

УДК 631.35:629.03.001.5

Рябченко В.Н., к.т.н., профессор, ДальГАУ;

Канделя М.В., к.т.н. доцент, ЗАО «БКЗ «Дальсельмаш»;

Емельянов А.М., д.т.н., профессор, ДальГАУ

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГУСЕНИЧНОЙ ХОДОВОЙ СИСТЕМЫ МОБИЛЬНЫХ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

В работе обоснована целесообразность использования в условиях Дальнего Востока гусеничных ходовых систем, производство которых налажено и ведется на заводе «Дальсельмаш» уже более 40 лет. На основе многолетних производственных и научно-конструкторских разработок предлагается современная ходовая система с новым ведущим мостом и использованием резиноармированных гусениц. Ходовая система нового поколения позволит повысить производительность и долговечность машин, реализовать принципы ресурсосбережения и экологически допустимого воздействия на почву.

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.

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: колесные движители с двумя, тремя и более ведущими мостами (автомобили повышенной проходимости, БТР, тягачи), автомобили со специальными пневмоколесами и пневмокатками с низким давлением, гусеничные и полугусеничные шасси, амфибии и другие средства.

Бывший завод «Дальсельмаш» - ныне ЗАО «Биробиджанский комбайновый завод «Дальсельмаш», ДальГАУ и ДальНИПТИМЭСХ имеют многолетний опыт в разработке и использовании машин высокой проходимости в сложных условиях сельскохозяйственных работ. На Дальнем Востоке зерновые культуры убираются, как правило, в период 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 комбайнов 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 [1].

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.

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 м³), 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 экспериментальных образцов уборочно-транспортных машин высокой проходимости. Удачная кинематическая схема и конструкция, разработанная на основе тракторного и танкостроения, практически не претерпела принципиальных изменений.

На сегодняшний день остро стоит проблема надежности и экосовместимости как тракторной, так и уборочно-транспортной техники в частности [2]. По критерию максимально допустимого давления на почву [3] $U = 75kH / м$ 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 показывают, что металлические гусеницы оказывают вредное воздействие на почву: разрушают структуру, уплотняют плодородный слой, нарушают агрофизические процессы. 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 [4] можно сделать вывод, что потенциальные ресурсы существующего серийного металлогусеничного движителя ограничены как в отношении улучшения эксплуатационных качеств, так и экологического совершенствования. 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 [4], 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 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») [4,5] выявили их значительные преимущества перед металлогусеничным движителем, особенно в плане повышения надежности гусеничной ходовой системы и всей машины в целом. Ресурс до предельного состояния

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 давления и уплотняющего воздействия на почву (рис. 1). Несмотря на увеличение массы, коэффициент неравномерности распределения давления ходовой системы 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.

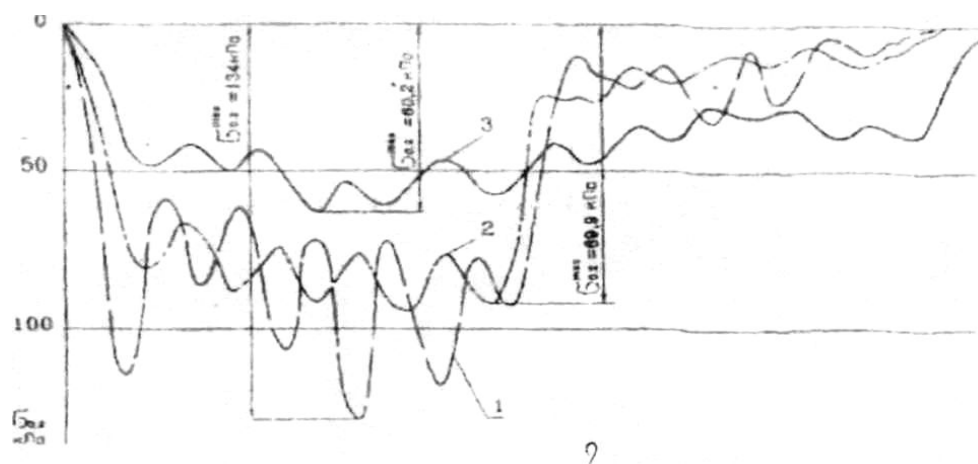


Рис.1. Линия влияния напряжений на глубине 20 см/под комбайнами с разными ходовыми системами: 1 - гусеничная тележка серийная; 2 - тележка с РАГ на торсионной подвеске опорных катков; 3 тележка с РАГ на серийной подвеске

Полученные результаты (рис.1) доказывают перспективность и необходимость постановки серийных ходовых тележек на резиноармированные гусеницы. Однако разработка и исследование рисозерноуборочного комбайна «СЗК-1200 РАГ [4], комплекса других машин на базе универсального энергетического средства [5] показало, что серийный гусеничный ход требует существенных конструктивных изменений и в ряде других узлов и агрегатов двигателя. 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 образом, 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. 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 конструкцию самого важного звена – ведущего моста. Эта работа была проведена на ЗАО «Биробиджанский

комбайновый завод «Дальсельмаш» по хоздоговору с департаментом по сельскому хозяйству Амурской области в 2003-2005 годах.

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.

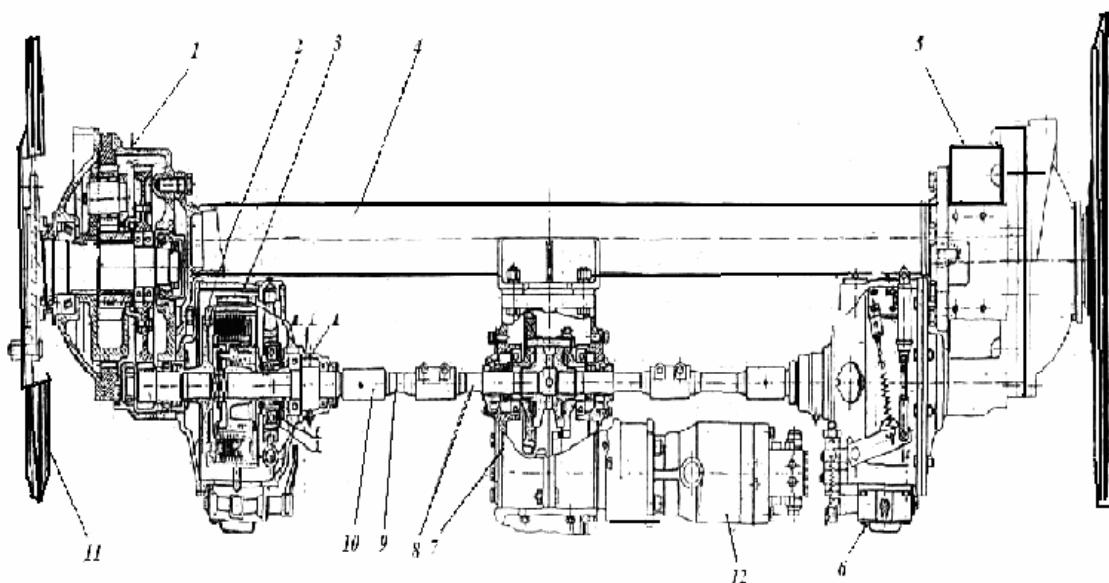


Рис. 2. Мост ведущий 1 – редуктор бортовой правый; 2 – барабан со ступицей; 3 – фрикцион бортовой правый; 4 – балка моста ведущего; 5 – редуктор бортовой левой; 6 – фрикцион бортовой левой; 7 – коробка диапазонов; 8 – полуось правая; 9 – полуось; 10 – втулка соединительная; 11 – звездочка ведущая; 12 – 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 первичный преобразователь (датчик) электронного указателя.

Технические данные унифицированного ведущего моста:

Тип привода

объемная гидropередача ГСТ-90 или ГСТ -112.

Коробка диапазонов
Передаточное отношение
коробки диапазонов:

двухходовая, трехдиапазонная, трехвальная
на I диапазоне 7,93; на II- 2,90;
на III - 1,23.

Бортовые редукторы

Бортовые фрикционы

Тормоза рабочие и стояночные

планетарно цилиндрические, двухступенчатые с передаточным числом 19,7.

многодисковая фрикционная муфта

ленточные с гидроприводом

Кинематическая схема ведущего моста приведена на рис. 3.

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.

Бортовые фрикционы закреплены на бортовых редукторах, имеют отдельный привод и передают крутящий момент на ведущие валы-шестерни и осуществляют поворот гусеничного хода. Пакет фрикциона состоит из одиннадцати ведущих и десяти ведомых дисков, выполненных из спеченного фрикционного материала (металлокерамики) повышенной долговечности.

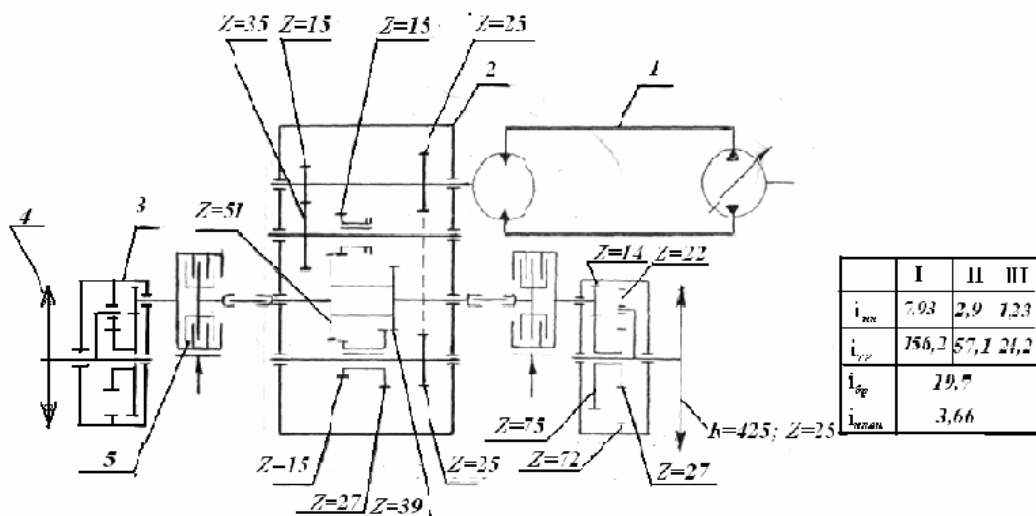


Рис. 3. Кинематическая схема унифицированного привода гусеничной тележки:

1 - объемная гидропередача; 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.

Разработанная конструкция гусеничного движителя нового поколения (рис. 4) обеспечит надежную работу уборочно-транспортных машин, серийного выпускаемых для дальневосточного региона и вновь разрабатываемых на основе резиноармированных гусениц.

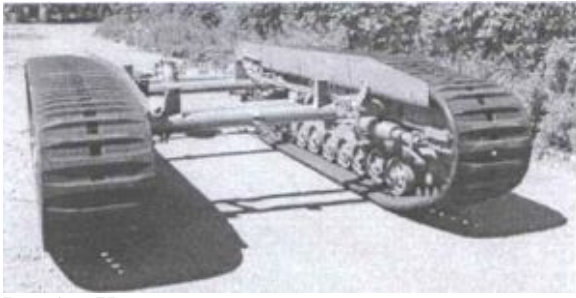


Рис.4. Ходовая система на резиноармированных гусеницах

Ходовые системы с резиноармированными гусеницами, как показали многочисленные исследования [4,5,6 и др.], 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.

По результатам испытаний, кроме отмеченных 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 комбайнов 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 - подвесенная 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 $C_{\text{эквРАГ}}$ приблизительно равен половине коэффициента эквивалентной жесткости подвески, получим вертикальную нагрузку от эксплуатационного веса комбайна на металлогусеничной ходовой системе:

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

Для ходовой системы на резиноармированных гусеницах

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

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:

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

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 10,2%.

Это обстоятельство дополнительно обеспечивает преимущество гусеничных систем на РАГ при сравнительных испытаниях [4,5,6]. Однако совокупный эффект от применения резиноармированных гусениц является очень существенным. Поэтому эта ходовая система требует дальнейших теоретических и экспериментальных исследований. В частности, комбайны на РАГ – многофункциональная машина с огромным количеством передач и механизмов, которая вызывает всевозможные виды колебаний и оказывает большое влияние на динамику машин. Кроме того, во время технологического процесса гусеничные ходовые системы подвергаются постоянному и периодически изменяющемуся воздействию неровностей поверхности передвижения. Это вызывает одновременно колебания остова машин в продольном, поперечном и курсовом направлениях [8,9]. Исследование этих факторов позволит определить оптимальные режимы работы и снизить негативное влияние на окружающую среду.

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 ходовой системы с резиноармированными гусеницами в различных машинах позволяет реализовать принципы ресурсосбережения и экологически допустимого воздействия на почву.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буракова, С.А. Исследование закономерности деформации почвогрунтов Дальнего Востока гусеничным двигателем: дис...канд. техн. наук. – М.:, 1967.
2. Ксеневиц, И.П. Внедорожные тягово-транспортные системы: проблемы защиты окружающей среды/И.П. Ксенкевич // Тракторы и сельхозмашины. – 1996. – №6. – С. 18 – 22.
3. Ксеневиц, И.П., Ходовые системы – почва – урожай. / И.П. Ксенкевич, В.А. Скотников, М.Н. Ляско – М.: Агропромиздат, 1985. – 304 с.
4. 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.
5. Разработка двигателя 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 двигателя 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 научный отчет г. Биробиджан. М.: – 1988.-88с.
8. Жутов, А.Г. Влияние продольных колебаний остова трактора на динамическую нагруженность трансмиссии./А.Г. Жутов, В.И. Аврамов, С.В. Молоканов// «Тракторы и сельскохозяйственные машины» - 2006 - №12 – С. 33-34.
9. Носов, С.В. Динамическая нагруженность трансмиссий колесных машин с учетом реологических свойств опорного основания./ С.В. Носов. Н.Н. Озовцев, О.В. Вакулич // «Тракторы и сельскохозяйственные машины» - 2006 - №8 – С. 31-32.

