

Министерство Высшего и Среднего специального образования
Республики Узбекистан

Ташкентский автомобильно-дорожный институт

Кафедра «Дорожно-строительные машины»

На правах рукописи

Р Е Ф Е Р А Т

на тему:

**«Создание зубьев землеройных машин на основе
биомеханического моделирования»**

Выполнил студент
гр. 237 – 03 ЕУТТ.

Абдурахмонов О.

Выполнил студент
гр. _____.

Руководитель,
профессор

Шукуров Р.У.

Ташкент – 2007

ТЕМА: «Создание зубьев землеройных машин на основе биомеханического моделирования».

Оглавление:

1. Состояние вопроса и задачи исследования.
2. Особенности геометрических параметров рабочих органов землеройных машин.
3. Обоснование применения метода биомеханического моделирования при оптимизации конструкций рабочих органов землеройных машин.
4. Лабораторные испытания биомеханических моделей режущих элементов.
5. «Технологический процесс» работы выбранного объекта исследования.
6. Выводы.
7. Литература.

Состояние вопроса и задачи исследования.

Огромные, все возрастающие в нашей стране масштабы земляных работ как в строительстве, так и на открытых горных разработках требуют наряду с количественным ростом землеройной техники ее качественное улучшение и повышение эффективности, так как даже небольшое увеличение производительности огромного парка землеройных машин дает народному хозяйству значительный технико-экономический эффект. В связи с дальнейшим ростом объемов земляных работ, одним из эффективных направлений повышения производительности землеройной техники является совершенствование рабочих органов на основе анализа закономерностей их взаимодействия разрабатываемым грунтом и механизма их изнашивания.

В процессе работы землеройных машин наибольшая часть энергии затрачивается на резание грунта и заполнение им рабочего органа или перемещение грунта по его поверхности.

Снижение энергоёмкости копания позволяет повысить производительность машины в ряде случаев без существенного изменения конструкции рабочего оборудования и при малых материальных затратах это обусловлено тем, что рабочие органы землеройных машин по массе и стоимости составляют незначительную (примерно до 5%) часть общей массы и стоимости машины. В свою очередь износ режущих органов приводит к повышению энергоёмкости разработки на 60-100% и к снижению производительности на 10-40%, таким образом решение проблемы повышения долговечности и эффективности функционирования режущих органов землеройных машин, является актуальной проблемой.

Учитывая, что расход рабочих органов землеройных машин по республике за год исчисляется десятками тысяч штук, становится ясным, что даже относительно небольшое увеличение срока службы режущих элементов даёт значительную ежегодную экономию средств и металла.

Объектом исследований настоящей работы является процесс изнашивания зубьев и ножей рабочих органов землеройных машин, применяемых в строительстве и дорожном хозяйстве Республики, выявление и изучение основных факторов, влияющих на интенсивность износа зубьев и изыскание наиболее рациональных способов повышения их долговечности. Повышение износостойкости режущих органов (зубьев, ножей и т. д.) землеройных машин позволит повысить производительность труда за счёт сокращения простоев машин и снизить стоимость работ. Дорогостоящие рабочие органы землеройных машин все ещё не удовлетворяют современным требованиям долговечности, что несомненно отражается на производительности и стоимости работ этих машин. Большое значение имеют поиски конструктивных решений, технологических способов или иных путей позволяющих повысить износостойкость режущих органов землеройных машин. В данной работе задача повышения долговечности режущих органов землеройных машин решается путём биомеханического моделирования.

Актуальность работы. Одной из важнейших концепций глубокой перестройки хозяйственного механизма Республики Узбекистан является создание целостной, эффективной и гибкой системы экономического управления и реализация на этой основе программы повышения технического уровня и качества машин с увеличением экономичности и производительности техники, её долговечности, усилением необходимости применения научной методологии проектирования землеройной техники.

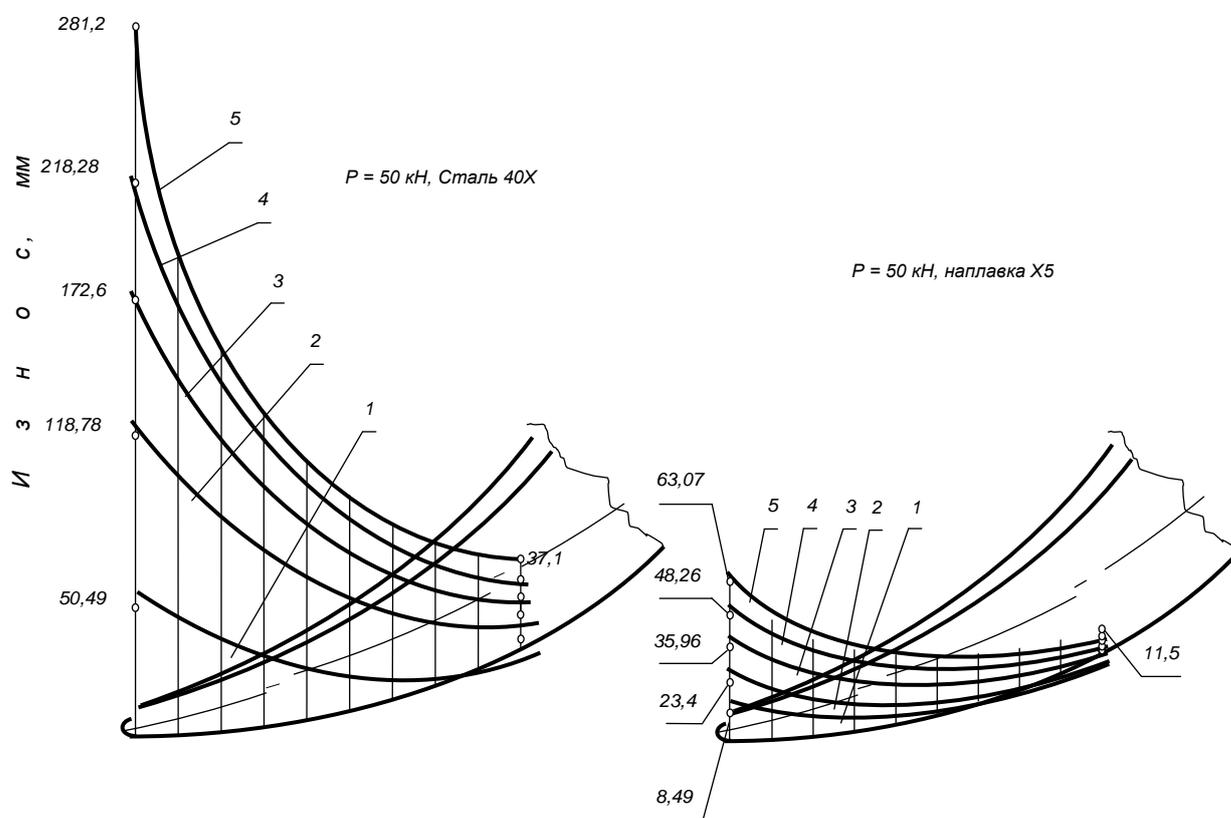
Выступая на четырнадцатой сессии Олий Мажлиса Республики Узбекистан первого созыва республики И.А. Каримов по сути структурных преобразований в экономике выделил шесть пунктов, к которым указывается на необходимость ускоренного развития высокотехнологичных и наукоёмких производств, таких как автомобилестроение, самолётостроение и др., создание новых производств по выпуску современной, высокоэффективной сельскохозяйственной техники, широкое развитие системы локализации производства.

Большим резервом для увеличения эффективности использования землеройных машин является повышения их долговечности, так как даже небольшое возрастание ресурса огромного парка землеройных машин даёт народному хозяйству значительный технико-экономический эффект. При этом немаловажное значение имеет проблема сохранения в течение всего периода эксплуатации высокого рабочих характеристик землеройных машин, в первую очередь, их производительности.

Известно, что производительность землеройной машины определяется конструктивным совершенством своего рабочего органа и напрямую связана с величиной износа его режущих элементов. Многочисленными исследованиями было установлено, что при затуплении режущих элементов энергоёмкость разработки грунта возрастает на 60-100%, а производительность машины снижается на 10-40%. Анализ результатов исследовательских работ по проблеме повышения эксплуатационных качеств землеройных машин показывает, что до настоящего времени не существует общепринятой теории разработки высокоэффективных и долговечных рабочих органов землеройных машин.

Главный недостаток проведённых ранее исследований заключается в отсутствии комплексного подхода к решаемой задаче. Как правило, разработчики землеройной техники рассматривают рабочие органы как объект приложения внешних сил и ставят перед собой задачу оптимизации конструкции, упуская из внимания вопросы, связанные с его долговечностью.

Общим недостатком проведённых исследований является то, что проблема изнашивания рабочих органов землеройных машин рассматривается в них без учёта доказанного влияния природного-климатических и грунтовых условий на долговечность исследуемых объектов. В результате этого предложенные авторами предыдущих исследований рекомендации по упрочнению рабочих органов землеройных машин имеют частный характер и оказываются эффективными только в условиях, близких к тем, в которых приводились данные исследования.



Изменение формы режущей части биомеханической модели в процессе изнашивания при наработке: 1- 120 час; 2- 360 час.; 3-600 час.; 4- 840 час.; 5- 1200 час.

Таким образом, проблема повышения долговечности режущих элементов рабочих органов землеройных машин, несмотря на большое количество выполненных до настоящего времени исследований, остается актуальной.

В проведенных нами исследованиях применяется принципиально новый подход к решению задачи повышения долговечности режущих органов землеройных машин. Указанная задача решается путем биомеханического моделирования натуральных режущих элементов по природному объекту, в качестве которого выбран представитель фауны Центральной Азии, ведущий исключительно подземный образ жизни. Оптимизация конструкции режущих элементов дополняется применением износостойкой наплавки с использованием наплавочных материалов, наиболее соответствующих грунтовым условиям среднеазиатского региона.

Цель работы: практического использования биомеханических методов моделирования режущих элементов разработка на их базе технологических решений, повышающих долговечность и рабочих органов землеройных машин.

Объектами исследований являлись режущие элементы рыхлительных рабочих органов и зубья ковшей одноковшовых гидравлических эксковаторов общего назначения.

Научная новизна работы заключается в разработке: разработки биомеханического моделирования режущих элементов рабочих органов землеройных машин.

Практическая ценность работы. Предлагаемый метод биомеханического моделирования позволит разрабатывать оптимальные конструкции режущих элементов рабочих органов землеройных машин.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- проведён анализ сложившейся практики эксплуатации землеройных машин и выполнена качественная и количественная оценки фактической долговечности их режущих элементов при работе в грунтах с повышенной абразивностью;
- исследована изнашивающая способность грунтов Центральной Азии;
- проведены биомеханические исследования объектов живой природы, относящихся к классу(виду и т. п.) землероев и на их основы методами биомеханического моделирования.

В результате биомеханического моделирования предложена рациональная криволинейная форма зуба, обеспечивающая по сравнению с клиновидными профилями снижения силы сопротивления резанию, повышение износостойкости и производительности землеройных машин.

Работе выполнялось по целевым техническим программам Государственного комитета по наука и технике Республики Узбекистан, по проблеме «Прогрессивные технологии и ресурсосбережение в топливноэнергетическом и минерально-сырьевом комплексе» и по конкретному направлению научных исследований Ташкентского Автомобильно-дорожного института(Проблема №6 «Повышение долговечности и износостойкости машин»).

Особенности геометрических параметров рабочих органов землеройных машин.

Долговечность зубьев землеройных машин определяется не только износостойкостью и поверхности но и геометрической формой режущей части.

Исследование процесса изнашивания зубьев ковшей в производственных условиях многих исследователей показало, что существующая конфигурация зубьев не являются рациональной. Если при работе острыми зубьями горной породы захватываются снизу, то изношение зубья с большими площадками износа вдавливают породу внутрь забоя, при этом резко увеличивается напорное усилие и расход мощностей начерпания породы. Площадка износа непрерывно увеличивающаяся толщина режущей части зубьев вследствие клиновидной формы существенно влияют на величину сопротивления копанью и в конечном итоге на долговечность зубьев.

Таким образом, исследования показали, что конфигурация зубьев ковша является одним из наиболее важных факторов, определяющих величину сопротивления копанью. Форма зубьев обычно либо алмазная, либо долотообразная. Форма играет важную роль и должна соответствовать породе, в которой ковш работает.

Зубья, пригодные для работы в глине, не подходят для работы в каменной породе.

Для крепкой глине лучше всего острые долотообразные зубья, то есть длинные.

Для добычи каменной породы предпочтительно алмазная форма острия, особенно в тех случаях, когда порода не полностью взорвана и приходится отрывать зубьями. Во влажной, легко разрабатываемой глине и сыпучем песке – лучше всего пластинчатая форма острия, с заостренным краем. Как нам известно, от конфигурации зубьев изменяется профиль изношенной поверхности, толщина режущей части зубьев и величина площадки износа на задней грани, находящаяся в контакте с порожой.

Отсюда ясно, что режущей части зубьев ковша необходимо придать такую конфигурацию, что в процессе изнашивания она имела бы стабильную толщину, а также ширину площадки износа на задней грани, то есть необходимо обеспечить самозатачивание режущей части зубьев.

Совместные исследования с НИИ «Паразитологии и зоологии» АН Уз и приведенных лабораторных испытаниях по определению оптимальной конфигурации зубьев нами было предложена конфигурация зубьев ковша – самозатачивающийся зуб.

В отличие от зубьев стандартной конфигурации в предлагаемых зубьях передняя грань выпуклая, а задняя-вогнутая.

Такая конфигурация должна обеспечить:

- стабильную толщину режущей части зуба в процесса изнашивания, т. е. способность к самозатачиванию;
- увеличение долговечности зубьев.

Изменения формы режущего инструмента меняет условия его силового взаимодействия с грунтом. Замеры показали, что допускаемый на практике износ зубьев увеличивает сопротивление резанию ковшем на 60-100%. В свою очередь исследования показали, что ковш с острой режущей частью заполняется быстрее или легче, чем с затупленной или изношенной, не вызывая перегрузок и перенапряжений эксковатора.

Большое значение геометрических факторов на процесс резания грунтов позволяет предполагать значительное увеличение сопротивлений грунта от износа и затупления режущего инструмента.

Наблюдения и обмеры по средством снятия слепков, профилирования и соответствующих вычислений указали на значительные геометрические изменения зубьев от изнашивания.

Изнашивание зубьев в пламе сопровождается их служением и закруглением режущей кромки. Более интенсивное изнашивание зубьев по краям режущей кромки объясняется тем, что в этих местах зубья должны преодолевать не только лобовые, но и боковые сопротивления. Кроме того, края режущей кромки подвергаются более сильному воздействию со стороны твердых включений в грунт.

В некоторых работах отмечается также зависимость изнашивания зубьев от их положения на ковше. При размещении зубьев в ряд так, что режущие кромки образуют в пламе прямую линию или мало отклоняются от неё, линейный износ зубьев приблизительно одинаков, лишь несколько более быстрое изнашивание внешних сторон крайних зубьев.

Таким образом, наблюдения обмеры показали, что зубья одинаковшовых эксковаторов претерпевают значительные геометрические изменения от изнашивания.

Работают ковшами, у которых размеры и форма зубьев значительно отличаются от проектных.

Обоснование применения метода биомеханического моделирования при оптимизации конструкций рабочих органов землеройных машин

Во всех живых системах (организмах) и на всех уровнях биологической организации действует механизм обмена веществ, который определяется процессами разрушения и восстановления молекул. Эти процессы во времени точно компенсируют друг-друга, в результате чего обеспечивается неизменность конструктивных форм и систем живых организмов. Однако, в процессе эволюции в условиях постоянной борьбы за существование и под внешним влиянием среды обитания строение живых организмов и их органов, с помощью которых обеспечивается их жизнедеятельность, непрерывно совершенствуются. При этом, как показал проведённый анализ, строго выдерживается принцип минимизации энергетических затрат, связанных с обменом веществ.

Если рассматривать эволюцию с точки зрения создателя землеройной техники, то можно сказать, что наблюдаемый нами процесс представляет собой непрерывную оптимизацию массы живых организмов по отношению к энергозатратам, необходимым для обмена веществ. Таким образом, количественные показатели массы и энергозатрат являются основными критериями эффективности, которыми пользуется природа при создании оптимальных конструктивных систем живых организмов при чём энергозатраты находятся в непосредственной взаимосвязи с массой. Принцип достижения максимального эффекта (статического, динамического, конструктивного и т. д.) при минимуме затрат материала и энергии прослеживается во всех конструктивных решениях биологических систем.

В биологии принято оценивать эффективность конструктивных схем живых организмов по несущей способности-отношением веса скелета организма к весу его тело. Это позволяет также установить влияние сил гравитации на формирование структуры и конструктивных форм живых организмов, обитающих в различных средах. Однако, более объективным показателем эффективности биологических конструктивных систем можно считать следующее соотношение:

$$K_c = P/m \quad (1)$$

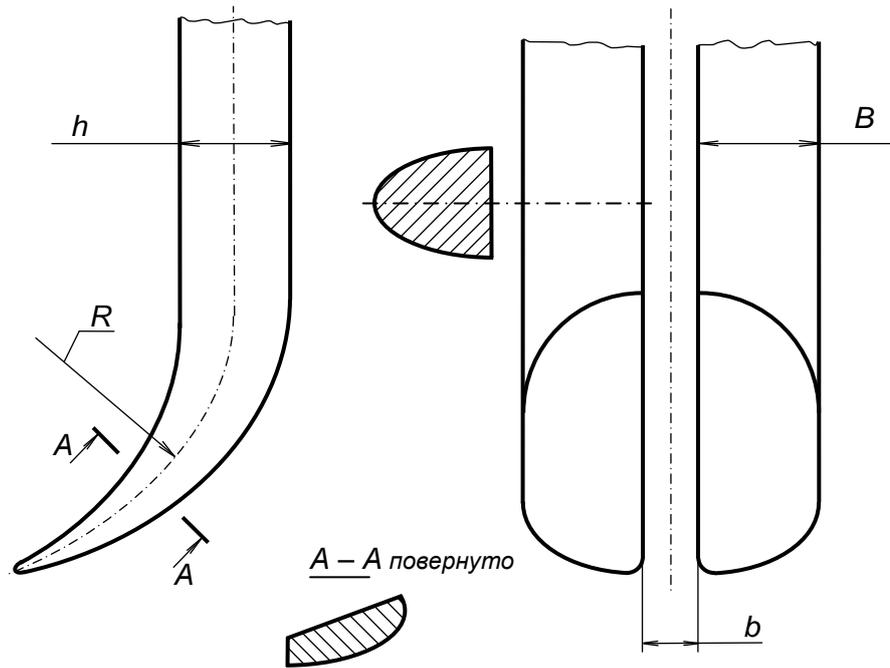
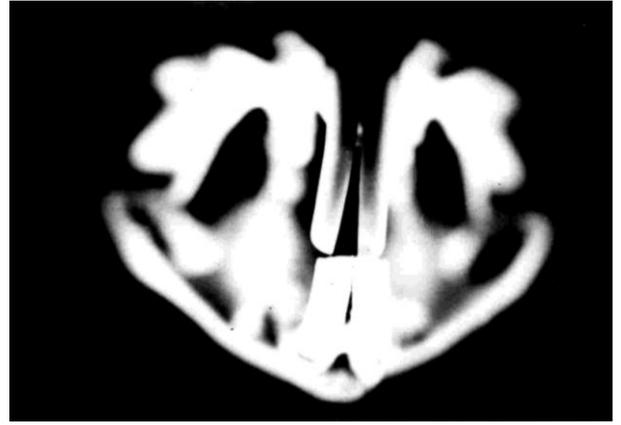
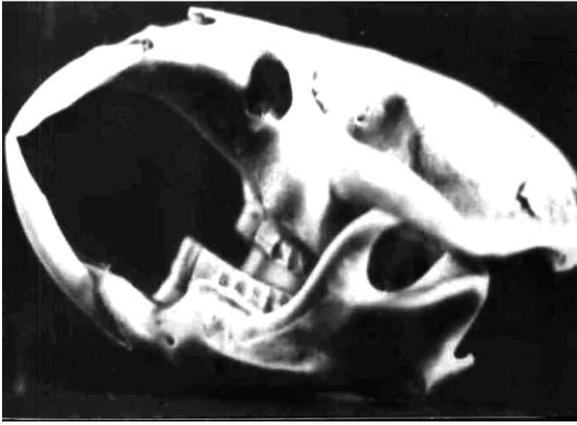
где P -предельная нагрузка, выдерживаемая конструкцией или её элементом;
 m -масса биологической конструкции или её элемента.

Критерий K_c является силовой характеристикой биологической системы. Он позволяет оценить степень совершенства объекта только по несущей способности и не затрагивает энергетическую область взаимодействия живого организма со средой обитания. Поэтому для оценки эффективности биологических конструктивных систем используется критерий $K_э$:

$$K_э = П/m \quad (2)$$

где $П$ -«производительность», или объём механической работы в единицу времени, выполненной биологическим объектом в связи с его жизнедеятельностью;
 m -масса тела биологического объекта.

В выражении для критерия $K_э$ не входит энергетический фактор, его место здесь занимает производительность, которая в конечном счёте и определяет уровень эффективности использования биологической энергии и степени совершенства «рабочего органа» изучаемого живого объекта. Кроме того, использование критерия K_2 позволяет избежать трудностей, связанных с непосредственным измерением величины энергозатрат биологического объекта на выполнения механической работы.



Конструктивная схема лабораторных образцов биологического прототипа криволинейных моделей

Простейший анализ показывает, что критерий $K_э$ обладает очень важным свойством, которое в данных исследованиях имеет принципиальное значение. Это свойство заключается в инвариантности критерия $K_э$ по отношению к природе изучаемых конструктивных систем, т. е. в возможности его применения при энергетической оценке как живых, как и искусственных объектов. Так, у землеройных машин производительность и масса, также как и у живых объектов, относятся к числу основных параметров, а их отношение показывает несколько эффективно использован материал из которого они изготовлены.

В проводимых исследованиях инвариантность критерия $K_э$ для природных землероев, обитающих в регионе Центральной Азии и одной из наиболее распространённых землеройных машин-одноковшового экскаватора ЭО-4121. Результаты проведённого анализа сведены в таблице-1.

Данные таблицы-1 получены путём лабораторных исследований (для природных землероев) и вычислением по паспортным данным (для экскаватора ЭО-4121)

Сравнение удельной производительности природных землероев и экскаватора ЭО-4121

№ п.п	Наименование	Масса, кг	Производительность, м ³ /ч	Значение критерия К ₂ , м ³ /кг*ч
1	Крот	0,213	16,8	78,8
2	Выдра	0,486	10,8	22,2
3	Цокор	0,393	16,7	40,8
4	Слепец	0,220	20,1	91,36
5	Слепушонка	0,193	21,7	112,4
6	Экскаватор ЭО-4121	21500	102780	4,78

В лабораторных исследованиях грызунов помещали в специальные застекленные ящики, наполненные грунтом, который перед опытами утрамбовывали деревянными молотками до плотности. Соответствующей II категории (число ударов плотномера ДОРНИИ составляло $C=8-10$). В конце каждого опыта определялась масса выброшенного исхода грунта и время его разрыхления и экскавации. После проведения серии опытов вычислялись средние значения производительности и критерия К₂ для всех подопытных грызунов.

На основании данных таблица-1 было выполнено сопоставление «удельной производительности», т. е. критерия К_э природных землероев и современной землеройной машины. Сопоставление показало, что искусственное конструктивное система (экскаватор) по эффективности использования массы значительно уступает природным конструктивным системам (животным-землероям). Если принять за эталон величину критерия К_э для экскаватора, то можно установить, что природные землерои «производительней» экскаватора не менее чем 20...30 раз (см. табл. 1).

Проведённый сравнительный анализ и позволил сделать следующий вывод: при разработке новых, высокоэффективных рабочих органов землеройных машин необходимо максимально использовать накопленный в результате длительной эволюции опыт живой природы по созданию оптимальных землероющих конструктивных систем. При этом биомеханическое моделирование следует рассматривать как эффективный метод реализации в инженерной практике оптимальных решений, «внедрённых» природой в живых землероющих конструктивных системах.

Лабораторные испытания биомеханических моделей режущих элементов.

Целью испытаний было поставлено: определение эффективности оптимизации формы зубьев методом биомеханического моделирования в условиях резания грунтов Центрально-азиатского региона.

Лабораторные испытания проводились в два этапа. На первом этапе испытаний использовался стенд, собранный на базе поперечно-строгального станка. Усиления резания измерялись методом тензометрирования с помощью датчиков ПКП-15-200, тензоусилителя 8АН4-7М и осциллографа Н-700. Танировка тензодатчиков осуществлялось образцовым динамометром 3-0,05.

Для стендовых испытаний были изготовлены модели верхних резцов выдры (для сравнения) и слепушонка при 50-кратном увеличении, а в качестве эталонных использовались зубья с клиновидным профилем. Все модели зубьев изготавливались из нормализованной Сталь 40.

Зубья закреплялись в специальной оправке, обеспечивающей наибольшую жесткость. Одновременно испытывались 4 зуба (два эталонных и два биомеханические модели).

Испытания проводились при возвратно-поступательном движении оправки со

скоростью 6,5 м/мин и глубины блокированного резания 0,4-0,7см. Угол резания у всех резцов составлял 38...40.

В качестве модельного грунта применялся шамотный кирпич марки ШБ-4/23, коэффициент образивности которого по данным лабораторных испытаний, составлял $K_{абр}=2,6$.

При обработке осциллограмм применялся корреляционный счёт, при котором фиксировались как экстремальные значения, так и величины размахов между соседними экстремальными значениями кривой процесса. В начале записи отмечали экстремальные точки и заносили их во вспомогательную корреляционную таблицу.

Суммирование чисел вертикальных столбцов и горизонтальных строк корреляционной таблицы получали соответственно распределение максимумов и минимумов схематизированного процесса. Распределение амплитуд напряжений, схематизированных по размахам получали путём суммирования чисел в клетках, расположенных по диагоналям таблицы (слева вниз направо). Повторой диагонали (слева вверх направо) получали распределение средних напряжений полуциклов.

В результате тензометрирования усилий при резании модельного грунта установлено, что сила сопротивления резанию для клиновидного резца составляет 62...65Н, для резца типа «выдра»-25...29Н, для резца типа «слепушонка»-16...18Н.

Сопоставление полученных данных показывает, что по сравнению с эталонным резцом у резцов типа «выдра» и «слепушонок» сопротивление резанию снижается соответственно в 2...2,6 и 3,4...4 раза.

По нашему мнению величина достигнутого снижения сопротивления решению является прямым результатом оптимизации конструкции режущих элементов методом биомеханического моделирования и доказывает его эффективность.

Проведённый анализ механизма взаимодействия биомеханических моделей с грунтом позволил установить причины наблюдаемого снижения сопротивления резанию. При резании грунта биомеханической моделью, её режущая кромка, с выступом в передней части, активно внедряясь в грунт, как бы вкалывается в него с большим удельным давлением, а следовательно и с наименьшим сопротивлением, и по мере дальнейшего перемещения, разрушает грунт путём непрерывного вкалывания и косоугольного резания режущей кромкой. В процессе дальнейшего внедрения зуба в грунт последний раскалывается под его воздействием и перемещается вдоль передней, задней и боковой граней. Передняя и задняя грани, за счёт своей криволинейности, смешивают частицы грунта над и под зубом в сторону уменьшения поперечной толщины и одновременно при контакте с более крупными образивными частицами грунта (камни, примеси и т. д.) либо вытесняют их из зоны действия (траектории движения) зубьев, либо выдавливают их в

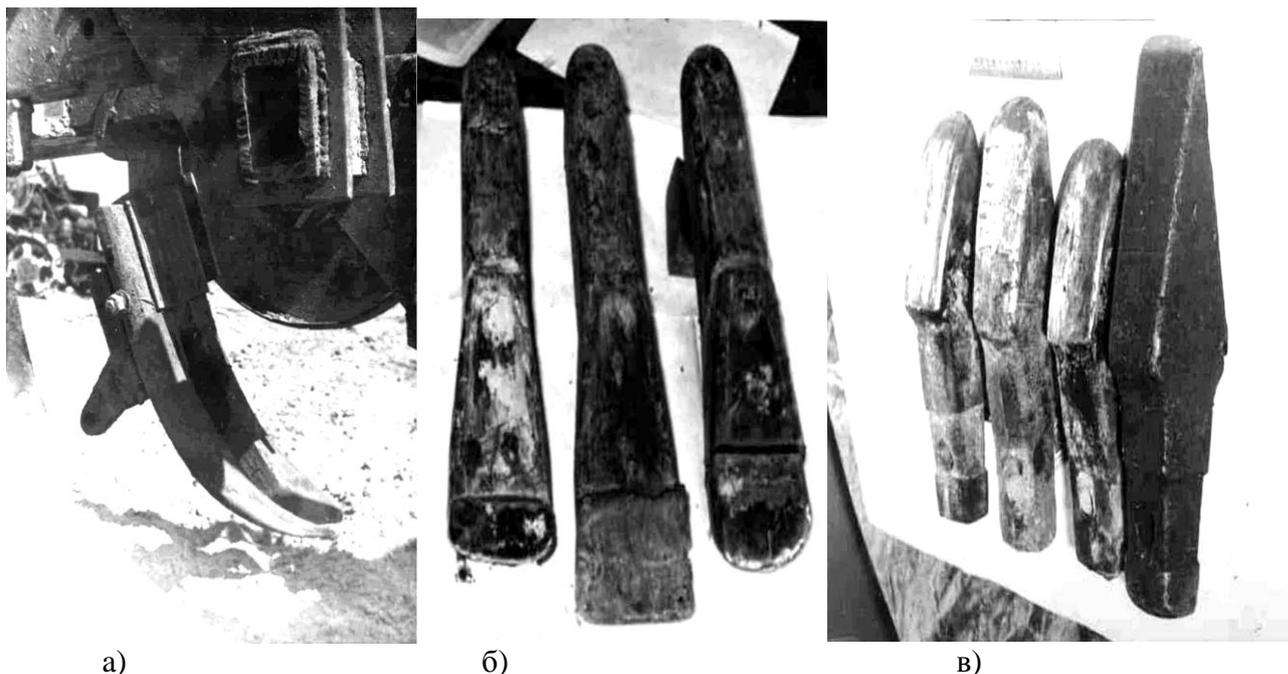
При испытаниях зубьев в грунтовом канале были получены результаты. Установлено, что горизонтальная составляющая сила сопротивления копанию при работе отдельными и спаренными зубьями зависит от глубины копания линейно. При этом копание спаренными зубьями приводит к двукратному росту горизонтальной составляющей.

Сопоставлены значений горизонтальной составляющей при работе разнотипными зубьями показывает, что в случае копания биомеханическими моделями сопротивление копанию снижается в 1,6...2,8 раза в зависимости от глубины копания. Уменьшение силы сопротивления копанию при работе биомеханических моделей объясняется более сосредоточенным усилием копания и большим удельным давлением на режущей кромке, её лучшей обтекаемостью по сравнению с кромкой прямоугольного сечения, осуществлением непрерывного вкалывания и косоугольного резания режущей кромкой. Кроме того, вертикально расположенная боковая грань в процессе копания выполняет роль рассекателя грунта, а передняя и задняя поверхности, вследствие своей криволинейности, смешивают частицы грунта в сторону уменьшения толщины поперечного сечения.

«Технологический процесс» работы выбранного объекта исследования

Необходимо заметить, что когтевой способ рытья, из-за его второстепенного значения в жизнедеятельности природных землероев и трудности реализации в натуральных землеройных машинах, считается нами неперспективным и поэтому всё внимание в данных исследованиях уделяется резцовому способу, характерному для специализированных землероев .

Из всех обследованных нами животных, наиболее специализированными землероями являются близкие в биологическом отношении слепец (*Spalax leucodon*) и слепушонко обыкновенного (*Ellobius talpinus*). По данным работы эти млекопитающие ведут исключительно подземный образ жизни. Они полностью приспособлены к



а) Общий вид рабочего органа рыхлителя на базе бульдозера ДЗ-42
Общий вид клиновидных зубьев ковшей экскаваторов ЭО –4121 (б) и ЭО – 3322 (в)

менее плотные слои разрабатываемого грунта. Вертикально расположенная боковая грань в процессе разрушения грунта выполняет роль рассекателя грунта, а также «накопителя» утолщенности зуба и способствует устойчивости хода.

Уменьшение величины сопротивления резанию у биомеханических моделей также предопределено и выбором в качестве эллипсоидного поперечного сечения режущей кромки, т. к. во-первых, такой профиль более обтекаем, чем, например, прямоугольный, который после небольшой выработки грунта тоже примет близкое к эллипсоидному очертание, во-вторых, принять для режущей кромки профиль в виде тонкого лезвия нельзя, в виду возможности быстрого его затупления, крошения и низкой прочности.

На втором этапе исследований с целью определения силы сопротивления резанию в грунтовых условиях, близких к эксплуатационным, эталонные (клиновидные) зубья и биомеханические модели (типа «слепушенка») испытывались в грунтовом канале.

Зубья испытывались при копании грунта II категории, влажностью 18% и плотностью $S=8$ ударов плотномера ДОРНИИ с каменистыми включениями до 80мм.

Скорость резания задавалась равной $V=0,77\text{ м/с}$, угол резания составляя 38...430, глубина копания изменялась в пределах 2...24см. Горизонтальная составляющая силы сопротивления копанию измерялась динамометром ДПУ-0,5-2.

Необходимое количество повторных опытов вычисленное по методике, составляло 4-6. В опытах было принято 4-х кратное повторение.

Грунт в канале стенда перед каждым опытом разрыхлялся, уплотнялся и планировался. Контролировалась и корректировалась массовая относительная влажность грунта путём отбора пробгрунта в 4-5 точках грунтового канала и высушиванием в лабораторной муфельной печи при температуре 1050С в течении 3-4 часов. Контроль прочности уплотняемого грунта производился ударником ДОРНИИ. Все эксперименты проводились на одинаковом пути копания(6м), в выбранном исходя из условия реализации установившегося ржжима резания.

Питанию подземными частями растений, для добывания которых роют многочисленные кормовые ходы на различных глубинах. Земля из эти ходов выкидывается на поверхность в виде кучек-кротовым. На поверхность слепец и слепушонка почти никогда не выходят; при опасности не пытаются убежать по поверхности, а зарываются вглубь, как можно глубже и дальше от преследования.

Таким образом, у слепца и слепушонки разцовый роющий аппарат выполняет жизненно важные функции и поэтому в процессе эволюции достиг наиболее высокой степени совершенства по сравнению с роющими аппаратами остальных землероев (см. таб. 2).

По нашему мнению это обстоятельство позволяет объяснить установленный факт наибольшей «удельной» производительности слепца и слепушонки среди биологических аналогов(см. таб. 1) и является достаточным основанием для выбора их роющих аппаратов в качестве объектов биомеханического моделирования при создании искусственных землероющих систем.

Для окончательного выбора биологического прототипа рассмотрим следующее. Как указывалось выше, у слепца верхние и нижние резцы расположены почти перпендикулярно продольной линии черепа, а в жевательном суставе выделяются два фасетки(углубления).

Однофазный тип рытья.

1. Вклинивающее рытьё (представителями которого можно назвать кротов и могоер) характеризуются раздвижением слоев почвы, во время которого грызун как бы вклинивается в почву.

2. Выковыривающее рытьё (представители-барсук, носуха) характеризуется рытьём небольших копанок, из которых выковыриваются пища.

3. Боронящее рытьё (представители- кабан, пекари) характеризуется рытьём борозд.

Двухфазный тип рытья.

1. Когте-головной способ рытья – разрыхление земли когтями, выкидывание головой (представители-цокор, прометеева полевка).

2. Резцово-головной способ рытья – разрыхление земли резцами, выкидывание головой (слепец).

3. Резцово-гудной способ рытья-разрыхление земли резцами, выкидывание грудью(слепушонка).

4. Когтерезцово-головной способ рытья-разрыхление земли резцами и когтями, выкидывание головой.

Изменения жевательного аппарата грызунов в связи с приспособлением к разрыхлению земли резцами .

Приспособление разрыхлению земли резцами наблюдается у целого ряда роющих грызунов. Сам процесс разрыхления земли резцами может, по всей вероятности, происходить разными способами.

При любом способе разрыхления земли резцами обычно происходит усиление мышц жевательного аппарата.

Из таб. 2 видно, что приспособление к рытью у грызунов обычно сопровождается усилением жевательной мускулатуры и только глубокое специализация к рыхлению земли когтями (цокор) приводит к ослаблению жевательной мускулатуры.

Сравнение слепца и слепушонки показало, что у первого, в основном усиливается

высочная мышца, а у второй жевательная и крыловидная мышцы. В момент работы коренных зубов резцы не соприкасаются, чем облегчается работа по перетиранию пищи, во время же работы резцов не соприкасаются коренные зубы.

Развитие мышц жевательного аппарата у грызунов.

Таблица-2

Вид животного	Процентное отношение веса мышцы к общему весу скелета				Примечание
	жевательной	височной	крыловидной	Брюшной	
Sciurus	6.33	1.92	1.30	0.53	Не роет
ptersicus	8.53	3.00	2.96	0.80	Роет отчасти зубами
Citellus	5.95	4.54	1.48	1.02	Роет мало
citellius	4.0	3.65	0.99	0.50	Специализирован к рытью когтями
Cricetus	9.97	6.63			Специализирован к рытью резцами
auratus			3.64	1.40	
Myospalax					
myospalax					
Ellobius					
talpinus					

Такая глубокая дифференциация зубной системы приводит к большой дифференциации и жевательной мускулатуры, в особенности той, которая располагаясь с латеральной стороны, имеет разнообразные функции и поэтому подвержена наибольшим изменениям.

Высочная мышца работает только на создание давления в вертикальной плоскости, двубрюшная открывает рот, крыловидная ограничения в изменениях своим медиальным положением, при котором всякие вариации в прикреплении ограничений распределением окружающих органов.

Приспособление к разрыхлению земли резцами идёт двумя путями. В первом случае верхние резцы направлены по отношению к продольной линии черепа более горизонтально, чем обычно (слепушонка). Во втором случае, наоборот, резцы направляются более вертикально, чем обычно (слепец).

Таким образом, если у слепца во время разрыхления земли резцами нижняя челюсть работает почти исключительно в вертикальном направлении, то у слепушонки оно в одинаковой степени работает в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

На основании приведённых выше данных, нами было разработана классификация роющих приспособление природных землероев (**рис. 1**). Предложенная классификация позволяет установить, что чем выше специализация землерой к подземному образу жизни, тем более развитым у него становится разцовый роющий аппарат и меньшее развитие получает когтевой.

У таких грызунов как слепушонки и слепец рытьё нор осуществляется преимущественно зубами, а конечности служат лишь для отгребания земли. Резцы этих грызунов чрезвычайно развиты и достигают относительно больших размеров, что вызывает увеличение лицевых частей и нижней челюсти.

Слепушонка является наиболее высокоспециализированным землероем. Большую часть пищи этот вид добывает в кормовых ходах. Одним из основных факторов, определяющих способ рытья, является характер обитания и питания.

Приспособление к рытью в поверхностных горизонтах почвы приводит к объединению разрыхления и выбрасывания земли в один процесс раздвижения почвы. Растительные землерои питаются клубеньками и корневищами, основная масса которых располагается в горизонте почвы от 15 до 20см, поэтому мелкие

растительные землерои не могут объединить процессы разрыхления и выбрасывания земли в один.

Разделение и объединение этих процессов во время рытья имеет принципиальное значение для того, чтобы судить о процессе изменения органов движения, поэтому всех землероев мы подразделяем на : роющих однофазным типом рытья, то есть таких у которых процесс разрыхления и выбрасывание земли, как правило, бывает одновременным, и на животных с двухфазным типом рытья, которые обычно в начале разрыхляют землю, а затем выкидывают. Однофазным типом рытья, кроме подземных землероев, роют все наземные.

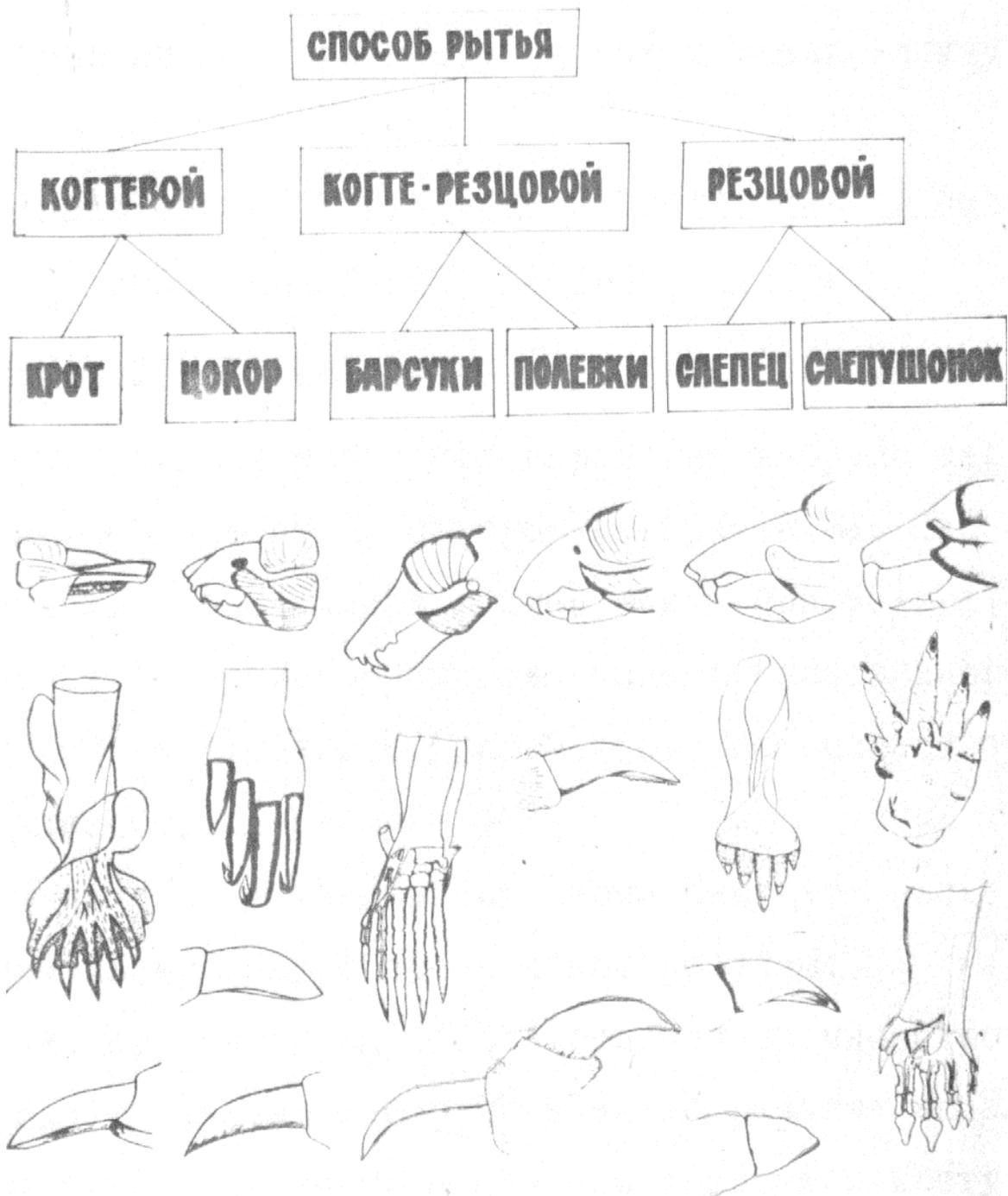


Рис-1. Специализация к рытью роющих млекопитающих.

1. Когтевой (цокор - *Myospalax*)
2. Резцовый (слепушонок - *Ellobius talpin*)
3. Когтерезцовый (полевка - *Microtinae*)

Выводы:

1. Условия эксплуатации землеройных машин в регионе Центральной Азии характеризуются комплексом следующих неблагоприятных факторов:

- тяжёлыми природно-климатическими условиями, основные черты которых формируют: высокая засушливость, обусловленная минимальным выпадением атмосферных осадков и отсутствием значительных естественных водоёмов, повышенная температура воздуха в летний период сильные ветры и пыльные бури;

- трудностью разработки Центрально-Азиатских грунтов, отличающихся высокой загипсованностью, пересушенностью, засоленностью и обрезаемостью, значительным содержанием (от 35 до 85%) твёрдых пород (кварц, диорит и т.п.), приводящим к ускоренному износу рабочих органов и др. деталей землеройных машин.

2. Совместное воздействие неблагоприятных природно-климатических факторов Центральной-Азии приводит к значительному уменьшению ресурса эксплуатирующихся в этом регионе землеройных машин по сравнению с зоной умеренного климатического пояса.

3. Используют зубья у которых длина рабочей части составляет 50-60% от проектной, а в отдельных случаях меньше её в 2,5-3,0 раза.

4. Изменение проектного затупления кромки. Затупление уменьшается при разработке песчано-глинистых, лесовых грунтов;

5. Используют зубья разных конфигурации не по назначению (в зависимости от грунтовых условий).

Наблюдения, проведенные многими исследователями, показывают, что в большинстве случаев изменение заднего угла инструмента, разрушающего породы и т.д. . Более интенсивно влияет на износ, чем изменение прочих геометрических параметров.

Это можно выгодно использовать, при создании новых самозатачивающихся зубьев.

Литературы:

1. Кадыров С.М., Шукуров Р.У., Ишунин А.К. «Численный метод расчета долговечности режущих органов землеройных машин». Узбекский журнал АН РУз «Проблемы механики», № 3, 2000, с. 43-48.
2. Махкамов К.Х. «Расчет износостойкости машин» Ташкент, ТашГТУ, 2002, с.158
3. Завялов А.М. «Основы теории взаимодействия рабочих органов дорожно-строительных машин со средой», Авторев. Диссер. д.т.н. Омск, 1999 г., стр. 136.
4. Бачаров В.С., Козбагаров Р.А. «Адаптация бульдозерного оборудования к измерению грунтовых условий», (Материалы международной научно-технической конференции) «Проблемы дорожной отрасли восточно-Сибирского региона», Иркутск 1998, стр. 112-117.
5. Nata S. Muro T., Kaneko V. “Estimation of life of Rippertip due to wear” – “Proc of JSCE”. Добаку чаккай ромбун хококусю, 1977г., № 268, pp 119-127.
6. Сурашов Н.Т. «Создание перспективных рабочих органов землеройно-транспортных машин с учетом грунтового фона» Автореферат диссертации доктора технических наук Алматы. 2003. стр.43.
7. Шукуров Р.У. «Биомеханическое моделирование в создании режущих органов землеройных машин». Ж.: Строительные и дорожные машины. – Москва 2001. №3. стр. 37-39.