

Приняв скорость частицы после удара одинаковой для всех  $\alpha$  ( $u = 7$  м/с), а также задавшись диаметрами подводщего трубопровода  $D$  (80 мм) и отводящего патрубка  $d$  (25 мм), по зависимостям (5) построим траектории движения частицы после соударения с отражателем (рис. 3). Частицу после соударения с вершиной пирамиды можно считать попавшей в отводящий патрубок только в том случае, если она прошла вдоль оси  $X$  расстояние  $b$  (6), равное высоте боковой грани пирамиды, при этом ее координата по оси  $Y$  не превысила значения диаметра отводящего патрубка  $d$  (в данном случае 25 мм).

$$b = \frac{D}{2 \cdot \cos \alpha} \quad (6)$$

Таким образом, теоретические исследования показывают, что рациональный угол наклона грани к основанию находится в пределах 50-70°, поскольку только при данных углах наблюдается попадание отраженной от вершины отражателя частицы непосредственно в отводящий патрубок.

#### Библиографический список

1. Любушко Н.И. Зерновые сеялки на рубеже XXI века / Н.И. Любушко, В.Н. Зволинский // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2001. – № 2. – С. 4-7.

2. Зволинский В.Н. Использование отечественного опыта при создании посевной техники / В.Н. Зволинский, Н.И. Любушко // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1998. – № 11. – С. 22-24.

3. Шевырëв Л.Ю. Совершенствование процесса дозирования семян зерновых культур сеялкой с централизованным высевом: дис. ... канд. техн. наук / Л.Ю. Шевырëв. – Зерноград, 2004. – С. 14.

4. Пятаев М.В. Определение неравномерности высева на сеялках с пневматическими высевающими системами / М.В. Пятаев // Вестник ЧГАУ. – 2009. – № 54. – С. 82-86.

5. Кузнецов М.К. Неравномерность высева семян зерновыми сеялками / М.К. Кузнецов, М.А. Виноградов, В.В. Жигайлов, А.Н. Варавва // Тракторы и сельхозмашины. – 1980. – № 7. – С. 17-18.

6. Хоменко М.С. Механизация посева зерновых культур и трав: справочник / М.С. Хоменко. – Киев: Урожай, 1989. – С. 40-42.

7. Зуев Ф.Г. Пневматическое транспортирование на зерноперерабатывающих предприятиях / Ф.Г. Зуев. – М., 1976. – С. 39-44.

8. Лачуга Ю.Ф. Теоретическая механика / Ю.Ф. Лачуга, В.А. Ксендзов. – М.: Колос, 2000. – С. 471.



УДК 629.114.2.032

Д.П. Бокин

## РЕМОНТ ГУСЕНИЦ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ ПОСРЕДСТВОМ УСТАНОВКИ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ШАРНИРОВ

**Ключевые слова:** гусеничный движитель, износ проушин, предельное состояние, ремонт, обработка звеньев, резинометаллический шарнир, упругий элемент, напряженно-деформированное состояние.

В настоящее время на современном этапе развития сельского хозяйства среди основных проблем является проблема деградации почв. Помимо естественных причин их разрушения, таких как ветровая

и водная эрозия, в растениеводстве также остро стоит проблема уплотнения почв сельскохозяйственной техникой.

Одним из возможных решений данной проблемы является применение гусеничных тракторов. В настоящее время они не получили широкого применения при проведении полевых работ, однако как в крестьянских (фермерских) хозяйствах, так и в крупных сельскохозяйственных предприятиях продолжается эксплуатация старых гусеничных тракторов ДТ-75М и их моди-

фикаций, которые нуждаются в обслуживании и ремонте. В то же время Волгоградский тракторный завод продолжает выпускать гусеничные тракторы ВТ-100, ВТ-150, ВТ-175, ходовая часть которых идентична тракторам семейства ДТ-75М.

Одной из основных причин, по которым гусеничные тракторы не получили широкого распространения, является малый срок службы ходовой части машины, а именно гусеничных цепей. На рисунке 1 показано соединение звеньев гусениц трактора ДТ-75М.

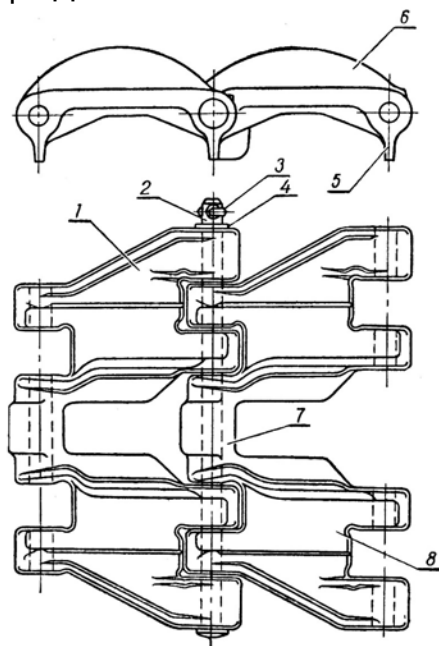


Рис. 1. Соединение звеньев гусеницы трактора ДТ-75М

Здесь литые звенья 1 соединяются между собой металлическим пальцем 2, который удерживается посредством шплинта 3 и шайбы 4. Такое соединение относится к открытым металлическим шарнирам (ОМШ). Данная конструкция проста и технологична, однако в результате беспрепятственного попадания абразива почвы на трущиеся поверхности шарнира происходит быстрый износ пальца и проушин. При увеличении зазоров, вследствие абразивного износа, происходит увеличение шага цепи и, как следствие, увеличение действующих динамических нагрузок, что ускоряет темп износа. Совокупность этих факторов приводит к быстрому износу шарнирного соединения до предельного состояния в течение 900-2500 ч, в зависимости от типа почв. Выбраковочным параметром при контроле изношенных траков гусениц является толщина передней стенки проушины, достигшая 8 мм и менее (рис. 2) [1].

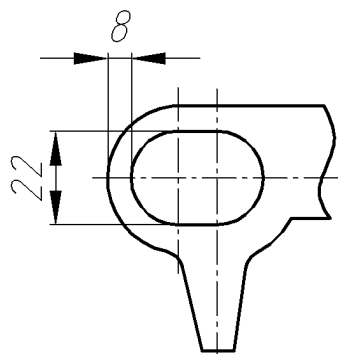


Рис. 2. Предельное состояние проушин гусеницы трактора ДТ-75М

Как правило, 80% изношенных и отбракованных звеньев гусениц являются ремонтнопригодными [2], однако восстановление таких деталей очень затруднительно. Звенья гусениц выполнены из высокомарганцевистой стали 110Г13Л, обладающей высокой износостойкостью в абразивной среде, сварка и наплавка деталей из этой стали затруднены из-за внутренних напряжений, приводящих к образованию трещин. Как правило, для их восстановления используют заливку жидким металлом, обжатию или индукционную наплавку [1].

Все вышеописанные операции позволяют лишь частично восстановить исходное состояние рабочих поверхностей проушин звена, но не позволяют каким-либо образом исключить попадание абразива на трущиеся поверхности, т.е. уменьшить темпы абразивного износа. Другим недостатком этих способов ремонта (помимо пластической деформации) является формирование поверхностей трения из материала, менее стойкого к износу, чем материал проушины, вследствие чего абразивное истирание восстановленных проушин будет происходить более интенсивно, чем у новых звеньев.

Для уменьшения темпов абразивного изнашивания отремонтированных гусеничных цепей необходимо защитить трущиеся поверхности шарниров от попадания абразива, что возможно сделать посредством установки резинометаллического шарнирного соединения (РМШ) при ремонте гусениц. Из всего многообразия типов резинометаллических шарниров в качестве образца для дальнейших исследований была выбрана конструкция гусеницы с резинометаллическими шарнирами, созданная коллективом кафедры «Автомобили и тракторы» Алтайского политехнического института (ныне АлтГТУ) под руководством Н.А. Толчинского (рис. 3).

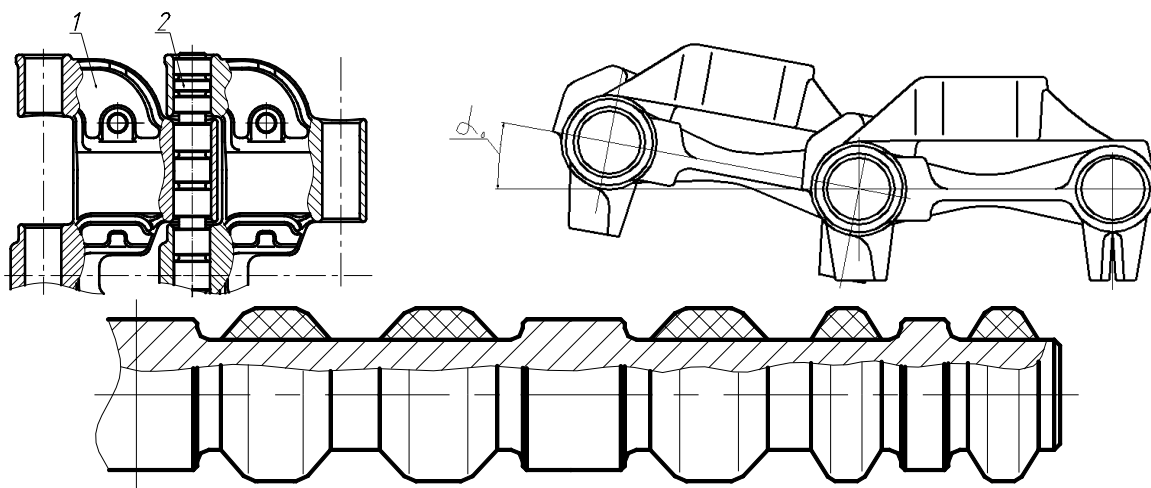


Рис. 3. Конструкция резинометаллического шарнира с ограничителями радиальной деформации: 1 – звено; 2 – резинометаллический палец

Данная конструкция представляет собой литые звенья, соединенные между собой резинометаллическими пальцами. Резинометаллический палец состоит из стального стержня с привулканизированными к нему упругими элементами трапециевидного сечения, диаметр которых в свободном состоянии значительно больше диаметра проушин звеньев. Благодаря кольцевым ограничителям радиальной деформации резиновые элементы воспринимают незначительную часть радиальной растягивающей нагрузки. Для снижения касательных напряжений, возникающих во время работы, гусеница собирается с предварительным углом между звеньями, равным половине максимального угла закручивания шарнира при нормальной эксплуатации.

Вследствие того, что диаметр резиновых элементов в свободном состоянии значительно больше диаметра проушин, попадание абразива внутрь шарнира после сборки полностью исключено. По этой же причине не происходит проворачивания резины относительно металла проушины, т.е. при относительном повороте звеньев происходит только упругая деформация резиновых элементов. Эти гусеницы хорошо себя зарекомендовали на тракторах Т-250, выпущенных Алтайским тракторным заводом малой серией.

Однако несмотря на все преимущества этой конструкции перенести данную идею непосредственно на серийную гусеницу ДТ-75М (ВТ-100) не представляется возможным по ряду причин. Во-первых, гусеница трактора Т-250 создавалась изначально под резинометаллический шарнир,

т.е. она выполнена по пятипроушинной схеме, с проушинами больших размеров, серийное же звено трактора ДТ-75М выполнено по семипроушенной схеме, и, как следствие, его проушины обладают малыми размерами, что значительно усложняет компоновку шарнира.

Во-вторых, существующие математические модели, позволяющие рассчитывать напряженно-деформированное состояние (НДС), не позволяют определять действующие напряжения упругих элементов РМШ при динамическом нагружении. Увеличить размеры шарнира, чтобы возрос запас прочности, опять же не позволяет компоновка звена.

Ввиду совокупности вышеописанных и прочих особенностей было принято решение об экспериментальном исследовании механического поведения упругих элементов РМШ при динамическом режиме нагружения с целью уточнения существующих математических моделей. Существующие математические модели определения НДС резинотехнических изделий, основанные на теории упругости, и численно реализованные посредством метода конечных элементов (МКЭ), позволяют определять перемещения и деформации с погрешностью не более 3% при статическом нагружении. При динамическом же нагружении резиновых деталей необходимо учитывать демпфирование материала с учетом скорости деформирования, т.е. учитывать его вязкость. Одним из возможных вариантов учета демпфирующих свойств, разработанных в теории вязкоупругости, является модель Кельвина (рис. 4).

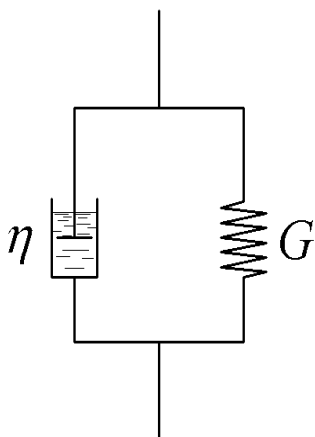


Рис. 4. Модель Кельвина, характеризующая поведение вязкоупругого материала при динамическом нагружении

Согласно этой модели свойства материала можно охарактеризовать как упругую пружину, подчиняющуюся закону Гука, параллельно соединенную с вязким демпфером, деформирующимся в соответствии с законом Ньютона. Сочетание

элементов теории вязкоупругости в виде модели Кельвина и численных методов расчета приводит к удовлетворительным результатам [3].

При помощи вышеописанной математической модели были обоснованы параметры резинометаллического шарнира для проведения ремонта гусениц тракторов ДТ-75М (рис. 5-7).

Ввиду компактной компоновки звена было решено уменьшить осевые размеры упругих элементов ремонтного РМШ с целью увеличения длины ограничителей радиальной деформации, т.е. упругие элементы ремонтного шарнира выполняют только уплотняющую функцию. Картины распределения касательных напряжений по сечению упругих элементов шарниров в деформированном состоянии, полученные при помощи модернизированного программного комплекса [4], представлены на рисунке 8.

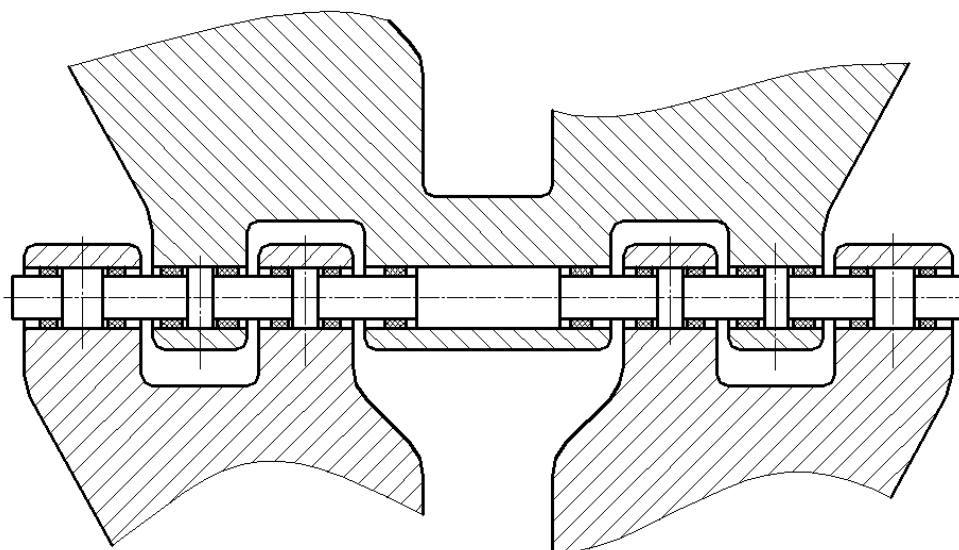


Рис. 5. Установка РМШ в проушины трактора ДТ-75М

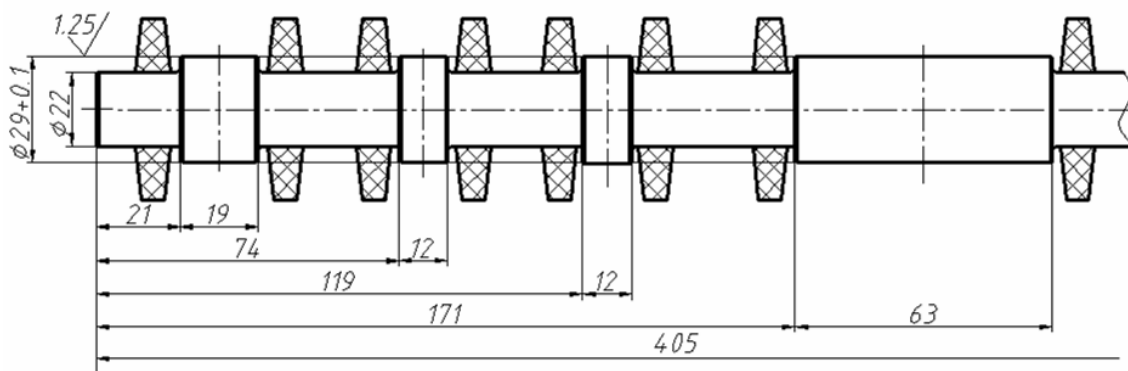


Рис. 6. Резинометаллический палец для проведения ремонта

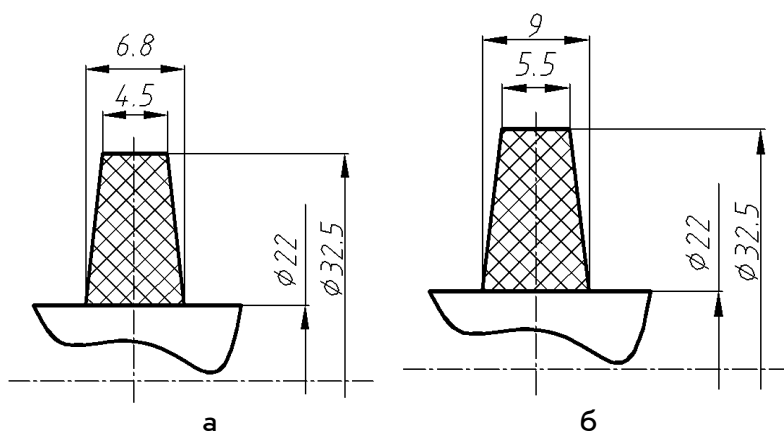


Рис. 7. Геометрические параметры упругих элементов ремонтного РМШ: а – четной проушины; б – нечетной

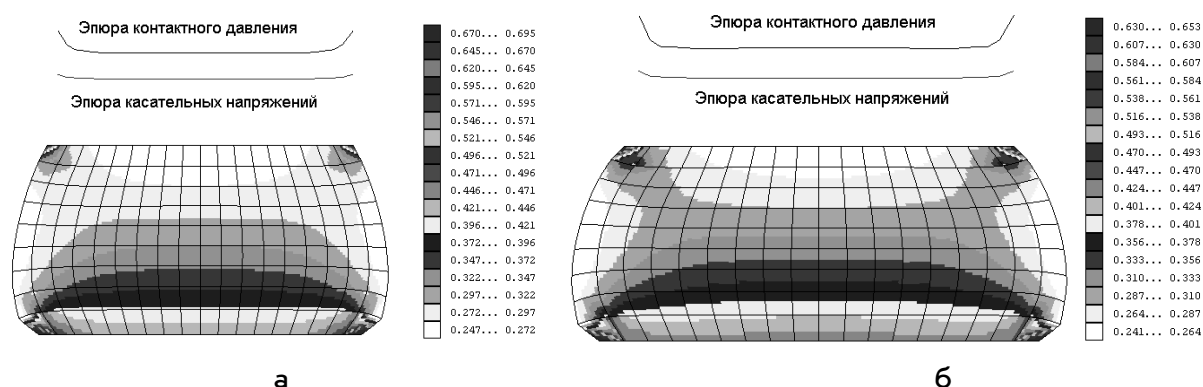


Рис. 8. Распределение касательных напряжений (МПа) по сечению деформированных упругих элементов: а – четной; б – нечетной проушин

Как следует из рисунков, максимальные значения касательных напряжений, даже в местах расположения концентраций напряжений, не превышают допустимых, равных 0,7-0,8 МПа. Проскальзывание резиновых элементов относительно поверхности проушин невозможно, так как значение контактного напряжения, прижимающего материал упругого элемента к металлу проушины, по всей длине контакта превышает сдвигающие касательные напряжения.

Для установки резинометаллического пальца необходимо обеспечить диаметр проушин звеньев 30 мм. Это обеспечивается посредством горячего дорнования звена гусеницы с последующим растачиванием. Для горячей обработки звено предварительно разогревается в расплаве солей до температуры 1150°C и в специальном кондукторе, обеспечивающем исходное межосевое расстояние, проводится дорнование до диаметра 29 мм. После чего производится механическое растачивание твердосплавным инструментом до

диаметра 30 мм в специальном кондукторе.

Проверка предлагаемого метода ремонта осуществлялась в условиях крестьянского (фермерского) хозяйства Жирухина А.В. Павловского района Алтайского края в 2008-2009 гг. (рис. 9). В процессе исследований трактор ДТ-75Т4С был оснащен гусеницами с резинометаллическими шарнирами и отработал два сезона на различных видах полевых работ. В течение указанного времени наработка трактора составила 1440 моточасов, что соответствует 1840 у.э. га.

После указанной наработки гусеницы остались в удовлетворительном состоянии. Экономический эффект, полученный в КФХ от использования резинометаллического шарнирного соединения после двух лет эксплуатации составил 45 тыс. руб., эксплуатация трактора продолжается, предполагаемый срок службы РМШ составляет 3000 у.э. га. Для уменьшения износа трущихся металлических частей шарнира возможно применение смазки. На рисунке 10 показана схема шарнира с



каналами для проведения смазки после сборки гусениц. Схема защищена патентом РФ.



Рис. 9. Гусеница, оснащенная РМШ

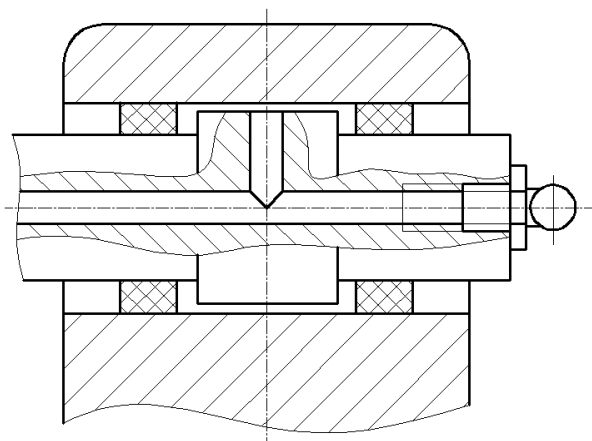


Рис. 10. Резинометаллический шарнир с каналами для смазки

Резинометаллические шарниры известны достаточно давно. Большинство скоростных гусеничных машин как гражданского, так и военного назначения, как правило, оснащаются гусеничными движителя-

ми с РМШ. Это обусловлено, прежде всего, преимуществами такого конструктивного решения, а именно большой срок службы и снижение динамических нагрузок, возникающих при перематывании гусеничного обвода. Использование резинометаллических шарниров при ремонте старой техники может открыть новые возможности для использования гусеничных тракторов в сельском хозяйстве, так как позволяет не только восстановить работоспособное состояние машины и увеличить ее ресурс, но и модернизировать морально устаревшую технику.

#### Библиографический список

1. Надежность и ремонт машин / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов и др.; под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.
2. Рыбакова В.Л. Исследование изменений размерных характеристик звеньев гусениц тракторов класса 30 кН в условиях Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.Л. Рыбакова – Новосибирск, 1975. – 26 с.
3. Коростелёв С.А. Определение характеристик резинометаллического шарнирного соединения при динамическом нагружении / С.А. Коростелёв, Д.П. Боккин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2008. – № 42. – С. 50-54.
4. Коростелёв С.А. Определение механических характеристик резиновых элементов резинометаллического шарнира гусеничного движителя при статическом нагружении (RMSHMS) / С.А. Коростелёв // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006612761. Зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 4 августа 2006 г.

