

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ  
ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ  
КӨЛІК – ЭНЕРГЕТИКА ФАКУЛЬТЕТІ



**«КӨЛІК ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ:  
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШУ ТӘСІЛДЕРІ» X ХАЛЫҚАРАЛЫҚ  
ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ БАЯНДАМАЛАР  
ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
X МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ: «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И  
ЭНЕРГЕТИКИ: ПУТИ ИХ ИННОВАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ»**

**PROCEEDINGS OF THE X INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICE  
CONFERENCE «ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT AND ENERGY:  
THE WAYS OF ITS INNOVATIVE SOLUTIONS»**

**Нұр-Сұлтан, 2022**

**УДК 656/621.31**  
**ББК 39/31**  
**А43**

**Редакционная коллегия:**

Председатель – Мерзадинова Г.Т., Член Правления – Проректор по науке, коммерциализации и интернационализации ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, д.т.н., профессор; Заместитель председателя – Султанов Т.Т., заместитель декана по научной работе, к.т.н., доцент; Сулейменов Т.Б. – декан транспортно-энергетического факультета ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, д.т.н., профессор; Председатель «Әдеп» – Ахмедьянов А.У., к.т.н., доцент; Арпабеков М.И. – заведующий кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», д.т.н. профессор; Тогизбаева Б.Б. – заведующий кафедрой «Транспорт, транспортная техника и технологии», д.т.н. профессор; Байхожаева Б.У. – заведующий кафедрой «Стандартизация, сертификация и метрология», д.т.н. профессор; Жакишев Б.А.– заведующий кафедрой «Теплоэнергетика», к.т.н., доцент.

**А43 Актуальные проблемы транспорта и энергетики:** пути их инновационного решения: X Международная научно – практическая конференция, Нур-Султан, 17 марта 2022 /Подгот. Г.Т. Мерзадинова, Т.Б. Сулейменов, Т.Т. Султанов – Нур-Султан, 2022. – 597с.

**ISBN 978-601-337-661-5**

В сборник включены материалы X Международной научно – практической конференции на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», проходившей в г. Нур-Султан 17 марта 2022 года.

Тематика статей и докладов участников конференции посвящена актуальным вопросам организации перевозок, движения и эксплуатации транспорта, стандартизации, метрологии и сертификации, транспорту, транспортной техники и технологии, теплоэнергетики и электроэнергетики.

Материалы конференции дают отражение научной деятельности ведущих ученых дальнего, ближнего зарубежья, Республики Казахстан и могут быть полезными для докторантов, магистрантов и студентов.



© ЕНУ имени Л.Н.Гумилева, 2022

Кроме того, разработанные принципы не учитывают влияющие на эффективность ТПУ факторы внешней среды: ландшафт и застройку прилегающих районов, фактическую и прогнозируемую плотность населения, уровень автомобилизации и тенденции изменения спроса на транспортные услуги, конфигурацию локальных рынков транспортных услуг, уровень развития совместного потребления и совместных поездок. Доказано, что на эффективность работы ТПУ (как и вообще любой операционной системы) влияет множество разнообразных факторов, причем некоторые из них не поддаются количественной оценке и не могут быть корректно учтены. Выявить влияние ряда факторов на эффективность работы ТПУ весьма сложно, поскольку они могут быть взаимосвязаны между собой, и не все эти зависимости формализованы и очевидны.

Однако нашей целью была разработка универсальных принципов оценки эффективности функционирования ТПУ, которые подходили бы для формулировки предварительных выводов на любом этапе их жизненного цикла. Представляется, что такая оценка может быть востребована на стадии разработки проектов транспортно-пересадочных узлов в мегаполисах. Оценка пространственной планировки элементов ТПУ и анализ имитационных моделей на предмет соблюдения принципов эффективности функционирования поможет избежать возможных проблем в его работе. В то же время имеющиеся в мегаполисах ТПУ зачастую демонстрируют низкую эффективность, которая может быть обоснована путем расчета и анализа предложенных показателей. Выводы, сделанные по итогам анализа эффективности функционирования действующего ТПУ, могут быть положены в основу разработки проекта его реконструкции или отдельных корректирующих мероприятий.

#### **Список использованных источников**

1. Vakulenko, S., Evreenova, N. (2019). Transport hubs as the basis of multimodal passenger transportation. In: *Proceedings of 2019 12th International Conference "Management of Large-Scale System Development", MLS D 2019*, 8910964.
2. Pokrovskaya, O., Kurenkov, P., Goncharenko, S., & Khmelev I. (2020). Evolutionary and functional development of transport nodes. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. "VIII International Scientific Conference Transport of Siberia 2020"*, 012033
3. Вакуленко С.П., Евреенова Н.Ю. Закономерности передвижений пассажиропотоков в транспортно-пересадочных узлах // Фёдор Петрович Кочнев - выдающийся организатор транспортного образования и науки в России. Труды международной научно-практической конференции. Отв. редактор А.Ф. Бородин, сост. Р.А. Ефимов. Москва, 2021. С. 272-275.
4. Козлов П.А., Вакуленко С.П., Козлова В.П., Евреенова Н.Ю. О принципах расчёта транспортных узлов // Мир транспорта. - 2021. - Т. 19. - № 4 (95). - С. 6-12.

**УДК 629.3**

## **НОВЫЙ ПОДХОД К ПАРАМЕТРИЗАЦИИ КИНЕМАТИКИ ПОДВЕСКИ**

**Аманбаев Е.С.**

yerlan.amanbayev.222@gmail.com

Магистрант кафедры «Транспорт, транспортная техника и технологии» Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Республика Казахстан  
Научный руководитель – д.т.н., профессор Тоғизбаева Б.Б.

**Аннотация.** В автомобильной промышленности моделирование необходимо для анализа динамики транспортных средств, а также их основных компонентов и подсистем, например шин, тормозов и систем подвески. Эти симуляции необходимы для разработки на ранней стадии, и, следовательно, они должны давать реалистичные результаты. Системы подвески

играют ключевую роль в обеспечении комфорта и безопасности дорожных транспортных средств. Они обычно состоят из жестких связей и силовых элементов, которые расположены с определенной топологией. Кроме того, некоторые из их функций заключаются в том, чтобы выдерживать вес автомобиля и пассажиров и поддерживать правильную центровку колес. При моделировании систем подвески часто используются таблицы поиска. Они получены в результате теста на кинематику и податливость, а затем стандартизированы для конкретного программного обеспечения для моделирования транспортных средств. Тем не менее, таблицы поиска требуют существенного количества характерных точек. Кроме того, производные, интерполяция и экстраполяция не обязательно являются плоскими. Это приводит к результатам, которые зависят от метода интерполяции и могут быть неточными. В этой статье предлагается новый метод, называемый “кинематикой проектирования”. Этот метод может описать кинематические свойства практически любого типа подвесных систем.

**Ключевые слова:** подвеска автомобиля, кинематика конструкции, кинематические испытания и испытания на податливость.

### Введение

Система поддресоривания колесной оси автомобиля является важной механической подсистемой дорожных транспортных средств. Некоторые из их функций включают, например, транспортировку автомобиля и его дополнительных грузов, поддержание правильной центровки колес, управление направлением движения автомобиля и обеспечение оптимальной площади контакта шин с дорогой. Кроме того, подвеска обычно состоит из направляющих элементов, таких как рычаги управления, верхний и нижний рычаги, стойки и листовые пружины. Они также включают в себя различные виды силовых элементов, например спиральные пружины, торсионные стержни, пневматические пружины, стабилизаторы поперечной устойчивости, амортизаторы, втулки и гидроопоры. Подвеска объединяет эти элементы в соответствии с определенной топологией. Следовательно, подвески колесных осей являются действительно сложными механическими подсистемами дорожных транспортных средств. Они играют решающую роль в обеспечении безопасности и комфорта движения транспортных средств. [1] На рисунке 1 показаны многоцелевые подвесные системы.

Подвеска на двойных поперечных рычагах (слева), McPherson (посередине) и многорычажная (справа) может использоваться для управляемых и неуправляемых осей, а также для ведущих или ведомых осей.

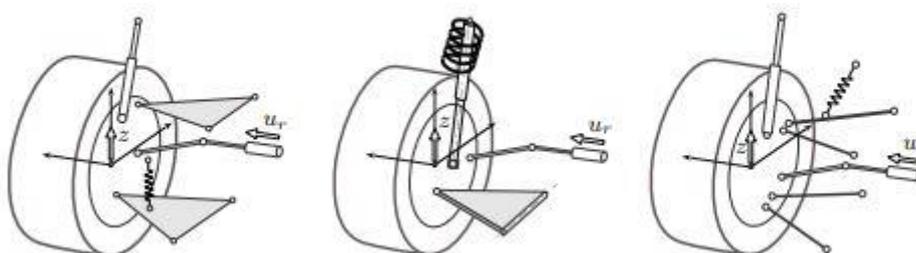


Рисунок 1. Многоцелевые подвесные системы.

В программных обеспечениях для моделирования транспортных средств, таких как CarSim [2] и CarMaker [3], часто используются сложные модели подвески и таблицы поиска для включения нелинейных эффектов в их среде моделирования. Затем нелинейности подвески могут быть включены в анализ дорожной динамики транспортных средств. Сложные модели подвесок могут точно описывать свойства подвесок. Однако требуются решения кинематических цепей, и, в зависимости от их сложности, процесс моделирования может быть утомительным и трудоемким. С другой стороны, кинематические испытания и испытания на податливость обычно используются в автомобильной промышленности для исследования свойств подвесок. [5,6] В такого рода исследованиях подвеска вынуждена выполнять

определенный маневр, например, постепенное перемещение стойки  $u_r$  и одновременное низкочастотное синусоидальное движение  $z$  ступицы. Преобразуя информацию о перемещении и вращении колеса в двумерные массивы или таблицы поиска, можно включать их в моделирование. Однако, эти двумерные массивы используют огромное количество точек. Кроме того, эти облака точек определены в определенном диапазоне, т. е.  $u_{rmin} \leq u_r \leq u_{rmax}$  и  $z_{min} \leq z \leq z_{max}$ . Затем для значений за пределами этого диапазона производные, интерполяция и экстраполяция не обязательно являются плавными. Следовательно, таблицы поиска могут давать неточные результаты.

### 1. Сложная модель подвески

Система подвески на двойных поперечных рычагах является очень распространенной схемой подвески для легковых автомобилей, рис. 2. Они также используются в высокопроизводительных автомобилях из-за их хороших кинематических свойств, например, компенсации развала, а также из-за их относительно легкой регулировки и обслуживания. Поворотные шарниры, которые крепят каждый рычаг управления к шасси или к соответствующему подрамнику, также определяют ось вращения нижнего (ось  $a$ ) и верхнего рычага управления (ось  $b$ ). Кроме того, шаровые шарниры в  $A$  и  $B$  прикрепляют рычаги управления к корпусу колеса или кулаку, а рычаг  $P$ - $Q$  управляет вращением корпуса колеса вокруг оси шкворня ( $A$ - $B$ ). В случае управляемой оси шаровой шарнир  $P$  крепится к рулевому рычагу, в противном случае он крепится к шасси.

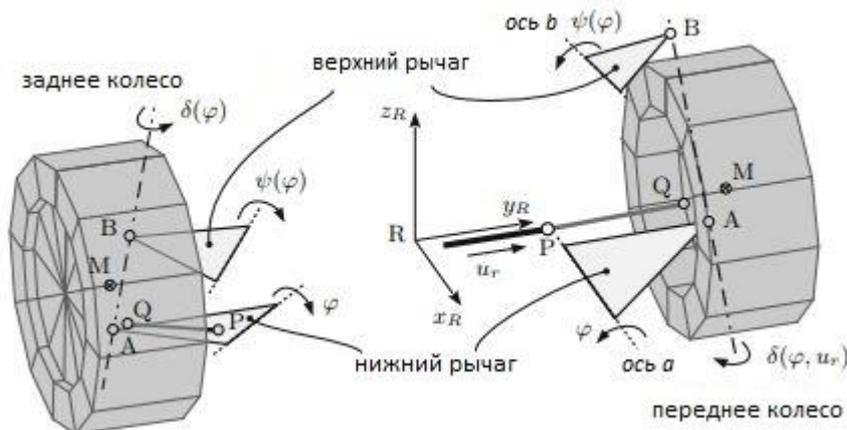


Рисунок 2. Схема системы подвески на двойных поперечных рычагах.

Применяя  $\phi$  и  $u_r$  в качестве обобщенных координат, можно аналитически решить кинематику двойных поперечных рычагов. [4] Обобщенная координата  $\phi$  обеспечивает первую кинематическую цепь. Она определяет вращение верхнего рычага управления (вокруг оси  $b$ ) как функцию вращения нижнего рычага управления (вокруг оси  $a$ ), т. е.  $\psi = \psi(\phi)$ . Вторая кинематическая цепь определяется перемещением стойки  $u_r$ . Она определяет мгновенное положение шарового шарнира  $P$  и, следовательно, вращает корпус колеса вокруг оси шкворня ( $A$ - $B$ ) через связь  $P$ - $Q$ . Кроме того, ориентация оси шкворня ( $A$ - $B$ ) определяется  $\phi$ . Затем, в случае управляемой оси, угол поворота колеса определяется обобщенными координатами  $\phi$  и  $u_r$ , т. е.  $\delta = \delta(\phi, u_r)$ . Наконец, две кинематические цепи определяют мгновенное положение центра колеса  $M$ , а также ориентацию корпуса колеса в зависимости от обобщенных координат  $\phi$  и  $u_r$ . При измерениях на испытательном стенде контролируются перемещения центра колеса в продольном  $x$  и поперечном  $y$  направлениях, а также углы поворота  $\alpha$  и  $\gamma$  корпуса колеса вокруг продольной оси  $x_R$  и вертикальной оси  $z_R$ , когда поршень заставляет колесо совершать вертикальное движение  $z$ .

На Рисунке 3 показаны состояния подвески, описанные ранее, во время чистого вертикального перемещения колеса ( $u_r = 0$ ). Кроме того, также изображена геометрическая точка контакта шины. Он определяется как точка на линии пересечения между центральной плоскостью обода и локальной дорожной плоскостью, которая имеет наименьшее расстояние

до центра колеса. [7] На левом графике видно, что точка контакта движется вперед, в то время как центр колеса движется назад, когда колесо движется вверх (рывок).

Это характерный эффект для передних подвесок типичных легковых автомобилей, и он помогает уменьшить шаг торможения и повысить комфорт при пересечении неровностей при движении вперед. На правом верхнем графике видно, что колесо совершает значительное вращение вокруг оси  $x_R$  во время движения колеса с отскоком и отскоком. Это вращение достигается за счет того, что верхний рычаг управления значительно меньше нижнего рычага управления. Это вращение также можно наблюдать на среднем графике как боковое движение точки контакта с внешним смещением, и одновременно центр колеса выполняет боковое движение с внутренним смещением. Это характерное свойство компоновки с двойным поперечным рычагом, и оно известно как компенсация развала. Этот эффект частично нейтрализует движение шасси при поворотах и, следовательно, уменьшает угол развала шины. На правом нижнем графике показана еще одна типичная характеристика передних подвесок. Четкое вращение колеса вокруг оси  $z_R$  (движение рулевого управления) при рывке и отскоке увеличивает тенденцию к недостаточной поворачиваемости транспортного средства и, таким образом, улучшает его устойчивость при приближении к предельному диапазону.

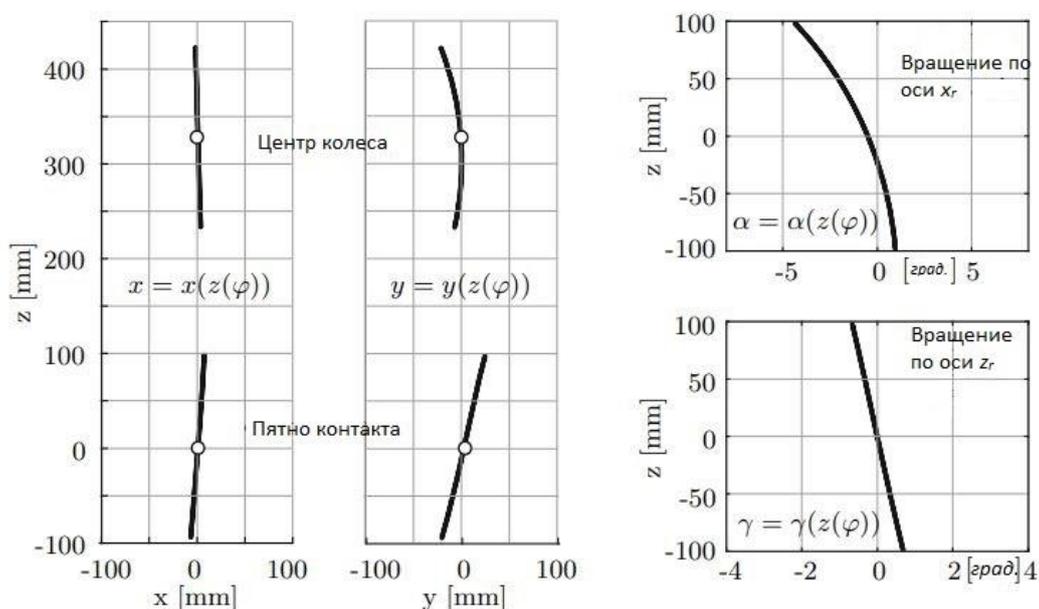


Рисунок 3. Кинематические свойства подвески на двойных поперечных рычагах на переднем левом колесе.

## 2. Расчетный кинематический метод

В этой статье предлагается новый метод под названием “кинематика проектирования” для описания кинематики практически любого типа подвесных систем. Этот подход параметризует все координаты ограничений системы подвески, например,  $x$ ,  $y$ ,  $\alpha$  и  $\gamma$ , используя двумерные аналитические функции. Кроме того, эти функции  $f = f(x, y)$  просто требуют нескольких характерных сведений: четыре угловые точки  $f_{xP yP}$ ,  $f_{xP yN}$ ,  $f_{xN yN}$ ,  $f_{xN yP}$ ; четыре центральные точки,  $f_{x0yP}$ ,  $f_{x0yN}$ ,  $f_{xP y0}$ ,  $f_{xN y0}$ ; углы наклона  $df/dx|_0$ ,  $df/dy|_0$  в исходном или проектном положении, т. е.  $z = 0$  и  $u_r = 0$ , см. Рисунок 4.

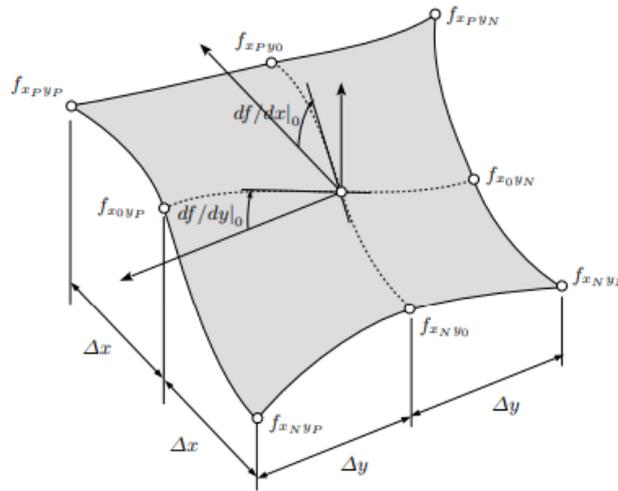


Рисунок 4. Общий подход к кинематике проектирования

Две кубические функции в направлениях  $x$  и  $y$  образуют каркас кинематики конструкции.

$$f = f(x, y) = a_x x + b_x x^2 + c_x x^3 + a_y y + b_y y^2 + c_y y^3 \quad (1)$$

Шесть параметров кривой  $a_x \dots c_y$  определяются четырьмя центральными точками  $f_{x_0 y_P}$ ,  $f_{x_0 y_N}$ ,  $f_{x_P y_0}$ ,  $f_{x_N y_0}$  и двумя углами наклона  $df/dx|_0$ ,  $df/dy|_0$  соответственно. Аналитический подход завершается двуквадратичным выражением

$$f = f + axy + bxy^2 + cx^2y + dx^2y^2 \quad (2)$$

это не влияет на центральные точки и начальные углы наклона, но настраивает общую функцию  $f$  с помощью дополнительных четырех параметров  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$  в угловых точках  $f_{x_P y_P}$ ,  $f_{x_P y_N}$ ,  $f_{x_N y_N}$ ,  $f_{x_N y_P}$ .

Округление очень плавное и точно воспроизводит основные углы наклона в начале координат, а также центральную и угловую точки. Расчет параметра кривой, предоставляемый, например, функцией Matlab в Расчет 1.1, является прямым и обеспечивает функцию  $f=f(x, y)$ , а также ее производные  $df/dx$  и  $df/dy$  в виде довольно простых выражений.

```

1 function [f, dfdx, dfdy] = uty axk design(x, y, p)
2 % 2-dim function f = f(x,y) defined on 4 patches by
3 % p.dx : grid distance x-direction
4 % p.dy : grid distance y-direction
5 % p.dfdx0: partial derivative df/dx at x=0 and y=0
6 % p.dfdy0: partial derivative df/dy at x=0 and y=0
7 % p.fxPyP : function value f(x=+dx, y=+dy)
8 % p.fxPy0 : function value f(x=+dx, y= 0 )
9 % p.fxPyN : function value f(x=+dx, y=-dy)
10 % p.fx0yP : function value f(x= 0 , y=+dy)
11 % p.fx0yN : function value f(x= 0 , y=-dy)
12 % p.fxNyP : function value f(x=-dx, y=+dy)
13 % p.fxNy0 : function value f(x=-dx, y= 0 )
14 % p.fxNyN : function value f(x=-dx, y=-dy)
15
16 % normalize x, y coordinates
17 xn = x/p.dx; dxndx = 1/p.dx;

```

```

18   yn = y/p.dy;   dyndy = 1/p.dy;
19
20 % skeleton function based on 2 independent cubic functions
21
22   a1n0 = p.dfdx0*p.dx;
23   a2n0 = 0.5*( p.fxPy0 + p.fxNy0 );
24   a3n0 = ( 0.5*( p.fxPy0 - p.fxNy0 ) - a1n0 );
25   fxy0 = ( a1n0 + ( a2n0 + (a3n0*xn) )*xn )*xn;
26   dfdx = ( a1n0 + ( 2*a2n0 + 3*(a3n0*xn) )*xn )*dxndx;
27
28   a1n0 = p.dfdy0*p.dy;
29   a2n0 = 0.5*( p.fx0yP + p.fx0yN );
30   a3n0 = ( 0.5*( p.fx0yP - p.fx0yN ) - a1n0 );
31   fx0y = ( a1n0 + ( a2n0 + (a3n0*yn) )*yn )*yn;
32   dfdy = ( a1n0 + ( 2*a2n0 + 3*(a3n0*yn) )*yn )*dyndy;
33
34   f = fxy0 + fx0y;
35
36 % compute and correct remaining deviations at corner - points
37
38   del fPP = p.fxPyP - ( p.fx0yP + p.fxPy0 );
39   del fNN = p.fxNyN - ( p.fx0yN + p.fxNy0 );
40   del fPN = p.fxPyN - ( p.fx0yN + p.fxPy0 );
41   del fNP = p.fxNyP - ( p.fx0yP + p.fxNy0 );
42
43   a1 = del fPP - del fPN - del fNP + del fNN;
44   a2 = del fPP + del fPN - del fNP - del fNN;
45   a3 = del fPP - del fPN + del fNP - del fNN;
46   a4 = del fPP + del fPN + del fNP + del fNN;
47
48   f = f + ( (a1+a2*yn) + (a3+a4*yn)*xn )*(xn*yn)*0.25;
49   dfdx = dfdx + ( (a1+a2*yn) + 2*xn*(a3+a4*yn) )*yn*dxndx*0.25;
50   dfdy = dfdy + ( (a1+a3*xn) + 2*yn*(a2+a4*xn) )*xn*dyndy*0.25;
51
52
53
54 end

```

### Расчет 1.1.

Этот подход превосходит часто используемые двумерные таблицы поиска, поскольку он обеспечивает не только плоские поверхности, но и плоские производные. Каждая функция ограничения  $f = f(x, y)$  определяется только 10 параметрами. Эти параметры можно легко изменять или оптимизировать для достижения кинематики подвески с требуемыми характеристиками.

### 3. Заключение

В этой статье был описан подход к кинематике проектирования и показаны сравнения со сложными моделями подвески. Исследования показывают, что подход к кинематике проектирования может быть использован для описания практически любого типа систем

подвески с чрезвычайно высокой точностью. Этот метод использует двумерные функции для описания каждого ограничивающего движения подвески колесной оси. Кроме того, для параметризации каждой из двумерных функций требуется всего 10 параметров. Таким образом, кинематика конструкции позволяет сократить количество точек, используемых в поисковых таблицах, обычно порядка тысяч, до всего лишь  $10 \times n$  параметров. Где  $n$  представляет количество движений ограничения, которые должны быть параметризованы проектной кинематикой. Другим важным аспектом этого подхода является то, что он требует значительно меньших вычислительных усилий, чем сложные модели подвески. Подводя итог, можно сделать вывод, что подход к кинематике проектирования превосходит часто используемые методы в автомобильной промышленности, такие как таблицы поиска и сложные модели подвески.

#### **Список использованных источников**

1. Rill, G., Castro, A.: The Influence of Axle Kinematics on Vehicle Dynamics. In: Interdisciplinary Applications of Kinematics. Mechanisms and Machine Science, vol 71., 23–31 (2019)
2. CarSim. Available from: <https://www.carsim.com> [Accessed in June 2019]
3. CarMaker. Available from: <https://ipg-automotive.com/products-services/simulation-software/carmaker> [Accessed in June 2019]
4. Rill, G.: Road vehicle dynamics: fundamentals and modeling. CRC Press, Boca Raton (2012)
5. ABDynamics: The SPMM 5000E (Suspension Parameter Measurement Machine). Available from: <https://www.abdynamics.com/en/products/lab-testing/kinematics-and-compliance/spmm-5000> [Accessed in June 2019]
6. MTS: Dynamic Kinematic and Compliance Testing. Available from: [https://www.mts.com/cs/groups/public/documents/library/dev\\_002222.pdf](https://www.mts.com/cs/groups/public/documents/library/dev_002222.pdf) [Accessed in June 2019]
7. Rill, G.: Sophisticated but quite simple contact calculation for handling tire models. Multibody System Dynamics, vol 45., 131–153 (2019)

**УДК 629.3**

### **АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА АВТОМОБИЛЯХ**

**Байженов Азат Болатбекович**

[azat\\_sss@mail.ru](mailto:azat_sss@mail.ru)

магистрант 2-го курса кафедры

“Транспорт, транспортная техника и  
технологии”

Евразийского национального университета им.Л.Н.Гумилева,  
Нур-Султан, Казахстан

#### **Введение**

Задача улучшения безопасности дорожного движения в последнее время обрела значительную актуальность по определенным рядам причин. Первое, рост числа автотранспортных средств, второе, слаборазвитая дорожная инфраструктура, третье, снабжение парка более современными и динамичными автомобилями, отсюда, возрастание скорости движения транспортных средств и аварийности на автодорогах. Вследствие чего вместе с явными плюсами автомобилизации страны возрастает возможность увеличения человеческих и материальных потерь, связанных с дорожно-транспортными происшествиями.