

3. Айрбабамян С.А., Бангоян Э.Г. Шум дизельных автопогрузчиков и методы его снижения // Сборник статей IX Международной научно-практической конференции «Экология и жизнь». – Пенза, 2006, – 326с.
4. Бекмейер Р.Дж., Соди Д.Т. Граничные условия при исследовании сложных акустических полей в каналах методом согласования мод (пер. с англ.). Ракетная техника и космонавтика, 1978, № 9, с. 64 – 71.

### **Влияние выбора схемы рулевого привода и расположения осей полноприводных автомобилей на разрушение грунта**

к.т.н. Коркин С.Н., к.т.н. Переладов А.С.  
ОАО «Инновационная фирма «НАМИ-Сервис»  
(499) 153-74-16

*Аннотация.* В статье приведена методика оценки разрушающего воздействия многоосных полноприводных автомобилей на грунт, учитывающая основные разрушающие факторы: уплотнение и сдвиг грунта. Проведен анализ основных конструктивных особенностей автомобиля, влияющих на образование колеи. Проанализированы компоновочные решения четырехосных автомобилей на степень разрушающего воздействия на грунт.

*Ключевые слова:* грунт, полноприводный автомобиль, методика, разрушающее воздействие на грунт, колея, конструкция автомобиля.

Для полноприводных внедорожных автомобилей одним из основных направлений является повышение проходимости на грунтах с низкой несущей способностью. Тем не менее, известно, что повышение проходимости приводит к тому, что при движении колесных машин вне дорог наносится существенный урон экологии почвы за счет разрушения покрова и уплотнения нижележащих слоев. Поэтому многие конструктивные решения полноприводных автомобилей должны также оцениваться с точки зрения экологической безопасности.

В рамках данного направления исследований в ОАО «Инновационная Фирма «НАМИ-Сервис» был разработан методический документ РД 37.083.002-2004 «Разрушающее воздействие полноприводного автомобиля на грунт. Критерии оценки. Методы определения», который содержит комплексный критерий оценки воздействия движителя автомобиля на почву (Кпчв).

Зависимость для расчета критерия разрушающего воздействия на грунт с учетом суммарного следа за автомобилем как при прямолинейном, так и при движении на повороте имеет вид:

$$K_{пчв} = \sum_{i=1}^N \left( 1 - \left[ (1 - A_{н1} (c \cdot h_i^\mu)^\beta) \cdot \left( 1 - \frac{s_i^2 - s_i s_o}{s_m (s_m - s_o)} \right) \right] \right) \frac{b_i}{2B}, \quad (1)$$

где:  $h_i$  - значение глубины доли суммарного следа от недеформированного уровня;

$s_i$  - максимальное буксование среди колес, участвовавших в формировании доли суммарного следа;

$b_i$  - доля ширины суммарного следа за автомобилем с постоянными значениями  $h_i$  и  $s_i$ ;

$c$  и  $\mu$  - коэффициенты, характеризующие деформационные свойства грунта;

$s_o$ ,  $s_m$  - нормируемое (обеспечивающее сохранность агроценоза почвогрунта) и максимальное (соответствующее 100%-ному срезу слоев грунта грунтозацепами) буксования движителя;

$B$  – ширина колеса.

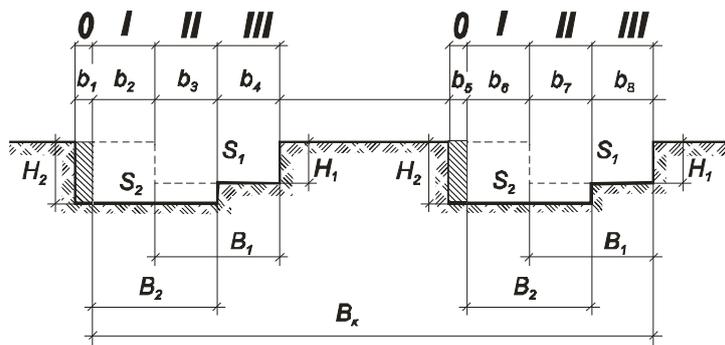
Критерий  $K_{пчв}$  учитывает режимы работы автомобильного колеса, оценивая влияние величины буксования на степень разрушающего воздействия на грунт как при прямолинейном, так и при повороте автомобиля с учетом бокового уширения и сдвига грунта.

Величина бокового сдвига грунта определяется прежде всего конструкцией шасси

(числом и расположением осей) автомобиля, схемой рулевого управления силового привода колес, режимом движения (скорость и кривизна траектории), а также типом движителя. Эти параметры в конечном итоге определяют характер суммарного следа после прохода автомобиля, что будет отражаться и на степени разрушающего воздействия на грунт.

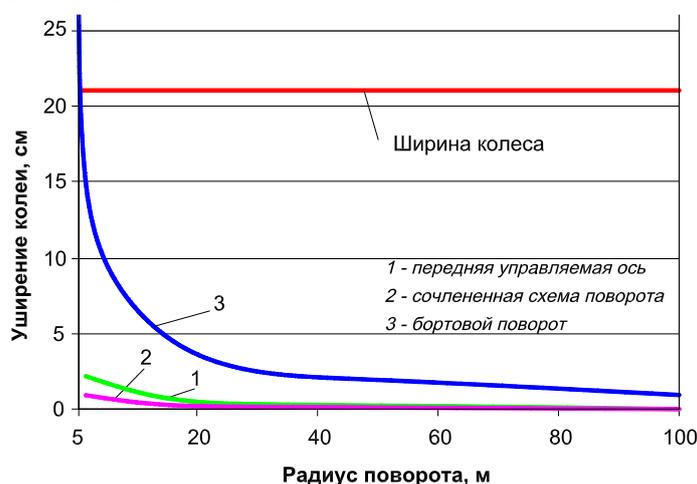
На рисунке 1 приведена схема суммарного следа после прохода автомобиля 4x4, где:

- Участок 0 – зона бокового уширения и сдвига грунта;
- Участок I – однократное уплотнение грунта колесом задней оси;
- Участок II – перекрытие следов (повторное уплотнение грунта колесом задней оси части колеи передней оси);
- Участок III – однократное уплотнение грунта колесом передней оси;



**Рисунок 1 - Схема перекрытия колеи при криволинейном движении двухосной машины**

Участок 0 характеризуется разрушением грунта за счет ее сдвига боковой поверхностью шины при движении по криволинейной траектории. Величина зоны уширения вносит существенную поправку в расчет критерия Кпчв. В зависимости от особенности конструкции рулевого управления величина зоны бокового уширения и сдвига грунта может варьироваться в довольно широких пределах.



**Рисунок 2 - Зависимость величины уширения (участок 0) колеи от радиуса поворота автомобиля 4x4 с различными схемами рулевого управления**

Так, на примере криволинейного движения автомобиля 4x4 с различными схемами рулевого управления (рисунок 2), можно отметить, что при бортовой схеме поворота наблюдается нагребание грунта (бульдозерный эффект), причем чем меньше радиус поворота, тем больше величина уширения и сдвига грунта. Величина уширения при минимальном радиусе поворота (вокруг центра масс) с такой схемой рулевого управления значительно превышает ширину колеса, что в большинстве случаев полностью разрушает плодородный слой почвы. При повороте сочлененного автомобиля величина бокового уширения и сдвига грунта составляет уже не более 4% от ширины колеса. При движении автомобиля с переднеуправляемой осью величина бокового уширения немного больше по сравнению с поворотом сочле-

ненного за счет наличия геометрического уширения колеи движителем задней оси.

На рисунке 3 представлены схемы автомобиля 8x8 с наиболее распространенными вариантами расположения осей и схемами рулевого управления. Все схемы можно разделить на три группы по характеру формирования следа:

- 1 – схемы с переднеуправляемыми осями и неуправляемой задней тележкой (схемы 1-3). При этом суммарный след после прохода автомобиля при криволинейном движении имеет три колеи – от первой, второй и четвертой осей. Схема № 3 отличается тем, что образуются два следа – от передней оси и задней тележки;
- 2 – схемы с передней и задней управляемыми осями, а также сочлененного автомобиля. При таких схемах рулевого управления след формируется с частичным или полным совпадением колеи последовательно движущихся мостов автомобиля (схемы 4-6);
- 3 – схема с бортовым поворотом. При этом след формируется аналогично гусеничным транспортным средствам (схема 7).

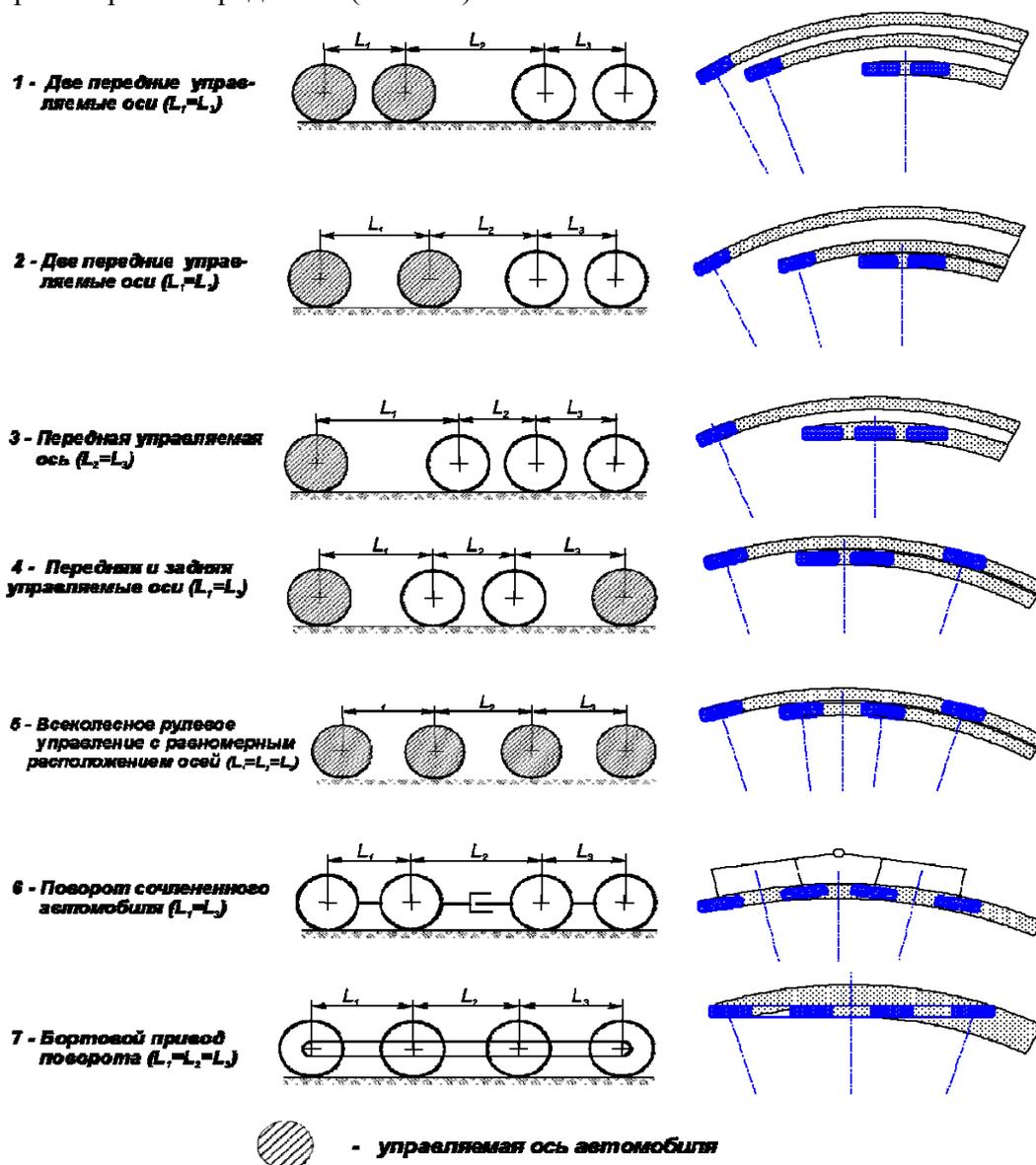
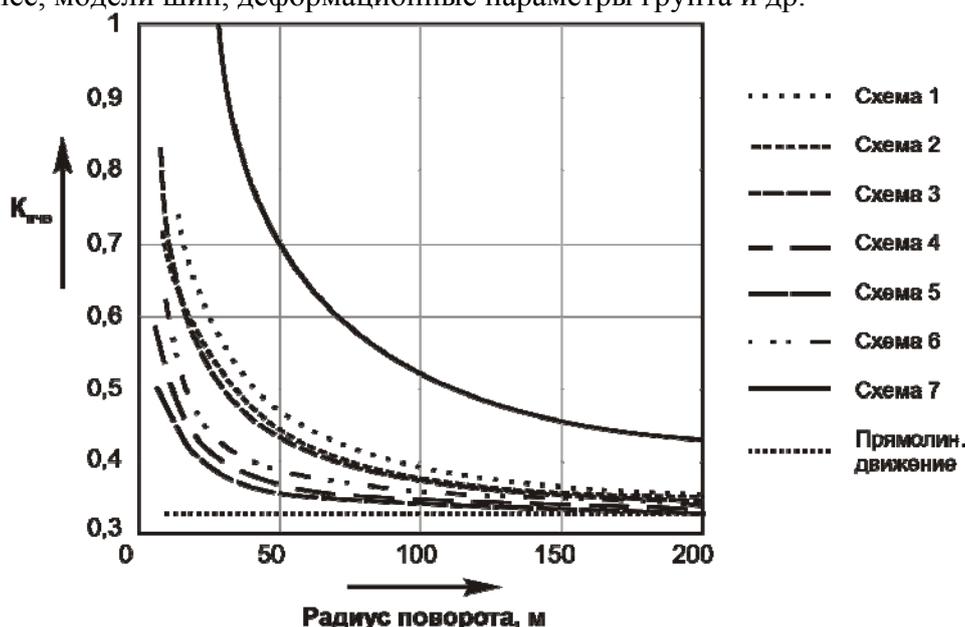


Рисунок 3 - Основные схемы компоновок автомобиля типа 8x8

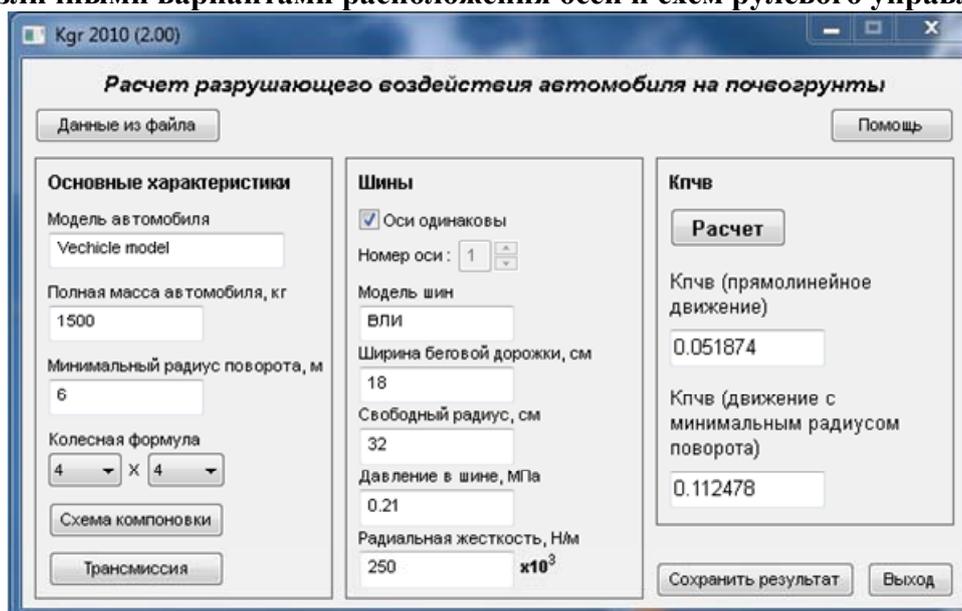
На основе существующей методики оценки разрушающего воздействия движителя на грунт были проведены расчеты критерия разрушающего воздействия на грунт Кпчв автомобиля 8x8 при криволинейном движении по влажному суглинку ( $c = 0,27$ ;  $\mu = 0,75$ ) с различными вариантами компоновки (рисунок 4).

Расчеты проводились с использованием специализированного программного обеспечения «Kgr» (рисунок 5), которое позволяет рассчитать критерий разрушающего воздействия

на грунт  $K_{пчв}$  с учетом основных характеристик транспортного средства, таких как величина полной массы автомобиля и распределение ее по осям автомобиля, число осей, тип силового привода колес, модели шин, деформационные параметры грунта и др.



**Рисунок 4 - Разрушающее воздействие на грунт автомобиля 8x8 полной массой 26000 кг с различными вариантами расположения осей и схем рулевого управления**



**Рисунок 5 - Окно интерфейса СПО расчета коэффициента разрушающего воздействия автомобиля на грунт**

По результатам расчета можно отметить, что:

- минимальным воздействием на грунт обладает автомобиль с равномерным расположением осей и всеколесным рулевым управлением;
- максимальное разрушающее воздействие на грунт оказывает автомобиль с бортовой схемой поворота, особенно на небольших радиусах поворота. Однако такая схема позволяет автомобилю осуществлять поворот относительно центра масс, что имеет огромные преимущества при маневрировании в ограниченном пространстве или труднопроходимых местах;
- автомобили, сконструированные по схемам первой и второй групп, отличаются по уровню воздействия на грунт в среднем на 10-15%. Однако автомобили первой группы (1-3 схемы), несмотря на больший уровень разрушения грунт, обладают большей кур-

совой устойчивостью при прямолинейном движении.

Приведенные в статье материалы получены при выполнении научно-исследовательских работ в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.

### **Выводы**

Таким образом, можно сделать выводы, что величина уширения следа и сдвига грунта в боковом направлении, влияющая на разрушение грунта, зависит не только от параметров движения автомобиля на повороте (таких как скорость движения и радиуса поворота), но и конструкции самого автомобиля. Особенно это касается схемы рулевого управления автомобиля, расположения осей у многоосных автомобилей, типа применяемых шин, т.е. параметров, влияющих на формирование следа после прохода автомобиля.

Рассмотренные схемы рулевого управления и расположение осей многоосных автомобилей позволяют сделать следующие выводы:

- для снижения разрушающего воздействия на грунт при криволинейном движении автомобиля расположение осей должно быть равномерным или максимально приближенным к равномерному;
- применение схемы рулевого управления по типу 4 (с управляемыми передней и задней осями), можно добиться снижения разрушения грунта в среднем на 10-15%, а при применении схемы с всеколесным рулевым управлением можно добиться формирования следа с минимальным уширением, который будет приближаться к ширине следа при прямолинейном движении автомобиля.
- правильный подбор режимов движения автомобиля на повороте и конструктивных параметров автомобиля позволяет добиться снижения разрушающего воздействия на грунт на 25-30%.

### **Литература**

1. Пирковский Ю.В., Шухман С.Б. Теория движения полноприводного автомобиля. Прикладные вопросы оптимизации конструкции шасси. М., 2001.
2. РД 37.083.002-2004 Разрушающее воздействие полноприводного автомобиля на грунт. Критерии оценки. Методы определения.
3. Русанов В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути её решения, М.: ВИМ, 1998.
4. Шухман С.Б., Переладов А.С. Оценка воздействия движителей автомобиля на почву // Автомобильная промышленность, 2002. № 6. с. 16-19.

### ***Поиск оптимального управления гибридной силовой установкой автомобиля по критерию баланса его экологических и топливно-экономических свойств***

Куликов И.А., к.т.н. проф. Селифонов В.В., Филонов А.И.  
МГТУ «МАМИ»  
(495) 223-05-23, доб. 1587

*Аннотация.* Гибридная силовая установка (ГСУ) автомобиля позволяет управлять режимной точкой двигателя внутреннего сгорания (ДВС) независимо от скорости автомобиля и мощности, требуемой для движения. Это свойство дает гибриднему автомобилю существенный потенциал улучшения топливно-экономических и экологических свойств по сравнению с базовым негибридным автомобилем. ГСУ представляет собой многокомпонентную систему с многомерными нелинейными характеристиками, поэтому для наиболее полной реализации ее потенциала при исследовании ГСУ и разработке стратегии управления ею целесообразно использовать методы математического поиска оптимальных управлений. Опыт исследований ГСУ показывает, что наиболее подходящим методом является динамическое программирование (ДП). Программа поиска оптимального