметров. К.п.д. МТА показывает, насколько полно используется полезная мощность трактора при выполнении технологического процесса обработки почвы. К.п.д. позволяет выявить пути оптимизации конструктивно-технологических параметров тягово-приводного машинно-тракторного агрегата [10, 11].

Результаты исследований

При работе тягово-приводного машинно-тракторного агрегата к.п.д. можно представить зависимостью:

$$\eta_{МТА} = \eta_{ТГ} \cdot \eta_{СХМ}, \quad (1)$$

где $\eta_{МТА}$ – к.п.д. тягово-приводного МТА;

$\eta_{ТГ}$ – к.п.д. трактора; $\eta_{СХМ}$ – к.п.д. сельскохозяйственного орудия.

Известно [12], что к.п.д. трактора, используемого в тягово-приводном режиме,

$$\eta_{ТГ} = \eta_{Т} \cdot (1 - K_{пр}) + \eta_{ВОМ} \cdot K_{пр}, \quad (2)$$

где $\eta_{Т}$ – тяговый к.п.д. трактора; $K_{пр}$ – доля полезной мощности двигателя трактора, передающаяся на вал отбора мощности (ВОМ);

$\eta_{ВОМ}$ – к.п.д. передачи от двигателя трактора на ВОМ.

Тяговый к.п.д. трактора можно представить в виде:

$$\eta_{Т} = \eta_{неп} \cdot \eta_{К}, \quad (3)$$

где $\eta_{неп}$ – к.п.д. передачи от двигателя трактора на вал ведущих колес (к.п.д. трансмиссии); $\eta_{К}$ – к.п.д. колес трактора.

К.п.д. колес трактора [13, 14]:

$$\eta_{К} = (1 - \delta) \cdot \left(1 - \frac{F_{кач}}{F_{к}}\right), \quad (4)$$

где δ – буксование колес трактора; $F_{кач}$ – сила сопротивления перекатывания трактора по полю, Н; $F_{к}$ – касательная сила тяги, создаваемая на колесе трактора, Н.

Следовательно, к.п.д. трактора в тягово-приводном режиме

$$\eta_{ТГ} = \eta_{неп} \cdot (1 - \delta) \cdot \left(1 - \frac{F_{кач}}{F_{к}}\right) \cdot (1 - K_{пр}) + \eta_{ВОМ} \cdot K_{пр}, \quad (5)$$

К.п.д. тягово-приводного сельскохозяйственного орудия

$$\eta_{СХМ} = \eta_{ТМ} \cdot \eta_{ПМ}, \quad (6)$$

где $\eta_{ТМ}$ – к.п.д. использования тяговой

мощности тягово-приводным орудием; $\eta_{ПМ}$ – к.п.д. использования приводной мощности тягово-приводным орудием.

Полезная работа (рыхление почвы) тягово-приводного дискового орудия осуществляется при перекатывании дисковых рабочих органов по полю. При этом дисковые рабочие органы, как и колеса трактора, испытывают сопротивление на перекатывание с буксованием.

Таким образом, к.п.д. тягово-приводного сельскохозяйственного орудия можно рассматривать аналогично к.п.д. колес трактора с учетом того, что сопротивление дисков перекатыванию является полезной нагрузкой:

$$\eta_{СХМ} = \eta_{неп.СХМ} \cdot (1 - \delta_{ро}) \cdot \eta_{кач.СХМ} \quad (7)$$

где $\eta_{неп.СХМ}$ – к.п.д. передачи от ВОМ трактора на вал дисковых рабочих органов почвообрабатывающего орудия; $\eta_{кач.СХМ}$

– к.п.д. перекачивания опорных колес тягово-приводного орудия по полю; δ_{po} – буксование дисковых рабочих органов тягово-приводного орудия.

К.п.д. передачи орудия можно определить, если вычесть из мощности, передаваемой через ВОМ, мощность, потребляемую при холостой работе тягово-приводного орудия:

$$\eta_{пер.СХМ} = \frac{N_{ВОМ} - N_X}{N_{ВОМ}} = \frac{M_{ВОМ} - M_X}{M_{ВОМ}}, \quad (8)$$

где $N_{ВОМ}$ – мощность, потребляемая орудием от ВОМ трактора в работе, Вт; N_X – мощность, потребляемая орудием от ВОМ трактора в холостом режиме (рабочие органы выглублены), Вт; $M_{ВОМ}$ – крутящий момент на ВОМ трактора, передаваемый орудью в работе, Н·м; M_X – крутящий момент на ВОМ трактора, передаваемый орудью в холостом режиме, Н·м.

При оценке к.п.д. перекачивания опорных колес тягово-приводного орудия по полю необходимо учитывать выталкивающую вертикальную составляющую реакции почвы, которая появляется в процессе работы тягово-приводных дисковых рабочих органов [12]:

$$\eta_{кат.СХМ} = \frac{F_{тяг} - \mu \cdot (G_M - F_y)}{F_{тяг}}, \quad (9)$$

где $F_{тяг}$ – тяговое усилие, создаваемое трактором, Н; μ – коэффициент сопротивления перекачиванию опорных колес; G_M – сила тяжести тягово-приводного орудия, Н; F_y – вертикальная составляющая реакции почвы, Н.

Буксование дисковых рабочих органов тягово-приводного орудия

$$\delta_{po} = \frac{v_{ок} - v_p}{v_{ок}}, \quad (10)$$

где $v_{ок}$ – окружная скорость движения внешних точек дискового рабочего органа, м/с;

v_p – рабочая (фактическая) скорость движения тягово-приводного орудия или машинно-тракторного агрегата, м/с.

При этом окружная скорость движения

внешних точек дискового рабочего органа

$$v_{ок} = \omega_{\partial} \cdot r_{\partial}, \quad (11)$$

где ω_{∂} – угловая скорость вращения дисковой батареи, с⁻¹; r_{∂} – внешний радиус дисковых рабочих органов, м.

Рабочая скорость тягово-приводного орудия

$$v_p = \omega_{\partial} \cdot r_k, \quad (12)$$

где r_k – радиус качения дисковых рабочих органов, м.

Радиус качения (кинематический радиус) дисковых рабочих органов определяет положение мгновенного центра скоростей $O_{цк}$, расположенного ниже по вертикали от оси вращения дисков на величину r_k (рис. 2).

При этом отношение внешнего радиуса дисковых рабочих органов r_{∂} к радиусу их качения r_k является кинематическим параметром: К работы дисков, который также является отношением окружной скорости движения внешних точек дискового рабочего органа $v_{ок}$ к рабочей скорости движения тягово-приводного орудия v_p :

$$K = \frac{r_{\partial}}{r_k} = \frac{v_{ок}}{v_p}. \quad (13)$$

Учитывая, что рабочая скорость тягово-приводного орудия v_p равна скорости движения агрегата, которая определяется рабочей скоростью движения трактора на выбранной

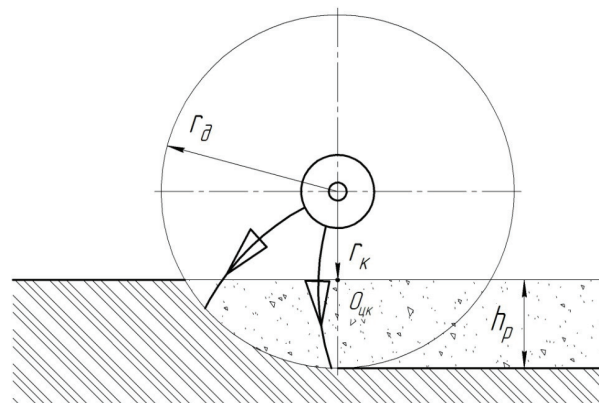


Рис. 2 – К определению радиуса качения дисковых рабочих органов

передаче, следовательно

$$v_p = v_m \cdot (1 - \delta), \quad (14)$$

где v_m – окружная скорость движения внешних точек колеса трактора, м/с.

Тогда кинематический параметр

$$K = \frac{r_\delta}{r_x} = \frac{v_{ок}}{v_m \cdot (1 - \delta)}. \quad (15)$$

В данной зависимости окружная скорость движения внешних точек дискового рабочего органа $v_{ок}$ и окружная скорость движения

внешних точек колеса трактора v_m зависят друг от друга, так как колеса и диски кинематически связаны между собой механическими передачами. Поэтому отношение этих скоростей является величиной постоянной, и его можно обо-

значить коэффициентом $K_T = \frac{v_{ок}}{v_m}$. С учетом этого, кинематический параметр

$$K = \frac{K_T}{(1 - \delta)}. \quad (16)$$

Для минимизации тягового сопротивления, создаваемого тягово-приводным орудием, необходимо исключить контакт затылочной части зуба с почвой. Это возможно при условии, что мгновенный центр скоростей будет располагаться на поверхности почвы или выше ее. Рассмотрим случай, когда мгновенный центр скоростей располагается на поверхности почвы (рис. 2). Тогда можно записать:

$$r_\delta = r_x + h_p, \quad (17)$$

где h_p – глубина рыхления почвы дисковым рабочим органом, м.

Учитывая, что $r_x = \frac{r_\delta}{K}$, зависимость (17) можно представить в виде:

$$r_\delta = \frac{r_\delta}{K} + h_p \quad \text{или} \quad r_\delta = h_p \cdot \frac{K}{K - 1} \quad (18)$$

Тогда, с учетом зависимости (16), зависимость (18) примет вид:

$$r_\delta = h_p \cdot \frac{K_T}{K_T + \delta - 1}. \quad (19)$$

Выразим K_T из формулы (19):

$$K_T = \frac{\delta - 1}{\frac{h_p}{r_\delta} - 1}. \quad (20)$$

Буксование дисковых рабочих органов тягово-приводного орудия, определяемое зависимостью (10), с учетом формул (13) и (16) можно представить в следующем виде:

$$\delta_{po} = \frac{K_T + \delta - 1}{K_T}. \quad (21)$$

Коэффициент полезного действия тягово-приводного орудия, определяемый зависимостью (7), с учетом выражений (8), (9), (20) и (21) можно представить в виде:

$$\eta_{СХМ} = \left(1 - \frac{M_X}{M_{ВОМ}}\right) \cdot \left(1 - \frac{h_p}{r_\delta}\right) \cdot \left(1 - \frac{\mu \cdot (G_M - F_Y)}{F_{тяг}}\right). \quad (22)$$

Таким образом, коэффициент полезного действия тягово-приводного машинотракторного агрегата

$$\eta_{МТЛ} = \left[\eta_{пр} \cdot (1 - \delta) \cdot \left(1 - \frac{F_{ок}}{F_x}\right) \cdot (1 - K_{пр}) + \eta_{ВОМ} \cdot K_{пр}\right] \cdot \left(1 - \frac{M_X}{M_{ВОМ}}\right) \cdot \left(1 - \frac{h_p}{r_\delta}\right) \cdot \left(1 - \frac{\mu \cdot (G_M - F_Y)}{F_{тяг}}\right)$$

Следовательно, для повышения к.п.д. тягово-приводного машинно-тракторного агрегата при агротехнически заданной глубине обработки необходимо увеличить диаметр дискового рабочего органа и найти оптимальное соотношение между массой машины и буксованием колес трактора.

Выводы

Анализ полученной зависимости показал, что повысить к.п.д. тягово-приводного машинно-тракторного агрегата можно за счет снижения буксования колес трактора и потерь на перекачивание агрегата. Это достигается передачей части мощности через ВОМ на приводные рабочие органы, которые компенсируют тяговое сопротивление орудия и создают толкающее усилие, снижая сопротивление на перекачивание. Кроме того, необходимо минимизировать в допустимых пределах соотношение глубины обработки и радиуса приводного дискового рабочего органа, что также повышает к.п.д. агрегата.

Библиографический список

1. Инаекян, С.А. Научные основы повышения эффективности почвообрабатывающих машин для предпосевной обработки почвы: монография / С.А.Инаекян. - М.: ВИСХОМ, 1992. - 115 с.

2. Зыкин, Е.С. Энергетическая эффективность гребневой технологии возделывания пропашных культур / Е.С. Зыкин, В.И. Курдюмов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2017. - № 1 (37). – С. 160-166.

3. Исследование энергозатрат на возделывание сельскохозяйственной культуры / М.Б. Халилов, Ш.М. Халилов, А.Б. Исмаилов, Б.А. Джапаров// Проблемы развития АПК региона. –2014. - Том 18, № 2-18(18). – С. 72-76.

4. Савельев, Ю.А. Повышение эффективности разуплотнения почвы применением мелкой осенней полосовой обработки: монография / Ю.А. Савельев, П.А. Ишкин. – Кинель: Самарская ГСХА, 2017. – 158 с.

5. Савельев, Ю.А. Теоретическое исследование влияния способа агрегатирования на уплотнение почвы движителями трактора / Ю.А. Савельев, П.А. Ишкин, М.А. Петров // Эксплуатация автотракторной и сельскохозяйственной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы: сборник статей III Международной научно-практической конференции. – Пенза: Пензенский ГАУ, 2017. – С. 120-122.

6. Петров, М.А. Анализ теоретических исследований технологических параметров тягово-приводных рабочих органов / М.А. Петров, Ю.А. Савельев, П.А. Ишкин // Вклад молодых ученых в аграрную науку. Материалы Международной научно-практической конференции. – Кинель: Самарская ГСХА, 2017. - С. 254-257.

7. Performance of free rolling and powered tillage discs / P.P. Nalavade, V.M. Salokhe., T. Niyamapa, P. Soni // Soil and tillage research. – 2010. – Vol.109. – P. 87-93.

8. Development of a disc harrow for on-farm crop residue management / P.P. Nalavade, V.M. Salokhe., T. Niyamapa, P. Soni // International

Agricultural Engineering journal. -2013. – Vol. 22(1). – P. 49-60.

9. Пат. 2538810 Российская Федерация, МПК А 01 В 33/02. Орудие для поверхностной обработки почвы / П.А. Ишкин, Ю.А. Савельев, А.М. Петров, М.А. Петров; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Самарская гос. с.-х. академия - № 2013146320/13; заяв. 16.10.2013; опубл. 10.01.2015, Бюл. № 1. - 7 с.

10. Мусин, Р.М. Повышение эффективности культиваторных агрегатов с движителями-рыхлителями: монография / Р.М. Мусин, Р.Р. Мингалимов. – Кинель: Самарская ГСХА, – 2012. – 156 с.

11. Мингалимов, Р.Р. Исследования процесса образования и использования дополнительной движущей силы машинно-тракторного агрегата в результате применения движителей-рыхлителей / Р.Р. Мингалимов, Р.М. Мусин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1 (29). – С. 126-132.

12. Чаткин, М.Н. Кинематика и динамика ротационных почвообрабатывающих рабочих органов с винтовыми элементами: монография / М.Н. Чаткин; науч. ред. В.И. Медведев, П.П. Лезин. - Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2008. - 315 с.

13. Гуськов, А.В. Определение тягово-сцепных качеств шин ведущих колес трактора / А.В. Гуськов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2007. – № 37 – С.71-74.

14. Zoz, F.M. Traction and Tractor Performance / F.M. Zoz, R.D. Grisso. ASAE Distinguished Lecture № 27, Agricultural Equipment Technology Conference, 9-11 February 2003, Louisville, Kentucky, USA.

EFFICIENCY IMPROVEMENT OF DRAFT-DRIVE TILTHER

Petrov M.A.¹, Saveliev Yu.A.¹, Ishkin P.A.²

¹FSBEI HE Samara SAA, ²FSBI Volga region machine testing station

¹446442, Samara Region, Kinel, Ust-Kinelsky v., Uchebnaya st., 2. tel. 8 (846-63) 46-2-31

²446442, Samara Region, Kinel, Ust-Kinelsky v., Shosseynaya st., 82. tel. 8 (84663) 46-1-83

Key words: surface tillage, efficiency of use, energy saving, tractor, speed.

Soil tillage is the most energy-consuming operation in crop production, accounting up to 40% of total energy costs. Increasing energy efficiency of tillage is one of the important tasks in rising of agricultural production profitability. It is proposed to increase the energy efficiency of soil tillage by means of draft-drive tillers with active working bodies that do not create high draft resistances and do not require a large draft weight of the aggregating tractor. Reduction of aggregate draft resistance is achieved by transferring the most power consumed by the aggregate to the technological process of soil loosening, with the shaft of the tractor power takeoff mechanism to the driven rotational working elements, which in turn, create a pushing force, minimizing the draft resistance of the tiller. An analysis of the energy efficiency of soil tillage using draft-drive tillers equipped with active working organs is presented. The greatest energy efficiency of the draft-drive tiller is revealed by the efficiency factor of the machine-tractor unit. This coefficient shows how much of the useful power of the tractor is used when performing the tillage technological process. The efficiency factor allows to identify ways of improving design parameters of the draft-drive machine-tractor unit. Formulas for determining the efficiency of the draft-drive machine-tractor unit have been derived. We established the possibility of increasing the aggregate efficiency by reducing the tractor wheel skidding and the loss for its rolling, which is achieved by transferring part of the power with the shaft of the tractor power takeoff to the drive working organs that compensate the draft resistance and create a pushing force, reducing the resistance for rolling.

Bibliography

1. Inaekyan, S.A. *Scientific basis for increasing the effectiveness of soil-tillage machines for presowing soil tillage: monograph*. - M.: All-Union Institute of Agricultural Engineering, 1992. - 115 p.
2. Zykin, E.S. Energy efficiency of ridge tillage technology of tilled crops / E.S. Zykin, V.I. Kurdyumov // *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. - 2017. - No. 1 (37). - P. 160-166.
3. Research of energy costs for cultivation of agricultural crops / M.B. Khalilov, Sh.M. Khalilov, A.B. Ismailov, B.A. Japarov - *Problems of development of the agro-industrial complex of the region*. - Makhachkala: Publishing House of Dagestan SAU named after M.M. Dzhambulatov, 2014. - V. 18. - No 2-18 (18). - P. 72-76.
4. Saveliev, Yu.A. *Increase of soil decomposition efficiency by using autumn strip tillage: monograph* / Yu.A. Saveliev, P.A. Ishkin. - Kinel: Samara State Agricultural Academy, 2017. - 158 p.
5. Saveliev, Yu.A. Theoretical study of the effect of aggregation method on soil compaction by tractor propulsors / Yu.A. Saveliev, P.A. Ishkin, M.A. Petrov // *In the digest: Exploitation of automotive and agricultural machinery: experience, problems, innovations, prospects* / Collection of scientific works of the III International scientific and practical conference. - Penza: Penza SAU - 2017. - P. 120-122.
6. Petrov, M.A. The analysis of theoretical research of technological parameters of draft-drive working bodies / M.A. Petrov, Yu.A. Saveliev, P.A. Ishkin // *In the digest: The contribution of young scientists to agrarian science. Materials of the International scientific and practical conference*. - Kinel: Samara State Agricultural Academy, 2017. - P. 254-257.
7. Nalavade, P.P. Performance of free rolling and powered tillage discs [Text] / P.P. Nalavade, V.M. Salokhe., T. Niyamapa, P. Soni // *Soil and Tillage Research*. - 2010. - 109. - P. 87-93.
8. Nalavade, P.P. Development of a disc harrow for on-farm crop residue management [Text] / P.P. Nalavade, V.M. Salokhe., T. Niyamapa, P. Soni // *International Agricultural Engineering Journal*. 2013. Vol. 22 (1). - P. 49-60.
9. Pat. 2538810 Russian Federation, IPC A 01 B 33/02. A unit for surface tillage / P.A. Ishkin, Yu.A. Saveliev, A.M. Petrov, M.A. Petrov; applicant and patent owner FSBEI HE Samara State Agricultural Academy - No 2013146320/13; appl. 16.10.2013; publ. 10.01.2015, Bul. No 1. - 7 p.
10. Musin, R.M. *Increasing the efficiency of cultivator units with ripper-propulsors: monograph* / R.M. Musin, R.R. Mingalimov. - Kinel: Samara State Agricultural Academy, - 2012. - 156 p.
11. Mingalimov, R.R. Research of the process of formation and use of additional driving force of the machine-tractor unit as a result of application of ripper-propulsors / R.R. Mingalimov, R.M. Musin // *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. - 2015. - No. 1 (29). - P. 126-132.
12. Chatkin, M.N. *Kinematics and dynamics of rotary tiller working tools with screw elements: monograph* / M.N. Chatkin; scientific editor: V.I. Medvedev, P.P. Lezin. - Saransk: Publishing House of Mordovian University, 2008. - 315 p.
13. Guskov, A.V. Specification of draft-coupling qualities of tires of tractor driving wheels / *Vestnik of Kharkov National Automobile and Traffic University*. - 2007. - No. 37 - P.71-74.
14. Zoz, F.M. *Traction and Tractor Performance* / F.M. Zoz, R.D. Grisso. ASAE Distinguished Lecture No. 27, Agricultural Equipment Technology Conference, 9-11 February 2003, Louisville, Kentucky, USA.