

УДК 631.35:629.03.001.5

Канделя М.В., к.т.н., доцент, БФ ДальГАУ; Рябченко В.Н., к.т.н., профессор, ДальГАУ
ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ МОБИЛЬНЫХ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

В статье рассмотрены цели и задачи применения мобильных уборочно-транспортных машин высокой проходимости. Потребность в таких машинах имеет место во многих отраслях народного хозяйства, особенно в регионах Дальнего Востока.

Мобильные уборочно-транспортные машины на гусеничных ходовых системах находят широкое применение на Дальнем Востоке во многих отраслях народного хозяйства. Прежде всего – это сельскохозяйственное производство и особенно уборка риса, сои и других культур в специфических условиях переувлажнения почв. Разведка и освоение полезных ископаемых и заготовка сырьевых ресурсов в условиях бездорожья. Обеспечение сезонной доставки оленеводов в дистанционные стойбища, рабочих на вахтовые прииски и создание бытовых условий на передвижных бытовых модулях. Кроме того – это строительство новых транспортных артерий при освоении природных богатств, в том числе прокладка газо- и нефтепроводов.

Дальний Восток в XXI веке является довольно привлекательным регионом России, где требуется использование в больших масштабах машин высокой проходимости. Мировой и отечественный опыт позволяет создавать большой парк транспортных средств для обеспечения проходимости мобильных машин. Однако и на Дальнем востоке России имеется необходимая база и все условия для оснащения гусеничными ходовыми системами комплекса мобильных машин, удовлетворяющих агротехнической, экологической и экстремальной проходимости. Бывший завод «Дальсельмаш» - ныне ОАО «Биробиджанский комбайновый завод «Дальсельмаш», в творческом сотрудничестве с ДальГАУ и ДальНИП-ТИМЭСХ, имеют многолетний опыт в разработке и использовании машин высокой проходимости в сложных условиях сельскохозяйственных работ и для обес-

печения технологических процессов в условиях бездорожья.

На Дальнем Востоке зерновые культуры убираются, как правило, в период частого переувлажнения почвы. Обусловлено это климатическими условиями региона. Переувлажнению подвергается до 95% всех пахотных площадей. Данный фактор усугубляется тем, что почвы региона по механическому составу, в основном, относятся к тяжелым суглинкам с плотным подстилающим слоем на глубине 16...25 см. В этих условиях технико-экономические показатели уборочных работ, а зачастую и сама возможность уборки, зависят от проходимости уборочно-транспортных машин. Для обеспечения уборки урожая в таких экстремальных условиях и был создан гусеничный ходовой аппарат, а с 1958 года на заводе «Дальсельмаш» было налажено производство уборочно-транспортных машин на базе гусеничной ходовой системы. Практика первых лет эксплуатации комбайна на гусеничном ходу позволила резко улучшить технико-экономические показатели уборочных работ, по сравнению с прицепными колесными комбайнами. Так, прямые издержки снизились в 3,9...11,3 раза, металлоемкость на гектар сезонной производительности уменьшилась в 1,4...2,0 раза, производительность труда увеличилась в 9,2...12,7 раза.

В настоящее время самоходные комбайны выпускаются как в гусеничной, так и в колесной модификациях. Несмотря на существенные недостатки металлогусеничного движителя (большой вес, сложность конструкции, малый срок службы и т.п.), рисозерноуборочный комбайн гусеничной модификации обладает

высокой проходимостью и в тяжелых почвенных условиях является единственной машиной, способной выполнять технологический процесс. Бытовые передвижные модули хорошо зарекомендовали себя в условиях Севера и Заполярья Дальнего Востока.

Уже более 40 лет как выпускаются и модернизируются гусеничные ходовые системы для специфических условий Дальнего Востока. Более чем в 2 раза увеличился объем бункера рисозерноуборочного комбайна (от 1,8 до 4,5 м), растет его конструктивная и эксплуатационная масса. Ходовая часть рисозерноуборочного комбайна «Енисей-1200Р» представляет собой гусеничную тележку, которая является базой для гусеничного силосоуборочного комбайна «Амур-680» и других опытных и экспериментальных образцов уборочных и транспортных машин высокой проходимости. Удачная кинематическая схема и конструкция, разработанная на основе тракторного и танкостроения, практически не претерпела принципиальных изменений.

На сегодняшний день есть реальная возможность существенно улучшить технику – эксплуатационные качества региональных гусеничных машин, повысить их надежность, проходимость и экомсовместимость [1]. Это очень важная народнохозяйственная задача, так как по критерию максимально допустимого давления на почву [2] ни одно серийное энергетическое средство не отвечает требованиям экологически безопасного воздействия на почву. Жесткий контакт с дорогой порождает проблему улучшения эргономики (условий труда) и асфальтоходности.

Исследования гусеничного движителя в условиях Дальнего Востока показывают, что металлические гусеницы оказывают вредное воздействие на почву: разрушают структуру, уплотняют плодородный слой, нарушают агрофизические процессы и экологию. Воздействие ходовых аппаратов на почву является одним из факторов, приводящих к потере плодородия почвы. Особенно отрицательное воздействие ходовых систем на почву

проявляется в зонах, подверженных переувлажнению. Сегодня вопросы охраны окружающей среды и в том числе сохранения плодородия почвы приобретают важное народнохозяйственное значение. Из анализа исследований можно сделать вывод, что потенциальные ресурсы существующего серийного металлгусеничного движителя ограничены как в отношении улучшения эксплуатационных качеств, так и экологического соответствия. Поэтому разработки, направленные на совершенствование гусеничной ходовой системы и устранение вышеперечисленных недостатков, являются особенно актуальными.

Перспективным направлением совершенствования гусеничной ходовой системы является использование резиноармированных гусениц [3], получивших широкое распространение в конструкциях гусеничных машин за рубежом. В настоящее время крупнейшие тракторные и комбайновые фирмы: Джон Дир, Катерпиллер, Клаас, Кейс, Нью-Холланд и другие ведут опытные разработки и серийный выпуск тракторов и комбайнов на резиноармированных гусеницах, что позволяет в сравнении с традиционной для западных стран колесной техникой снизить вредное воздействие на почву и улучшить тягово-сцепные свойства машин. Для России, и в частности для Дальнего Востока, использование резиноармированных гусениц имеет особое значение, так как отечественная промышленность в течение многих лет выпускает тракторы и комбайны на металлических гусеницах.

Поисковые исследования уборочно-транспортных машин высокой проходимости на резиноармированных гусеницах конструкции и производства японской фирмы «Бриджстоун» («Bridgestone») [3,4] выявили их значительные преимущества перед металлгусеничным движителем, особенно в плане их экологического соответствия и повышения надежности гусеничной ходовой системы и всей машины в целом. По результатам исследований ресурс до предельного со-

стояния резиноармированных гусениц в сравнении с серийными возрос в 4,5 раза (20000 км у резиноармированной гусеницы, 4500 км у металлической). Только после пробега 20000 км наблюдались трещины и изломы на беговых дорожках резиноармированных гусениц в местах размещения металлических закладных элементов. Нарботка на отказ по раме молотилки увеличилась в 3...4,7 раза (для отказов 1 – 3 групп сложности).

Установка резиноармированной гусеницы на серийную ходовую систему приводит к снижению максимального давле-

ния и уплотняющего воздействия на почву (рис. 1). Несмотря на увеличение массы, коэффициент неравномерности распределения давления движителя с резиноармированной гусеницей в 1,72...2,02 раза ниже, чем серийного. При этом улучшается эргономика машин, обеспечивается асфальтоходность и снижается техногенное воздействие на почву до экологически безопасного уровня.

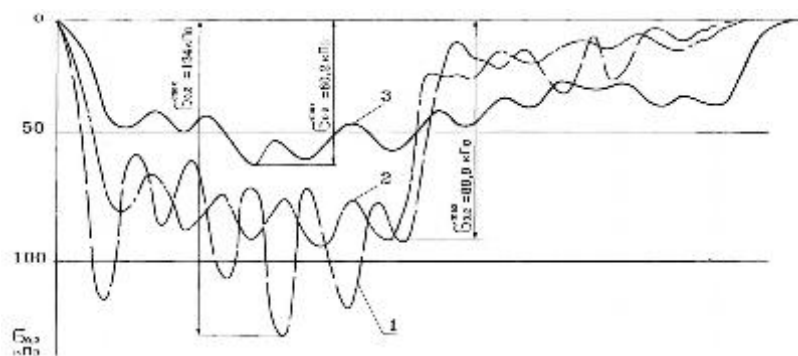


Рис.1. Линия влияния напряжения на глубине 20 см под комбайнами с разными ходовыми системами:

- 1 - гусеничная тележка серийная; 2 - тележка с РАГ на торсионной подвеске опорных катков; 3 - тележка с РАГ на серийной подвеске

Полученные результаты (рис.1) доказывают перспективность и необходимость постановки серийных ходовых тележек на резиноармированные гусеницы. Однако разработка и исследование рисо-зерноуборочного комбайна «СЗК-1200 РАГ», комплекса других машин на базе универсального энергетического средства[5], показало, что серийный гусеничный ход требует конструктивных изменений не только путем замены металлוגусеничных лент, но и в ряде других узлов и агрегатов движителя.

Это вызвано тем, что с ростом массы комбайнов возросла мощность, необходимая для передвижения машины. Крутящий момент, передаваемый фрикционами, стал недостаточным, участились случаи выхода их из строя. Таким обра-

зом, снизилась надежность ведущего моста. Вместе с тем фрикционы в серийном мосту расположены таким образом, что замена их является очень трудоемкой операцией. Необходимо разъединить гусеничную ленту, снять бортовой редуктор и лишь, потом снять фрикцион. Это обстоятельство значительно снижает ремонтпригодность ведущего моста и тележки в целом. Кроме того, выпускаемый в настоящее время ведущий мост практически не унифицирован с мостами колесных машин, серийность которых неизмеримо выше машин гусеничных.

Разработка нового ведущего моста решает эти актуальные проблемы. Результаты эксплуатации гусеничных тележек выявили и другие недостатки, в числе которых – недостаточный крутящий

момент серийного моста для передвижения комбайнов с увеличенным эксплуатационным весом в экстремальных условиях. Перспектива перехода на применение резиноармированных гусениц, вместо ныне применяемых металлических гусениц, также обязывает заниматься новой конструкцией ведущего моста с целью увеличения пропускного крутящего момента. В связи с отмеченными недостатками в новой гусеничной тележке предложено существенно изменить конструк-

цию самого важного звена – ведущего моста.

Разработанный ведущий мост (рис.2) состоит из коробки диапазонов 7, бортовых редукторов 1 и 5, балки 4 и бортовых фрикционов 3 и 6. Крутящий момент на коробку диапазонов передается от гидромотора 12. Передача вращения от коробки диапазонов на бортовые фрикционы и бортовые редукторы осуществляется через полуоси 8 и 9, которые соединены с валами бортовых фрикционов при помощи втулок и муфт.

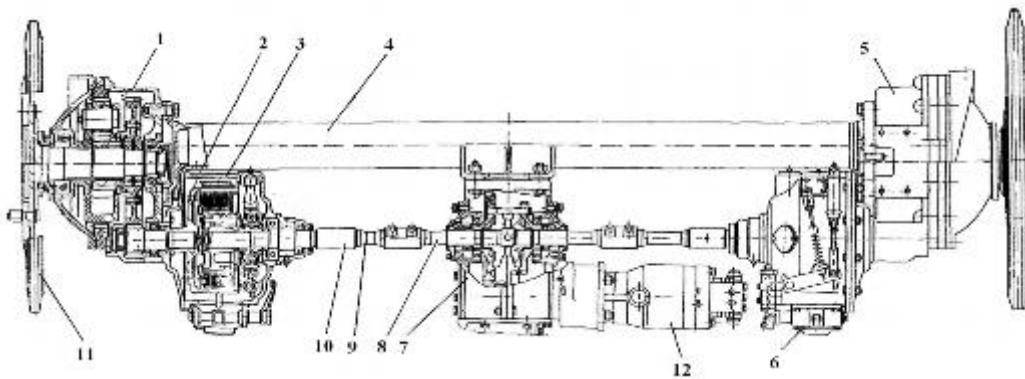


Рис. 2 Мост ведущий

- 1 – редуктор бортовой левой; 2 – барабан со ступицей; 3 – фрикцион бортовой левой; 4 – балка моста ведущего; 5 – редуктор бортовой правой; 6 – фрикцион бортовой правой; 7 – коробка диапазонов; 8; 9 – полуоси; 10 – втулка соединительная; 11 – звездочка ведущая; 12 – гидромотор.

Коробка диапазонов закреплена на балке моста 4, состоит из разъемного корпуса, первичного и промежуточных валов, установленных на подшипниках. Подвижные шестерни, расположенные на валах, обеспечивают включение одного из трех диапазонов для движения передним или задним ходом. Коробка диапазонов оснащена механизмом переключения диапазонов и системой блокировки запуска двигателя. Для определения скорости движения на коробке установлен пер-

вичный преобразователь (датчик) электронного указателя.

Бортовые редукторы закреплены на фланцах балки моста и предназначены для увеличения крутящего момента, передаваемого на ведущие звездочки. Каждый из редукторов состоит из корпуса, ведущего вала – шестерни, зубчатого колеса, водила с шестернями-сателлитами, коронной шестерни и оси ведущей звездочки.

Технические данные унифицированного ведущего моста:

Тип привода	объемная гидropередача ГСТ-90 или ГСТ -112.
Коробка диапазонов	двухходовая, трехдиапазонная, трехвальная.
Передаточные отношения коробки диапазонов:	на I диапазоне 7,93; на II- 2,90; на III - 1,23.
Бортовые редукторы	планетарно-цилиндрические, двухступенчатые с передаточным числом 19,7.
Бортовые фрикционы	многодисковые фрикционные муфты.
Тормоза рабочие и стояночные	ленточные с гидроприводом.

Бортовые фрикционы закреплены на бортовых редукторах, имеют отдельный привод, передают крутящий момент на ведущие валы-шестерни и осуществляют поворот гусеничного хода. Пакет каждого фрикциона состоит из одина-

дцати ведущих и десяти ведомых дисков, выполненных из спеченного фрикционного материала (металлокерамики) повышенной долговечности. Кинематическая схема разработанного привода изображена на рис. 3.

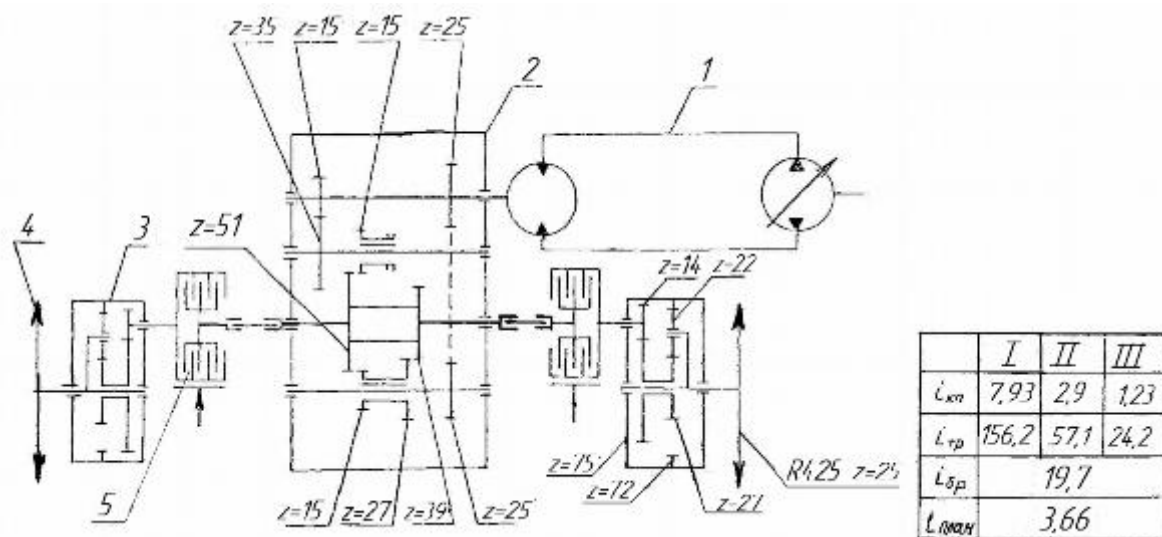


Рис. 3. Кинематическая схема унифицированного привода гусеничной тележки:
1 - объемная гидropередача; 2 – коробка диапазонов; 3 – редуктор бортовой;
4 – звездочка ведущая; 5 – бортовой фрикцион

В новой конструкции ведущего моста повышается надежность за счет установки фрикциона в другой ступени кинематической схемы моста (рис.3), где фрикцион может передавать более чем в три раза больший крутящий момент. Кроме этого фрикцион может быть заменен без снятия бортового редуктора, что значительно повышает ремонтпригодность гусеничной тележки. Высокая унификация моста очевидна, так как при изготовлении используется большая часть

деталей бортовых редукторов и коробки диапазонов колесных комбайнов.

ОАО Биробиджанский комбайновый завод «Дальсельмаш» совместно сучеными ДальГАУ и ДальНИПТИМЭСХ разработана конструкция гусеничного двигателя нового поколения (рис. 4), которая обеспечит надежную работу уборочно-транспортных машин, серийно выпускаемых для дальневосточного региона и вновь разрабатываемых на основе резиноармированных гусениц.[5].



Рис. 4. Универсальное энергетическое средство на резиноармированных гусеницах

Ходовые системы с резиноармированными гусеницами на базе УЭС-РГ могут быть использованы для навески технологического оборудования всех видов комбайнов, дорожно-строительной техники, машин для геологоразведки, работающих в труднопроходимых болотистых местах, машин для укладки газо- и нефтетрубопроводов и бытовых передвижных модулей.

По результатам испытаний, кроме /8меченных преимуществ, гусеничные ходовые системы с РАГ позволяют обеспечить:

1) повышение физической и экологической проходимости на почвах с низкой несущей способностью;

2) сохранение дорог и обеспечение асфальтоходности;

3) снижение максимального давления и уплотняющего воздействия на почву в 2,5 раза по сравнению с металлической гусеницей, ($U = 73,1 \text{ кН/м}$) что ниже безопасного предела для почв ($U = 75 \text{ кН/м}$);

4) уменьшение вибронегруженности и шума, что обеспечивает увеличение срока службы узлов ходовой системы и агрегатов машины, улучшает условия труда механизатора;

5) снижение трудоемкости технического обслуживания ходовой системы и обеспечение ресурса ходовых систем для

мобильных машин не менее 12 лет.

Теоретическое обоснование действительных нагрузок [6] показало, что резиноармированные гусеницы позволяют существенно снизить нормальную нагрузку на опорную поверхность почвы за счет снижения дополнительной вертикальной нагрузки вследствие колебаний остова комбайна.

Действительная нормальная нагрузка на почву определяется по выражению:

$$P = P_0 \pm M_0 \cdot a_c, \quad (1)$$

где P_0 - эксплуатационный вес машины, кН;

M_0 - подресоренная масса, кг;

a_c - ускорение центра масс, м/с^2 .

Принимая $M_0 = P_0 / g$, получим:

$$P = P_0 (1 + a_c / g) \quad (2)$$

Эксплуатационный вес машины пропорционален эквивалентному коэффициенту жесткости подвески гусеничного движителя. Учитывая, что эквивалентный коэффициент жесткости гусеничной системы с РАГ $C_{\text{экв РАГ}}$ примерно равен половине коэффициента эквивалентной жесткости упругой подвески движителя, получим вертикальную нагрузку от эксплуатационного веса комбайна на металлогусеничной ходовой системе:

$$P_{МГД} = P_0 (1 + a_c / g). \quad (3)$$

Для ходовой системы на резиноармированных гусеницах

$$P_{РАГ} = P_0 (1 + a_c / 2g). \quad (4)$$

Из уравнений (3) и (4) следует, что при одинаковых условиях эксплуатации гусеничных машин на РАГ по сравнению с металлогусеничными ходовыми системами вертикальная нагрузка, а следовательно и нормальное давление снижается на величину:

$$\frac{P_{МГД} - P_{РАГ}}{P_{МГД}} 100\% = \frac{a_c / 2g}{1 + a_c / g}. \quad (5)$$

Результаты испытаний комбайнов [7] на серийной ходовой системе показали, что максимальные значения ускорений остова машины при движении по стерне кормовых трав достигают более $2,5 \text{ м/с}^2$. При этих значениях снижение давления под гусеничной ходовой системой с РАГ составляет 10,1%.

Это обстоятельство дополнительно обеспечивает преимущество гусеничных систем на РАГ при сравнительных испытаниях [3,4,5]

ЗАО «БКЗ Дальсельмаш» имеет производственные мощности для разработки и выпуска мобильной техники высокой проходимости, в том числе и с резиноармированными гусеницами. Такая техника остро необходима для регионов Дальнего Востока и позволит решить многие народно-хозяйственные проблемы в сложных транспортных условиях.

Выводы: 1) Гусеничные ходовые системы с резиноармированными гусеницами могут быть использованы для навески технологического оборудования всех видов комбайнов, дорожно-строительной техники, машин для геологоразведки, работающих в труднопроходимых болотистых местах, машин для укладки газо- и нефтетрубопроводов.

2) Применение ходовых систем с резиноармированными гусеницами в раз-

личных мобильных машинах позволяет реализовать принципы ресурсосбережения и экологически допустимого воздействия на почву и повысить их экономический эффект.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ксеневиц, И.П. Внедорожные тягово-транспортные системы: проблемы защиты окружающей среды /И.П. Ксеневиц // Тракторы и сельхозмашины. – 1996. – №6. – С. 18 – 22.

2. Ксеневиц, И.П.,. Ходовые системы – почва – урожай. / И.П. Ксеневиц, В.А. Скотников, М.Н. Ляско – М.: Агропромиздат, 1985. – 304 с.

3. Канделя, М.В. Исследование и обоснование технического уровня различных типов гусеничных ходовых систем уборочно-транспортных машин. Дисс... канд. техн. наук./ М.В. Канделя – Биробиджан, 1997. – 162 с.

4. Рябченко, В.Н. Исследование взаимодействия с почвой различных типов гусеничных движителей в схеме рисозерноуборочного комбайна/ В.Н. Рябченко, А.М. Емельянов, А.В. Липкань// Проблемы механизации сельскохозяйственного производства Дальнего Востока. Благовещенск -1990. с. 57-66.

5. Емельянов, А.М. Разработка движителя с резиноармированными гусеницами / А.М. Емельянов, И.В. Канделя, А.В. Липкань, В.Н. Рябченко и др. // Техника в сельском хозяйстве. – 2001. – №2. – С. 14 – 16.

6. Рябченко, В.Н. Динамика нормальных нагрузок на почву гусеничного движителя комбайна «Енисей-1200Р» /В.Н. Рябченко// Механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве. – 2005: №11 - С. 206 – 211.

7. Создание унифицированной конструкции гусеничной ходовой системы и ведущего моста для новых рисозерноуборочных комбайнов. Х/д с ГСКБ г. Биробиджан, научный отчет - М.: – 1988.-88с.