

**Гурвич Юрий Абрамович (Gurvich Yuriy Abramovich):** Республика Беларусь, г. Минск, Белорусский Национальный Технический Университет, кандидат технических наук, доцент кафедры “Теоретическая механика”, доцент

## **Многокритериальная оптимизация параметров управляемой оси автобусов и автомобилей «МАЗ»**

УДК 621.11.012.111: 531+631.37.014.5

Хорошо известно, что все задачи проектирования машин, их узлов и механизмов всегда многокритериальные, однако, проектирование управляемых осей автомобилей, автобусов и всех колесных транспортных средств, до сих пор рассматриваются как однокритериальное. При этом оптимизируют лишь несколько параметров математического описания при каком-то одном фиксированном значении скорости машины, поочередно варьируя величину одного из параметров при неизменных значениях остальных. В расчетах, связанных с динамикой автомобиля, должны использоваться динамические характеристики шин вместо применяемых статических. В литературе отсутствуют критерии количественного определения устойчивости, безопасности, стабилизации движения машины (с учетом среднего времени реакции водителя), что не позволяет на стадии проектирования машин создать конструкцию с заранее заданными свойствами во всем скоростном диапазоне движения машины. Поэтому до сих пор улучшать характеристики некоторых узлов автобусов и автомобилей «МАЗ» вынуждены не на стадии проектирования этих машин, а в процессе эксплуатации, путем проведения длительных и дорогостоящих экспериментов.

Все это послужило основанием для разработки новых методик и программ, позволяющих на стадии проектирования автобусов и автомобилей «МАЗ» исследовать их выходные характеристики. Эта работа осуществлялась в рамках Государственной научно-технической программы (ГНТП) «Машиностроение» по подпрограмме «Белавтотракторостроение».

Для оптимизации параметров управляемой оси разработан комплекс программ, реализующий компромисс между выходными характеристиками: устойчивостью, стабилизацией и безопасностью движения, плавностью хода, усилием на рулевом колесе, износом шин, исходя из двух разных критериев: нормы Гильберта и гипотезы усталостного износа.

**Исследование по критерию «Устойчивость» движения управляемых колес**

Исследование по критерию «Устойчивость» проведено в два этапа:

На первом этапе реализовано решение и анализ системы дифференциальных уравнений движения управляемой оси автобуса.

На втором этапе разработана программа «Устойчивость» (Рис.1), которая обеспечивает многокритериальную оптимизацию параметров управляемой оси во всем скоростном диапазоне движения автобусов и автомобилей «МАЗ» по критериям: отсутствие автоколебаний управляемых колес (с минимальной тенденцией к автоколебаниям), достаточной стабилизации и необходимой безопасности движения, учета среднего времени реакции водителя при колебательных и аperiodических движениях управляемых колес.

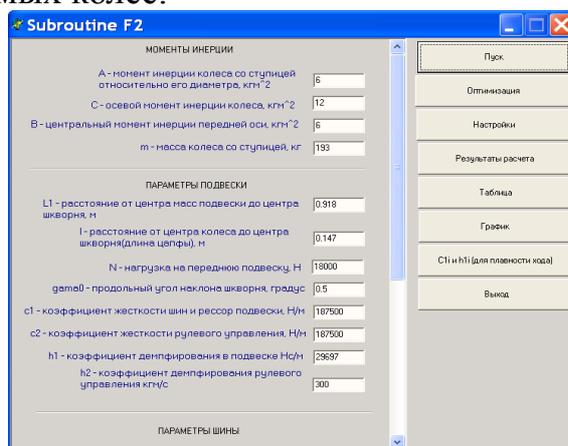


Рис.1. Главная форма программы «Устойчивость»

### Совместное исследование устойчивости и плавности хода

Данная программа (Рис. 2) предназначена для исследования плавности хода автобуса и колебаний точки подрессоренной массы над передней осью и неподрессоренной массы передней оси на трехмассовой модели. Оценка плавности хода автобуса осуществляется по значениям среднеквадратических ускорений, полученных при различных величинах коэффициентов жесткости и демпфирования передней подвески, вычисленных с помощью программы «Устойчивость».

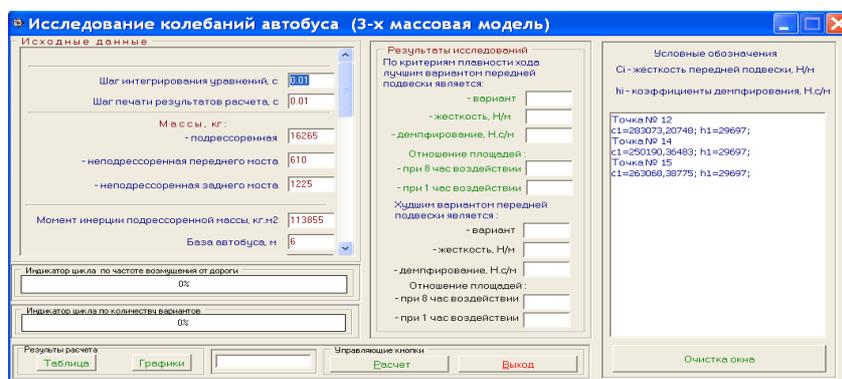


Рис.2. Главная форма программы определения характеристик плавности хода совместно с учетом критерия «Устойчивость»

### Расчет оптимальных параметров рулевой трапеций для семейства автомобилей с разными базами

Разработана новая методика многокритериальной оптимизации значений параметров такой рулевой трапеции, которая будет оптимальной для целого ряда машин, имеющих разные базы.

Для реализации этой задачи выполнено следующее:

- разработана механико-математическая модель рулевой трапеции для машин с различными базами. Обоснован новый критерий оптимальности – норма Гильберта.

- разработан комплекс программа (Рис.3) многокритериальной оптимизации параметров оптимальной рулевой трапеции для ряда машин с различными базами  $M_j$  (с одним или с двумя интервалами).

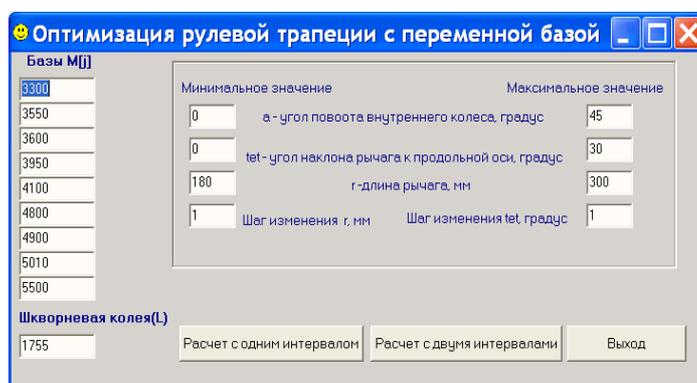


Рис.3. Главная форма программы оптимизации рулевой трапеции с различной базой

В результате многокритериальной оптимизации параметров рулевой трапеции конструктору предлагается одна из точек Парето. Причем, каждой точке Парето соответствует своя совокупность геометрических (управляемых) параметров рулевой трапеции.

### Расчет оптимальных параметров рулевой трапеций для семейства автомобилей с различными базой $M_j$ и колеей $L_i$

Задача определения оптимальных параметров рулевой трапеции по критерию износа шин (который формализован в виде нормы Гильберта) является многокритериальной с числом критериев в  $i*j$ .

Для реализации этой задачи выполнено следующее:

- разработана механико-математическая модель рулевой трапеции для машин с различными базами и колеями. Обоснован критерий оптимальности.

- разработана программа (Рис.4) многокритериальной оптимизации параметров оптимальной рулевой трапеции для ряда машин с различными базами и колеями.

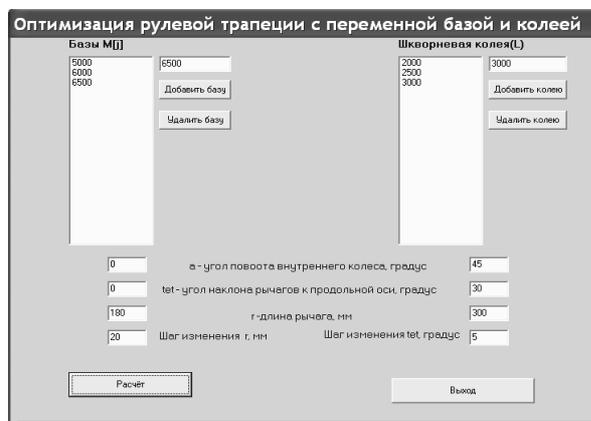


Рис.4. Главная форма программы оптимизации рулевой трапеции с переменной базой и колеей

### Метод определения сил, действующих на элементы рулевого управления

В соответствии с требованиями ОСТ 27.001.487-99 усилие, прикладываемое водителем к рулевому колесу, не должно превышать 220 Н при движении с исправным усилителем рулевого управления и 450 Н при неработающем усилителе.

На эксплуатационные качества рулевого управления влияют кинематические параметры рулевого механизма, рулевого привода, установочные параметры управляемых колес, схема привода ведущих колес и характеристики шины, связывающие кинематические параметры кругового движения автомобиля с силами на колесах.

Программа «Усилие на рулевом колесе» (Рис. 5) позволяет определить различные силовые характеристики при повороте автобуса в процессе движения и повороте рулевого колеса стоящего на месте автобуса. Для этого разработана новая методика, позволяющая еще на стадии проектирования машины с достаточной для практики точностью рассчитать усилие на рулевом колесе (без усилителя руля).

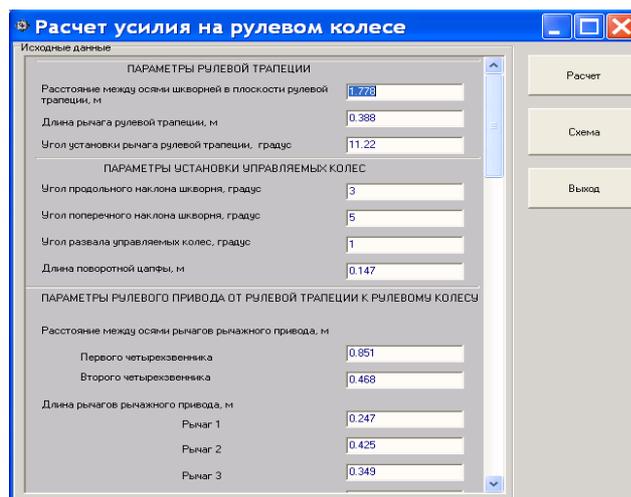


Рис.5. Главная форма программы по расчету усилия на рулевом колесе

На рис. 6 приведена графическая зависимость усилия на рулевом колесе от радиуса горизонтальной проходимости при левом и правом повороте.

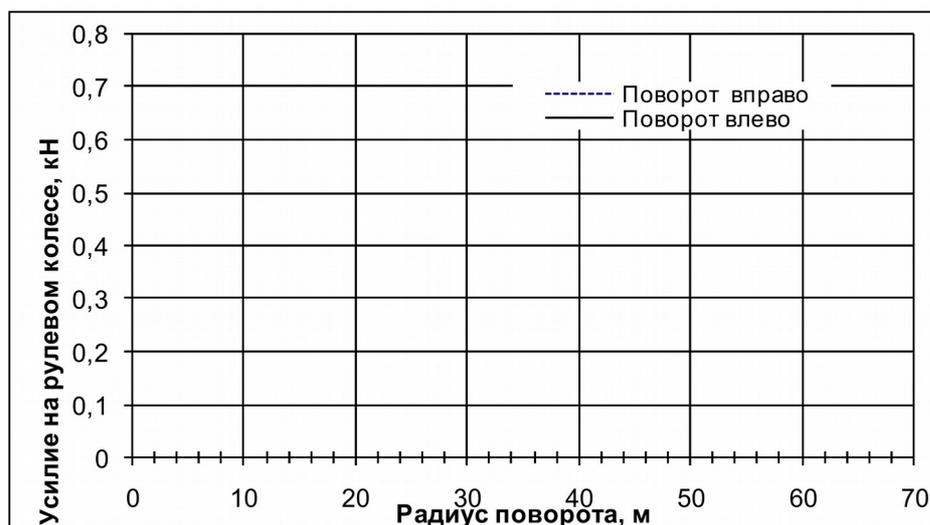


Рис.6. Зависимость усилия на рулевом колесе от радиуса горизонтальной проходимости автобуса «МАЗ» полной массой 18т при круговом движении со скоростью 10 км/ч

Выполненные расчеты показали, что усилие, прикладываемое водителем к рулевому колесу автобуса «МАЗ», при неработающем усилителе и габаритном радиусе поворота  $R_2 \approx 12\text{ м}$ , не превышает нормированного значения 500 Н.

**Исследование износа шин управляемой оси, исходя из концепции усталостного износа**

Задача настоящей работы состоит в том, чтобы указать на еще одну причину повышенного износа шин, а именно, на ошибку рулевой трапеции по критерию усталостного износа шин.

При рассмотрении механизма усталостного разрушения принимается, что выступы поверхности дороги внедряются в поверхность беговой дорожки шины и обуславливают напряжения и деформации в пятне контакта, зависящие от условий нагружения, свойств материалов трущихся поверхностей и размеров неровностей.

На основе теории усталостного износа в [1] была выведена формула интенсивности износа шин при действии на колесо в плоскости контакта шины с дорогой сил любого направления.

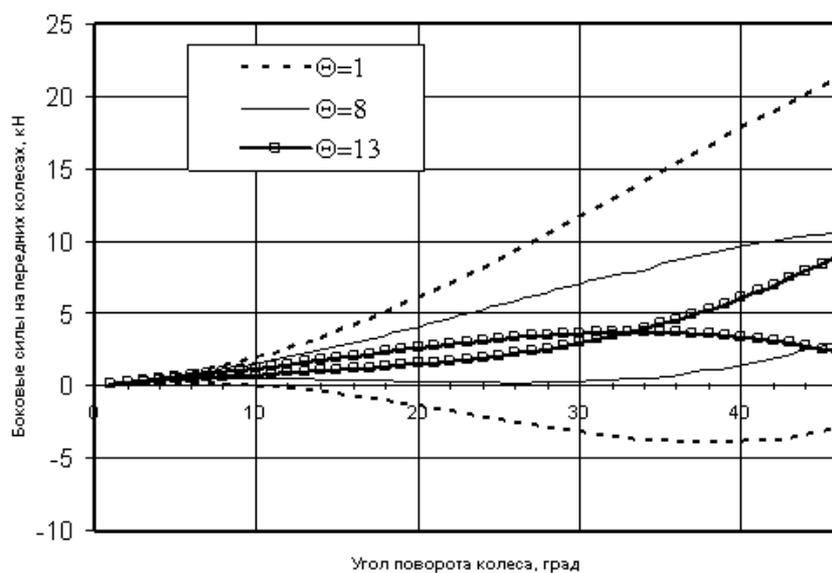


Рис.7. Зависимость боковых сил от угла поворота колес управляемой оси, при трех разных значениях углов установки рычага рулевой трапеции  $\theta$  (верхний график для внешнего колеса, нижний график для внутреннего колеса)

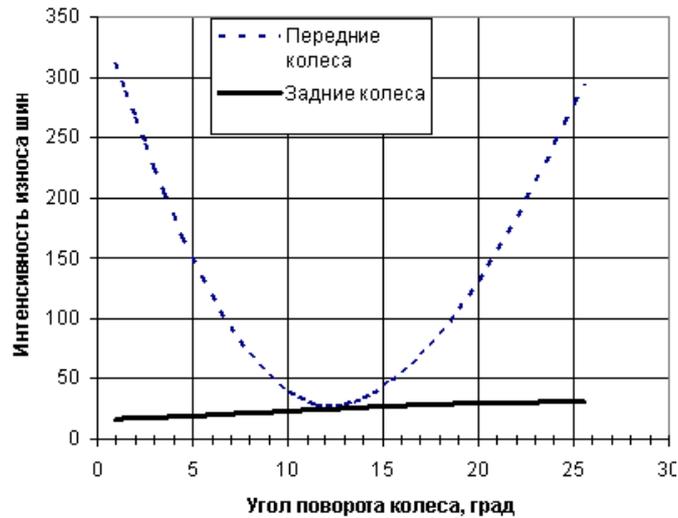


Рис.8. Зависимость коэффициента интенсивности износа шин от угла установки рычага рулевой трапеции ( $\theta$ ); для передних колес и задних колес

Результаты расчетов износа шин по критерию среднеквадратической ошибки рулевой трапеции – норма Гильберта и по критерию усталостного износа шин практически совпадают.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кнороз В. И., Кленников Е. В. Шины и колеса. – М.: Машиностроение, 1975. – 184 с.