

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.

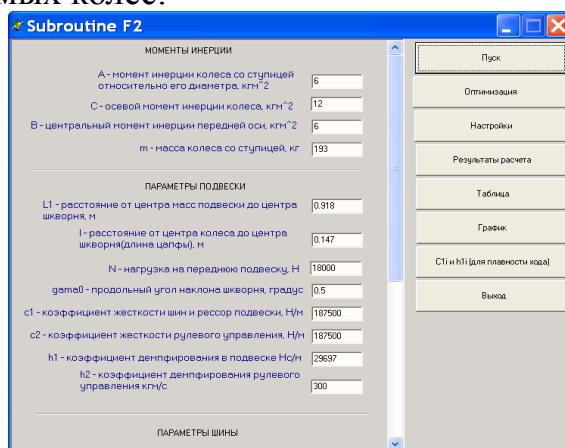


Рис.1. Главная форма программы «Устойчивость»

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».

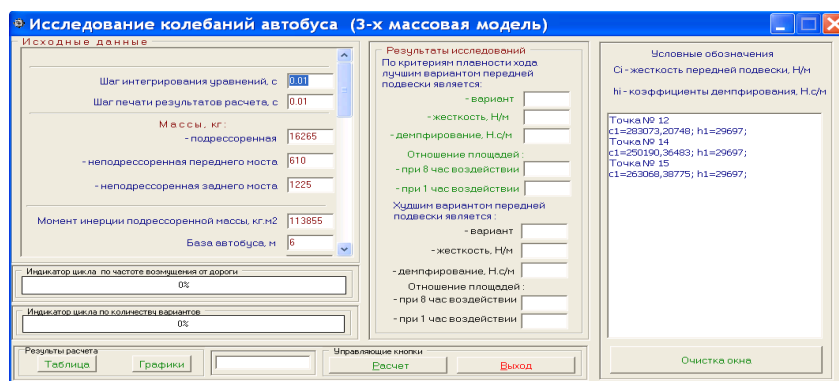


Рис.2. Главная форма программы определения характеристик плавности хода совместно с учетом критерия «Устойчивость»

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).

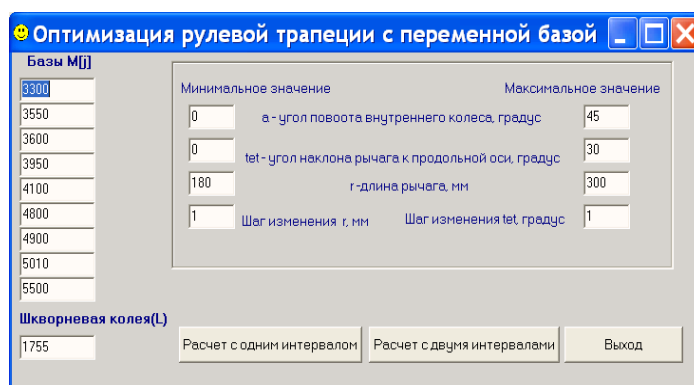


Рис.3. Главная форма программы оптимизации рулевой трапеции с различной базой

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.

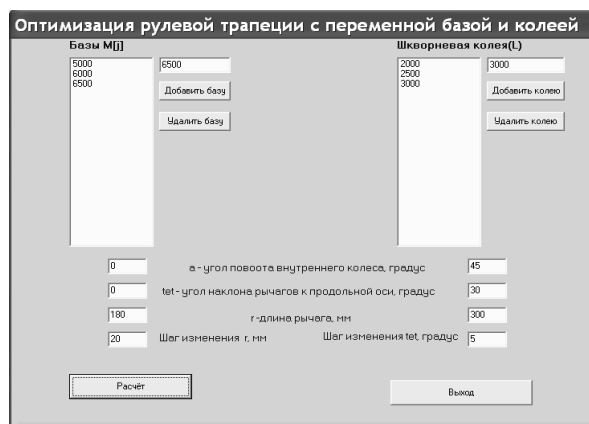


Рис.4. Главная форма программы оптимизации рулевой трапеции с переменной базой и колеей

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).

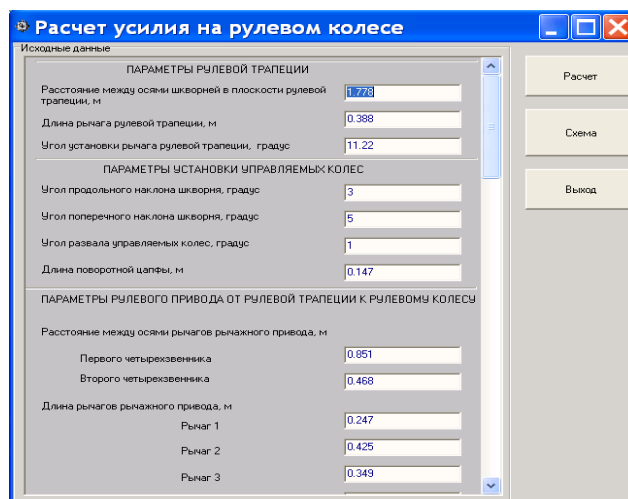


Рис.5. Главная форма программы по расчету усилия на рулевом колесе

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

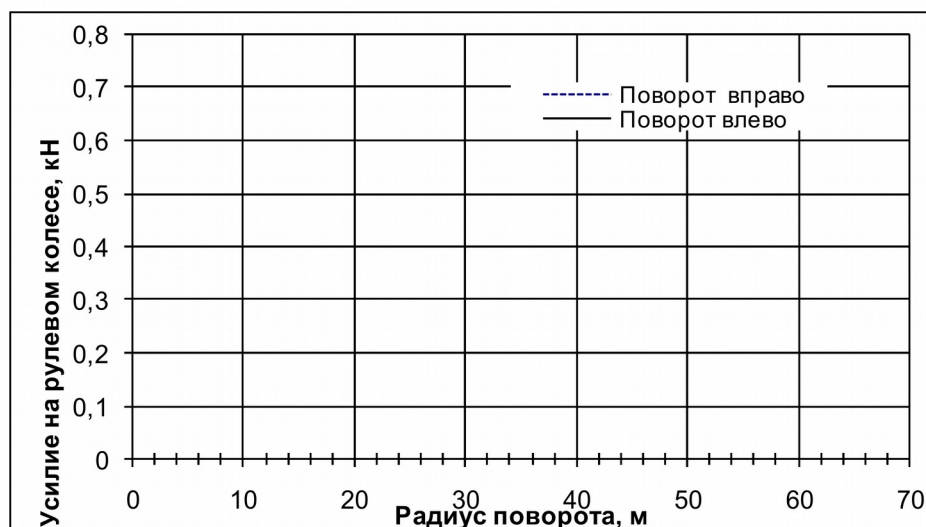


Рис.6. Зависимость усилия на рулевом колесе от радиуса горизонтальной проходимости автобуса «МАЗ» полной массой 18т при круговом движении со скоростью 10 км/ч

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.

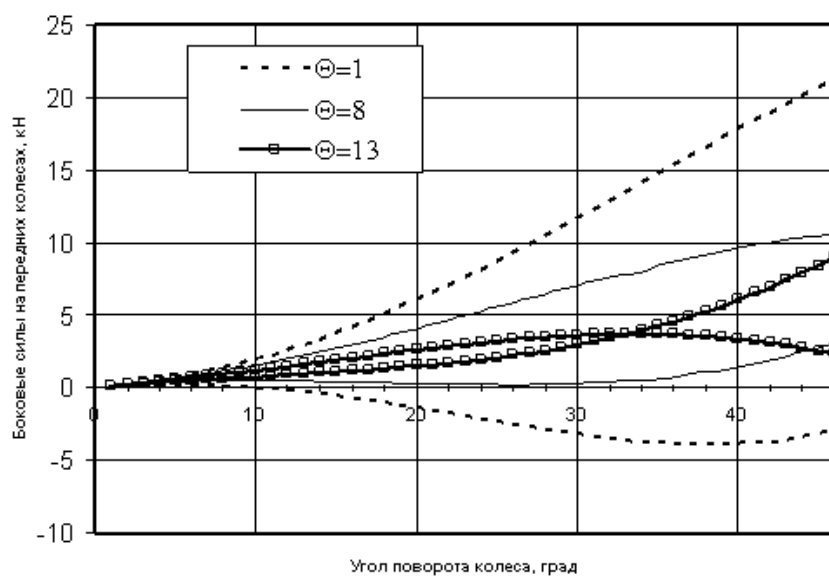


Рис.7. Зависимость боковых сил от угла поворота колес управляемой оси, при трех разных значениях углов установки рычага рулевой трапеции θ (верхний график для внешнего колеса, нижний график для внутреннего колеса)

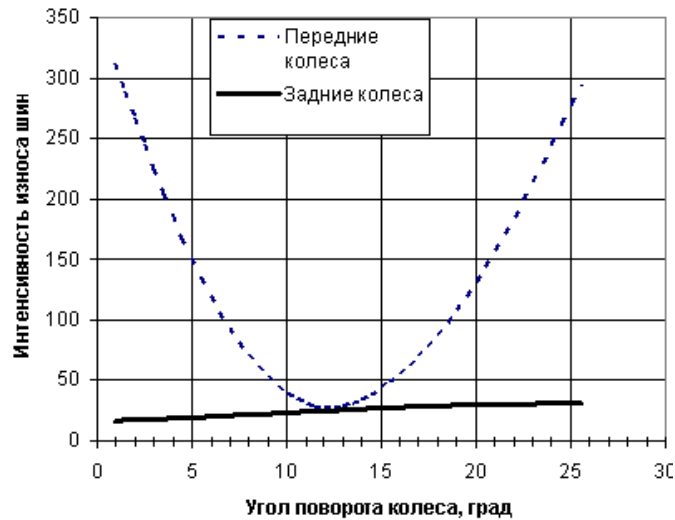


Рис.8. Зависимость коэффициента интенсивности износа шин от угла установки рычага рулевой трапеции (θ); для передних колес и задних колес

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.