

На правах рукописи

Боровских

Боровских Александр Михайлович

**Разработка новых и совершенствование
существующих конструкций узлов
гусеничных движителей для лесных машин**

Специальность 05.21.01- Технология и машины лесозаготовок
и лесного хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
доктора технических наук

Екатеринбург - 2006

Работа выполнена в Уральском государственном лесотехническом университете – УГЛТУ.

Научный консультант - доктор технических наук,
профессор Силуков Юрий Дмитриевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Анкудинов Дмитрий Тимофеевич

доктор технических наук, профессор
Бледных Василий Васильевич

доктор технических наук, доцент
Герц Эдуард Фёдорович

Ведущая организация - ФГОУ ВПО Уральская государственная
сельскохозяйственная академия

Защита диссертации состоится 28 декабря 2006 г. в 10-00 час. на заседании диссертационного совета Д 212.281.02 в Уральском государственном лесотехническом университете по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, главный корпус, аудитория 401.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уральского государственного лесотехнического университета.

Автореферат разослан «15» ноября 2006 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета, к.т.н., доцент



Н.В.Куцубина

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Машины с гусеничным двигателем широко применяются в лесной промышленности, при строительстве лесных дорог, на лесозаготовках, народном хозяйстве и спецтехнике. Они имеют высокую проходимость, хорошее сцепление с почвой и малое удельное давление. Однако их двигатели имеют большую массу, доходящую до 25% массы гусеничной машины; малый срок службы 3000-4000 часов, высокую стоимость и потребляют значительную часть мощности двигателя. Двигатели работают в сложных условиях: испытывают влияние окислительной среды, абразивный износ, ударные нагрузки. Исследованиями установлено, что если долговечность подшипников электромоторов достигает 100 тыс. часов, то такие же подшипники, установленные в задних мостах тракторов служат всего 20 тыс. часов. Чтобы уменьшить износ деталей заднего моста и облегчить его работу, фирмы "Комацу" в Японии, "Катерпиллер" в США начали выпускать тракторы с треугольным обводом гусеницы. Подобный трактор создан и в России в НАТИ. Ведущая звездочка и мост расположены под гусеницей и подняты высоко над землей. Однако при таком расположении угол охвата звездочки гусеницей мал, и для того, чтобы она не спадывала со звездочки, необходимо увеличивать ее натяжение, но при этом быстрее изнашиваются гусеницы, особенно с открытым шарниром, и ведущая звездочка. Например, при работе в песчаных карьерах срок их службы составляет всего 350 часов. У гусениц изнашивается, прежде всего, проушина звена под палец, но выбраковывается гусеница не из-за проушины, а потому что вследствие износа и увеличения её шага она начинает не укладываться на звёздочке. По этой причине в 1990 г. по России было выбраковано 235000 тонн гусениц, которые могли бы ещё работать.

Если бы шаг звёздочки можно было регулировать, увеличивая его при износе гусеницы, то долговечность гусеничного двигателя возможно увеличить в 1,5 – 2 раза. Недолговечность многих узлов гусеничного двигателя часто объясняется недостаточным совершенством их конструкции. Они не всегда соответствуют требованиям агротехники. Некоторые колесные тракторы уплотняют почву на глубину до 65 см, тем самым, снижая урожайность и рост лесных культур. На твёрдой почве (замёрзшая дорога, гололёд) даже гусеничные тракторы не обеспечивают достаточного сцепления. Недостаточно освещены вопросы расчёта отдельных узлов и нет теории расчёта вновь предлагаемых узлов двигателя.

Учеными многих стран проводятся работы по совершенствованию гусеничных двигателей. Вопросы расчета гусеничных ходовых систем, их проектирования, износа освещены в трудах российских ученых: Е.Д.Львова, Д.А. Чудакова, И.Б. Барского, В.Я. Аниловича, И.П. Ксеневи-

ча, Ю.Т. Водолажченко, В.В. Гуськова, М.И.Медведева, В.М. Забродского, А.С. Антонова, В.Ф.Платонова, В.М.Шарипова, Н.А.Носова, И.И. Трепененкова и многих других. Однако некоторые вопросы разработаны недостаточно.

Цель работы. Путем разработки новых конструкций узлов гусеничной ходовой части тракторов и усовершенствования существующих увеличить срок службы движителей и улучшить эксплуатационные и технико-экономические показатели тракторов.

Задачи исследований.

1. Предложить специальный гусеничный движитель, научно обосновать его применение, дать схему, предложить механико-математическую модель движения, расчет сил и условий его работы при лесозаготовках.

2. Разработать теорию расчёта зависимости между шагом гусеницы при её износе и необходимым радиусом звёздочки для нормальной работы.

3. Предложить теорию зависимости положения зубьев звёздочки по высоте в зависимости от величины износа гусеницы и предложить конструкцию звёздочки с регулируемым шагом.

4. Исследовать сцепление гусеницы с почвой, дать теоретическое обоснование способа улучшения сцепления, особенно на каменистых и облесенных лесных дорогах, предложить конструкцию гусеницы с повышенным сцеплением.

5. Теоретически обосновать сглаживание толчков, передаваемых на гусеницу от изменяющегося усилия на крюке трактора при трелевке леса, и предложить конструкцию звёздочки с демпфирующими элементами.

6. Теоретически обосновать тип подвески, улучшающей плавность движения трелевочных тракторов и равномерность давления опорных катков на почву. Дать конструкцию такой подвески.

7. Теоретически обосновать применение подвижных противовесов и предложить устройство для изменения положения центра тяжести трактора, в том числе у трелевочных тракторов.

8. Обосновать необходимость применения колесно-гусеничной ходовой части для тяжёлых колёсных тракторов и определить теоретически условие их поворота.

9. Предложить устройство для увеличения угла охвата звёздочки гусеницей и методику теоретического расчета сил, действующих в этом устройстве.

10. Теоретически обосновать подъем заднего колеса трактора и предложить устройство для этого подъема.

11. Предложить гусеницу с улучшенным креплением башмаков для тракторов типа Т-100М, Т-130 и теоретически обосновать это крепление.

Общая методика исследования. В диссертационной работе использован теоретический и экспериментальный методы исследований. Теоре-

тический производился с помощью механико-математического аппарата и расчётов на основе законов классической механики.

Экспериментальные исследования по изучению сцепления гусеницы с почвой проводились в полевых условиях на базе опытного хозяйства «Уралец» УрГСХА с применением необходимых транспортных средств и приборов.

Обработка экспериментальных данных осуществлена методами математической статистики.

Научные положения, защищаемые автором:

- новая схема гусеничного движителя с ведущей звёздочкой, расположенной под верхней ветвью гусеницы, его механико-математическая модель движения и условия его работы, расчет сил, действующих на ведущую и верхнюю звёздочку;

- теория расчета зависимости между шагом гусеницы при износе и необходимым радиусом для неё на звёздочке;

- теоретический метод установления зависимости высоты выдвигения зубьев ведущей звёздочки с изменяемым шагом от величины износа гусеницы;

- способ изменения коэффициента сцепления в зависимости от величины выдвигения шипов и твёрдости грунта для гусеницы с шипами;

- применение передвижных противовесов у тракторов для обеспечения равного давления на катки кареток и теория их расчета, в том числе и у трелевочных тракторов;

- теория установления величины смещения центра давления каретки движителя на почву в зависимости от движения трактора;

- метод для снижения толчков от неравномерной нагрузки на крюке трактора и теория расчёта её демпфирующих элементов;

- конструкция колёсно-гусеничной машины со сменной ходовой частью и теоретическое условие поворота машины.

Достоверность научных исследований. Достоверность принятых решений и конструкций подтверждается математическими расчетами, многочисленными патентами и обоснованностью работы предлагаемых узлов тракторов.

Научная новизна.

- разработана механико-математическая модель движения предложенного движителя.

- приведён расчёт сил и условий, действующих на ведущую и верхнюю звёздочки;

- приведена теория расчета зависимости между шагом гусеницы при износе и необходимым радиусом для неё на звёздочке;

- впервые выведена зависимость высоты выдвигения зубьев ведущей звёздочки с изменяемым шагом от величины износа гусеницы;

- для гусеницы с шипами просчитано изменение коэффициента сцепления в зависимости от величины выдвигания шипов и твёрдости грунта;

- теоретически обосновано применение передвижных противовесов у тракторов, обеспечивающих равное давление на катки кареток;

- теоретически установлена величина смещения центра давления каретки движителя на почву в зависимости от движения трактора;

- предложена конструкция звездочки с демпфером для снижения толчков от неравномерной нагрузки на крюке трактора, приведена теория расчёта её демпфирующих элементов;

- предложена конструкция колёсно-гусеничной машины со сменной ходовой частью, приведено теоретическое условие поворота машины.

Практическая ценность и внедрение. В конструкцию тракторов могут быть внедрены многие изобретения, предложенные автором и его соавторами. Это и специальный движитель (патент № 21573), это и звездочка с изменяемым шагом (патент № 47842), гусеничная цепь с комбинированными шарнирами (патент № 49509), ведущая звездочка гусеничной машины с выдвигными зубьями (патент № 4784), гусеница с шипами для трелевочных тракторов и многие другие. Предложенные расчёты и конструкции широко применяются в образовательном процессе. Они вносятся в дипломное и курсовое проектирование, контрольные работы. Некоторые изобретения, такие как натяжное устройство гусеницы (патент № 25308) могут быть применены и в специальных гусеничных машинах.

Апробация работы. Результаты работы доложены на Общероссийской конференции «Достижения автотранспортного комплекса» 14.04.2004 г., на всероссийской научной конференции при УГТУ-УПИ 15.04.2005 г., на Международной научной конференции лесомеханического факультета посвященной 75-летию УГЛТУ, на расширенном заседании кафедры «Сервис и эксплуатация транспортных и технологических машин» в мае 2006 г. По материалам диссертации опубликована монография на тему «Проблемы совершенствования конструкции гусеничных движителей» объемом 9,53 п.л., 16 статей, получено 26 авторских свидетельства и патента.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, восьми глав выводов и списка литературы. Работа изложена на 264 листах машинописного текста, содержит 70 рисунков, 2 таблицы. Список использованной литературы содержит 209 наименований.

Основное содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы диссертации и сформулирована основная цель работы.

Первая глава посвящена изучению состояния проблемы, определению цели и задач исследования. В ней на основе литературных данных приведены условия работы движителей тракторов. Описываются требования, предъявляемые к тракторам и их движителям. Приведён анализ конструкций движителей, их основные схемы, описаны достоинства и недостатки.

Основной причиной выхода из строя гусениц является их удлинение при износе, в результате чего гусеница начинает «не укладываться» на звёздочке, хотя проушина звена еще не изнасилась. Нужны такие гусеницы и звёздочки, которые бы позволяли работать гусеницам до полного износа шарниров по условиям прочности.

Необходимы и методы расчёта по этому вопросу. Но пока по конструкции таких гусениц и звёздочек нет, как нет и расчётов. Для повышения производительности тракторов увеличивают их мощность, но чтобы её использовать, нужно улучшать сцепление с почвой. Если грунт на дороге мерзлый или гололёд, зацепы гусеницы погружаются в него не полностью или совсем не погружаются. Нужна гусеница, зацепы которой впивались бы даже в каменистый грунт или лёд и обеспечивали сцепление с дорогой, и нужны методы расчёта, а их недостаточно. При работе трактора выявлено наличие значительных ударов в гусенице в зависимости от скорости и силы тяги на крюке. Нужна такая звёздочка, которая бы сглаживала эти удары.

Для эффективной работы тракторов необходимо, чтобы давление на катки и колёса было оптимальным. Часто этого добиваются навешиванием дополнительных грузов, но это не решает проблему.

Полужёсткая подвеска широко применяется на промышленных тракторах. Однако, при переезде через препятствия (поваленное дерево) трактор, перевалившись через него, сильно ударяется передней частью гусениц о почву.

Колесные тракторы типа К-701 имеют очень большое удельное давление на почву и уплотняют её на глубину до 65 см, что совершенно недопустимо по агротехническим требованиям. За последнее время вместо колёс на них стали устанавливать четыре гусеничных движителя с треугольным обводом гусеницы. Чтобы уменьшить удельное давление на почву, лучше сделать полугусеничный трактор.

За рубежом американской фирмой «Катерпиллер» и Японской «Коматцу» созданы тракторы с треугольным обводом гусеницы, но в литературе об этом написано весьма мало. Обзор литературы позволил определить цель работы и поставить задачи исследования.

Вторая глава посвящена в основном теоретическим методам исследований. Приводится схема специального движителя, силы, действующие на ведущую и натяжную звёздочку. Разработана механико-математическая

модель движения гусеничного движителя по патенту РФ № 21573. Приведена величина дополнительных механических потерь. Теория расчёта для других узлов приведена там, где описывается этот узел.

Схема специального гусеничного движителя и сил, действующих на ведущую 1 и верхнюю звёздочку 2, показана на рис.1. Устанавливаемая здесь гусеница (патент РФ № 26783) имеет прорезь в грунтозацепах для обкатывания верхней звёздочки по гусенице.

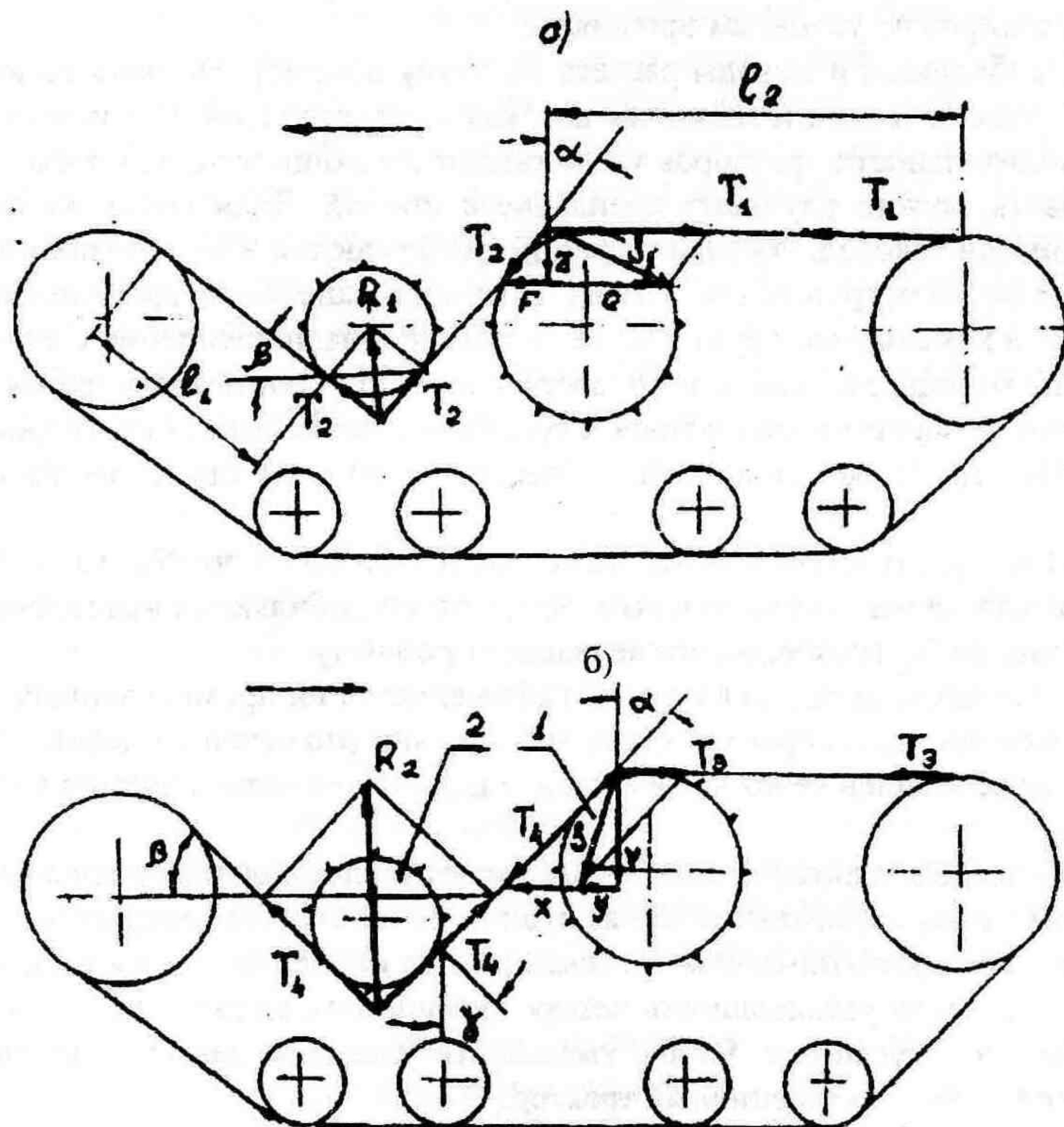


Рис. 1. Силы, действующие на ведущую и натяжную звёздочки при движении трактора вперёд (а) и при движении трактора задним ходом (б):

1 - ведущая звёздочка; 2- верхняя звёздочка

В таком движителе заднее колесо можно опустить на землю и сделать его поднимающимся для уменьшения момента, необходимого для поворота трактора. На это также получено свидетельство на полезную модель РФ № 25877 от 27.10.2002 г.

В предложенном движителе мост поддрессорен и будет меньше подвергаться вибрациям. Снижается центр тяжести. Увеличивается дорожный просвет, что важно для лесопромышленных тракторов. Предлагаемый движитель, на наш взгляд, перспективен, но по нему нужно проводить большие опытно-конструкторские работы.

При расчёте сил рассматриваются в основном те из них, которые присутствуют в предложенном специальном движителе. Рассматриваются силы, действующие на ведущую и верхнюю звёздочку. Кроме того, добавляются силы трения в шарнирах гусеницы, силы инерции цепи на звёздочках, силы трения в подшипниках, трение на самих звёздочках и другие.

При движении трактора вперёд (рис.1,а), равнодействующая всех сил S_1 , действующих на ведущую звёздочку определяется из выражения

$$S_1 = \sqrt{Z^2 + Q^2},$$

где Z - вертикальная составляющая сил;

Q - горизонтальная составляющая.

На натяжную звёздочку действует равнодействующая сил R_1 натяжения гусеницы

$$R_1 = 2T_2 \sin \beta,$$

где T_2 - натяжение на сбегающей ветви гусеницы.

При движении трактора задним ходом (рис.1,б) равнодействующая всех сил на ведущую звёздочку будет равна

$$S = \sqrt{V^2 + Y^2},$$

где V - вертикальная составляющая;

Y - горизонтальная составляющая.

Из расчётов и схемы видно, что при движении трактора задним ходом нагрузка на ось ведущей звёздочки значительно больше, потому что в этом случае сильнее натягивается гусеничная цепь слева от ведущей звёздочки.

Кроме этого добавляются силы трения в шарнирах, но они появляются только в перегибах гусеницы. В обычном движителе шесть перегибов гусеницы, в предлагаемом - десять. Следовательно, и мощность, потерянная в шарнирах, будет в 1,66 раза больше. Возникает сила трения качения в подшипниках звёздочек, но она невелика.

Мощность, теряемая в одном шарнире

$$N = \frac{\mu \cdot r_{ш} \cdot V_{г} \cdot T_i}{r_i},$$

где μ - коэффициент трения в шарнире;

$r_{ш}$ - радиус шарнира;

V_T - линейная скорость в шарнире;

T_i - натяжение гусеницы;

r_i - радиус шарнира.

По данным профессора А.С.Антонова потери на проскальзывание звеньев на ведущем колесе, на удары о зубья звездочки, потери на трение в подшипниках вращающихся катков в движителе вместе составляют не более 5% общих внутренних потерь и в практических расчетах не учитываются.

Механико-математическая модель специального гусеничного движителя

В данной работе для расчёта действующих сил можно применить динамическую модель специального гусеничного движителя (патент РФ № 21573) при равномерном и ускоренном движении. Для этой цели необходимо составить уравнения движения движителя с учётом вновь вводимого узла: ведущей звездочки, расположенной примерно под серединой верхней ветви гусеницы и верхней, размещённой над гусеницей впереди ведущей. Для выполнения этой задачи использовались уравнения Лагранжа. В связи с тем, что все силы и моменты учесть невозможно, в работе приняты следующие допущения:

- трактор движется без буксования;
- опорные катки катятся по гусенице без пробуксовки;
- трактор движется по прямой, вертикальные перемещения опорных катков не учитывались;
- потери на проскальзывание звеньев на ведущем колесе, на удар звеньев о зубья звездочки, на трение качения направляющих колёс, опорных и поддерживающих катков составляют не более 5% общих внутренних потерь и в практических расчётах не учитываются;
- угол между задней ветвью гусеницы и дорогой принят 7° , поэтому касательную силу тяги можно считать одинаковой на ведущем звене и на опорной поверхности гусениц;
- расчёт ведётся для специальных гусениц с открытым шарниром (патент РФ 26783), которые имеют прорезь в грунтозацепах для обкатывания натяжной звездочки, для тракторов типа ДТ-75, Т-150.

Вначале рассмотрено движение отдельных деталей движителя (рис.2).

1. Направляющий каток 1, участвует в двух движениях: поступательном вместе с остовом со скоростью V и вращательном вокруг своего центра и оси кривошипа. Угловая скорость колеса будет равна $\omega_1 = V_1/R_1$.

2. Наружная звездочка 2 имеет поступательную скорость с остовом V и вращательную вокруг своей оси $\omega_2 = V_2/R_2$.

3. Ведущая звездочка 3 и заднее колесо 4 имеют поступательную скорость V с остовом трактора и угловую $\omega_3 = V_3/R_3$, а заднее колесо $\omega_4 = V_4/R_4$.

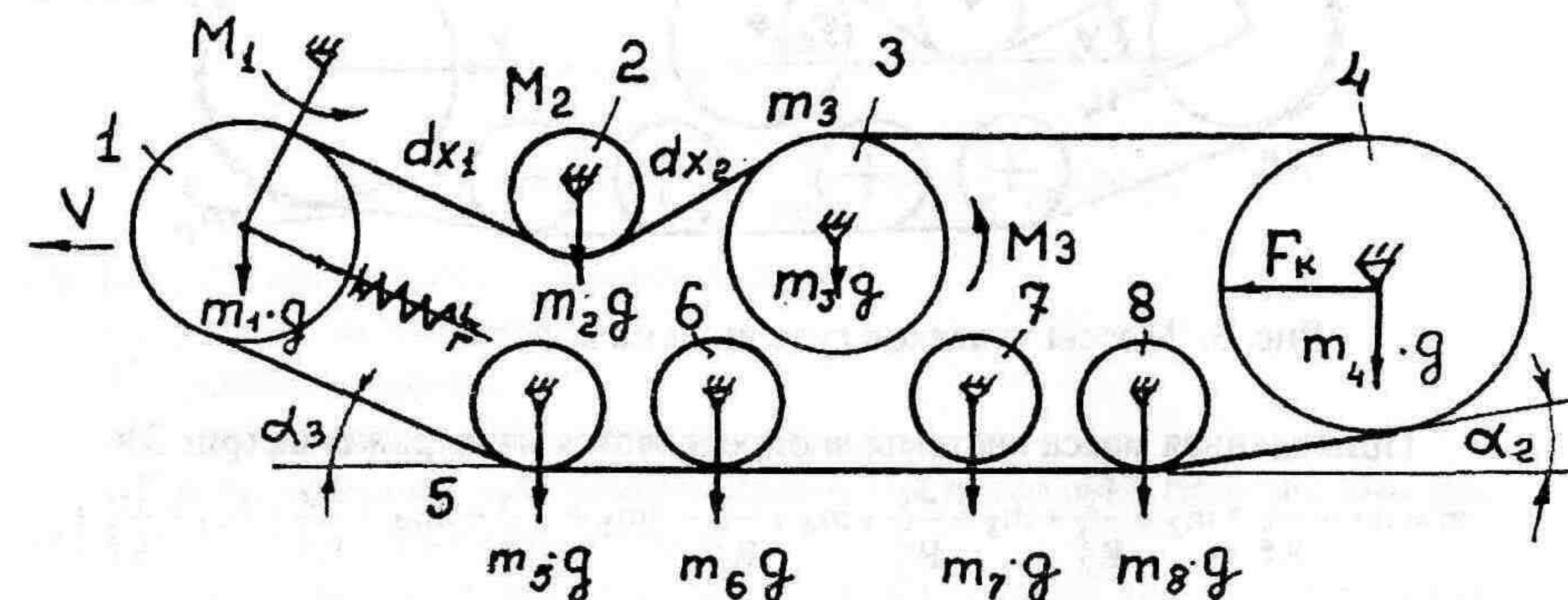


Рис. 2. Массы и моменты, действующие в движителе:

1 – направляющее колесо; 2 – верхняя звездочка; 3 – ведущая звездочка; 4 – заднее колесо; 5-8 – опорные катки

4. Опорные катки 5-8 вращаются вокруг своих осей и имеют поступательную скорость вместе с остовом V и угловую $\omega = V/R_5$.

Кинетическая энергия всего движителя определится как

$$E_{дв} = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + 4E_{5-8} + E_r,$$

где E_1 - энергия направляющего колеса;

E_2 - энергия верхней звездочки;

E_3 - энергия ведущей звездочки;

E_4 - энергия заднего колеса;

E_{5-8} - энергия опорных катков;

E_r - энергия гусеницы.

$$E_{дв} = \frac{mV^2}{2} \left\{ m_1 + \frac{J_1}{R_1^2} + m_2 + \frac{J_2}{R_2^2} + m_3 + \frac{J_3}{R_3^2} + m_4 + \frac{J_4}{R_4^2} + 4m_5 + \frac{4J_5}{R_5^2} + m_{r4} + \frac{J_{r4}}{R_4^2} + m_{r1} + \frac{J_{r1}}{R_1^2} + 4m_r^B + 2m_r^n(1 - \cos\alpha_1) + 2m_r^3(1 - \cos\alpha_2) \right\} + \frac{(m_1 + m_{r1})}{2} \{ \omega_0^2 l_2^2 \pm 2\omega_0 V l_1 \cos\alpha \}$$

где m_{1-5} - масса соответствующих деталей;

R - радиус этих деталей;

J - момент инерции деталей;

J_{r4} - момент инерции участка гусеницы на колесе 4;

J_{r1} - момент инерции гусеницы на направляющем колесе 1;

4 – коэффициент.

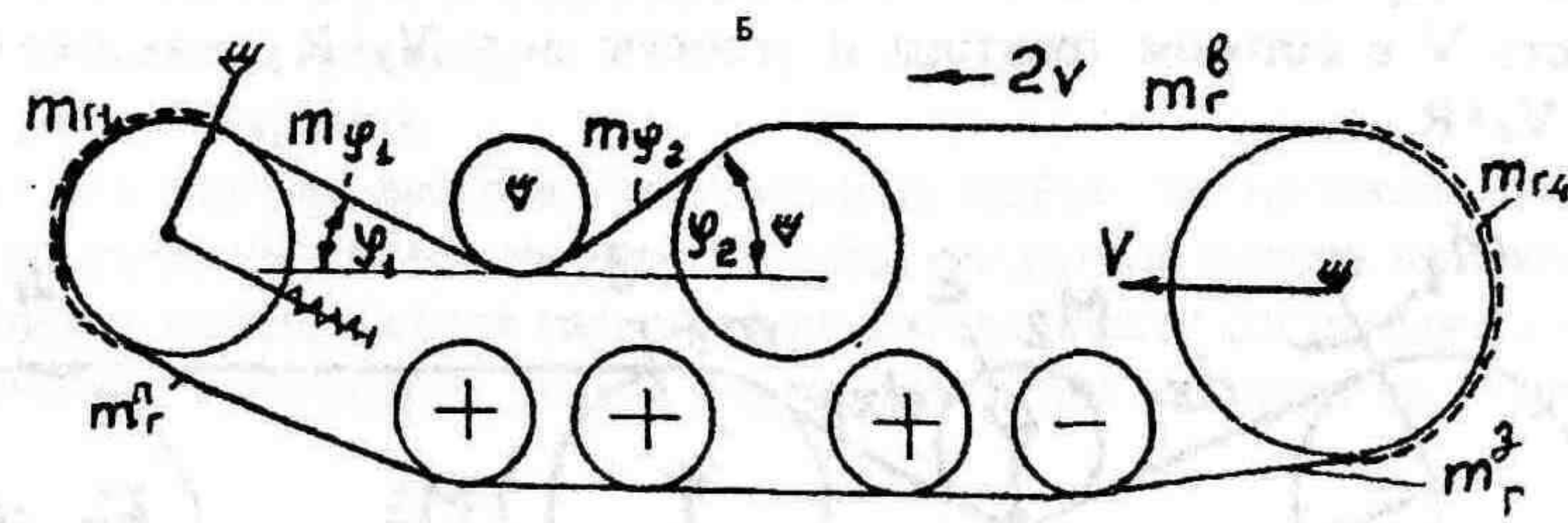


Рис. 3. Массы участков гусеницы на колёсах

Приведенная масса системы m определяется из выражения (рис.3):

$$m = \bar{m}_1 + \frac{J_1}{R_1^2} + m_2 + \frac{J_2}{R_2^2} + m_3 + \frac{J_3}{R_3^2} + m_4 + \frac{J_4}{R_4^2} + 4m_5 + \frac{4J_5}{R_5^2} + m_{r4} + \frac{J_{r4}}{R_4^2} + m_{r1} + \frac{J_{r1}}{R_1^2} + 4m_r^b + 2m_r^n(1 - \cos\alpha_1) + 2m_r^3(1 - \cos\alpha_2) + 2m_{\varphi 1}(1 + \cos\varphi_1) + 2m_{\varphi 2}(1 + \cos\varphi_2),$$

где $\bar{m}_1 = m_1 + m_{r1}$

Особенностью описываемого движения является то, что в нем существуют два наклонных участка dx_1 и dx_2 (рис. 2).

Участок dx_1 совершает два поступательных движения: по направлению движения трактора и по линии движения гусеницы, тогда его скорость:

$$V_1^2 = V^2 + V^2 + 2V \cdot V \cos\varphi_1;$$

$$V_1^2 = 2V^2(1 + \cos\varphi_1).$$

Участок dx_2 тоже совершает два поступательных движения: по направлению движения трактора и по линии движения гусеницы:

$$V_2^2 = V^2 + V^2 + 2V \cdot V \cos\varphi_2;$$

$$V_2^2 = 2V^2(1 + \cos\varphi_2)$$

Энергия участков φ_1 и φ_2 определяется следующим образом:

$$E_{\varphi 1} = \frac{m_{\varphi 1} V_1^2}{2} = m_{\varphi 1} V^2(1 + \cos\varphi_1);$$

$$E_{\varphi 2} = \frac{m_{\varphi 2} V_2^2}{2} = m_{\varphi 2} V^2(1 + \cos\varphi_2).$$

Тогда суммарная энергия наклонных ветвей гусеницы, прилегающих к наружной звездочке, равна:

$$E_{\varphi} = m_{\varphi 1} V^2(1 + \cos\varphi_1) + m_{\varphi 2} V^2(1 + \cos\varphi_2).$$

Работа, выполняемая системой

$$Q_a = m_2 g \frac{l_1}{\sin\varphi_1} + M_1 + \frac{1}{2} F_{\text{упр}} l_1 \sin\alpha,$$

где m_2 – масса наружной звездочки;

l_1 – длина кривошипа.

В результате расчетов выведены уравнения Лагранжа системы движителя:

$$m a - m_1 \varepsilon_0 l_1 \cos\alpha = \frac{M_{\text{кр}} - M_c}{R_3} - F_{\text{сопр}};$$

$$m_1 \varepsilon_0 l_1^2 - m_1 a l_1 \cos\alpha = m_2 g \frac{l_1}{\sin\varphi_1} + M_1 + \frac{1}{2} F_{\text{упр}} l_1 \sin\alpha,$$

где ε_0 – угловое ускорение кривошипа;

a – ускорение остова;

F – усилие пружины;

M_c – сопротивление прицепных орудий.

Таким образом, выведенные уравнения позволяют производить расчеты узлов гусеничного движителя.

Глава третья. В ней приводится расчёт условий для работы гусеницы. Гусеницу трактора можно рассматривать как цепную передачу, поэтому ее расчет допускается вести по методике, используемой при расчете цепных передач, авторы А.А. Готовцев и Н.П. Котенок. Обычно число звеньев гусеницы m находящихся в зацеплении со звездочкой определяется из выражения

$$m = \frac{I_n K_v P + S_2}{I_n a},$$

где I_n – логарифм;

P – рабочее натяжение гусеницы;

S_2 – остаточное натяжение;

K_v – коэффициент ударности;

a – коэффициент натяжения.

Условие равновесия гусеничной цепи на ведущей и натяжной звездочке выразится уравнением:

$$P_{сб} = T_H + \Delta P_a = \frac{(G \sin\alpha \varphi)}{2} + C_H \frac{\Delta l}{2},$$

где $P_{сб}$ – усилие на сбегавшей ветви гусеницы;

T_H – усилие на набегающей ветви;

ΔP_a – увеличение усилия амортизатора при перемещении гусеничной цепи на величину $\Delta L/2$ (рис.4);

G – масса трактора;

φ – коэффициент сцепления;

C_H – жёсткость амортизатора.

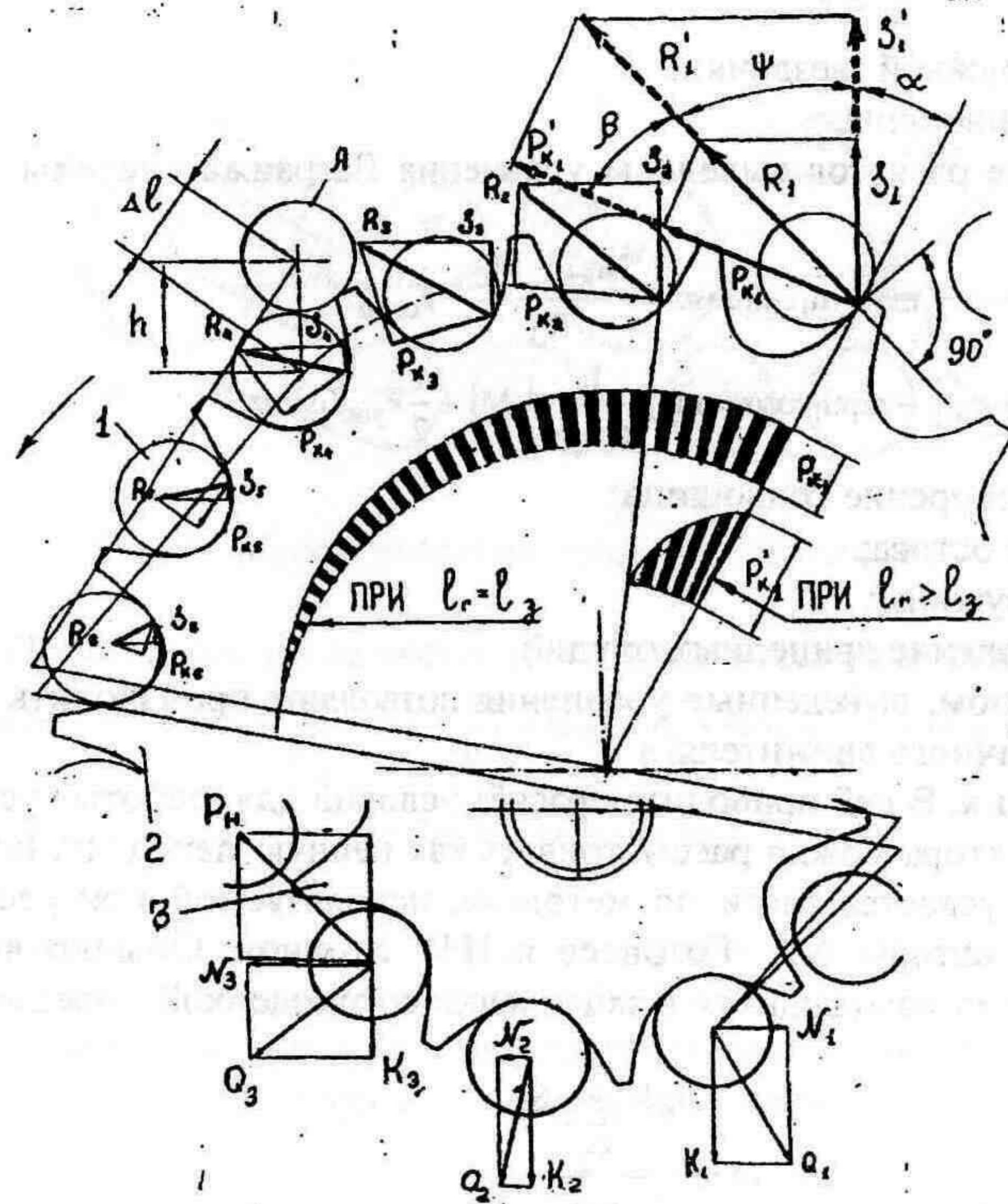


Рис. 4. Силы, действующие на ведущую и верхнюю звёздочки

Силы, действующие вверх, равны сумме
 $S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n$.

Они стремятся поднять гусеницу над звездочкой и создать условия для ее соскакивания со звездочки. Силы, действующие на звездочку вниз, равны:

$$K = K_1 + K_2 + \dots + K_n$$

Рассмотрим второй случай, когда $l_1 > l_3$. В этом случае работает только один первый зуб. Его касательная сила тяги P'_{k1} . Сила R'_1 определяется как:

$$R'_1 = \frac{P'_{k1}}{\cos \beta}, \text{ а силу } S'_1 \text{ найдем как: } S'_1 = \frac{R'_1}{\cos \psi},$$

т.е. поднимать гусеницу будет в основном только сила S'_1 . Силы, удерживающие гусеницу на звездочке, будут такие же, как и в первом случае.

Таким образом, для устойчивой работы гусеницы необходимо, чтобы сумма сил, действующих на гусеницу от ведущей звездочки вверх, была меньше суммы сил, действующих на гусеницу вниз от ведомой звездочки.

Четвёртая глава. В ней описаны изменения в конструкции гусениц и звёздочек и приведены математические зависимости между их параметрами и конструкцией.

Гусеница с изменяемым шагом на звёздочке. Для продления срока службы гусеницы нужно, чтобы её шаг при износе и растяжении совпадал с шагом звёздочки. Гусеницы выбраковываются именно из-за несовпадения шага. Для устранения этих недостатков была предложена конструкция гусеницы (патент РФ № 49509). Схема такой гусеницы представлена на рис.5.

Палец 2 запрессовывается в эксцентрик 4 при сборке гусеницы. Один из пальцев делается разборным во всей гусенице для удобства ремонта и монтажа. Стопорные устройства пальцев в звене выполнены в форме клинового болта 5 с зашплинтованной гайкой. Для повышения прочности звена 1 оно имеет поперечное ребро 8, на концах пальцев выполнены шестигранники. Причём с разных сторон пальца они сцеплены по углу поворота один относительно другого на 30° , что позволяет поворачивать палец для уменьшения износа в двенадцать разных положений, переставляя клиновой болт 5 на разные стороны гусеницы. Болт 5 ставится с одной стороны гусеницы. С другой стороны отверстие для болта остаётся свободным. Нужно отметить, что подобная конструкция может применяться в основном для гусениц, у которых цевки сцепляются с ведущей звёздочкой через зуб. Если они сцепляются с каждым зубом звездочки, то применить такую гусеницу конструктивно весьма сложно. Связь между удлинением гусеницы и поворотом эксцентрика пальца определится.

Примем удлинение шага звена по условиям износа Δl (рис.6), тогда:

$$\Delta l = L - L_1, \text{ но } \frac{\Delta l}{2} = 2e \sin \alpha_2,$$

где e - эксцентриситет пальца относительно эксцентрика.

Диаметр определяется по известным формулам из условия прочности. Диаметр эксцентрика берется по диаметру впадины зуба, который должен быть больше, чем диаметр цевки, тогда эксцентриситет определяется из выражения

$$e = \frac{\Delta l}{4 \sin \alpha_2},$$

где α_2 - угол между вертикалью, проходящей через центр звездочки и линией, проходящей через центр эксцентрика и ось ведущей звездочки.

При промежуточном повороте пальца, например на угол, ϕ_1 высота подъема H_1 пальца от исходного положения при ближайшем положении пальца от центра звёздочки определяется из выражения

$$H_1 = e - e \cos \varphi_1.$$

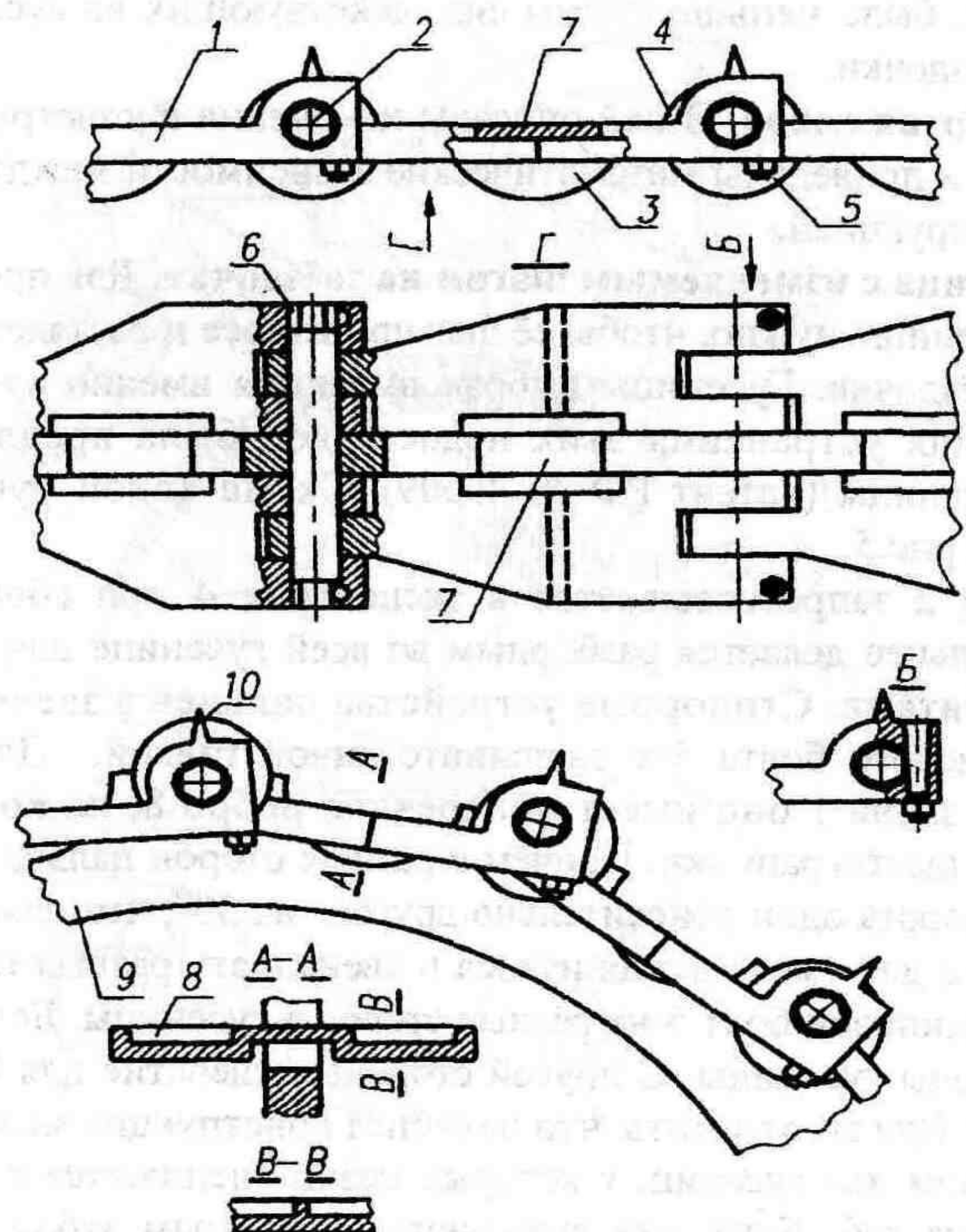


Рис.5. Гусеничная цепь с изменяемым шагом на звёздочке:
1- звено гусеницы; 2 - палец; 3 - направляющие рёбра; 4 - эксцентрик;
5 - гайка; 6 - шестигранник; 7 - перемычка; 8 - ребро; 9 - звёздочка;
10 - грунтозацеп

При повороте пальца на угол $90^\circ + \varphi$ высота подъёма определяется

$$H_2 = e + e \sin \varphi_2.$$

Если гусеница изнашивается и ее шаг увеличился на величину Δl_1 , половина этого увеличения придется на один шарнир, а половина на другой. Рассмотрим увеличение длины на одном шарнире. Тогда удлинение гусеницы поворотом пальца с эксцентриком из положения I, в положение II на угол $90^\circ + \varphi_2$ определяется как разность отрезков АБ-СК. Величину отрезка АБ найдем $AB = e \sin(90 - \varphi_2 - \alpha_2)$. Отрезок СК = $e \sin \alpha_2$.

Тогда общее удлинение Δl определяется

$$\Delta l = e \sin(90^\circ \varphi_2 - \alpha_2) - e \sin \alpha_2,$$

откуда путём математических преобразований получаем угол поворота эксцентрика

$$\Delta l = e - e \sin \alpha_2 - e \sin \alpha_2 (\sin 90^\circ - 1); \sin \varphi_2 = 1 - 2 \sin \alpha_2 - \frac{\Delta l}{2},$$

откуда $\varphi_2 = \arcsin \varphi_2$:

Подобным образом можно рассчитать угол поворота эксцентрика при любом промежуточном износе гусеницы от нулевого до максимального.

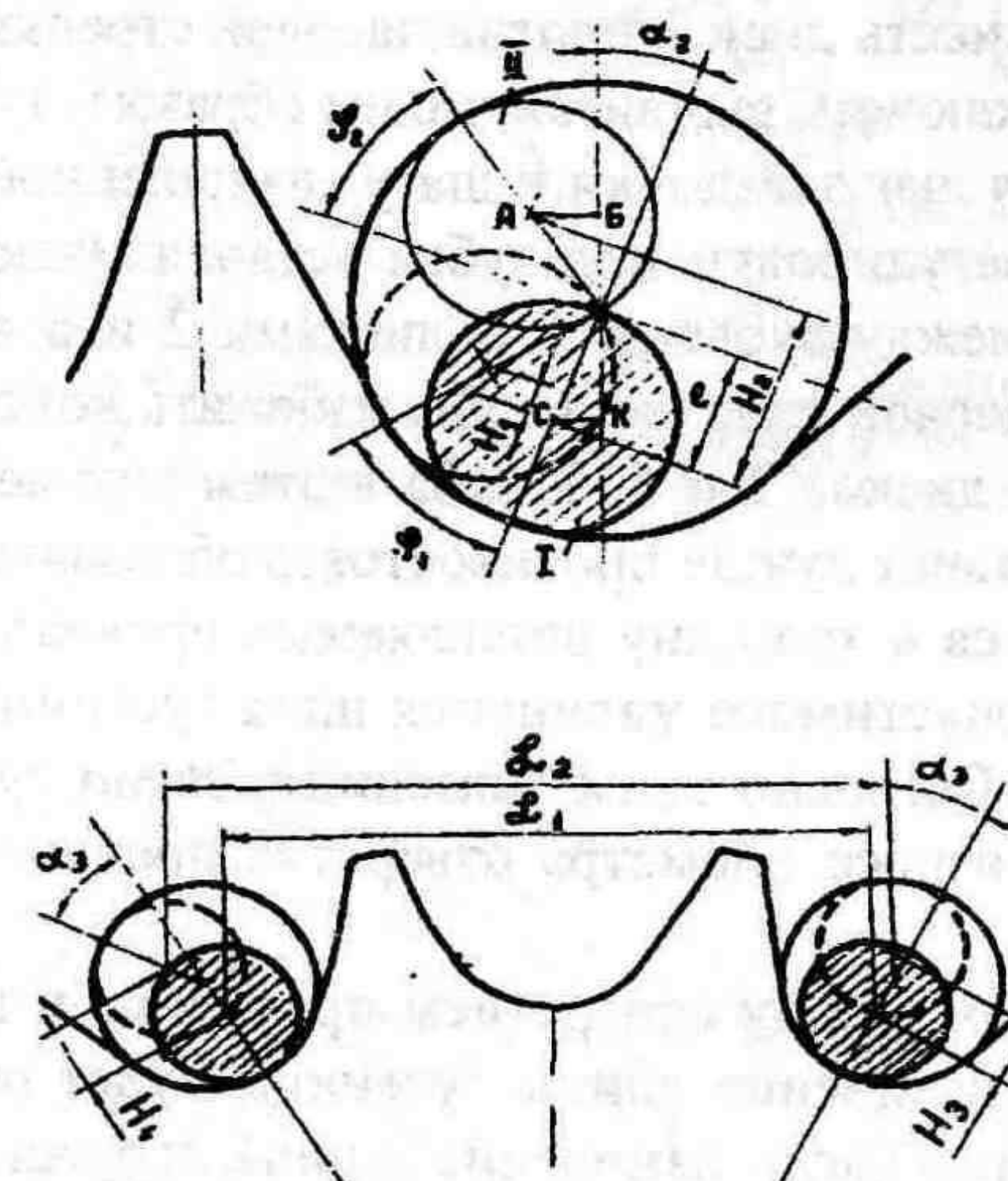


Рис.6. Связь между увеличением шага при износе гусеницы и поворотом эксцентрика

Ведущая звёздочка трактора с изменяемым шагом. Обычно срок службы гусениц с открытым шарниром не превышает 3000 час. Одновременно изнашивается и звездочка. Например, после 2700 час. работы наибольшая величина износа профиля зубьев составила 17 мм, боковой износ составил 4 мм. А общий 6,2 кг от массы звездочки. Для повышения долговечности звездочек в сельхозтехнике во впадины зубьев иногда наплавляют пластины, увеличивающие её шаг и сравнивая его с шагом изношенной гусеницы. Таким образом, нужна гусеница и звездочка с изменяемым шагом. Такая гусеница предложена в УГЛТУ и на нее получен патент № 44300. Одновременно в УГТУ-УПИ была предложена звёздочка с изменяемым шагом, на нее также получен патент № 49790. Ее конструкция представлена на рис.7. Она состоит из стопорного кольца 1; диска с винтовой нарезкой 2; болтов 3; вала бортовой передачи 4; звёздочки, у которой

хвостовики зубьев 5, которая тоже имеют винтовую нарезку; ступицы 6, установленной на шлицах вала 4 и имеющей продольные канавки для размещения в них хвостовиков зубьев 5; отверстий 7 для болтов; прокладок 9. Чтобы не перепутать зубья местами каждый из них имеет номер, выбитый на торце зуба. Такие же номера выбиты на диске 2. Это делается для того, чтобы при повороте диска 2, со спиральной нарезкой, все зубья выдвигались на одинаковую величину регулирование звездочки. Для увеличения расстояния между впадинами зубьев при износе и увеличении шага гусеницы нужно сделать следующее. Убрать болты 3, стягивающие диски 2 и 6, затем поворачивать диск 2 против часовой стрелки за отверстия в нем или специальным ключом, выдвигая, таким образом, зубья 5 звездочки и, тем самым, подгоняя шаг звездочки к шагу изношенной гусеницы. После предварительной регулировки под зубья устанавливаются прокладки, которые зажимаются между зубьями 5 и дисками 2 и 6 вращением спирального диска 2 по часовой стрелке, чтобы избежать консольного выдвигания зубьев из пазов дисков 2 и 6. У зуба в этом случае будет большая площадь опоры, и он станет лучше противостоять обламыванию.

Выступание зубьев и толщину вставляемых прокладок можно определить из величины допустимого удлинения шага гусеницы, которое приводится в литературе. Согласно этим указаниям, звено гусеницы должно выбраковываться при износе диаметра отверстия проушины с 22 до 25,2 мм.

Предельный зазор между отверстием проушины и пальцем должен быть не более 7 мм. Увеличение длины гусеницы будет равно $7Z$, где Z - число звеньев гусеницы. Тогда изменение длины окружности на радиусе центра отверстий проушин и пальцев составит

$$2\pi r_0 + \sigma Z = 2\pi r_m$$

где r_0 - радиус окружности по центру проушин новой гусеницы;

σ - увеличение шага гусеницы при частичном износе;

r_m - радиус этой же окружности при частичном износе.

Тогда $r_m = r_0 + \sigma Z / 2\pi$. Разность $r_m - r_0 = t$ и будет той величиной t , на которую необходимо увеличить радиус звездочки путём поворота диска 2 со спиральной нарезкой. Длина окружности C , на которую необходимо будет повернуть диск 2, составит $C = t / \sin \varphi$, где φ - угол подъёма винтовой нарезки на диске 2, а угол ρ поворота диска 2 будет равен

$$\rho = C / 360 / 2\pi r_m$$

Таким образом, можно рассчитать угол поворота диска 2 при различной величине износа.

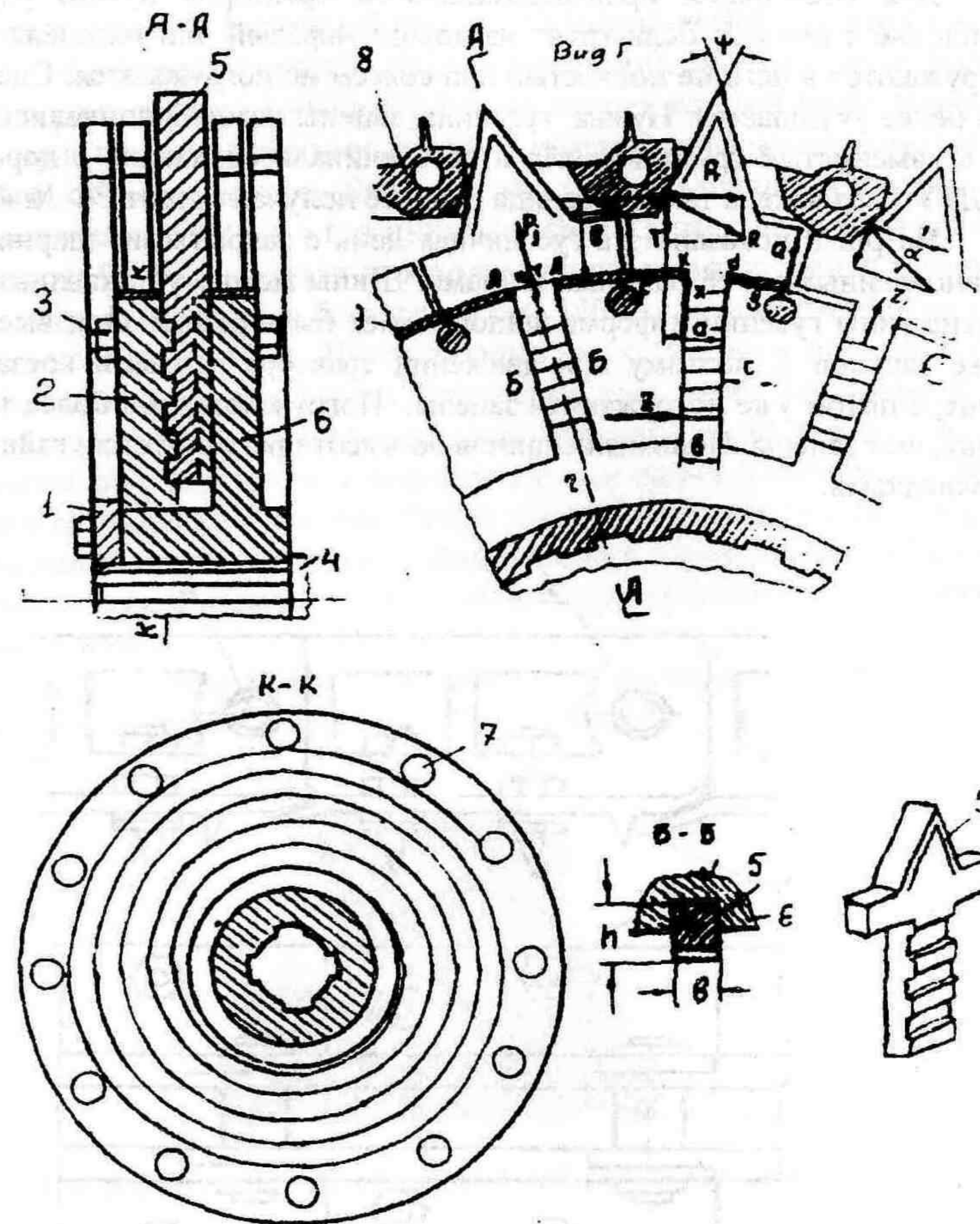


Рис.7. Ведущая звездочка трактора с изменяемым шагом:
1 - стопорное кольцо; 2 - диск с винтовой нарезкой; 3 - болты; 4 - вал бортовой передачи; 5 - звездочка; 6 - ступица; 7 - отверстия; 8 - гусеница; 9 - прокладки

Гусеница с увеличенным сцеплением с почвой.

Для повышения производительности тракторов нужно улучшать сцепление с почвой. Если грунт на дороге мерзлый или гололёд зацепы погружаются в него не полностью или совсем не погружаются. Сцепление тем более ухудшается. Нужна гусеница, зацепы которой впивались бы даже в каменистый грунт или лёд и обеспечивали сцепление с дорогой. В УГЛТУ предложена такая гусеница и на неё получен патент РФ № 47841.

На рис.8 показана эта гусеничная цепь с закрытыми шарнирами и установленными в её башмаки шипами. Шипы можно устанавливать и на другие типы гусениц и форма шипов может быть разная. Они выступают ниже зацепов 7, поэтому при движении трактора первыми врезаются в грунт, а потом уже погружаются зацепы. Погружаются и в более твёрдый грунт, чем зацепы. Положение шипов по высоте регулируется гайками 5 и прокладками.

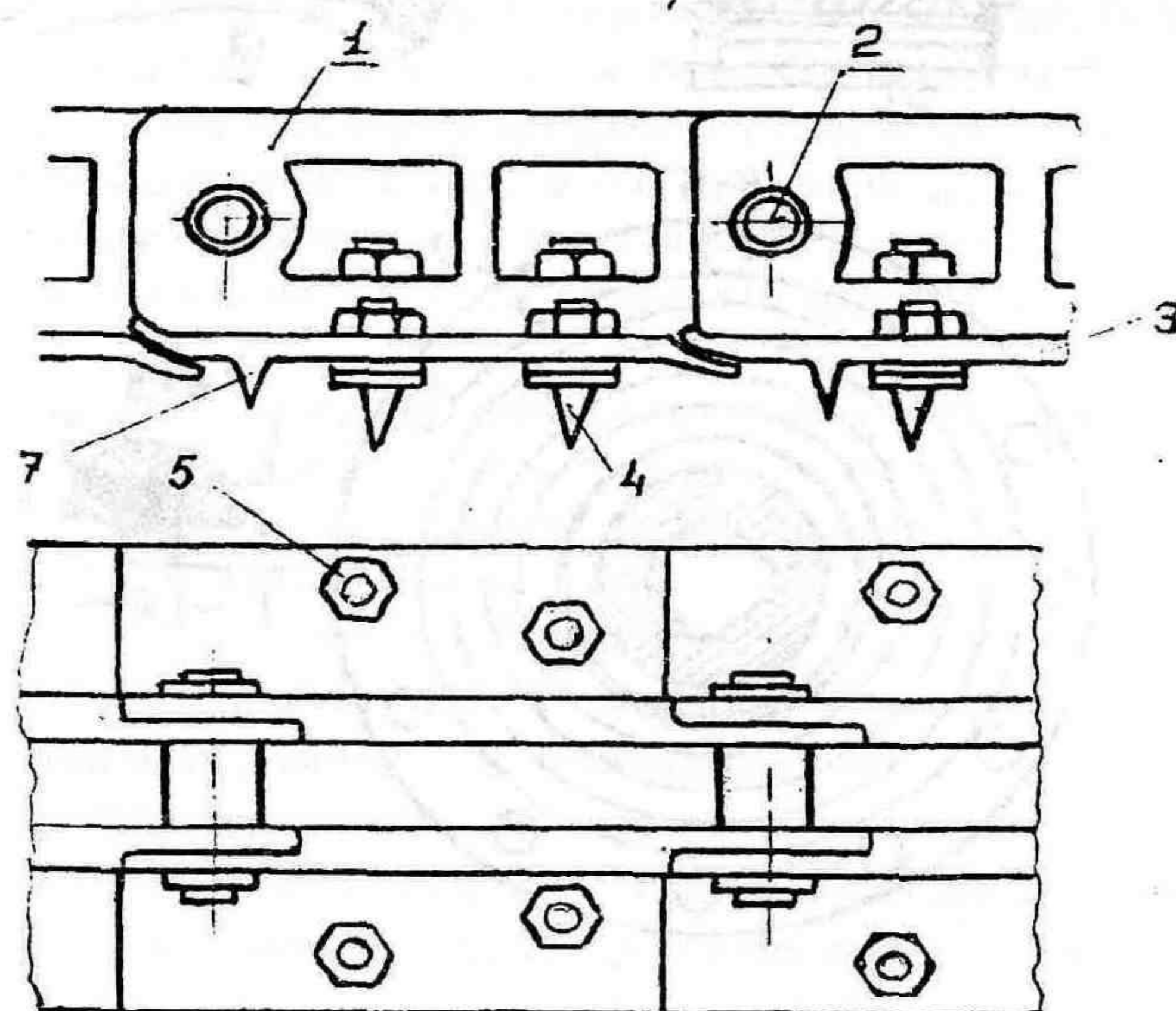


Рис.8. Гусеница с увеличенным сцеплением с почвой:

1-звено гусеницы; 2- ось; 3-башмак; 4-шип; 5-болт;
6-прокладка; 7-грунтозацеп гусеницы

Пятая глава. Посвящена экспериментальным исследованиям гусеницы с шипами. Исследование действия шипов на сцепные качества гусениц проводилось в Екатеринбурге на полигоне учебно-опытного хозяйства УрГСХА (сельскохозяйственной академии). Для этой цели была изготовлена рама размером 1100x400 мм, на концах которой были закреплены два звена гусеницы трактора ДТ-75. В каждом звене устанавливалось по два шипа, т.е. всего четыре. Было создано три типа шипов: остроконечные, с пластинками 50x50 и с пластинками 60x60. У звеньев зацепы высотой 40 мм (рис.9). Для создания необходимого давления на звенья гусеницы на платформу помещался балласт массой 180 кг, да сама платформа со звеньями имела массу 40 кг. Итого на одно звено гусеницы приходилось 110 кг. Буксирование платформы осуществлялось через динамометр и сцепку трактором МТЗ – 80. Опыты производились на вспаханном поле при скоростях от 1 до 6 км/час с разными типами шипов и вообще без шипов, только со звеньями гусеницы. Почва – чернозем. Сначала в звенья устанавливались шипы с пластинками 60x60, затем с пластинками 50x50, после остроконечные и в конце устройство буксировалось без шипов только на звеньях гусеницы.

Как показали результаты экспериментов и расчеты при разных условиях усилие в сцепке изменялось от 1700 до 2900 Н.

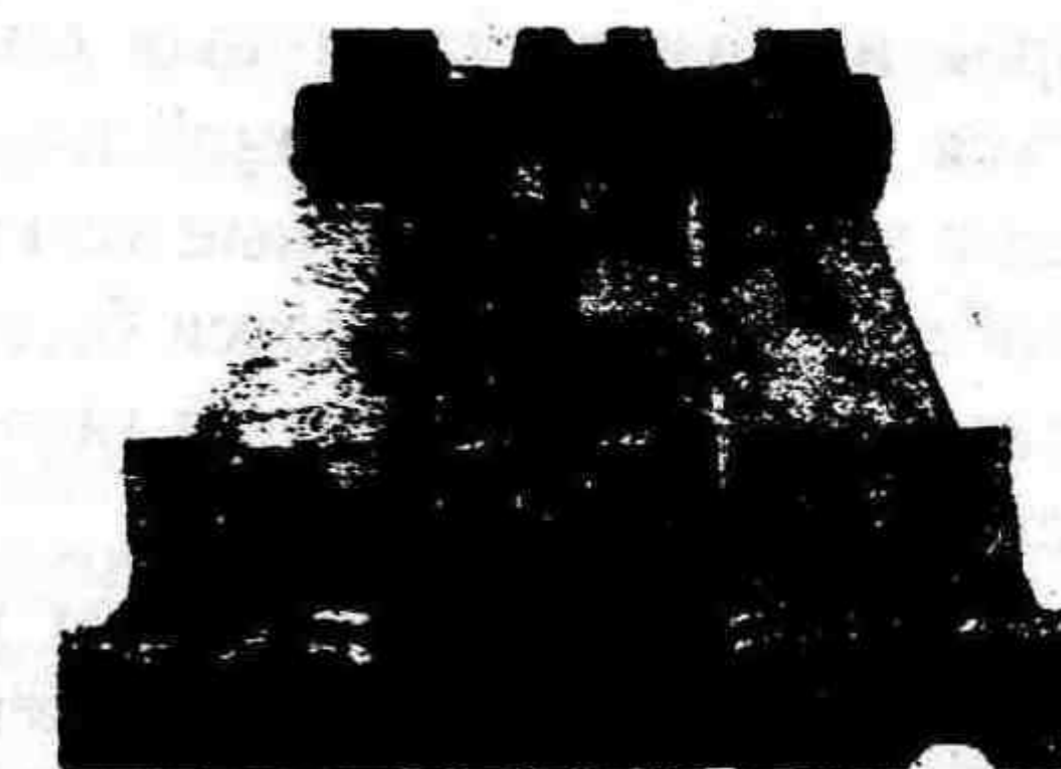


Рис. 9. Платформа с прикрепленными к ней двумя звеньями с шипами.

Как видно из графиков наибольшее сопротивление перемещению платформы оказалось с шипами 60x60, меньше - с шипами 50x50; ещё меньше у остроконечных шипов и у башмаков без шипов. Это объясняется уменьшением площади сопротивления. С ростом скорости сопротивление увеличивается, что объясняется большей работой, необходимой на передвижение. Но всё это только на мягкой почве, на пашне. На твердой дороге, где грунтозацепы гусеницы не входили в грунт, а впивались только остроконечные шипы, положение резко изменялось, и шипы оказывали большое влияние на сцепление гусеницы с почвой.

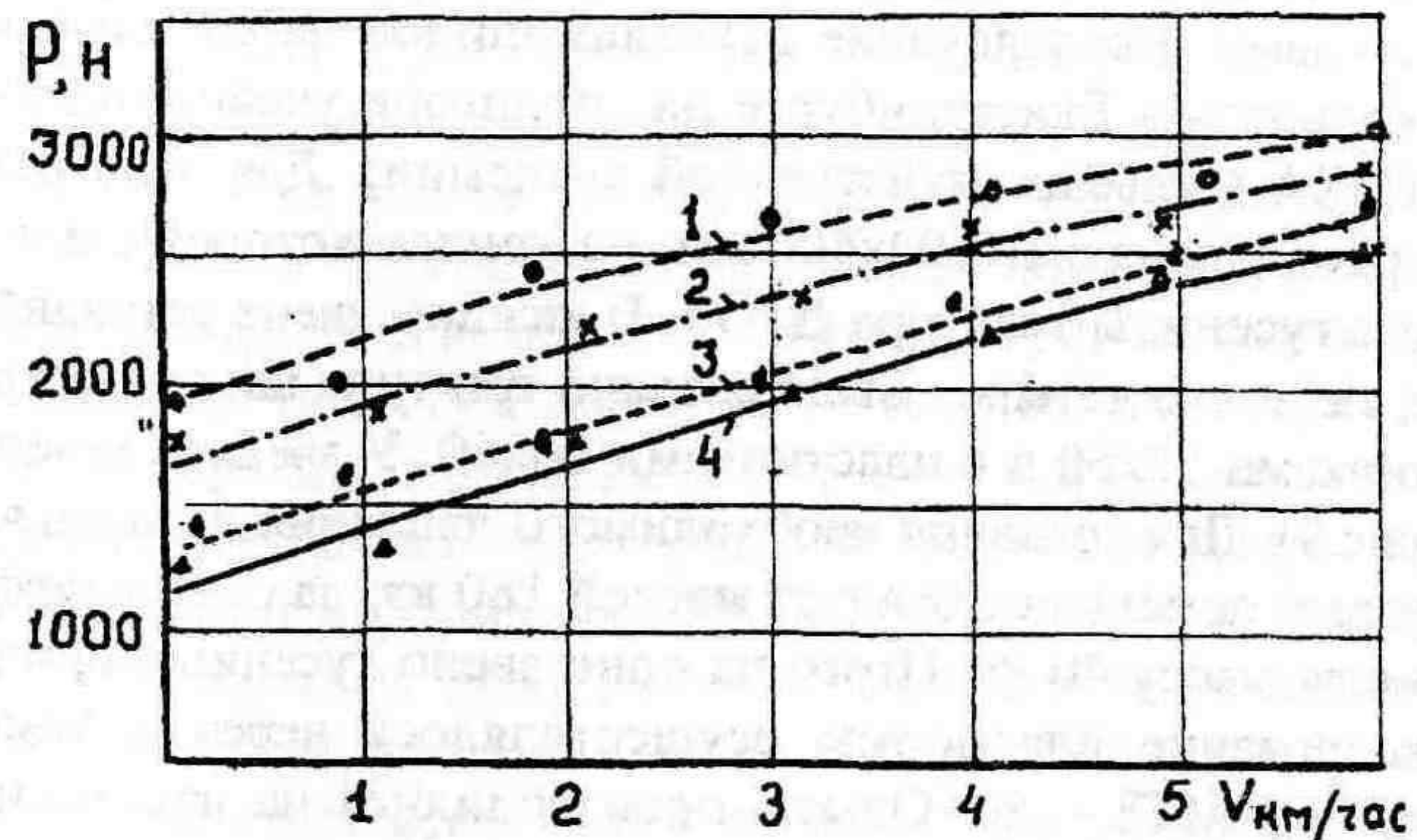


Рис.10. Зависимость усилия на передвижение имитатора гусеницы от скорости:

1 - звенья гусеницы с шипами 60*60; 2 - звенья с шипами 50*50; 3 - звенья с остроконечными шипами; 4 - звенья без шипов

Глава шестая. Изменения в конструкции тракторов.

Изменение положения центра тяжести

При работе тракторов и других гусеничных машин центр тяжести машины должен находиться по середине опорной поверхности гусеницы. Но в процессе эксплуатации нагрузка на опорные катки перераспределяется, и наиболее нагруженные катки изнашиваются быстрее, сокращая срок службы машин. Для изменения положения центра тяжести предложен подвижный противовес (патент № 40983).

Для определения массы противовеса составим уравнение моментов относительно точки касания среднего катка с гусеницей, точки О. Получим

$$G_{гр}b + P_{кр} \cos \gamma h + P_{кр} \sin \gamma b - G_T \delta - G_{п}a,$$

где $G_{гр}$ - масса груза, приходящаяся на коник;

$P_{кр}$ - усилие, возникающее от волочения груза;

G_T - масса трактора;

$G_{п}$ - масса противовеса;

Ц.т - центр тяжести трактора;

P_f - сила сопротивления на перекачивание трактора;

P_k - касательная силы тяги.

В свою очередь $P_{кр}$ определится из выражения

$$P_{кр} = \frac{2}{3} G_{гр} \beta,$$

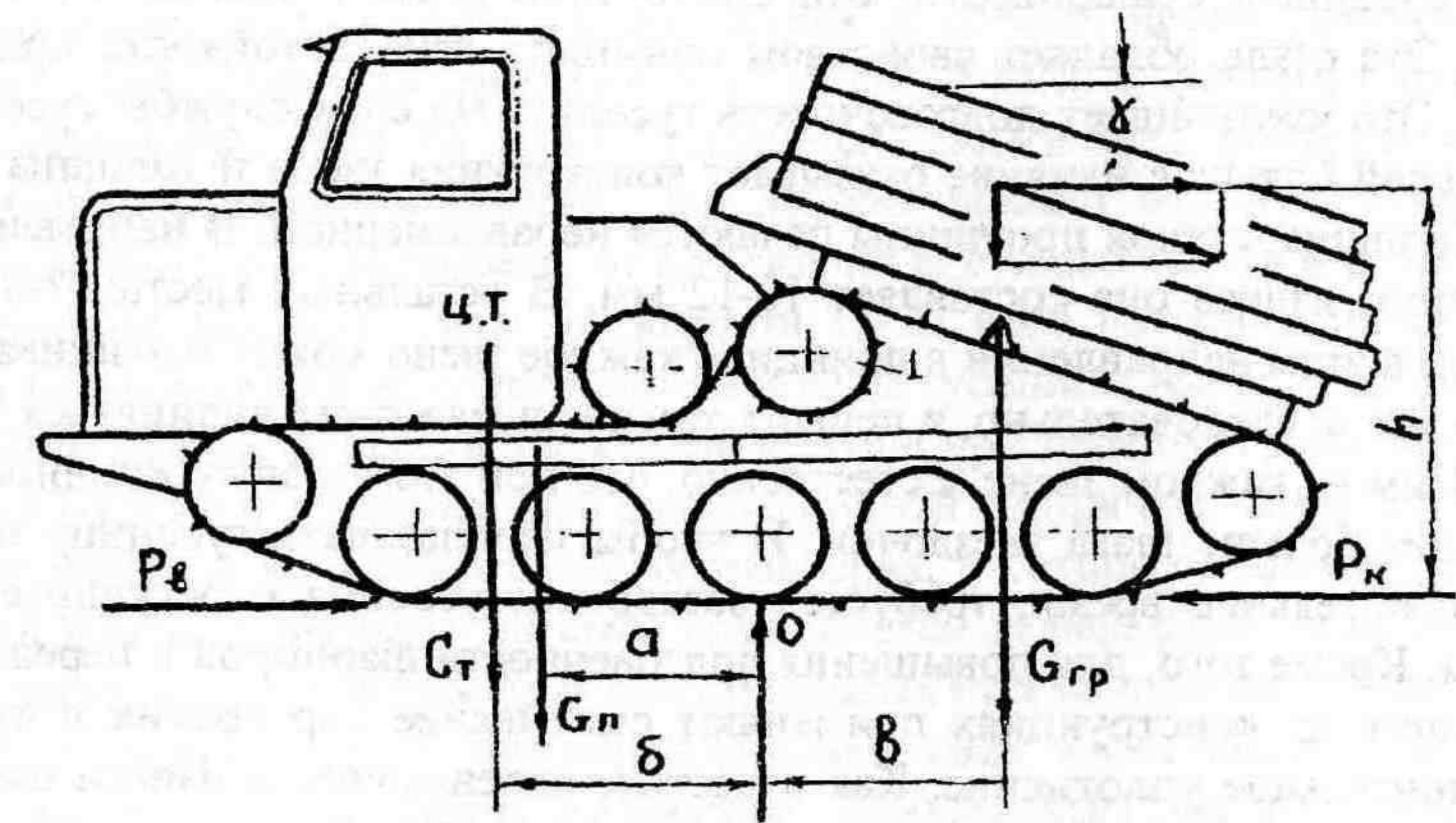


Рис.11. Трелевочный трактор с противовесом

где β - коэффициент волочения деревьев или хлыстов по земле;

$2/3$ - часть груза, приходящаяся непосредственно на землю.

Сила сопротивления на перекачивание трактора с учётом массы груза, приходящейся на коник, определится как

$$P_f = G_{тр} f + \frac{1}{3} G_{гр} f,$$

где f - коэффициент качения трактора по земле;

$1/3$ - часть массы груза, приходящаяся на коник трактора;

P_k - касательная сила тяги трактора.

Но силы P_f и P_k действуют по линии, проходящей через точку О, поэтому момента не создают. Тогда масса противовеса определится из выражения

$$G_{п} = \frac{G_{гр}b + P_{кр} \cos \gamma h + P_{кр} \sin \gamma b - G_T \delta}{a}.$$

В седьмой главе приводится обзор литературных данных по износу гусеничных движителей. Существенным недостатком является быстрый износ гусениц. Особенно это относится к гусеницам с открытым шарниром. Опытном их эксплуатации установлено, что долговечность гусеничной цепи составляет 350-3000 час. в зависимости от почвы, на которой они работают. Установлено, что цельнолитые звенья тракторов класса 3 т. с. выходят из строя из-за шарниров (70%), износа цевок (12%), износа беговых дорожек (10%) и разрушения звена от циклически действующих нагрузок. Износ

шарниров зависит от нагрузки и соотношения твердости втулки и пальца без последующей механической обработки.

Гусеницы с шарнирами открытого типа делают обычно из стали Г13Л. Эта сталь обладает свойством повышать износостойкость при наклепе. Это увеличивает долговечность гусениц. На срок службы гусеничных цепей большое влияние оказывает конструкция звена и толщина стенок. Толщина стенок проушины делается неравномерной. В направлении основного износа она составляет 10-12 мм. В остальных местах 7-8 мм. Значит, в этом направлении в принципе каждое звено может изнашиваться на 3-4 мм, а, следовательно, и цепь от этого износа может удлиниться тоже на 3-4 мм на каждом звене. Естественно, что при этом шаг гусеничной цепи будет больше шага звездочки. И чтобы использовать гусеницу более продолжительное время, требуется звездочка гусеница с регулируемым шагом. Кроме того, для повышения долговечности шарниров в передовых и лучших их конструкциях применяют смазывание пар трения и ставят дополнительное уплотнение. Как известно, интенсивность износа шарниров гусеничных цепей пропорциональна удельной работе трения, то есть работа трения в шарнире определяется

$$A = Rr_{\mu}\epsilon\mu,$$

где R - сила радиального давления;

r - радиус пальца;

ϵ - угол поворота проушины звена относительно пальца;

μ - коэффициент трения.

Весьма существенно изнашивается и звездочка. Так, после 2700 ч работы трактора ДТ-54 наибольшая величина износа профиля зубьев составила 17 мм, а в среднем по колесу износ боковых поверхностей составил до 4 мм. Общий износ звездочки охарактеризовался потерей металла 6,2 кг, что составил за один час работы 2,3 г. Цевки звеньев по поверхности зацепления изнашивались до глубины 7 мм. Число проушин на их износ существенного влияния не оказывает. У применяемых гусениц с открытыми шарнирами имеются большие зазоры между торцами проушин, а также диаметральные зазоры, которые в процессе работы гусеницы увеличиваются, что способствует все большему попаданию абразивного материала. Это увеличивает износ проушин. На износ гусениц сильно влияет и тип грунта. Установлено, что если увеличение шага гусениц у тягово-транспортных машин при пробеге 1000 км на грунте с преобладанием кварцевого песка составила 4,7 - 4,9 мм; на суглинистых дорогах в период распутицы - 2,5 - 2,7; на снежных и бетонных дорогах - всего 0,45 - 0,57. То есть в зависимости от типа грунта, темп износа может увеличиваться почти в 10 раз.

В восьмой главе рассматриваются затраты мощности на работу двигателя. Одним из существенных недостатков являются затраты

мощности на работу самого двигателя. Так, КПД гусениц с открытым шарниром тракторов кл.2 и 3 составляет 0,89-0,93, а КПД гусениц рельсового типа еще меньше. Это объясняется в первую очередь большой массой этих двигателей, доходящих до 25 % от массы трактора для гусениц с закрытыми шарнирами и от 10 до 15 % для гусениц с открытыми шарнирами. Низкий КПД гусеничных двигателей объясняется и большими потерями на трение. Эти потери зависят от многих конструктивных факторов, например, от положения ведущего колеса и скорости. Исследования показали, что до скорости 15-20 км/ч потери меньше при заднем расположении ведущего колеса и КПД гусеницы выше. При скоростях более 20 км/ч потери в двигателе меньше при переднем ведущем колесе, а КПД при этом выше. Это является одной из причин, что в сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторах, у которых рабочие скорости, как правило, меньше 20 км/ч применяется заднее расположение ведущей звездочки, а в скоростных и специальных гусеничных переднее.

При эксплуатации тракторов значительная часть мощности двигателя расходуется на работу гусеничных двигателей. Эти потери идут, прежде всего, на деформацию почвы в направлении, противоположном движению трактора, и на трение опорной поверхности о почву, то есть на буксование двигателей. В соответствии с этим потери на буксование определяются

$$\eta_6 = \frac{P_k}{V} = \frac{P_k}{V_T},$$

где P_k - касательная сила тяги;

V - действующая скорость трактора с учетом буксования;

V_T - теоретическая скорость.

Кроме этого, теряется мощность на трение шарнирах ведущего участка гусеницы эта мощность N_{r1} определится из выражения

$$N_{r1} = M_{r1}\omega_k,$$

где M_{r1} - момент сил трения первой группы приведенных к оси ведущих колес;

ω_k - угловая скорость ведущего колеса.

Тогда касательная сила тяги при равномерном движении определится

$$P_k = \frac{N_k - N_{r1}}{V_T} = \frac{M_k - M_{r1}}{r_1} = \eta_r \frac{M_k}{r_k}$$

где η_r - КПД учитывает потери от сил трения;

r_1 - динамический радиус колеса,

Суммарные потери мощности в ходовой части определяются из выражения

$$N_{x.ч} = N_r + N_T + N_n + N_6 = N_k - N_{k.p},$$

где N_k - мощность, подводимая к ступицам ведущих колес;

N_r - мощность, потерянная на трение в зацеплении гусеницы с ведущими колесами и в шарнирах ведущего участка гусеничной цепи;

N_T - мощность, потерянная на трение в механизмах ходовой части, кроме ведущего участка цепи;

$N_{П}$ - мощность, потерянная на вертикальное прессование почвы;

N_6 - мощность, потерянная на буксование;

$N_{к.р}$ - полезная тяговая мощность.

На почвах нормальной влажности до 60 - 70 % всех потерь составляют внутренние потери в гусеничном движителе, потери в шарнирах составляют всего 2-4%.

В девятой главе рассматривается экономическая эффективность предлагаемых устройств. Ее оценка производилась в основном по методике определения экономической эффективности модернизированных и новых конструкций тракторов и их агрегатов, а также по рекомендациям, изложенным в вопросах экономической эффективности и ценообразования в тракторостроении.

По данным союзсельхозтехники правильная организация восстановления деталей гусениц и их повторное использование сохранит стране свыше 400000 т. высококачественной стали в год. (Данные 1971 года). По расценкам 2005 г. гусеница стоит 18000 руб. Увеличение срока службы гусеницы можно рассчитать примерно из величины запаса металла на износ. В семипроушинных звеньях, предложенных заводами ХТЗ, ВгТЗ и НАТИ увеличена толщина изнашиваемых стенок в проушине до 15 мм. Обычно гусеница выбраковывается при увеличении шага на 7 мм, т.е. на сторону 3,5 мм, то при выбраковке гусеницы по шагу остается запас для износа: 4,5 мм.

Учитывая, что продолжительность износа (с допущениями) пропорциональна толщине изнашиваемого металла, можно утверждать, что гусеница будет изнашиваться еще такой же срок, как при величине допустимого износа 3,5 мм. Но при достижении этого износа она работает нормально в среднем 2 года, то и для износа еще 4,5 мм она еще проходит около 2-х лет, лишь бы была возможность нормальной ее укладки на звездочке. То есть срок ее работы увеличится примерно в 2 раза, и экономия будет соответственно 9000 руб. в год на две гусеницы.

В результате выполненного анализа установлено, что машины с гусеничными движителями имеют высокую проходимость, хорошее сцепление почвой, малое удельное давление, но движители имеют ряд существенных недостатков: большую массу, до 25% массы трактора, они затрачивают на свою работу много энергии, а главное, имеют быстрый износ гусениц, особенно с открытым шарниром. Главной причиной, по которой бракуются гусеницы, является увеличение её шага до размера большего, чем шаг звездочки, в результате чего она не

укладывается на звездочке, хотя проушины звеньев к этому моменту изнашиваются не полностью и могли бы служить в 1,5-2 раза больше, чем это наблюдается на практике.

Выводы

Основные научные и практические результаты диссертационной работы сводятся к следующему.

1. Предложен принципиально новый гусеничный движитель (патент РФ № 21573), имеющий ведущую звездочку, расположенную под серединой верхней ветви гусеницы, и вторую, установленную перед ведущей, но над гусеницей. Приведена его схема, выполнена механико-математическая модель, дан расчёт сил, действующих на его ведущую и верхнюю звездочки, и описаны особенности условий его работы на лесозаготовках.

2. Установлена теоретическая связь между увеличением шага гусеницы при её износе и необходимым увеличением диаметра звездочки, что обеспечивает нормальную работу гусеничного зацепления. Предложены конструкции гусениц с изменяемым шагом на звездочке (патенты РФ № 44300, № 49509), у которых шаг гусеницы изменяется поворотом эксцентриков на пальцах. При этом палец звена располагается дальше от оси звездочки, и шаг гусеницы увеличивается.

3. Впервые предложены ведущие тракторные звездочки с регулируемым шагом, у которых шаг регулируется при помощи выдвигаемых зубьев. При их выдвигании гусеница начинает катиться своими цевками по большему диаметру, чем до её износа, и шаг звездочки начинает соответствовать шагу частично изношенной гусеницы, что обеспечивает правильное зацепление. Установлена теоретическая зависимость между величиной износа гусеницы и шагом звездочки. Предложены принципиальные конструкции таких звездочек для разных типов зацеплений: цевочное, звездочка конструкции НАТИ, гусениц с цилиндрическими пальцами. Предложены подкладки под зубья звездочек, чтобы облегчить работу зубьев (патенты РФ № 49790, № 47842, № 52812).

4. Предложена конструкция ведущей звездочки трактора с демпфирующими элементами для снижения величины толчков, передаваемых от колебаний нагрузки на крюке трактора на гусеничный движитель. Демпфирующие элементы устанавливаются между ведущей и ведомой частью ведущей звездочки. В качестве таких элементов могут быть упругие материалы, например, резина или пружины. Приведена теория расчёта её резиновых демпфирующих элементов.

5. Теоретически обоснован способ улучшения сцепления гусеницы с почвой, особенно на обледенелой или каменистой лесной дороге. Это осуществляется за счёт установки в башмаки или звенья гусеницы специальных шипов, которые выступают ниже, чем грунтозацепы и массой трактора вдавливаются в лёд или замёрзшую почву раньше, чем зацепы гусеницы, обеспе-

чивая повышенное сцепление. Предложена конструкция гусеницы с повышенным сцеплением и проведены испытания имитатора такой гусеницы в реальных условиях (патент РФ № 47841).

6. Для гусениц тракторов типа Т-100М, Т-130 предложена гусеничная цепь с башмаками, имеющими дополнительные полукруглые рёбра вдоль башмака, а в рёбрах прорези, куда вставляются звенья гусеницы. Это дополнительно удерживает башмак на звеньях и воспринимает боковые усилия, помогая болтам, крепящим башмаки к звеньям гусеницы. Приведена методика расчёта этого нововведения (патенты № 30335, № 37973).

7. Для уменьшения мощности, необходимой на поворот трактора, необходимо на это время уменьшать опорную длину гусениц. Для этой цели был предложен механизм для подъема заднего колеса гусеничного движителя (патенты РФ № 25877). Такой механизм предполагается применять на специальных движителях (патент РФ № 21573). Так как заднее колесо трактора не является ведущим, его подъём осуществить конструктивно проще. Приведена методика расчёта этого устройства и усилия, необходимого на подъём колеса.

8. Чем меньше угол охвата звёздочки гусеницей, тем сильнее должно быть её натяжение, а значит, она будет быстрее изнашиваться. Угол охвата должен быть по возможности большим, чтобы гусеница не спадывала со звёздочки. Особенно это положение касается движителей с треугольным обводом гусеницы. Чтобы обеспечить достаточный угол охвата предложено устройство для увеличения угла охвата звёздочки гусеницей (Патент РФ № 33924). Оно обеспечивает не только значительно больший угол охвата, но и сохраняет его постоянным при движении трактора вперёд или назад. Предложено теоретическое обоснование сил, действующих в этом устройстве при движении трактора вперёд или назад.

9. Для увеличения долговечности гусениц необходимо, чтобы их натяжение было оптимальным. Чтобы при наезде направляющего колеса на препятствие гусеница не спадывала с колеса и её натяжение не ослаблялось, предложены устройства для поддержания натяжения гусеницы (патенты РФ № 22651, № 25308). При наезде колеса на препятствие дополнительный ролик, расположенный над гусеницей или под гусеницей, поджимает её вниз или вверх, поддерживая тем самым натяжение гусеницы. Дано теоретическое обоснование сил, действующих при этом в предлагаемом устройстве.

10. Теоретически обосновано применение подвижных противовесов для изменения положения центра тяжести трактора, что обеспечит более равномерное давление на опорные катки, а, следовательно, увеличение их долговечности. Для этого разработано специальное устройство. Оно устанавливается под рамой трактора и имеет груз в виде плиты, которая может перемещаться при помощи гидроцилиндра вдоль трактора, тем самым, изменяя центр тяжести трактора (патент РФ № 40983).

11. Для тракторов с полужёсткой подвеской теоретически обоснован способ повышения плавности движения и предложена конструкция подвески с двумя качающимися каретками на общей раме, каждая из которых опирается на три или четыре катка. Такая конструкция сохраняет достоинства полужёсткой подвески и сохраняет плавность, как у эластичной подвески (патент РФ № 40983).

12. Для тяжелых колёсных тракторов обосновано применение колёсно-гусеничной ходовой части взамен колёсной или гусеничной с четырьмя гусеничными движителями. Предложена конструкция колёсно-гусеничной машины со сменной ходовой частью и натяжной звёздочкой, расположенной снаружи для увеличения угла охвата гусеницы. Приведена теория расчёта условия для поворота машины (патент РФ № 55342).

13. Техничко-экономические расчёты показывают, что только за счёт увеличения срока службы комплекта гусениц с открытым шарниром экономия на одном тракторе может достигать 9000 руб. в год в ценах 2006 г.

14. В работе приведены научно обоснованные технические решения, внедрение которых позволит внести существенный вклад в совершенствование гусеничных движителей.

Публикации

1. Боровских А.М. Проблемы совершенствования конструкции гусеничных движителей: Монография [Текст] / А.М.Боровских. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2005.- 164 с.
2. Боровских А.М. Повышение долговечности гусеницы трактора. [Текст] / А.М. Боровских, Ю.Д.Силуков // Лесная промышленность, М., 2005.- № 3. – С. 29-30.
3. Силуков Ю.Д. Гусеничный движитель с траверсами. [Текст] / Ю.Д.Силуков А.М.Боровских //Транспорт Урала, 2005.- № 4.- С. 38-44.
4. Боровских А.М. Увеличение угла охвата звёздочки гусеницей трактора [Текст] / А.М.Боровских / Транспорт Урала, 2004.- № 3.- С. 59-62.
5. Боровских А.М. Движитель для гусеничных машин [Текст] /А.М.Боровских // Автомобильные дороги и транспорт: Межвузовский сборник Урал. гос. лесотех. ун-та, Екатеринбург, 2005.- С. 53-56.
6. Боровских А.М. О модернизации гусеничной ходовой части тракторов. [Текст] /А.М. Боровских, Ю.Д.Силуков // Автомобильные дороги и транспорт: Межвузовский сборник. Урал.гос. лесотехн. ун-та, Екатеринбург, 2005.- С. 42-46.
7. Боровских А.М. Изменение конструкции гусеницы мощных промышленных тракторов [Текст] / А.М.Боровских. С.Н.Озорнин // Труды УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2005. – С. 96-97.
8. Боровских А.М. Движитель для гусеничных машин [Текст] / А.М.Боровских // Проблемы и достижения автотранспортного комплекса: Материалы научно-технической конференции, УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2004.- С. 95.
9. Боровских А.М. Проблемы создания специальных экологических гусеничных движителей [Текст] /А.М.Боровских, Ю.Д.Силуков // Социально экономические и

экологические проблемы лесного комплекса: матер. междунар. науч.-техн. конф.- Екатеринбург: УГЛТУ, 2003. – С.331-332.

10. Озорнин С.Н. Механизм подъема заднего колеса гусеничного движителя [Текст] С.Н.Озорнин, А.М.Боровских // Проблемы и достижения автотранспортного комплекса: Материалы 4 Всероссийской научно-технической конференции.- Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2006. - С. 28-30.

11. Сопига В.А. Влияние типа гусеничного движителя на толкающее усилие транспортной машины. [Текст] / В.А.Сопига, Ю.Д.Силуков, А.М.Боровских // Материалы научно-технической конференции аспирантов и студентов УГЛТУ. - Екатеринбург УГЛТУ, 2002. –С. 40-41.

12. Боровских А.М. Ведущая звездочка трактора с регулируемым шагом. [Текст] Проблемы и достижения автотранспортного комплекса.-Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2006.- С. 26-27.

13. А.С. 21573. Российская Федерация, 7 В 62 D 55/06 Гусеничный движитель [Текст] / Силуков Ю.Д., Боровских А.М., Булдаков С.И./ Заявл. 13.08.2001; Оpubл. 27.01.2002. Бюл. № 3. -2 с.

14. А.С. 22651. Российская Федерация, 7 В 62 В 55/30 Устройство для поддержания натяжения гусеницы. [Текст] /Боровских А.М., Силуков Ю.Д./, Заявл. 19.11.2001; Оpubл. 20.04.2002. Бюл. №11. -2 с.

15. А.С. 25308. Российская Федерация, 7 В 62 В Натяжное устройство гусеницы. [Текст] / Боровских А.М./ Заявл.02.2002; Оpubл. 27.09.2002. Бюл. № 27. - 2 с.

16. А.С. 25877. Российская Федерация, 7 В 62 В Механизм подъема заднего колеса гусеничного движителя [Текст] / Боровских А.М./ Заявл. 15.03.2006.- Оpubл. 27.10.2002..Бюл.№ 30. 2 с.

17. А.С. 25783 Российской Федерации, 7 В 62 О [Текст] / Боровских А.М., Паньчев А.П./ Заявл. 29.04.2002; Оpubл. 20.12.2002.. Бюл. № 35. -2 с.

18. А.С. 1372788 Российская федерация М.Кл. О 01/3/14/ Устройство для измерения крутящего момента на валах. [Текст] / Боровских А.М. Дроздов В.Б., Боровских Ю.М./, Заявл. 03.11.1969; Оpubл. 27.04.1972. Бюл.№23. . -2 с.

19. А.С. 28484 Российской Федерации 7. В 62 О [Текст] Устройство для автоматического поддержания натяжения гусеницы./ Боровских А.М., Кучумов Е.Г./ Заявл. 06.11.2002; Оpubл. 27.03.2003. Бюл. № 9. -2 с.

20. Пат 30335 Российской Федерации . 7 В 62 В Гусеничная цепь [Текст] /Боровских А.М., Боровских В.А. / Заявл. 30.12.2002; Оpubл. 27.06.2003. Бюл. 18. -2 с.

21. Пат. 31126 Российской Федерации 7 В 62 В Устройство для натяжения гусеницы [Текст] / Боровских А.М., Кучумов Е.Г., Шер Ю.И. / . Заявл. 20.01.2003; Оpubл. 20.07.2003. Бюл. №20. -3 с.

22. Пат. 32460 Российской Федерации 7 в 62 В Гусеничный [движитель с верхним приводом [Текст] /Боровских А.М., Кучумов Е.Г., Шер Ю.И. / . Заявл. 22.04.2003; Оpubл. 20.09.2003. Бюл № 26.- 2 с.

23. Пат 33924 Российской Федерации 7 В 62 О Устройство для увеличения угла охвата звездочки гусеницей. [Текст] /Боровских А.М./, Заявл. 03.06.2003; Оpubл. 20.11.2003. Бюл. № 32. -2 с.

24. Пат. 37973 Российской Федерации 7 В 62 В Гусеничная цепь. [Текст]. Боровских А.М. Заявл. 15.12.2003; Оpubл. 20.05.2003. Бюл № 14. - 2 с.

25. Пат. 40983 Российской Федерации, 7 В 62 О Трактор с регулируемым положением центра тяжести. [Текст] Боровских А.М. Заявл. 09.06.2004; Оpubл. 10.10.2004. Бюл № 28. - 2 с.

26. Пат 45702 Российской Федерации МПК⁷ В 62 О Движитель для гусеничных машин [Текст] / Боровских А.М., Кучумов Е.Г // Заявл.30.12.2004, Оpubл. 27.05.2004. Бюл. № 15. -2 с.

27. Пат.51584 Российской Федерации МПК В 62 В Гусеничная цепь [Текст] / Баженов Е.Е., Боровских А.М. Ильин А.В./ Заявл. 07.04.2005. Оpubл.27.02.2005. Бюл.№6.- 2 с.

28. Пат.44300 Российской федерации. МПК⁷ В 62 О 55/20 Гусеничная цепь с изменяющимся шагом. [Текст] / Боровских А.М./ Заявл.27.09.2004. Оpubл. 10.03.2005. Бюл. №7.- 2 с.

29. Пат.50198. Российской федерации МПК⁷ В 62 В 55/00 Устройство для очистки гусеницы от грязи. [Текст] / Боровских А.М., Озорнин С.Н. Ильин А.В. Заявл. 09.03.2005. Оpubл. 27.12.2005. Бюл.№ 36. – 2 с.

30. Пат 49509 Российской федерации МПК⁷ В 62 О 55/20 Гусеничная цепь с комбинированными шарнирами. [Текст] / Боровских А.М./ Заявл.03.05.2005. Оpubл. 27.11.2005. Бюл. № 33.-2 с.

31. Пат. 47841 Российской Федерации МПК⁷ В 62 О 55/20 А Гусеница. [Текст] /Боровских А.М. Кучумов Е.Г./ Заявл.30.03.2005. Бюл. № 25. – 2 с.

32. Пат 49790 Российской Федерации МПК⁷ В 62 О 55/125/ Ведущая звездочка гусеничной машины [Текст] / Силуков Ю.Д., Боровских А.М., Ильин А.В./ Заявл. 16.05.2005.. Оpubл. 10.12.2005. Бюл. № 34.

33. Пат. 47842 Российской федерации МПК⁷ В 62 В 55/20 А Ведущая звездочка трактора Текст /Боровских АМ // Заявл.31.03.2005. Оpubл.10.09.2005 Бюл. №25. – 2 с.

34. Боровских А.М. Гусеничная цепь с комбинированными шарнирами Текст / А.М.Боровских // Горный информационно-аналитический бюллетень. – МГТУ. - № 11. – 2006.

35. Пат. 52812 Российской Федерации МПК В62 D 55/20 Ведущая звездочка трактора с цевочным зацеплением Текст / Боровских А.М., Кучумов Е.Г., Ильин А.В.// Заявл.14.11.2005. Оpubл.27,04.2006. Бюл. №12.- 2 с.

36. Боровских А.М. Ведущая звездочка трактора с демпфером [Текст] /А.М. Боровских, Ю.Д.Силуков //Горный информационно-аналитический бюллетень. - МГТУ № 11. – 2006.

37. Пат. 55342 Российской Федерации МПК В 62 D 61/00 Транспортная машина Текст / Боровских А.М., Ильин А.В., Силуков Ю.Д. // Заявл.09.12.2005, оpubл.10.08.2006 Бюл. № 22.- 2 с.

38. А.С. 580341 СССР Устройство для облегчения пуска двигателя внутреннего сгорания/ А.М. Боровских, А.Г. Морозов// Заявл. 06.06.1972. Оpubл. 22.07.1977.

V

39. Силуков Ю.Д. Горная гусеница для лесопромышленных тракторов Текст / Ю.Д.Силуков, А.М. Боровских// Горный информационно-аналитический бюллетень. – МГГУ.- № 11. – 2006.

40. А.С.379840 СССР Способ подбора фаз газораспределения поршневой машины / А.М. Боровских, А.Г. Морозов// Заявл. 03.03.1970. Опубл. 07.02.1973.

41. Пат 56484 Российской Федерации RU U1 Головка цилиндра двигателя / Л.А. Новопашин, А.М. Боровских, С.А. Учеваткин// Заявл. 17.04.2006. Опубл. 10.09.2006. Бюл. 22. – 2 с.

42. Боровских А.М. Ведущая звёздочка гусеничной машины с изменяемым шагом Текст / А.М.Боровских //Горный информационно-аналитический бюллетень. – МГГУ.- № 11 – 2006.

Отзывы на авторефераты в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью, просим направлять по адресу 620100 , г. Екатеринбург, Сибирский тракт,37, УГЛТУ, учёному секретарю диссертационного совета.
Факс: 8(343) 262-96-18

1489-06

Подписано в печать 10.10.06 Объем 2,0 п.л. Заказ № 365 Тираж 100.
620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.
Уральский государственный лесотехнический университет.
Отдел оперативной полиграфии.