



УДК 629:367; 631.35.076

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-1-11-17

## ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ УБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ НА СЛАБОНЕСУЩИХ ГРУНТАХ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ РЕГИОНЕ

**Панасюк А.Н.<sup>1\*</sup>**,  
докт. техн. наук;  
**Годжаев З.А.<sup>2</sup>**,  
докт. техн. наук;

**Канделя М.В.<sup>1</sup>**,  
канд. техн. наук, профессор;  
**Липкань А.В.<sup>1</sup>**;

**Ширяев В.М.<sup>1</sup>**;  
**Кузьмин В.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Дальневосточный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, ул. Василенко, 5, г. Благовещенск, Амурская область, 675027, Российская Федерация, \*e-mail: alex28rus@list.ru

<sup>2</sup>Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация

На основании исследований авторы выявили актуальные задачи уборочных работ в Амурской области: обеспечение проходимости машин по переувлажненной почве, необходимость адаптирования машин к технологиям уборки сои, перевод части комбайнового парка на гусеничный ход, внедрение перегрузочных почвошадящих технологий уборки, повышение экономической эффективности машиноиспользования и послеуборочной сушки зерна колосовых и кукурузы. Показаны перспективные пути решения этих проблем: совершенствование конструкции гусеничных ходовых тележек комбайнов на резиноармированных гусеницах (РАГ); разработка и производство соезернового комбайна на РАГ или комплекта приспособлений к зерноуборочному комбайну на РАГ как опции, переводящей его в разряд соезерновых; разработка технологии, обеспечивающей сбор зерносоевого вороха полевой машиной на РАГ с одновременным измельчением и разбрасыванием соломы по полю, доставку зерносоевого вороха на стационарный пункт послеуборочной обработки для последующего разделения на семенное, товарное зерно и соевую полову как ценный белковый корм для животноводства, готовый для скармливания и хранения; разработка кормоуборочного комбайна на РАГ на блочно-модульной основе, то есть на базе универсального энергосредства на РАГ с 4-машинной схемой объемного гидропривода ходовой части; совершенствование конструкции гусеничных блоков с треугольной формой обвода; реализация перегрузочных технологий уборочных работ по системе ВИМЛИФТ. Производство уборочно-транспортных машин должно осуществляться на блочно-модульной основе – в виде комплекса самоходных сельскохозяйственных машин на базе высвобождаемого гибкого энерго модуля с комплектом сменных технологических адаптеров, обеспечивающих его загрузку в течение года. Агросрок уборки кукурузы на зерно следует перенести на более позднее время, когда зерно естественным образом достигает кондиционной влажности.

**Ключевые слова:** уборочные работы; агроэкологическая проходимость; комбайн; резиноармированная гусеница; перегрузочная почвошадящая технология; экономическая эффективность машиноиспользования; послеуборочная сушка зерна.

■ **Для цитирования:** Панасюк А.Н., Годжаев З.А., Канделя М.В., Липкань А.В., Ширяев В.М., Кузьмин В.А. Особенности работы уборочной техники на слабонесущих грунтах в Дальневосточном регионе // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. N1. С. 11-17.

## FEATURES OF HARVESTING MACHINERY OPERATION ON WEAK SOILS IN THE FAR EAST REGION

**A.N. Panasyuk<sup>1\*</sup>**,  
Dr. Sci. (Eng.);  
**Z.A. Godzhaev<sup>2</sup>**,  
Dr. Sci. (Eng.);

**M.V. Kandelya<sup>1</sup>**,  
Cand. Sci. (Eng.);  
**A.V. Lipkan<sup>1</sup>**;

**V.M. Shiryaev<sup>1</sup>**;  
**V.A. Kuz'min<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Far Eastern Research Institute of Agricultural Engineering and Electrification, Vasilenko St., 5, Blagoveshchensk, Amur region, 675027, Russian Federation, \*e-mail: alex28rus@list.ru

<sup>2</sup>Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation

The authors based on own researches established actual problems of harvesting in the Amur region: ensuring passability of machines on the waterlogged soil, need of machines adaptivising to technologies of soybean harvesting, transfer of a part of the combine fleet to a caterpillar track, implementation of reloading reducing impact on the soil technologies of harvesting, increase in cost efficiency of mashines use and postharvest drying of grain and corn. Perspective solutions of problems are shown: design development of caterpillar end trucks of combines with the rubber-reinforced tracks (RRT); engineering and production of the soybean-grain harvester with RRT or a set of devices for the grain harvester with RRT as the option transferring it to the category the soybean-grain ones; process development to provide harvesting of soybean heap by the machine with RRT which crush and spread straw across the field simultaneous, to deliver soybean heap to stationary point of postharvest handling for the subsequent separation into seeds, marketable soybean and a soy chaff as valuable protein feed for livestock production, ready for feeding and storage; engineering of the forage harvester with RRT on a block and modular basis, that is based on the multipurpose power mean on RRT with the 4-machine scheme of a hydrostatic power drive of a undercarriager; development of a design of caterpillar blocks with triangular shape of contour; implementation of reloading technologies of harvest operations on system VIMLIFT. Production of harvest transport vehicles should be performed on a block and modular basis – in the form of a complex of self-propelled agricultural machines based on the released multipurpose power module with a set of the replaceable technological adapters providing its loading within a year. The agroterm of corn on grain harvesting should be delayed to later time when grain reaches standard humidity naturally.

**Keywords:** Harvesting; Agroecological passability; Harvester; Rubber-reinforced track; Reloading reducing impact on the soil technology; Economic efficiency of the operating; Postharvest grain drying.

**For citation:** Panasyuk A.N., Godzhaev Z.A., Kandelya M.V., Lipkan' A.V., Shiryayev V.M., Kuz'min V.A. Features of harvesting machinery operation on weak soils in the Far East Region. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017; 1: 11-17. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-1-11-17. (In Russian)

Сельскохозяйственное производство Дальневосточного региона при проведении уборочных работ сталкивается с зональными особенностями: уборка влажных хлебов, кукурузы, труднообмолачиваемого риса и легкотравмируемой сои, экстремальные почвенно-климатические условия (переувлажнение почвы вследствие обильных дождей, снег, морозы, суточный перепад температур). Отсюда академическим и научно-исследовательским учреждениям региона сельскохозяйственного профиля предстоит решить следующие задачи:

- 1) обеспечение физической и агроэкологической проходимости уборочных машин;
- 2) адаптирование зерноуборочных комбайнов к технологиям уборки сои с минимальными прямыми и косвенными потерями;
- 3) расширение зонального парка уборочных и транспортно-технологических машин на гусеничном ходу;
- 4) внедрение перегрузочных почвоадаптирующих технологий уборки как в условиях переувлажнения почвы, так и при нормальных погодных условиях;
- 5) повышение экономической эффективности использования машин зональной мобильной полевой энергетики;
- 6) необходимость послеуборочной сушки зерна зерновых колосовых культур и кукурузы.

**Материалы и методы.** Обеспечение физической и агроэкологической проходимости предусматривает постановку зерноуборочных комбайнов на резиноармированные гусеницы (РАГ). Переход на

РАГ этой категории уборочно-транспортных машин в Амурской области – реально свершившийся факт. Созданы и серийно производятся зерноуборочные комбайны КЗС-812С «Амур-Палессе» и КЗС *Vector 450 Track* – соответственно с 2011 и 2012 гг. (рис. 1). Следующей задачей в данном направлении станет совершенствование конструкции гусеничных ходовых тележек (ГХТ) этих комбайнов на РАГ для повышения эксплуатационной надежности, рациональной развесовки по опорам и дальнейшего адаптирования комбайнов под уборку сои.

**Результаты и обсуждение.** С этой целью инженерам предстоит:

- доработать конструкцию ведущего моста ГХТ с 2-машинной схемой объемного гидропривода ходовой части типа ТГР-3 для достижения более высокого технического уровня (рис. 1а) [1];
- усовершенствовать схему управления поворотом на месте ГХТ с 4-машинной схемой объемного гидропривода ходовой части типа ТГР-5 с разномышленным движением гусениц (рис. 1б) [2];
- доработать унифицированную ГХТ до более высокого технического уровня как вариант готового изделия под заказ – для перевода других уборочно-транспортных машин на резиноармированный гусеничный ход в других регионах России и поставок за рубеж.

*Адаптирование зерноуборочных комбайнов к процессу уборки сои* предусматривает соблюдение следующих условий:



Рис. 1. Самоходные зерноуборочные комбайны на гусеничных тележках с резиноармированными гусеницами:

а – КЗС-812С «Амур-Палессе» на ГХТ мина ТГР-3;

б – КЗС Vector 450 Track на ГХТ мина ТГР-5

Fig. 1. Self-propelled harvesters with rubber-reinforced caterpillar end trucks:

а – KZS-812S Amur-Palesse; б – KZS Vector 450 Track

- низкий срез (проходят испытания усовершенствованные жатки соевые унифицированные ЖСУ-700, ЖСУ-900 и их модификации для комбайнов производства КЗ «Ростсельмаш» (рис. 1б);

- снижение потерь при очесывании бобов планками мотвила (логарифмические пружинные пальцы мотвила, установка необходимого числа оборотов мотвила для обеспечения оптимального соотношения линейной скорости граблин мотвила к рабочей скорости, правильный выбор высоты и выноса мотвила над режущим аппаратом в зависимости от высоты растений сои);

- улучшение равномерности подачи массы в молотилку вследствие расположения подбирающих пальцев шнека по винтовой линии;

- обеспечение мягкого, щадящего режима обмолота двухбарабанной молотилкой, в том числе благодаря применению понижающего редуктора;

- снижение уровня дробления и микроповреждений сои в результате изменения конструкции и материалов транспортирующих рабочих органов (шнеки и элеваторы), а также конфигурации бичей барабана;

- сокращение энергозатрат и улучшение качества измельчения влажной соломы благодаря повышению оборотов и расположению по винтовой линии ножей измельчителя-разбрасывателя незер-

новой части урожая [3];

- сбор половы как биологически ценного питательного корма для КРС.

Решение данной проблемы предусматривает разработку и производство соезернового комбайна на РАГ или комплекта приспособлений к зерноуборочному комбайну на РАГ как опции, переводящей его в разряд соезерновых.

*Адаптирование технологии для уборки сои* предусматривает разработку новых технологий, обеспечивающих выполнение тех же задач, что и при адаптации комбайна:

- снижение единичного и суммарного уровня воздействия на почву;

- уменьшение уровня дробления и микроповреждений семян сои, то есть повышение качества посевного материала;

- измельчение и рассев по поверхности поля незерновой части урожая для последующей ее заделки в почву для поддержания ее плодородия;

- сбор половы сои как биологически ценного корма.

Этим условиям соответствует, например, технология уборки, рекомендуемая для семеноводческих хозяйств, предусматривающая сбор зернового вороха полевой машиной на РАГ с одновременным измельчением и разбрасыванием соломы по полю. Затем транспортно-технологическое средство на РАГ с помощью механизма погрузки-разгрузки (МПР) системы ВИМЛИФТ подбирает оставленные на поле сменные кузова и доставляет на край поля, где их устанавливают с помощью такого же МПР на автотранспортные средства и доставляют на стационар [4-6]. Там ворох очищают и разделяют на семенное, продовольственное зерно и полу с подготовкой ее к хранению и последующему скормливанию (гранулирование, брикетирование).

*Расширение зонального парка уборочных и транспортно-технологических машин на РАГ* включает три позиции.

Первая – разработка технологий уборки кукурузы на силос, зеленой массы на сенаж, уборки трав на сено, в том числе в поймах рек и с неудобий. Для этого необходим кормоуборочный комбайн бункерного (кузовного) типа на РАГ. Желательно его разрабатывать на блочно-модульной основе, то есть на базе высвобождаемого энергосредства и комплектов сменных адаптеров: жаток и измельчителей, косилок-плющилок, валковых жаток, пресс-подборщиков и т.п. Без жатвенного адаптера кормоуборочный комбайн можно использовать как кузов-перегрузчик.

Мощный двигатель и надежный мост обеспечат расширение сферы использования энергомодуля как тягово-приводного энергосредства в посевной период.

Работа в данном направлении начата с создания



кормоуборочного комбайна на РАГ – КВК 6028С (рис. 2а).

Рассмотрим теоретическую основу процесса движения гусеничной уборочной машины, а также кинематику и динамику его поворота в условиях слабонесущих грунтов, характерных для дальневосточного региона (рис. 3). Поворот гусеничного трактора в реальных условиях представляет собой сложный процесс, который осуществляется изменением скорости движения гусениц. В простейшем случае процесс поворота рассматривается с некоторыми допущениями: движение происходит по горизонтальной поверхности, нагрузки распределены на опорные поверхности равномерно, силами инерции пренебрегают [7-9].



Рис. 2. Расширение зонального парка уборочно-транспортных машин и тракторов на РАГ:

а – кормоуборочный комбайн КВК 6028С; б – зерноуборочный комбайн GS-10,5С «Амурец»; с – зерноуборочный комбайн Vector 410 на полугусеничном ходу с гусеничными блоками ШПР (шасси полугусеничное на РАГ); д – использование гусеничных блоков ШПР для формирования 4-звенного гусеничного хода трактора Т-150-4Г.

Fig. 2. Expansion of the zone fleet of harvest transport machines and tractors on RRT:

а – forage harvester KVK 6028S; б – grain harvester GS-10.5C Amurets; с – grain harvester Vector 410 on semi-caterpillar to the course with caterpillar blocks of the chassis semi-caterpillar on RRT (CSR); д – use of the CSR caterpillar blocks for formation of a 4-unit caterpillar drive of the T-150-4G tractor

На данной схеме приняты следующие обозначения:  $XOYZ$  – неподвижная система координат,  $CX_1Y_1Z_1$  – подвижная система координат;  $C_1, C_2, C_3, C_4$  – точки крепления центров опорных катков;  $K_1, K_2, K_3, K_4$  – точки контакта гусениц с поверхностью;  $\vec{v}_{C_1}, \vec{v}_{C_2}, \vec{v}_{C_3}, \vec{v}_{C_4}$  – скорости точек крепления центра опорных катков;  $\vec{v}_{C_1}^{-x1}, \vec{v}_{C_2}^{-x1}, \vec{v}_{C_3}^{-x1}, \vec{v}_{C_4}^{-x1}$  – проекции скоростей точек крепления центров опорных катков на ось  $CX_1$ ;  $\vec{v}_{C_1}^{-y1}, \vec{v}_{C_2}^{-y1}, \vec{v}_{C_3}^{-y1}, \vec{v}_{C_4}^{-y1}$  – проекции скоростей точек крепления центра опорных

катков на ось  $CY_1$ ;  $\vec{v}_{K_1}, \vec{v}_{K_2}, \vec{v}_{K_3}, \vec{v}_{K_4}$  – скорости точек контакта опорных катков с поверхностью;  $\vec{v}_{K_1}^{-x1}, \vec{v}_{K_2}^{-x1}, \vec{v}_{K_3}^{-x1}, \vec{v}_{K_4}^{-x1}$  – проекции скоростей точек контакта опорных катков с поверхностью на ось  $CX_1$ ;  $\vec{v}_{K_1}^{-y1}, \vec{v}_{K_2}^{-y1}, \vec{v}_{K_3}^{-y1}, \vec{v}_{K_4}^{-y1}$  – проекции скоростей

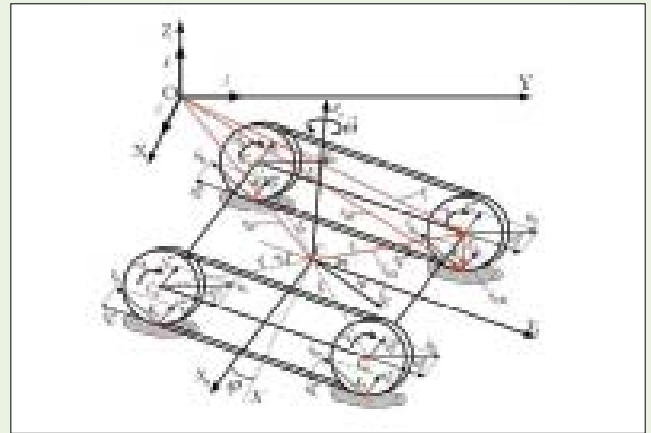


Рис. 3. Расчетная схема гусеничной машины

Fig. 3. Caterpillar machine analytical model

точек контакта опорных катков с поверхностью на ось  $CY_1$ ;  $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$  – угловые скорости вращения опорных катков;  $l_1$  – расстояние от центра масс до 1-го и 4-го катка;  $l_2$  – расстояние от центра масс (т.С) до 2-го и 3-го катка;  $\varphi$  – угол поворота корпуса робота вокруг  $CZ_1$ ;  $\alpha_1, \alpha_2$  – углы между линией  $CC_1$  и осью  $CY_1$  ( $\alpha_1$  для  $i=1,4$ ;  $\alpha_2$  для  $i=2,3$  соответственно);  $\psi$  – угол продольных колебаний машин [10-11].

При движении трактора с угловой скоростью  $\omega_T$  около центра поворота  $O$  (рис. 4) будем иметь:

$$\omega_T = \frac{v_0}{R}, \tag{1}$$

где  $v_0$  – скорость точки  $O_1$  (точка пересечения перпендикуляра, опущенного из центра поворота  $O$  на продольную ось симметрии трактора);

$R$  – радиус поворота.

Перемещение гусениц при повороте можно разложить на движения: вращение вокруг полюсов  $O_1$  и  $O_2$  с угловой скоростью  $\omega_T$  и прямолинейно-поступательное движение со скоростями  $v_1$  и  $v_2$ , которые можно выразить следующими соотношениями:

$$\begin{aligned} v_1 &= \omega_T(R - 0,5B) = v_0 \frac{R - 0,5B}{R}, \\ v_2 &= \omega_T(R + 0,5B) = v_0 \frac{R + 0,5B}{R}, \end{aligned} \tag{2}$$

где  $B$  – колея трактора;  $v_1, v_2$  – скорости, соответственно, отстающей и забегающей гусениц.

При повороте трактора, кроме линейного перемещения, гусеницы поворачиваются вокруг полюсов вращения  $O_1$  и  $O_2$ , что вызывает появление сил трения и боковых реакций между опорной поверхностью и грунтом [12].



На рисунке 5 показаны силы и моменты, действующие на трактор:

$P_{f1}$  и  $P_{f2}$  – силы сопротивления перекачиванию соответственно отстающей и забегающей гусениц;

$P_{к1}$  и  $P_{к2}$  – силы тяги соответственно на отстающей и забегающей гусеницах;

$M_c$  – суммарный момент касательных сил трения и реакции грунта на опорные поверхности гусениц.

Суммарный момент от элементарных сил сопротивления повороту обеих гусениц выражается следующим интегралом:

$$M_c = 4 \int_0^{0,5L} \frac{\mu G}{2L} x dx = \frac{\mu GL}{4}, \quad (3)$$

где  $G$  — вес трактора;  $\mu$  — коэффициент сопротивления повороту, учитывающий трение и реакции грунта при сдвиге опорной поверхности; он в большей мере определяется радиусом поворота и условно принимается одинаковым по всей длине поверхности;  $L$  – длина опорной поверхности гусениц.

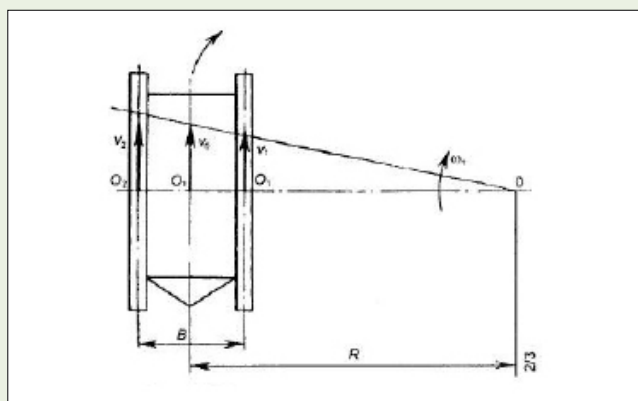


Рис. 4. Схема поворота гусеничного трактора

Fig. 4. Scheme of caterpillar tractor turn

Второе направление – постанковка комбайнов класса 7-10 кг/с с объемом бункера до 6-8 м<sup>3</sup> на ГХТ с РАГ (рис. 2b). При урожайности 18-36 ц/га данные машины обеспечат минимальную себестоимость работ и снижение уровня техногенного механического воздействия на почву.

Третий вариант – совершенствование конструкции и производство гусеничных блоков модели ШПР для формирования полугусеничных ходов с треугольной формой обвода резиноармированных гусениц и верхним расположением ведущей звездочки для комбайнов (рис. 2c). В качестве опций колесных комбайнов предусмотрен комплект сменных или дополнительных колес на управляемый мост. Это расширит возможности их использования для формирования полугусеничного хода на тракторах с управляемыми колесами и 4-звенного гусеничного хода – на тракторах с ломающейся рамой (рис. 2d).

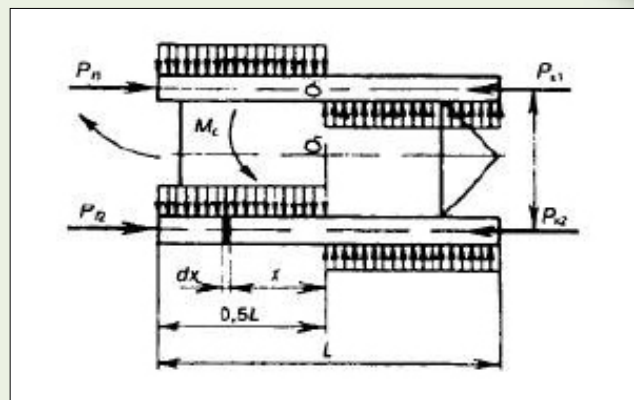


Рис. 5. Схема сил и моментов, действующих на трактор при повороте

Fig. 5. Scheme of forces and moments operating on the tractor at turn

Внедрение перегрузочных почвощадящих технологий уборки предусматривает разработку и производство универсального кузова-перегрузчика на РАГ для сбора урожая, доставки на край поля и перегрузки в автотранспортные средства. Более перспективна реализация перегрузочных технологий по системе ВИМЛИФТ. Чтобы адаптировать такие технологии к условиям Дальнего Востока, необходимы разработка и производство энерго модуля транспортно-технологического средства на РАГ с механизмом погрузки-разгрузки типа МПР-1 или МПР-2 и комплектом сменных кузовов грузоподъемностью 10-20 т. Внедрение перегрузочных технологий по системе ВИМЛИФТ позволит исключить при уборке сельхозкультур заезд на поле тяжелой колесной автомобильной и тракторной техники и, соответственно, деградацию почвы [13-14].

Повышение экономической эффективности зональной мобильной полевой энергетики связано с расширением сферы использования, занятости в течение года вычлняемого из состава самоходной сельскохозяйственной машины мобильного энерго модуля – самоходного шасси, включающего в себя дорогие двигатель, гидрообъемную и механическую трансмиссии, резиноармированные гусеницы, пост управления и контроля с кабиной. По нашим расчетам, повышение технико-экономической эффективности самоходных сельскохозяйственных машин нового поколения неизбежно связано с их блочно-модульным проектированием. Производство всех уборочно-транспортных машин должно осуществляться на блочно-модульной основе – в виде комплекса самоходных сельскохозяйственных машин на базе высвобождаемого, гибкого энерго модуля с комплектом сменных технологических адаптеров, обеспечивающих его загрузку в течение года [15-16].

Уборочно-транспортный технологический комплекс машин на базе универсального энергосред-

ства на РАГ блочно-модульной структуры состоит из самоходного шасси УЭС-150РГ, самоходной жатки валковой ЖВС-6РГ, самоходного кузова-перегрузчика СКП-6РГ, самоходного кузова-самосвала СКС-6РГ, универсального тягового энергосредства УТЭС-150РГ в агрегате с культиватором-разуплотнителем.

Необходимость послеуборочной сушки зерна зерновых колосовых культур и кукурузы напрямую связана с проблемой энергосбережения и снижения себестоимости производимой продукции. Для этого нужны конструкции активного вентилирования холодным воздухом или высокоэффективные системы горячей сушки с рекуперацией тепла [17].

Решение данной проблемы возможно и в другом направлении. Так, с появлением высокопроизводительных комбайнов на РАГ с высокоэффективной системой регулирования микроклимата в кабине и системой облегченного запуска двигателя при от-

рицательных температурах появляется возможность смещения агросроков уборки кукурузы на зерно на более поздние сроки, когда зерно естественным образом достигает кондиционной влажности, то есть в ноябре, при устойчивых отрицательных температурах и замерзшей почве.

#### **Выводы**

Таким образом, для выполнения уборочных работ на слабонесущих грунтах Дальневосточного региона необходимы перспективные ходовые системы, обеспечивающие проходимость, и, как следствие, своевременную уборку урожая. Приведены аналитические зависимости действия сил и их направления при повороте машин на съёмных гусеничных движителях. В настоящий момент можно смело утверждать, что съёмные гусеничные движители являются наиболее перспективным видом ходовых систем для сельскохозяйственных машин Дальневосточного региона.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Липкань А.В., Самсонов Р.Е. Экспериментальная оценка воздействия на почву зерноуборочных комбайнов на резиноармированных гусеницах на уборке сои в Амурской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2012. Вып. 2 (22). С. 17-21.
2. Липкань А.В., Самсонов Р.Е., Лазарев В.И., Канделя М.В. Сравнительная оценка воздействия на почву зерноуборочных комбайнов // Механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве: Сборник научных трудов. Вып. 20. Благовещенск: ДальГАУ, 2013. С. 183-198.
3. Пат. № 2285563 РФ. Измельчитель соломы / Мухин В.П., Присяжный М.М., Татаринцев М.И., Хилько В.И. // Бюлл. 2006.
4. Измайлов А.Ю., Артюшин А.А., Евтюшенков Н.Е. Научное обеспечение транспортного адаптера // Техника в сельском хозяйстве. 2007. №6. С. 22-23.
5. Годжаев З.А., Евтюшенков Н.Е., Крюков М.Л. Транспортные средства на гусеничном ходу // Сельский механизатор. 2016. №4. С. 39-40.
6. Годжаев З.А., Евтюшенков Н.Е. Снижение воздействия ходовых систем на почву // Сельский механизатор. 2016. №8. С. 38-39.
7. Горин Г.С., Годжаев З.А., Головач В.М., Кузьмин В.А. Исследования поворачиваемости трактора для построения гибридной теории поворота // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. №5. С. 3-11
8. Измайлов А.Ю., Годжаев З.А., Прядкин В.И. Влияние давления в высокоэластичной шине на тяговые свойства колеса // Автомобильная промышленность. 2015. №2. С. 9-12
9. Ervin R.D., Mallikarjunarao C.A. A study of the yaw stability of tractor-semitrailer combination. Veh. Sys. Dyn., 1981, vol. 10, N-2-3. -pp. 102-105.
10. Яцун С.Ф., Чжо Пью Вей, Мальчиков А.В., Тарасова Е.С. Математическое моделирование мобильного гусеничного робота // Современные проблемы науки и образования. 2013. №6.
11. MacAdam C.C. A computer simulation study of the closed-loop stability and maneuverability of articulated coach/driver systems. Veh. Sys. Dyn., 1983, vol. 12, N:1/3. pp. 96-97.
12. Липкань А.В., Самсонов Р.Е., Панасюк А.Н. Результаты производственной проверки эффективности шасси полугусеничного типа на комбайнах и перспективы его использования на тракторах // Инновационные технологии и техника нового поколения – основа модернизации сельского хозяйства: Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. Т. 2. М.: ВИМ, 2012. С. 67-71.
13. Fancher P.S. The static stability of articulated commercial vehicles. Veh. Sys. Dyn., 1985, vol. 14, N:4. pp. 201-227.
14. Годжаев З.А., Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е., Крюков М.Л. К вопросу создания экологически безопасных всесезонных автомобилей сельскохозяйственного назначения // Тракторы и сельхозмашины. 2016. №3. С. 48-52.
15. Патент № 2491176 РФ. Переходное устройство для установки дополнительных колес на управляемый мост транспортного средства / Липкань А.В., Мухин В.П., Гулевич Л.Н. // Бюлл. 2013.
16. Канделя М.В., Липкань А.В. Разработка транспортно-технологического средства на гусеничном ходу // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. №2. С. 15-19.
17. Козлов А.В. Технология двухэтапной сушки семенного зерна повышенной влажности в условиях Дальневосточного региона // Техника в сельском хозяйстве. 2014. №2. С.7-9.



## REFERENCES

1. Lipkan' A.V., Samsonov R.E. Experimental assessment of impact on the soil by combine harvesters on rubber tracks on soya cleaning in the Amur region. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*. 2012; 2 (22): 1721. (In Russian)
2. Lipkan' A.V., Samsonov R.E., Lazarev V.I., Kandelya M.V. Sravnitel'naya otsenka vozdeystviya na pochvu zernouborochnykh kombaynov [Comparative assessment of grain harvesters impact on the soil]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya tekhnologicheskikh protsessov v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve: Sbornik nauchnykh trudov*. Vol. 20. Blagoveshchensk: Dal'GAU, 2013: 183-198. (In Russian)
3. Pat. № 2285563 RF. Izmel'chitel' solomy [Straw chopper]. Mukhin V.P., Prisyazhnyy M.M., Tatarinov M.I., Khil'ko V.I. *Byull.* 2006. (In Russian)
4. Izmaylov A.Yu., Artyushin A.A., Evtyushenkov N.E. Scientific support of the transport adapter. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2007; 6: 2223.5. (In Russian)
5. Godzhaev Z.A., Evtyushenkov N.E., Kryukov M.L. Caterpillar track vehicles. *Sel'skiy mekhanizator*. 2016; 4: 3940. (In Russian)
6. Godzhaev Z.A., Evtyushenkov N.E. Decrease in impact of undercarriages on the soil. *Sel'skiy mekhanizator*. 2016; 8: 3839. (In Russian)
7. Gorin G.S., Godzhaev Z.A., Golovach V.M., Kuz'min V.A. Researces of tractor turnability for construction of hybrid theory of turn. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2016; 5: 3-11. (In Russian)
8. Izmaylov A.Yu., Godzhaev Z.A., Pryadkin V.I. Influence of pressure in the highly elastic trunk on traction properties of the wheel. *Avtomobil'naya promyshlennost'*. 2015; 2: 912. (In Russian)
9. Ervin R.D., Mallikarjunarao C.A. A study of the yaw stability of tractorsemitrailer combination. *Veh. Sys. Dyn.*, 1981, vol. 10, N.23. pp. 102105. (In English)
10. Yatsun S.F., Chzho P'o Vey, Mal'chikov A.V., Tarasova E.S. Mathematical modeling of mobile tracked robot. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2013; 6. (In Russian)
11. MacAdam C.C. A computer simulation studi of the closedloop stability and maneuverability of articulated coach/driver systems. *Veh. Sys. Dyn.*, 1983, vol. 12, N:1/3. pp. 9697. (In English)
12. Lipkan' A.V., Samsonov R.E., Panasyuk A.N. Results of production check of efficiency of the semicaterpillar chassis on combines and the prospects of its use on tractors. *Innovatsionnye tekhnologii i tekhnika novogo pokoleniya – osnova modernizatsii sel'skogo khozyaystva: Sbornik nauchnykh dokladov Mezhdunarodnoy nauchnotekhnicheskoy konferentsii*. Vol. 2. Moscow: VIM, 2012: 6771. (In Russian)
13. Fancher P.S. The static stability of agriculated comercial vehicles. *Veh. Sys. Dyn.*, 1985, vol. 14, H:4. pp. 201227. (In English)
14. Godzhaev Z.A., Izmaylov A.Yu., Evtyushenkov N.E., Kryukov M.L. Revisiting the creation of environmentally safe allweather machines of agricultural purpose. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2016; 3: 4852. (In Russian)
15. Pat. № 2491176 RF. Perekhodnoe ustroystvo dlya ustanovki dopolnitel'nykh koles na upravlyaemyy most transportnogo sredstva [Transitional device for additional wheels mounting on vehicle steering axle]. Lipkan' A.V., Mukhin V.P., Gulevich L.N. *Byull.* 2013. (In Russian)
16. Kandelya M.V., Lipkan' A.V. Development of a transportation and technological vehicle on track. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2014; 2: 1519. (In Russian)
17. Kozlov A.V. TTechnology of twostage drying of high moisture seed grains in the Far East region conditions. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2014; 2: 79. (In Russian)

**Критерии авторства.** Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution.** The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

