

ТРАНСПОРТ

УДК 629.11.42.012.57

DOI: 10.35211/2500-0586-2024-4-49-62-70

П. В. Потапов, М. В. Морсков, В. В. Шеховцов, М. В. Ляшенко

ПОВЫШЕНИЕ ПРОХОДИМОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ ПО ГРУНТАМ С НИЗКОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Волгоградский государственный технический университет

paulflinx@gmail.com, morskovmaximvladimirovich@gmail.com,

shehovtsov@vstu.ru, tslmvsturu@mail.ru

Автор, ответственный за переписку: Виктор Викторович Шеховцов, shehovtsov@vstu.ru

В статье рассмотрена проблема необходимости наличия в парке сельскохозяйственных тракторов России гусеничных машин для выполнения сельхозработ на переувлажненных почвах в период весенней и осенней распутиц. Проанализированы конструктивные мероприятия для повышения проходимости колесных тракторов по грунтам с низкой несущей способностью. Рассмотрена возможность использования на тракторах класса 1,4 для обеспечения надлежащей проходимости сменного колесно-гусеничного хода. Рассмотрены возможности использования четырехгусеничного хода на тракторах более высокого тягового класса зарубежного и отечественного производства. Проанализирована конструкция гусеничной ходовой тележки трактора RSM 620 DT производства отечественного предприятия «Ростсельмаш». Приведено описание предложенного авторами технического решения индивидуальной гусеничной тележки для четырехгусеничной ходовой системы, обладающего лучшими показателями проходимости, плавности хода и ремонтопригодности.

Ключевые слова: повышение проходимости, сменный колесно-гусеничный ход, четырехгусеничная ходовая система, индивидуальная гусеничная тележка

P. V. Potapov, M. V. Morskov, V. V. Shekhovtsov, M. V. Liashenko

IMPROVING THE CROSS-COUNTRY ABILITY OF AGRICULTURAL TRACTORS ON SOILS WITH LOW LOAD-BEARING CAPACITY

Volgograd State Technical University

The article considers the problem of the need to have tracked vehicles in the Russian agricultural tractor fleet to perform agricultural work on waterlogged soils during the spring and autumn thaw. Constructive measures to improve the cross-country ability of wheeled tractors on low-load-bearing soils are analyzed. The possibility of using a replaceable wheel-track mover on tractors of class 1,4 to ensure proper cross-country ability is considered. The possibilities of using a four-track drive on tractors of a higher traction class of foreign and domestic production are considered. The design of the tracked running trolley of the RSM 620 DT tractor produced by the domestic enterprise Rostselmash is analyzed. The authors describe the technical solution of an individual crawler track for a four-track running system, which has the best performance indicators, smoothness and maintainability.

Keywords: improving cross-country ability, replaceable wheel-track mover, four-track running system, individual crawler track

Введение

Значительная часть европейской территории России находится в зоне рискованного земледелия. В связи с климатическими условиями на этих территориях полевые работы необходимо начинать ранней весной, практически

сразу после схода снега, а заканчивать поздней осенью, во время осенней распутицы. Для этого необходима техника с высокой проходимостью. В качестве такой техники широко использовались гусеничные сельскохозяйственные тракторы производства Волгоградского тракторно-

го завода. Этот завод был в свое время крупнейшим в мире производителем гусеничных сельскохозяйственных тракторов. К сожалению, вследствие бурной турбулизации экономики страны в 90-е годы завод прекратил свое существование. Однако проблема необходимости обработки почвы в период весенней и осенней распутиц никуда не исчезла.

В настоящее время в фермерских хозяйствах основная нагрузка по обработке почвы падает на колесные тракторы, большую часть из которых составляют универсально-пропашные тягового класса 1,4. Для повышения их производительности используются следующие конструктивные мероприятия:

1. Уширители колес.
2. Накладные почвозацепы.
3. Разная ширина колеи передних и задних колес.
4. Добавочные грузы (балластирование).
5. Блокировка дифференциала.
6. Изменение внутришинного давления.
7. Сдвигание и страивание колес.
8. Полугусеничный ход.
9. Дифференциация массы.

Однако такие способы и средства повышения тягово-сцепных свойств колесных тракторов, как накладные почвозацепы, уширители колес, разная ширина колеи передних и задних колес и даже полугусеничный ход не получили широкого внедрения, а балластирование, дифференциация массы, блокировка дифференциала, изменение внутришинного давления, сдвигание и страивание колес не дают необходимого приращения тягового усилия трактора, оставляя его в своем тяговом классе [1; 2].

Использование колесных универсально-пропашных тракторов на энергоемких технологических операциях, таких как вспашка, дискование, вместо гусеничных тракторов третьего тягового класса неэффективна. Так, стоимость вспашки 1 га зяби МТА с трактором МТЗ-80/82 на 40 % выше, чем МТА с трактором ДТ-75М. Неэффективность проявляется и при предпосевной обработке почвы: сроки выезда на поле колесных тракторов на 5–7 дней позже гусеничных по причине высокого буксования ведущих колес [1; 2].

Результаты расчетного сравнения показателей гусеничных и сельскохозяйственных тра-

кторов [3] показало, что применение трактора АГРОМАШ 90ТГ на взрыхленных почвенных фонах по сравнению с трактором МТЗ-82.1 дает сокращение погектарного расхода топлива на большинстве операций на 10–30 % при большей (на 25–30 %) производительности при более низком буксовании, а также меньшее вредное воздействие на почву.

1. Использование сменного колесно-гусеничного хода на тракторах класса 1,4

Большую часть периода эксплуатации колесные тракторы класса 1,4 используются на колесном ходу, а повышение их тяговых свойств требуется только в период распутицы. Поэтому рядом исследователей предложен рациональный способ повышения этих свойств за счет использования сменного колесно-гусеничного хода. Например, такое техническое решение предлагается в следующем патенте [4].

Предложенная авторами тележка гусеничная сменная для транспортного средства (рис. 1) содержит гусеницу 1, звездочку 2, сдвоенные передний 3 и задний 4 опорно-натяжные катки, которые посредством переднего 5 и заднего 6 балансиров соединены с пружиной 7 и связаны шарнирно с балансирной балкой 8. Балансирная балка 8 выполнена с направляющей для пружины 9, и ось ее качания 10 крепится посредством коромысла 11 к рукаву трактора 12. Опорно-натяжные катки 3 и 4 выполнены с возможностью перемещения в продольно-вертикальной плоскости и регулирования угла их наклона к балансирной балке 8 при помощи винта-упора 13 переднего и винта-упора 14 заднего балансиров.

Сменная гусеничная тележка устанавливается вместо каждого ведущего колеса посредством простейших инструментов. Зубья звездочки 2 входят в зацепление с гнездами в гусенице 1, при вращательном движении звездочки 2 они тянут гусеницу 1, приводя в движение трактор. Сдвоенные передний 3 и задний 4 опорно-натяжные катки поворачиваются вокруг своих осей вместе со звеньями гусеницы 1. Натяжение гусеницы 1 постоянно и обеспечивается массой трактора, передаваемой через опорно-натяжные катки 3 и 4.

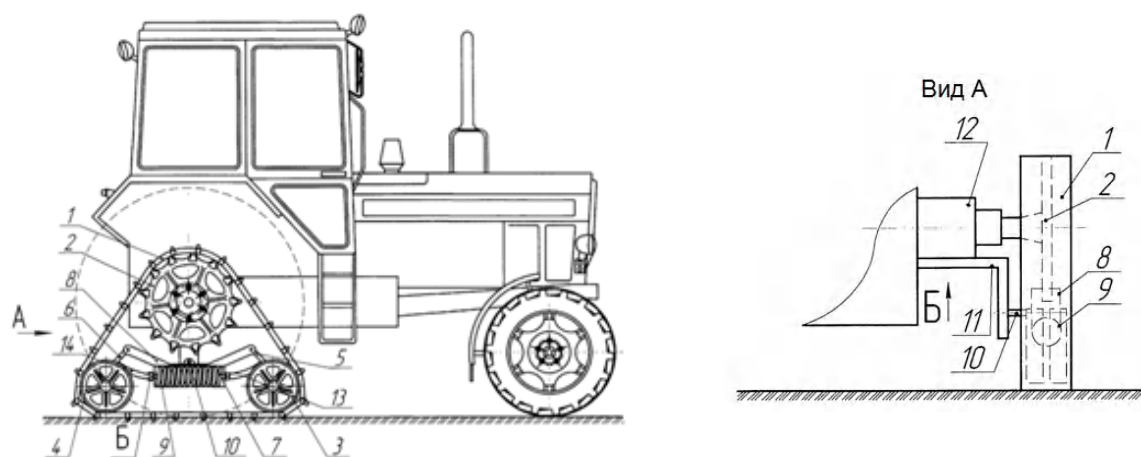


Рис. 1. Техническое решение тележки:

1 – гусеница; 2 – зуб звездочки; 3, 4 – опорно-натяжные катки; 5 – передний балансир; 6 – задний балансир; 7, 9 – пружины; 8 – балансирная балка; 10 – ось качания; 11 – коромысло; 12 – рукав трактора; 13 – винт-упор переднего балансира; 14 – винт-упор заднего балансира

При езде по деформируемой почве или неровностям происходит незначительное перемещение против хода движения переднего балансира 5, винта-упора переднего балансира 13, сжатие пружины 7, а также перемещение по ходу движения заднего балансира 6, винта-упора заднего балансира 14 и сжатие пружины 9. Поверхностный слой или неровность оказываются охваченными натянутой гусеницей, прогнувшейся на высоту осадки опорно-натяжных катков в почву или на высоту неров-

ности. Тем самым улучшаются эксплуатационные характеристики, увеличивается скорость перемещения трактора по неровной поверхности без вибраций, снижается буксование и разрушительное воздействие на плодородный слой почвы.

Известны также технические решения сменных гусеничных тележек, в которых используется эластичная гусеница из полимерных материалов. Такая конструкция (рис. 2) описана, например, в патенте [5] иностранных авторов.

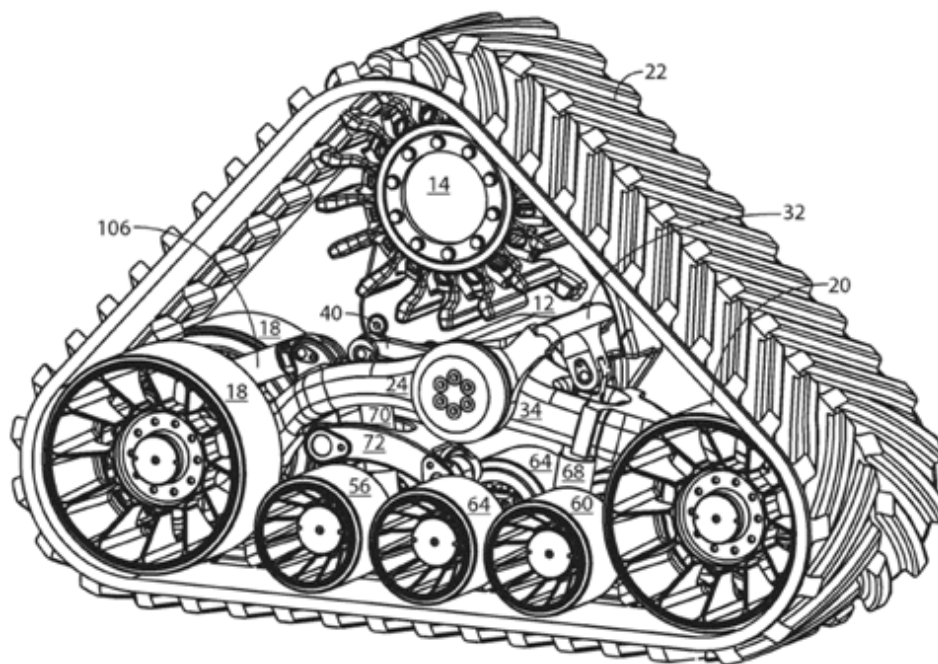


Рис. 2. Гусенично-модульное устройство для транспортного средства:

12 – рама; 14 – ведущее колесо; 18 – переднее направляющее колесо; 20 – заднее направляющее колесо; 22 – полимерная гусеничная лента; 24 – передний рычаг подвески; 32 – задний конец подвески переднего рычага; 34 – задний рычаг подвески; 40 – передний конец подвески заднего рычага; 56, 60, 64 – опорные катки; 68 – передний элемент подвески; 70 – задний элемент подвески; 72 – рычаг узла каретки; 106 – натяжной элемент

Гусенично-модульное устройство для транспортного средства содержит модульную раму 12, ведущее колесо 14, вращающееся относительно рамы 12, соприкасающиеся с землей передние и задние направляющие колеса 18, 20, опорные катки 56, 64, 60 и полимерную гусеничную ленту 22, обернутую вокруг колес и приводимую в движение за счет ее зацепления с ведущим колесом 14. Устройство также содержит передний 24 и задний рычаги подвески, узел каретки, передний и задний элементы 68, 70 подвески. Передний рычаг 24 подвески прикреплен с возможностью поворота к раме 12 и назад к заднему концу 32 подвески. Передний и задний элементы 68, 70 подвески прикреплены с возможностью поворота к заднему и переднему концам подвески соответственно.

За счет того, что данное гусенично-модульное устройство содержит шарнирно-сочлененный узел каретки и каждая ось может двигаться вертикально независимым образом, обеспечиваются равномерное распределение вертикальной нагрузки по осям, лучшее приспособление к неровностям почвенного фона и меньший износ полимерной гусеницы.

2. Использование четырехгусеничного хода на тракторах более высокого тягового класса

В настоящее время в ряде областей России в связи с появлением крупных фермерских хозяйств все большее распространение получают колесные сельскохозяйственные тракторы тяговых классов 5, 10, 15, 20 и даже 35. Их ос-

новным преимуществом является существенно более высокая производительность. Среди них известны машины зарубежных фирм, таких, как «McCORMICK» (Италия), «Зумлион» (КНР), «Мэсси Фергюссон» (США), «Кейс» (США), «Дойц Фар» (ФРГ), «Фендт» (ФРГ), «Джон Дир» (США), «Штайер» (Австрия), «Перкинс» (Великобритания) и других. Несмотря на то, что эти тракторы обладают достаточно высокой проходимостью и в ряде случаев позволяют сдвигать ведущие колеса, во время распутицы эта проходимость оказывается недостаточной и не позволяет этим машинам эффективно работать на переувлажненных почвах. Поэтому созданы конструкции некоторых из этих машин с полугусеничным ходом или со сменным колесно-гусеничным ходом [6; 7; 8; 9; 10; 11]. Достаточно часто для работы во время распутицы на такие машины устанавливают не две, а четыре гусеницы, что обеспечивает мощным и тяжелым машинам возможность за счет существенного (в разы) уменьшения удельного давления на почву производить сельскохозяйственные операции на почвах с высокой влагонасыщенностью. Так, расчетный анализ [12] показал, что переоборудование трактора ХТЗ-150К-09 на гусеничный ход дает снижение удельных давлений, повышение эффективности машины, а также переводит ее в 4-й тяговый класс. В частности, такой трактор выпущен в Белоруссии Минским тракторным заводом (рис. 3).



Рис. 3. Трактор Беларусь 3525.6

Известны и конструкции таких тракторов с шарнирно-сочлененной рамой (рис. 4), что

обеспечивает этим крупным машинам лучшую поворачиваемость и маневренность.



Рис. 4. Трактор John Deere 9rx 640

Но это все тракторы зарубежных компаний, приобретение и эксплуатация которых сопряжены с существенными материальными затратами. Также на рынке присутствуют зарубежные фирмы, предлагающие комплекты для переоборудования колесных тракторов на гусеничный ход: Poluzzi, Camso, Zuidberg, Lynx, Mattracks и другие. Однако в условиях санкций использование их продукции нецелесообразно, да и часто невозможно.

Тем временем в российском сельском хозяйстве существует настоятельная потребность в отечественных машинах такого рода. И в этом большие надежды возлагаются на продукцию Ростсельмаша.

Впервые за последние более чем полстолетия в России построен новый завод полного производственного цикла по выпуску тракторов. Торжественное открытие тракторного завода транснациональной корпорации RSM («Ростсельмаш») состоялось 5 марта 2024 года. Он предполагает выпускать модельный ряд тракторов серий 2000 и 3000. Среди них – лидер модельного ряда RSM 620 DT (DELTATRACK) (рис. 5) – универсальный полноприводный трактор на гусеничном ходу с шарнирно-сочлененной рамой [13]. На сегодня это самый мощный гусеничный трактор российского производства.

Конструкция гусеничной ходовой тележки трактора представлена на рис. 6.



Рис. 5. Трактор RSM 620 DT

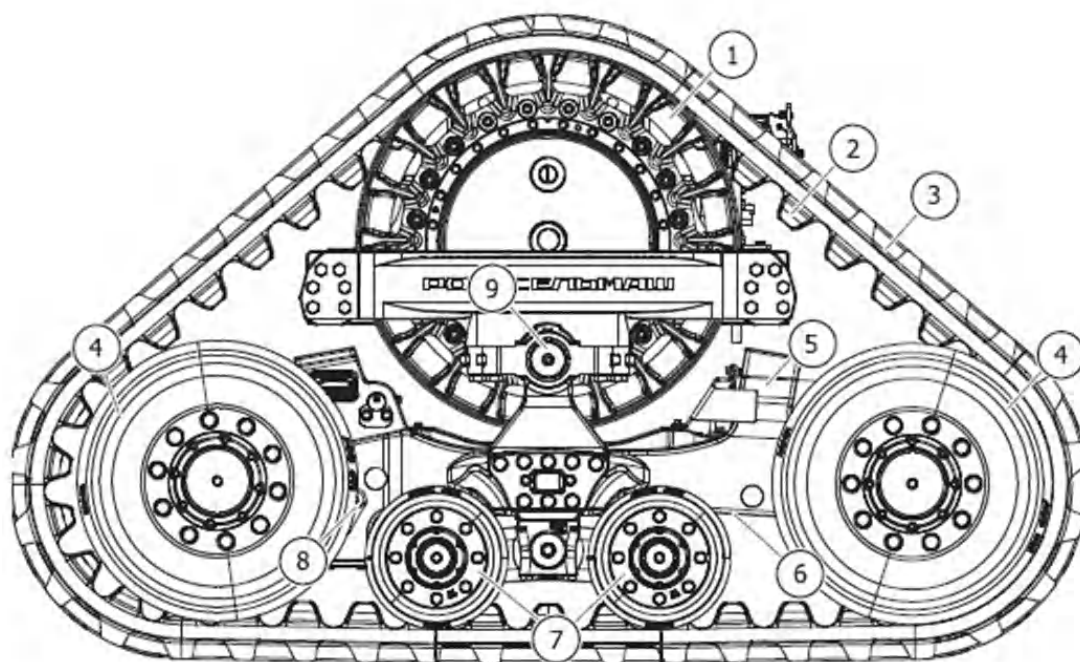


Рис. 6. Гусеничная ходовая тележка трактора RSM 620 DT:

1 – ведущее колесо; 2 – гребень гусеничной ленты; 3 – гусеничная лента; 4 – натяжное колесо; 5 – заправочный штуцер механизма натяжения; 6 – рама гусеничной тележки; 7 – опорные катки; 8 – устройство выравнивания; 9 – ось качения каретки опорных катков

Следует отметить, что, во-первых, в ходовой тележке всего два опорных катка, а большее их число должно способствовать лучшему распределению веса трактора по внутренней поверхности гусеницы, снижению среднего удельного давления на почву, то есть повышению проходимости.

Во-вторых, в конструкции тележки практически отсутствует система поддрессоривания, основную функцию которой здесь выполняет резиноармированная гусеница. Но сельскохозяйственный трактор основные работы выполняет на поле с движением как вдоль, так и поперек борозды с преодолением существенных неровностей почвы, поэтому гусеничные сельскохозяйственные трактора производства ВгТЗ были оборудованы эластичной пружинной подвеской. Поэтому вероятно, что нормированная плавность хода, то есть один из основных параметров гусеничной машины, вряд ли может быть обеспечена.

В-третьих, для гусеничных тракторов весом свыше 30 тонн проведение ремонтных или технологических работ связано с рядом трудностей, обусловленных большим весом ходовой тележки, что практически исключает применение ручного труда для демонтажа или монтажа узлов и требует применения механизации, подъемного оборудования и т. д. Таким обра-

зом, основная проблема выше описанной ходовой тележки в части ее ремонтпригодности заключается в том, что такие работы можно проводить только в заводских условиях. К этому еще приплюсовываются трудности с перемещением гусеничной машины такого веса к ремонтной площадке.

Для тяжеловесных гусеничных машин невозможность проведения ремонтных работ по месту нахождения машины приводит к потере рабочего времени, простоя оборудования и увеличению времени на проведение той работы, для которой эта машина предназначена.

Эти особенности затрудненного ремонта обусловлены компоновочным построением ходовой тележки. При сохранении традиционной схемы по размещению основных узлов ходовая тележка не предусматривает возможности демонтажа отдельных узлов без демонтажа тележки с машины.

3. Предложенная конструкция ходовой тележки

С целью устранения описанных выше недостатков авторами предложено усовершенствованное техническое решение индивидуальной гусеничной тележки, кинематическая схема которой представлена на рис. 7.

Созданы также комплект плоских и пространственных чертежей деталей нового техни-

ческого решения тележки и ее трехмерная модель (рис. 8.).

В отличие от конструкции, представленной на рис. 6, новое техническое решение тележки включает в себя (рис. 7) четыре опорных катка 4, 5, 6 и 7, причем сдвоенные катки 4 и 5, 6 и 7 соединены рычагами 14 и 15 соответственно и представляют собой балансирные каретки. Такое решение обеспечивает более существенное снижение удельного давления на почву и связанное с этим повышение проходимости. Кроме того, объединение опорных катков в балансирные каретки обеспечивает улучшение плавности

хода вследствие известного достоинства такого решения: когда под одним опорным катком каретки обнаруживается углубление в почве, а под другим одновременно получается возвышение, то, обкатывая рельеф поверхности, первый каток опускается, второй приподнимается, а за счет шарнирного соединения кареток с рычагами 10, 11 и 17, 18 ось качания рычагов 14 или 15 не меняет своего расположения в вертикальной плоскости, то есть каретка «проглатывает» неровность, а остов трактора ее не ощущает и не совершает вертикального перемещения.

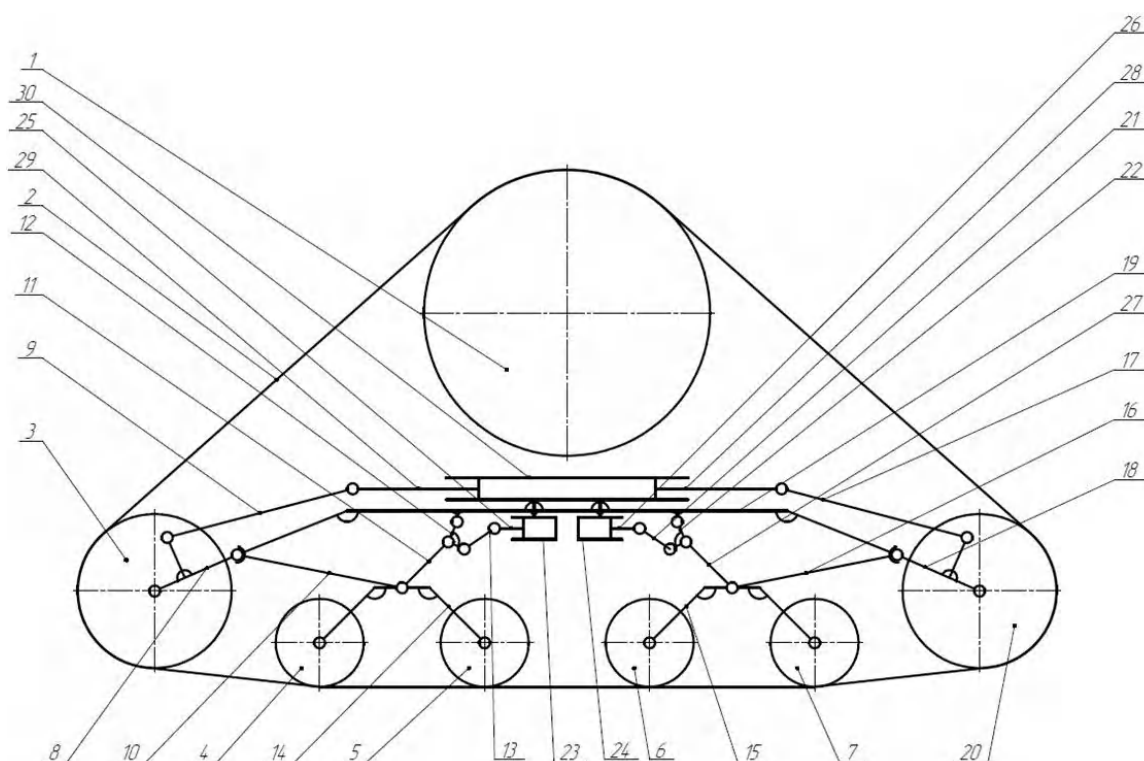


Рис. 7. Кинематическая схема предложенной индивидуальной гусеничной тележки:

1 – колесо ведущее; 2 – резиноармированная гусеница; 3, 20 – сдвоенные опорные направляющие катки; 4, 5, 6, 7 – сдвоенные опорные катки; 8, 18 – натяжные рычаги; 9, 17 – тяги автоматического натяжного устройства; 10, 16 – рычаги подвески; 11, 27 – толкатели роке-ров; 12, 22 – роке-ры; 13, 21 – толкатели амортизаторов; 14, 15 – каретки балансирные; 19 – рама; 23, 24 – гидроцилиндры; 25, 26 – штоки гидроцилиндров; 28, 29 – штоки сдвоенного гидроцилиндра; 30 – корпус сдвоенного гидроцилиндра

В зависимости от условий проходимости предусмотрена возможность автоматического, по сигналу управляющей программы, изменения положения балансирных кареток по длине опорной ветви гусеницы – возможно сокращать или увеличивать расстояние между ними. При этом штоки 25 и 26 гидроцилиндров вдвигаются или выдвигаются, а через систему рычагов 10, 11, 12 и 16, 17, 22 движение передается соединениям рычагов 14 и 15, за счет чего каретки сближаются или удаляются. Эта операция совмещена с изменением длины опорной по-

верхности самой тележки, так как изменение положения рычагов 10 и 16 изменяет положение сдвоенных опорных направляющих катков 3 и 20 в горизонтальной плоскости. Это один из следующих инструментов управления проходимостью машины за счет изменения площади опорной поверхности под гусеницами.

В конструкции предусмотрен также сдвоенный гидроцилиндр 30, обеспечивающий натяжение гусеничной ленты 2. При этом штоки 28 и 29 гидроцилиндра 30 вдвигаются или выдвигаются, и через шарнирно связанные с ни-

ми рычаги 9 и 17 обеспечивают изменение расстояния между осями сдвоенных опорных направляющих катков 3 и 20, что позволяет обеспечивать либо дополнительное натяжение гусеницы, либо возможность демонтажа

гусеницы в случае необходимости. Поддержание заданного уровня натяжения гусеницы может быть обеспечено автоматически за счет специальной программы бортового компьютера.

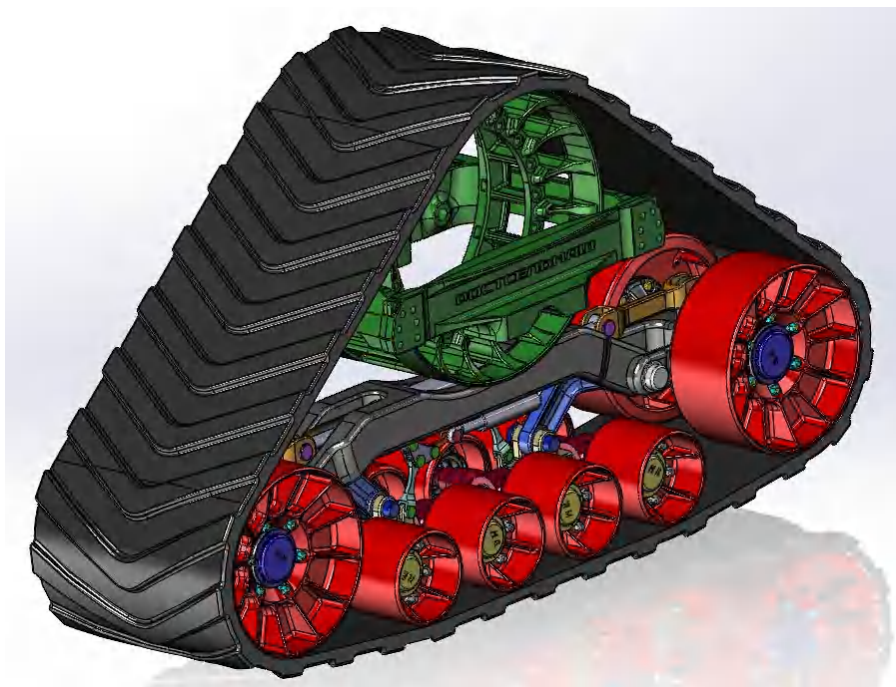


Рис. 8. Трехмерная модель индивидуальной гусеничной тележки

Таким образом, предложенное техническое решение индивидуальной гусеничной тележки обладает следующими достоинствами:

- улучшенной плавностью хода за счет объединения опорных катков в балансирные каретки, что позволяет трактору преодолевать неровности опорной поверхности, шаг и высота которых сравнимы с расстояниями между катками каретки, без изменения вертикального положения остова;
- улучшенной опорной проходимостью за счет использования четырех опорных катков, что уменьшает удельное давление на почву;
- обеспечивает возможность управления площадью опорной поверхности индивидуальной гусеничной тележки в зависимости от условий проходимости;
- обеспечивает возможность автоматического управления натяжением гусеницы;
- обеспечивает возможность простого монтажа/демонтажа резиноармированной гусеничной ленты;
- за счет открытости конструкции обеспечивается возможность быстрого доступа к деталям и узлам для технического обслуживания

шарниров, гидроцилиндров и замены деталей, подверженных быстрому износу.

Заключение

1. Рассмотрена проблема необходимости в парке сельскохозяйственных тракторов России гусеничных машин для выполнения сельскохозяйственных работ на переувлажненных почвах в период весенней и осенней распутиц.
2. Проанализированы конструктивные мероприятия для повышения проходимости колесных тракторов по грунтам с низкой несущей способностью.
3. Рассмотрена возможность использования на тракторах класса 1,4 для обеспечения надлежащей проходимости сменного колесно-гусеничного хода.
4. Рассмотрены возможности использования четырехгусеничного хода на тракторах более высокого тягового класса зарубежного и отечественного производства.
5. Проанализирована конструкция гусеничной ходовой тележки трактора RSM 620 DT производства отечественного предприятия «Ростсельмаш».

6. Приведено описание предложенного авторами технического решения индивидуальной гусеничной тележки для четырехгусеничной ходовой системы, обладающего лучшими показателями проходимости, плавности хода и ремонтпригодности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Комкин, А. С.* Повышение эффективности универсально-пропашных тракторов тягового класса 1,4 путем замены ведущих колес верхнеприводными гусеницами: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Киров, 2013.
2. *Канделя, М. В.* Сменные колесно-гусеничные движители уборочно-транспортных машин / М. В. Канделя, Н. М. Канделя, В. Л. Земляк; Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема. – Биробиджан, 2019. – 117 с.
3. Расчетная оценка топливной экономичности колесных и гусеничного тракторов на возделывании подсолнечника / В. В. Косенко, З. А. Годжаев, П. В. Потапов, М. П. Горюнков // Тракторы и сельхозмашины. – 2023. – Т. 90, № 1. – С. 73–82. – DOI 10.17816/0321-4443-112161.
4. Пат. 2446974 Российская Федерация, МПК В62Д 55/04. Тележка гусеничная сменная для транспортного средства / А. А. Лопарев, В. И. Судницын, А. С. Комкин, М. Х. Фасхутдинов, С. А. Лопарев. – 2012.
5. Пат. 2676916 Российская Федерация, МПК В62Д 55/104, В62Д 55/30. Гусенично-модульное устройство с независимым от нагрузки распределением нагрузки / Тид Дуэйн, Решад Джамшид, Стэйси Тимоти Д., Джанкер Кеннет Дж. – 2016.
6. *Емельянов, А. М.* Гусеничные зернокомбайны (основы теории и конструктивно-технологические устройства): монография / А. М. Емельянов [и др.]. – Благовещенск: ДальГАУ, 2013. – 285 с.
7. *Канделя, М. В.* Исследование и обоснование технического уровня различных типов гусеничных ходовых систем уборочно-транспортных машин.: дис. ... канд. техн. наук. – Биробиджан, 1997. – 162 с.
8. *Берегов В. П.* Исследование и обоснование основных параметров гусеничного движителя уборочно-транспортных машин: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Биробиджан, 1997.
9. *Климкович, В. А.* Оптимизация параметров опорной поверхности гусеничных движителей уборочно-транспортных машин: автореф. дисс. канд. техн. наук. МИИСП, М., 1986, – 19 с.
10. *Рябченко, В. Н.* Исследование влияния удельного давления на проходимость гусеничного движителя уборочно-транспортных машин: дисс. ... канд. техн. наук. – Благовещенск, 1971. – 150 с.
11. *Лапик, В. П.* Механико-технологические основы взаимодействия гусеничных движителей кормоуборочных машин с переувлажненной пойменной почвой: диссертация ... доктора технических наук: 05.20.01 / Лапик Владимир Павлович; [Место защиты: Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства РАСХН]. – Москва, 2015. – 288 с.
12. *Косенко, В. В.* Анализ изменения эксплуатационных показателей колесного сельскохозяйственного трактора при переоборудовании на гусеничный ход / В. В. Косенко, Е. А. Федянов, А. И. Искалиев // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. – 2021. – № 1(34). – С. 21–27.
13. Трактор сельскохозяйственный гусеничный 3000 ДТ. Руководство по эксплуатации 3000 ДТ РЭ 07/2021. – Россельмаш, 2021. – 368 с.