

# К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

## CREATING A DOMESTIC CATERPILLAR TRACTOR FOR MODERN AGRICULTURAL PRODUCTION

**В.М. ШАРИПОВ**<sup>1</sup>, д.т.н.  
**А.Ю. ИЗМАЙЛОВ**<sup>2</sup>, академик РАН  
**А.С. ДОРОХОВ**<sup>2</sup>, чл.-корр. РАН  
**Р.С. ФЕДОТКИН**<sup>2</sup>, к.т.н.  
**В.А. КРЮЧКОВ**<sup>2</sup>, к.т.н.  
**М.Ю. ЕСЕНОВСКИЙ-ЛАШКОВ**<sup>1</sup>, к.т.н.  
**Е.В. ОВЧИННИКОВ**<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Московский политехнический университет, Москва, Россия, trak@mami.ru

<sup>2</sup> ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Москва, Россия, frs89@bk.ru

**V.M. SHARIPOV**<sup>1</sup>, DSc in Engineering  
**A.YU. IZMAYLOV**<sup>2</sup>, Academician of the Russian Academy of Sciences  
**A.S. DOROKHOV**<sup>2</sup>, Corresponding member of the Russian Academy of Sciences  
**R.S. FEDOTKIN**<sup>2</sup>, PhD in Engineering  
**V.A. KRYUCHKOV**<sup>2</sup>, PhD in Engineering  
**M.YU. ESENOVSKIY-LASHKOV**<sup>1</sup>, PhD in Engineering  
**E.V. OVCHINNIKOV**<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia, trak@mami.ru

<sup>2</sup> Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia, frs89@bk.ru

Возникший дефицит в последние десятилетия универсальных и универсально-пропашных тракторов класса 2...3, выпускаемых во времена СССР в странах Совета экономической взаимопомощи, а также проблемы производства сельскохозяйственной продукции создали условия для интенсивной экспансии со стороны иностранных компаний, которые активно завоевывают отечественный рынок. Однако зарубежные образцы имеют высокую стоимость при малой приспособленности к условиям регионов РФ и отсутствию надлежащего сервисного обслуживания. В статье поставлен вопрос необходимости создания отечественного универсального гусеничного трактора, сформулированы и выдвинуты на обсуждение предпосылки его создания. Оговорена необходимость расширения сферы применения трактора. Указаны потенциальные конкурентные преимущества трактора перед зарубежными аналогами, в том числе агрегатирование с широким спектром машин и орудий, регулируемая колея, возможность движения по различным типам дорог, улучшенная маневренность, экономичность и экологичность, возможность бесступенчатого регулирования скорости и т.д. Описаны: предполагаемые технические решения основных агрегатов и систем трактора, в том числе силовая установка с системой адаптации для работы на сжиженном углеводородном газе; трансмиссия, содержащая полнопоточную гидрообъемную передачу или двухпоточную гидрообъемномеханическую передачу с приводом на каждый борт, а также привод валов отбора мощности (фронтального, заднего и боковых); рамный осто; всесезонная экологически безопасная гусеничная ходовая система с резиноармированными гусеницами и элементами гусеничного обвода на основе полимерно-композитных материалов; современная и комфортабельная кабина с рулевой колонкой. Указаны предполагаемые показатели экономической эффективности от применения трактора, а также перспективы дальнейшего оснащения трактора системами дистанционного и автономного управления.

**Ключевые слова:** гусеничный трактор, силовая установка, система адаптации двигателя, сжиженный углеводородный газ, полнопоточная гидрообъемная передача, двухпоточная гидрообъемномеханическая передача, вал отбора мощности, гусеничная ходовая система, резиноармированные гусеницы, рулевая колонка.

The generated deficit in the last decades of universal tractors and tractors for the arable farming which belongs to the class 2...3, produced during the times of the USSR in the countries of the Council for Mutual Economic Assistance, as well as the problems of agricultural production created conditions for intensive expansion by foreign companies which are actively conquering the domestic market. However, the foreign samples have a high cost with a low adaptation to the conditions of the regions of the Russian Federation and the lack of proper service maintenance. The question of the necessity to create the domestic universal caterpillar tractor was raised in the article, and the prerequisites for its creation are propounded. The necessity to expand the scope of application the tractor was discussed. The tractor's potential competitive advantages in comparison with foreign analogues are pointed out, including the aggregation with a wide range of machines and implements, adjustable track, the ability to move along the different types of roads, improved maneuverability, economy and environmental friendliness, the possibility of stepless speed regulation and etc. The assumed technical solutions for the main units and systems of the tractor are described, including a power unit with an adaptation system for operation on liquefied hydrocarbon gas; transmission, containing a full-flow hydrostatic transmission or a double-flow hydrovolume-mechanical transmission with the drive to each side, as well as the drive of power takeoff shafts (front, rear and side); frame; all-season ecologically safe caterpillar chassis with rubber-reinforced tracks and elements of the caterpillar track on the basis of polymer-composite materials; a modern and comfortable cabin with a steering column. The prospective indicators of economic efficiency from the application of the tractor, as well as the prospects of further equipping the tractor with remote and autonomous control systems are pointed out.

**Keyword:** caterpillar tractor, power unit, engine adaptation system, liquefied hydrocarbon gas, full-flow hydrostatic transmission, double-flow hydrovolume-mechanical transmission, power takeoff shaft, caterpillar chassis, rubber-reinforced tracks, steering column.

## Введение

Сегодня в РФ реализуется «Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 гг.», Указ Президента РФ № 350 от 21 июля 2016 г. «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства» и Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 г., где предусматривается развитие производства, селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур.

Данные мероприятия нацелены на разрешение следующих проблем: низкая производительности сельскохозяйственных работ; пониженной урожайности культур и высокой себестоимости производства сельхозпродукции.

Незаменимыми для решения данных проблем являются универсальные и универсально-пропашные гусеничные тракторы класса 2...3. В СССР ежегодно выпускалось более 120 тыс. таких машин. Сегодня же в РФ практически утрачен опыт создания машин такого типа, т.к. ранее они производились в странах Совета экономической взаимопомощи. Имеющаяся в распоряжении отечественных сельхозтоваропроизводителей техника морально устарела и давно выработала ресурс. Так, с 1990 по 2015 г. количество гусеничных сельскохозяйственных тракторов класса 2 и 3 в отечественном парке снизилось с 45,70 до 0,16 тыс. ед. и с 338,30 до 3,88 тыс. ед., соответственно [1, 2]. Представленные на рынке зарубежные образцы имеют высокую стоимость и в полной мере не адаптированы к почвенно-климатическим условиям регионов РФ. Кроме того, отсутствуют их надлежащее сервисное обслуживание.

По данным Росстата и Минсельхоз РФ об основных показателях АПК, в 2015 г. количество тракторов уменьшилось в 6 раз (до 233 тыс. ед.); годовой спрос на тракторы сократился в 25 раз (до 7 тыс. ед.), загрузка по количеству операций, выполняемых одной машиной, выросла в 2,6 раза, спрос на тракторы превышает предложение в 2,5 раза (449 тыс. ед.), потребность в гусеничных тракторах – более 60 тыс. ед., потребность в тракторах класса 2 – более 200 тыс. ед. При этом выпуск гусеничных тракторов класса 2 в РФ отсутствует.

Более того, при ежегодном увеличении площадей обработки пашни до 90 млн га и условий выполнения всех работ в агротехнические

сроки к 2020 г. потребуется не менее 900 тыс. ед. тракторов класса 0,6...8. Наряду с энергонасыщенными тракторами крайне необходимы машины, способные работать в специфических условиях, в т.ч. зонах рискованного земледелия, характеризующихся повышенной влажностью и низкой несущей способностью почв, что требует снижения вредного воздействия ходовых систем машин на почву и корневую систему растений. Особенно это актуально при возделывании пропашных культур, риса, овощей, продукции садоводства и виноградарства.

## Цель исследования

Целью исследования является разработка предпосылок создания отечественного универсального гусеничного трактора (УТ) класса 2...3 для нужд современного сельского хозяйства.

## Материалы и методы

Для выявления потребности отечественных сельхозтоваропроизводителей в УТ проведен анализ сведений Минсельхоз РФ, Росстата и других источников с учетом тенденций развития мирового сельского хозяйства.

При разработке предпосылок создания УТ проведен обзор и анализ зарубежного и отечественного опыта конструирования, расчета, испытаний и эксплуатации тракторов, их агрегатов и систем, в том числе и опыт авторов.

Прототипом отечественного УТ можно считать универсально-пропашной трактор Т-70 класса 2 (его свекловичная и виноградниковая модификации) производства АО «ТЗ «TRACOM» (бывший «Кишиневский тракторный завод»).

## *Предпосылки создания отечественного универсального гусеничного трактора*

Предполагаемый к созданию УТ в соответствии с общим определением [3] предназначен для выполнения работ общего назначения (предпосевная обработка почвы), посева и ухода за посевами.

Однако при создании трактора необходимо предусматривать выполнение им и дополнительных операций в других сферах сельскохозяйственного производства, таких как:

- растениеводство: возделывание и уборка низкорастущих культур, работа в садах, питомниках и виноградниках, опрыскивание, внесение удобрений и средств химизации;
- животноводство: работа на животноводческих предприятиях и хозяйствах;
- коммунальные и дорожные работы;

- строительные и землеройные работы;
- транспортные и погрузочно-разгрузочные работы.

Применение гусеничного движителя на УТ обусловлено необходимостью работы в различных агрозонах и почвенно-климатических условиях РФ. Только гусеничный трактор может эффективно работать на весеннем закрытии влаги и подкормке растений, в рисовых чеках и уборке в весенне-осенний период, в садовых хозяйствах и виноградниках, не повреждая корни многолетних растений.

УТ должен обладать следующими конкурентными преимуществами:

- агрегатирование с широким спектром машин и орудий;
- оптимальные габаритные характеристики, в том числе дорожный и агротехнический просвет от 460 мм и регулируемая в пределах 1350...2000 мм колея, применение гусениц различной ширины (200...400 мм), что обеспечит возможность работы в междурядьях 450...900 мм, а также в ограниченном пространстве;
- минимальное давление на почву и корневую систему растений (до 60 кПа);
- возможность движения по дорогам с усовершенствованным покрытием без его повреждения и разрушения;
- улучшенная маневренность – радиус поворота вокруг центра масс машины;
- экономичный и экологичный двигатель мощностью не более 100 л.с.;
- возможность бесступенчатого регулирования скорости и тягового усилия;
- диапазон скоростей 0...45 км/ч и тяговых усилий 0...25 кН;
- улучшенная плавность хода машины и пониженная вибронегруженность;
- эргономичное и комфортабельное рабочее пространство, соответствующее современным

нормам безопасности и условиям труда оператора;

- управление движением машины автомобильного типа;
- возможность оснащения машины системами дистанционного и автономного (программного) управления.

УТ должен отвечать современным тенденциям развития сельскохозяйственного машиностроения и производства, в том числе по своим узлам, агрегатам и системам. Поэтому при проектировании необходимо сделать упор на использование в конструкции сверхлегких и сверхпрочных полимерно-композитных материалов (ПКМ), оснащение навигационными, электронными системами и техническим зрением, переход на альтернативные виды топлив, комплектацию системами дистанционного и автономного (программного) управления, создание комплекса взаимозаменяемых робототехнических средств на базе трактора.

Дизайн-проект перспективного трактора приведен на рис. 1. Предварительные технические характеристики модельного ряда перспективных тракторов приведены в табл. 1.



Рис. 1. Дизайн-проект перспективного сельскохозяйственного трактора

Таблица 1

Технические характеристики модельного ряда перспективных тракторов

Тяговый класс	0,6 (0,9)	1,4	2,0
Мощность двигателя, л.с. (кВт)	30...54 (22...40)	45...79 (33...58)	56...130 (41...94)
Полная масса, кг	1500...2500	2500...3670	3670...5510
Максимальная транспортная скорость, км/ч	до 30	до 40	до 45
Клиренс, мм	от 460	от 460	от 460
Габаритные размеры (д/ш/в), мм	2200/1500/2200	3000/1550/2400	3500/1650/2600
Область применения	Селекция и семеноводство	Садоводство, виноградарство, овощеводство, животноводство	Картофелеводство, свекловодство, работы общего назначения

### Силовая установка

На тракторе-прототипе установлен рядный 4-цилиндровый дизельный двигатель (ДВС) Д-241 или Д-243 с непосредственным впрыском производства ОАО «ММЗ» мощностью 75 и 81 л.с., соответственно. При создании отечественно УТ возможно использовать подобный ДВС производства РФ или СНГ, в том числе с системой Common Rail. Выходные параметры ДВС необходимо подбирать в зависимости от расчетной максимальной массы УТ и перечня выполняемых технологических операций. Учитывая наличие тенденции к снижению массы УТ за счет упрощения механической части трансмиссии и применения в узлах и агрегатах УТ в целом сверхлегких и сверхпрочных ПКМ, ориентировочная мощность ДВС составит не более 100 л.с.

Перспективным направлением в двигателестроении является мультитопливность или перевод ДВС на альтернативные виды топлива.

Поэтому тракторные силовые установки целесообразно оснащать системами их адаптации для работы на альтернативных видах топлива. Образец такой системы, адаптирующей дизельный ДВС для работы на сжиженном углеводородном газе (СУГ) или газодизельной смеси по газодизельному процессу, разработан ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. Общее устройство (рис. 2) и принцип работы системы, а также ре-

зультаты стендовых испытаний на ДВС Д-243 приведены в работе [4].

Основными преимуществами системы адаптации ДВС для работы на СУГ являются: стоимость СУГ вдвое меньше по сравнению с дизельным топливом; экологичность газомоторного топлива. Расчеты показывают, что цена 1 кВтч энергии, полученного от использования СУГ, в 2,4 раза меньше по сравнению с дизельным топливом [5].

Более того, по прогнозу к 2030 г. в РФ в результате реализации программ по утилизации попутных нефтяных газов и освоения месторождений этаносодержащего газа объем производства СУГ может составить 30 млн т.

### Трансмиссия, гидропривод и система непосредственного управления

Отличительной особенностью УТ должна быть высокая маневренность, плавность и точность маневрирования с целью вписываемости в границы защитных зон, а рабочих органов – в обрабатываемые области сельхозкультур.

Механизмы поворота подавляющего большинства тракторов содержат бортовые фрикционы, растормаживая которые, происходит поворот машины [3]. Их недостатком является отсутствие плавности поворота и зависимость фиксированного радиуса поворота от рельефа опорной поверхности.

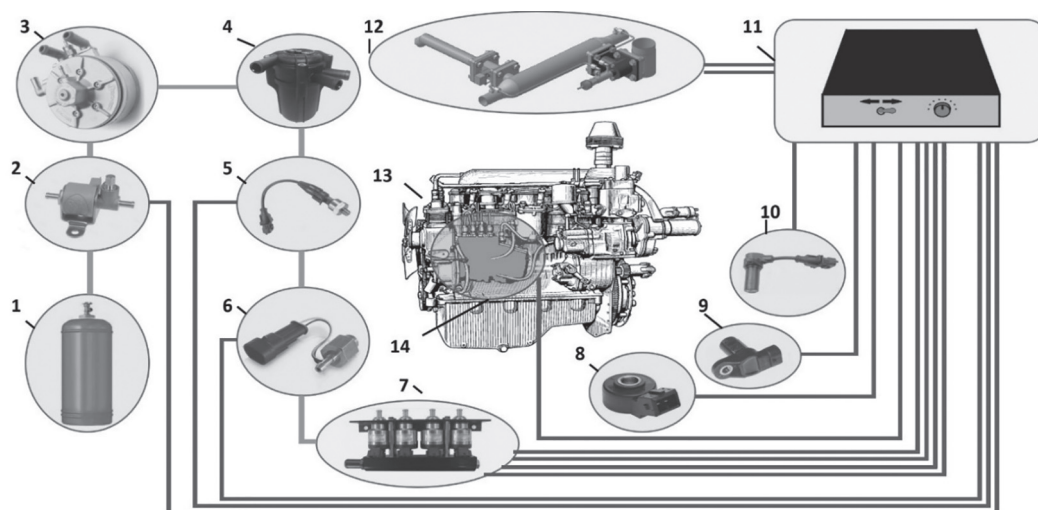


Рис. 2. Оборудование для адаптации дизельного двигателя к работе на сжиженном углеводородном газе:

- 1 – баллон газовый; 2 – клапан подачи газа; 3 – газовый редуктор-испаритель; 4 – газовый фильтр;
- 5 – датчик давления; 6 – датчик температуры; 7 – рампа с клапанами распределенной подачи;
- 8 – датчик детонации; 9 – датчик фазовой отметки газораспределительного механизма; 10 – датчик положения коленчатого вала; 11 – электронный блок управления; 12 – система рециркуляции отработавших газов с управляемой заслонкой; 13 – двигатель; 14 – топливный насос высокого давления с электронным управлением рейкой

Этим недостаткам в меньшей степени подвержены бесступенчатые гидрообъемные механизмы поворота. Они содержат регулируемый гидронасос, нерегулируемый гидромотор, арматуру и механическое дифференциальное звено, замыкающее на себе оба борта машины и позволяющее проводить рекуперацию мощности между ними при участии принудительного силового воздействия со стороны гидромотора [3]. Применение такой схемы требует усложнения конструкции заднего моста и повышения мощности ДВС.

Достоинства и перспективы применения механических трансмиссий с комбинированными коробками передач отражены в ряде работ [3, 6, 7]. При явных преимуществах механических трансмиссий, в том числе высоком КПД, их применение на УТ ограничивается усложнением конструкции в виду применения рулевой колонки. Это потребует создания развитой гидросистемы управления трансмиссией, в том числе коробкой передач, механизмом поворота, а также их сервоприводами и усилителями.

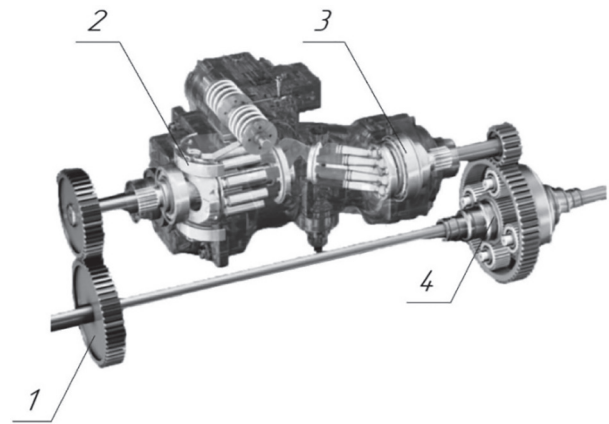
Рабочим вариантом для УТ может быть принята трансмиссия, включающая нормально замкнутое сцепление; двухдиапазонную коробку передач, обеспечивающую работу бортовых гидрообъемных передач (ГОП) в зонах наибольшего КПД; редуктор для согласования ДВС и ГОП; две бортовые ГОП, выполненные по раздельно агрегатной схеме, или гидрообъемные механические передачи (ГОМП); рабочую и стояночную тормозную систему; карданные передачи и двухступенчатые редукторы для привода валов отбора мощности. Причем валы отбора мощности предполагается вывести по одному на каждую сторону машины (фронтальный, задний и боковые) для возможности агрегатирования перспективного трактора с широким спектром машин и орудий.

Получить полноценную трансмиссию предполагается за счет применения побортно полнопоточной ГОП или двухпоточной ГОМП [3, 7, 8], в том числе с отдельным потоком мощности на каждый борт. При этом за счет совместного управления гидромашинами каждого борта можно бесступенчато изменять скорость, тяговое усилие и направление движения УТ. Кроме того, это обеспечит минимальный радиус поворота машины – вокруг центра масс.

Несмотря на низкий КПД ГОП, производительность трактора при прочих равных условиях повышается на 16...30 % [8]. ГОМП при

тех же преимуществах позволяет сохранить уровень КПД в пределах 90 %.

Вариант такой трансмиссии представлен на рис. 3.



**Рис. 3. Вариант гидрообъемной механической трансмиссии:**

- 1 – входной вал с согласующим редуктором;
- 2 – регулируемый гидронасос; 3 – нерегулируемый гидромотор; 4 – суммирующий планетарный ряд с выходным валом

Применение ДВС, адаптированного к работе на СУГ, позволит значительно снизить затраты на топливо, что позволит компенсировать низкий КПД ГОП.

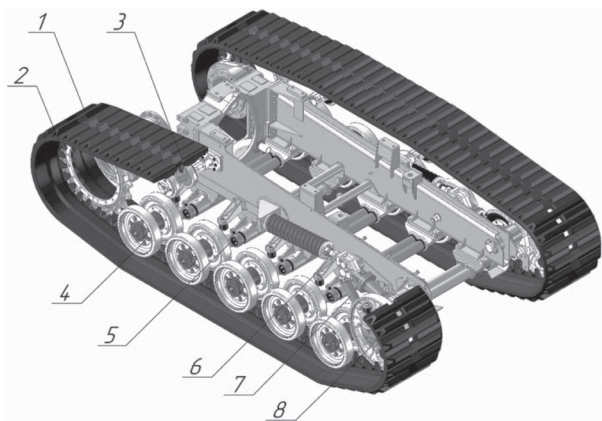
#### *Ходовая и несущая система*

Для УТ целесообразно создание рамного остова, обеспечивающего возможность размещения на нем всех узлов, агрегатов и систем машины, а также разработка всесезонной и экологически безопасной гусеничной ходовой системы (ГХС), оснащенной резиноармированными гусеницами (РАГ), а также элементами гусеничного обвода на основе ПКМ.

Вариант такой ГХС представлен на рис. 4.

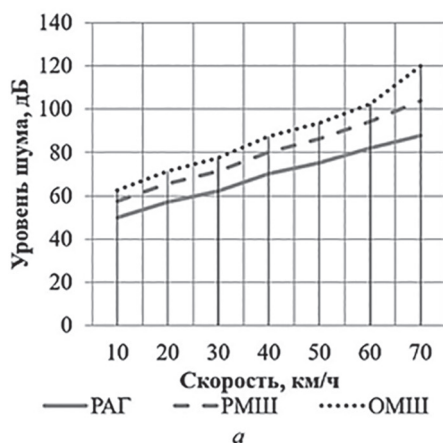
Применение РАГ в составе сельскохозяйственных тракторов обосновано полномасштабными эксплуатационными испытаниями трактора Агромаш-150 ТГ, включая тяговые испытания, исследования уровня шума, вибронегруженности и уплотняющего воздействия на почву [9, 10]. Достоинства ГХС с РАГ представлены в таблице 2, на рис. 5 и описаны в ряде работ [3, 9–14].

Важной отличительной особенностью перспективной ГХС является необходимость плавного изменения колес до 2 000 мм за счет применения силового гидропривода, что позволит приспособить УТ под определенные междура-



**Рис. 4. Вариант гусеничной ходовой системы с резиноармированными гусеницами и элементами обвода на основе ПКМ:**

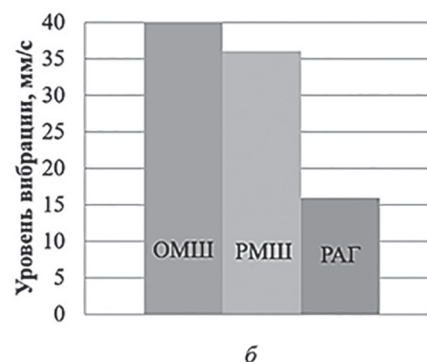
1 – РАГ; 2 – узел привода с ведущим колесом; 3 – поддерживающий ролик в сборе; 4 – опорный каток в сборе; 5 – узел индивидуальной торсионной подвески в сборе; 6 – амортизационно-натяжное устройство в сборе; 7 – амортизатор подвески крайнего опорного катка; 8 – направляющее колесо с кривошипом в сборе



дья в условиях эксплуатации. Также целесообразно использование РАГ различной ширины для работы в междурядьях различных культур.

При проектировании ГХС с РАГ следует обратить внимание на узел привода, гусеничное зацепление в частности, т.к. существенные конструктивные различия РАГ и металлических серийных гусениц, такие как наличие продольной податливости и отсутствие шарнирных соединений, вызывают кинематическое несоответствие и нарушение работоспособности зацепления (вибрационные и ударные нагрузки, износ зубьев от трения скольжения) [13, 14]. Данная особенность характерна преимущественно для цевочного типа зацепления.

В последнее время широкое распространение получают конструкции комбинированного, в частности гребнево-фрикционного зацепления с РАГ, где 20...30 % крутящего момента передается трением.



**Рис. 5. Сравнение эксплуатационных показателей трактора с РАГ и серийными металлическими гусеницами:**  
 а – уровень шума; б – уровень вибрации; OMШ – гусеница с открытым металлическим шарниром;  
 PMШ – гусеница с резинометаллическим шарниром; РАГ – резиноармированная гусеница

Таблица 2

**Преимущества ГХС с РАГ**

Общие	Для сельскохозяйственных тракторов и комбайнов
Высокий ресурс и надежность (до 6000 моточасов)	Равенство тяговых показателей машины с РАГ, в том числе КПД, в зоне номинальных тяговых усилий
Низкий уровень шума и вибрации в эксплуатации	Снижение уровня виброускорений на сидении оператора (ГОСТ 12.2.019-86) в 1,86 раз
Асфальтоходность	Снижение виброн нагруженности кабины при работе с тягой на крюке в 2...3 раза
Малое уплотняющее воздействие на почву – повышенная проходимость	Снижение уровня шума в кабине на 4...16 дБА, что соответствует уровню шума трактора на стоянке. Снижение уровня шума вне кабины во всех полосах частот
Возможность установки вместо звенчатых металлических гусениц РАГ без изменения конструкции ходовых систем	Снижение уровня уплотняющего воздействия на почву по максимальному давлению (ГОСТ 26955-86) в среднем в 2 раза. Возможность выхода машины в поле в условиях повышенной влажности

НОВЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Для обеспечения оптимального усилия предварительного статического натяжения РАГ и ее предохранения от многократных перегрузок в конструкции ГХС необходимо предусматривать амортизационно-натяжное устройство (АНУ).

В настоящее время широкое распространение получают АНУ гидравлического или электрогидравлического типа с автоматизированной системой управления натяжением гусеницы [15]. Они позволяют создать и поддерживать оптимальную величину усилия предварительного статического натяжения индивидуально на каждом борту машины, поглощать толчки и удары при движении машины в зависимости от действующих силовых факторов, режимов работы и направления движения машины, а также от дорожных условий. Гидросистему АНУ наряду с приводом механизма изменения колес целесообразно интегрировать в гидросистему машины.

Улучшенной плавности хода возможно достичь за счет применения системы подрессоривания независимого (индивидуальной торсионной) или зависимого (балансирных кареток) типа с применением упругих элементов на основе ПКМ. При этом также необходимо обеспечить приспособляемость ГХС под рельеф местности.

#### ***Кабина, условия труда, обшивка и оперение***

Установка рулевой колонки в УТ позволит наряду с плавностью поворота снизить утомляемость и обеспечить комфорт, присущий колесным тракторам.

Более того, это позволит вынести всю информацию на приборную панель, не ухудшив обзорности кабины. Органы управления коробкой передач, клапанами гидрораспределителей навесного устройства и пр. следует вынести на приборную панель рулевой стойки, обеспечив удобство управления в процессе движения.

Кабина должна иметь панорамный обзор. Сиденье оператора должно быть оснащено отдельной пневматической подвеской. Должны быть установлены все системы обеспечения комфорта, в т.ч. система климат-контроля.

#### **Результаты и обсуждение**

Создание УТ позволит обеспечить:

- повышение производительности сельскохозяйственных работ в 2...3 раза;
- увеличение урожайности культур в среднем на 15...35 %;

– снижение себестоимости сельскохозяйственной продукции на 25...30 %;

– повышение конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции;

– уменьшение расходов на закупку дополнительного оборудования, обслуживание и ремонт техники;

– уменьшение вредного воздействия ходовых систем на почву и выбросов отработавших газов в атмосферу.

В дальнейшем необходимо предусмотреть возможность установки систем дистанционного и автономного (программного) управления.

При этом на сегодняшний день реально достичь уровня локализации производства на территории РФ до 65 %.

#### **Выводы**

УТ, помимо перечисленного, позволит обеспечить:

– освоение отечественными сельхозтоваропроизводителями на промышленной основе с дальнейшим расширением производства овощных, пропашных и др. не возделываемых сегодня культур;

– повысить конкурентоспособность сельскохозяйственной продукции по соотношению цена/качество;

– уменьшить расходы на закупку дополнительного оборудования, на обслуживание и ремонт техники, а также на восстановление поврежденной экосистемы, в том числе репродуктивных свойств переуплотненной почвы;

– отечественные крестьянские и фермерские хозяйства базовой машиной, адаптированной под их специфические нужды.

К слову, концепция отечественного гусеничного трактора разрабатывалась еще в НАТИ с 1980-х годов и нашла свое отражение в работе К.И. Городецкого, В.Н. Шарипова, С.К. Муратова [16]. Настоящая работа выполнена в развитии данной концепции.

#### **Литература**

1. Кряжков В.М., Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Гурылев Г.С., Лавров А.В. Парк тракторов: состояние и направления развития // Сельский механизатор. 2015. № 9. С. 3–5.
2. Шевцов В.Г., Лавров А.В. База данных «Количественно-возрастной состав парка свободных тракторов сельскохозяйственных организаций Российской Федерации по годам (за период с 1990 по 2009 г.)» // Ресурсосберегающие техно-

- логии и техническое обеспечение производства зерна: сб. докл. Межд. науч.-техн. конф. М.: ВИМ, 2010. С. 392–396.
3. Шарипов В.М., Апельинский Д.В., Арустамов Л.Х. и др. Тракторы. Конструкция / под общ. ред. В.М. Шарипова. М.: Машиностроение, 2012. 790 с.
  4. Савельев Г.С., Кочетков М.Н., Овчинников Е.В., Уютов С.Ю. Определение экономически целесообразного вида газомоторного топлива для мобильной сельскохозяйственной техники // Агропанорама. 2016. № 3. С. 26–29.
  5. Савельев Г.С., Кочетков М.Н., Овчинников Е.В. Комплексное использование газомоторного топлива в сельскохозяйственном производстве // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: сб. научн. докл. Межд. науч.-техн. конф. М., 2014. С. 136–140.
  6. Крючков В.А. Методы оценки нагруженности инерционных синхронизаторов в коробке передач трактора с фрикционными муфтами: дис. ... канд. техн. наук. М., 2012. 189 с.
  7. Шарипов В.М. Проектирование механических, гидромеханических и гидрообъемных передач тракторов. М.: МГТУ «МАМИ», 2002. 300 с.
  8. Городецкий К.И., Крумбольдт Л.Н., Щельцын Н.А. Конструирование и расчет составных частей объемного гидропривода / под общ. ред. В.М. Шарипова. М.: МАМИ, 1994. 139 с.
  9. Купрюнин Д.Г., Щельцын Н.А., Бейненсон В.Д., Федоткин Р.С., Белый И.Ф., Ревенко В.Ю. Экспериментальное исследование сравнительных показателей гусеничных движителей сельскохозяйственных тракторов // Известия МГТУ «МАМИ». 2016. № 3 (29). С. 16–24.
  10. Ревенко В.Ю., Купрюнин Д.Г., Бейненсон В.Д., Федоткин Р.С., Белый И.Ф., Веселов Н.Б., Зверев Н.В. Оценка воздействий на почву трактора ВТ-150 с различными типами гусеничных движителей // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 9. С. 30–33.
  11. Федоткин Р.С. Расчетно-экспериментальные методы оценки нагруженности и долговечности резиноармированных гусениц сельскохозяйственных тракторов: дис. ... канд. техн. наук. М., 2015. 204 с.
  12. Федоткин Р.С., Бейненсон В.Д., Крючков В.А., Шарипов В.М., Щетинин Ю.С. Резиноармированные гусеницы сельскохозяйственных тракторов. Жесткость при растяжении и изгибе // Известия МГТУ «МАМИ». 2016. № 2 (28). С. 32–38.
  13. Федоткин Р.С., Крючков В.А., Бейненсон В.Д., Парфенов В.Л. Методика проектирования ведущих колес цевочного зацепления с резиноармированными гусеницами тяговых и транспортных машин // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 3. С. 24–32.
  14. Шарипов В.М., Федоткин Р.С., Крючков В.А., Богданов К.А., Волков П.И. Экспериментальная проверка достоверности методики проектирования ведущих колес цевочного зацепления с резиноармированными гусеницами // Известия МГТУ «МАМИ». 2017. № 3 (33). С. 76–81.
  15. Шарипов В.М., Городецкий К.И., Федоткин Р.С., Бульбутенко С.С., Бейненсон В.Д., Купрюнин Д.Г., Овчаренко А.С. Гидрофицированное натяжное устройство: патент на полезную модель, Российская Федерация. Опубл. 10.10.2014, Бюл. № 28.
  16. Городецкий К.И., Шарипов В.М., Муратова С.К. Развитие концепции создания гусеничного сельскохозяйственного трактора // Леса России и хозяйство в них. 2012. № 1–2. С. 31–32.

## References

1. Kryazhkov V.M., Godzhaev Z.A., Shevtsov V.G., Gurylev G.S., Lavrov A.V. Park of tractors: state and development trends. Sel'skiy mekhanizator. 2015. No 9, pp. 3–5 (in Russ.).
2. Shevtsov V.G., Lavrov A.V. Database «Quantitative and age composition of the park of free tractors of agricultural organizations of the Russian Federation by years (for the period from 1990 to 2009)». Resursosbergayushchie tekhnologii i tekhnicheskoe obespechenie proizvodstva zerna: sb. dokl. Mezhd. nauch.-tekhn. konf. [Resource-saving technologies and technical support of grain production: collection of scientific papers of the International scientific and technical conference] Moscow: VIM Publ., 2010, pp. 392–396 (in Russ.).
3. Sharipov V.M., Apelinskiy D.V., Arustamov L.Kh. i dr. Traktory. Konstruktsiya [Tractors. Construction]. Pod obshch. red. V.M. Sharipova. Moscow: Mashinostroenie Publ., 2012. 790 p.
4. Savel'ev G.S., Kochetkov M.N., Ovchinnikov E.V., Uytov S.Yu. Determination of an economically reasonable type of gas engine fuel for mobile agricultural vehicle. Agropanorama. 2016. No 3, pp. 26–29 (in Russ.).
5. Savel'ev G.S., Kochetkov M.N., Ovchinnikov E.V. Complex use of gas engine fuel in agricultural production. Innovatsionnoe razvitie APK Rossii na baze intellektual'nykh mashinnykh tekhnologiy: sb. nauchn. dokl. Mezhd. nauch.-tekhn. konf. [Innovative development of the agro-industrial complex of Russia on the basis of intelligent machine technol-



- ogies: collection of scientific papers of the International scientific and technical conference] Moscow, 2014, pp. 136–140 (in Russ.).
6. Kryuchkov V.A. Metody otsenki nagruzhennosti inertsiyonnykh sinkhronizatorov v korobke poredach traktora s friktsionnymi muftami: dis. ... kand. tekhn. nauk [Methods for estimating the loading of inertial synchronizers in the tractor's gear box with friction clutches: dissertation for a degree of the candidate of technical sciences]. Moscow, 2012. 189 p.
  7. Sharipov V.M. Proektirovanie mekhanicheskikh, gidromekhanicheskikh i gidroob"emnykh peredach traktorov [Design of mechanical, hydromechanical and hydrostatic gear boxes of tractors]. Moscow: MGTU «MAMI» Publ., 2002. 300 p.
  8. Gorodetskiy K.I., Krumbol'dt L.N., Shchel'tsyn N.A. Konstruirovaniye i raschet sostavnykh chastey ob"emnogo gidroprivoda [Design and calculation of the components of the volumetric hydraulic drive]. Pod obshch. red. V.M. Sharipova. Moscow: MAMI Publ., 1994. 139 p.
  9. Kupryunin D.G., Shchel'tsyn N.A., Beynenson V.D., Fedotkin R.S., Belyy I.F., Revenko V.Yu. Experimental investigation of comparative indicators of caterpillar propulsion units of agricultural tractors. *Izvestiya MGTU «MAMI»*. 2016. No 3 (29), pp. 16–24 (in Russ.).
  10. Revenko V.Yu., Kupryunin D.G., Beynenson V.D., Fedotkin R.S., Belyy I.F., Veselov N.B., Zverev N.V. Assessment of impacts on the soil of the tractor VT-150 with different types of caterpillar track movers. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2014. No 9, pp. 30–33 (in Russ.).
  11. Fedotkin R.S. Raschetno-eksperimental'nye metody otsenki nagruzhennosti i dolgovечnosti rezino-armirovannykh gusenits sel'skokhozyaystvennykh traktorov: dis. ... kand. tekhn. nauk [Calculation-experimental methods for an assessment of the loading and longevity of rubber-reinforced caterpillars of agricultural tractors: dissertation for a degree of the candidate of technical sciences]. Moscow, 2015. 204 p.
  12. Fedotkin R.S., Beynenson V.D., Kryuchkov V.A., Sharipov V.M., Shchetinin Yu.S. Rubber-reinforced caterpillars of agricultural tractors. Stiffness under tension and bending. *Izvestiya MGTU «MAMI»*. 2016. No 2(28), pp. 32–38 (in Russ.).
  13. Fedotkin R.S., Kryuchkov V.A., Beynenson V.D., Parfenov V.L. The method of designing the pin gearing driving wheels with rubber-reinforced caterpillars of traction and transport vehicles. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2017. No 3, pp. 24–32 (in Russ.).
  14. Sharipov V.M., Fedotkin R.S., Kryuchkov V.A., Bogdanov K.A., Volkov P.I. Experimental verification of the reliability of the method of designing driving wheels of pin gearing with rubber-reinforced caterpillars. *Izvestiya MGTU «MAMI»*. 2017. No 3 (33), pp. 76–81 (in Russ.).
  15. Sharipov V.M., Gorodetskiy K.I., Fedotkin R.S., Bul'butenko S.S., Beynenson V.D., Kupryunin D.G., Ovcharenko A.S. Gidrofitsirovannoe natyazhnoye ustroystvo [Hydraulic tensioner]: patent na poleznuyu model', Rossiyskaya Federatsiya. Opubl. 10.10.2014, Byul. No 28.
  16. Gorodetskiy K.I., Sharipov V.M., Muratova S.K. Development of the concept of a caterpillar agricultural tractor creation. *Lesa Rossii i khozyaystvo v nikh*. 2012. No 1–2, pp. 31–32 (in Russ.).