

*М.М. Шпилька, к.т.н., доцент  
А.М. Шпилька, старший викладач  
Б.М. Нестеренко, студент*

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

## **ІСТОРІЯ, СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РУЛЬОВОГО УПРАВЛІННЯ АВТОМОБІЛІВ**

*У статті наведена історія розвитку рульового управління колісними транспортними засобами, починаючи із кінних повозок, перших саморухомих екіпажів і самокатних колясок конструкції І.П. Кулібіна, А. Дюрер, Л. Шамшуренков, К. Драйз та ін. до сучасних автомобілів.*

*Сучасне рульове управління автомобіля являє собою складну мехатронну систему, до складу якої входить велика кількість сенсорних і електронних пристроїв, програмне забезпечення й виконавчі механізми. Надалі їх кількість буде збільшуватися, і все більшого значення набуватиме досконале програмне забезпечення та безпека руху.*

*Комп'ютеризація машин дає можливість повної роботизації систем керування.*

**Ключові слова:** *автомобіль, привід управління.*

**Вступ.** Головну роль у забезпеченні керування колісними машинами, автомобілями у тому числі, відіграє рульове управління. Головною його функцією є дотримання заданої траєкторії руху та зміна напрямку руху машини.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій.** Історію та етапи розвитку, види і будову рульового управління автомобіля розглянуто у багатьох виданнях [1 – 12].

Так, наприклад, з'ясовано внесок у створення перших саморухомих екіпажів (автомобілів) таких науковців і винахідників, як І.П. Кулібін, А. Дюрер, Л. Шамшуренков, К. Драйз та інших [8].

Будову, принцип роботи рульового управління на більш сучасному етапі автомобілебудування також наведено у багатьох підручниках, статтях [1 – 7; 9; 10].

**Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми.** Історія розвитку системи керування самохідним колісним транспортним засобом у більшості робіт розглядається лише стосовно автомобіля, починаючи із черв'ячного механізму.

**Постановка завдання.** Метою статті є огляд історії розвитку рульового управління колісними транспортними засобами, аналіз

існуючих конструкцій і визначення перспективних шляхів його подальшого розвитку.

**Основний матеріал і результати.** Іще у ХІХ сторіччі механізм управління колесами вже застосовувався при керуванні кінними екіпажами.

У більшості карет передню вісь робили поворотною, на шворні. Таким чином, рама і кузов мали три опори: дві задніх ресори та шворень. Для вільного перекочування коліс доводилося збільшувати висоту передка екіпажу.

Цей пристрій має ряд недоліків: нестійкість кузова на трьох опорах; високе, незручне розташування передка; трудність здійснення повороту.

Інший варіант управління візком – обладнання так званим «гайдом». Водій, який сидів на козлах, повертав не передню вісь екіпажу (як у воза) і не його колеса (як у сучасних автомобілів), а особливий двоколісний візок, висунутий на довгому хоботі перед возом. Екіпаж був, таким чином, шестиколісним. Для збільшення кількості місць до парового екіпажу нерідко причіпляли два – три вагончики, і кількість коліс ще зростала.

Одним із варіантів конструкції рульового управління була схема Кулібіна для триколісної самокатки [8]. Два задніх колеса були привідними, а переднє – направляючим.

І.П. Кулібін вибрав схему, відмінну від поширеної екіпажної та ближчу до ще не застосовуваної тоді шарнірної. Єдине переднє колесо самокатки не потрібно було перекочувати, як колеса екіпажної осі, насадженої на шворінь, його необхідно було лише повертати навколо його власної вертикальної осі. Рульовий привід складався з двох важелів, тяг і поворотного круга, в якому було встановлено переднє колесо. При повертанні одного з важелів назад тяга, що зв'язувала цей важіль з колом, повертала коло, а разом з ним і колесо у відповідну сторону. Забігаючи наперед, можна зазначити, що привід від рульового вала до одного з передніх коліс автомобіля влаштований майже так само, а на друге колесо поворот передається від першого поперечною тягою, як у екіпажів з шарнірною передньою віссю.



*Рис. 1. Триколісна самокатка*

Шарнірна система рульового привода вперше запропонована в 1817 році для деяких швидкохідних екіпажів і великовантажних возів. Це був більш досконалий поворотний пристрій: вісь робили нерухомою, а колеса кріпили до осі на поворотних цапфах, що нагадують дверні петлі; ліва та права поворотні цапфи були пов'язані між собою важелями і поперечною тягою із шарнірами, а тяга – із заднім кінцем дишла. При повороті дишла навколо шворня задній кінець дишла пересував поперечну тягу вліво або вправо, а тяга повертала колеса. Така конструкція забезпечувала кріплення рами й кузова на чотирьох опорах, не вимагала великого простору під рамою для коліс і полегшувала роботу коня, тому що при повороті кожне колесо поверталось на місці. Цю конструкцію можна вважати прототипом рульової трапеції.

Після того як були винайдені способи отримання гасу з нафти, з'явилися парові машини з газовою топкою. У той же час і конструкція автомобіля значно вдосконалювалася. Дуже важливі нововведення, які з'явилися на парових автомобілях у середині XIX століття: еластичні шини, шарнірна система рульового управління, механізм для обертання коліс однієї осі з різною кількістю оборотів, рульовий штурвал замість важеля.

Шарнірна система рульового привода набула поширення на парових автомобілях тільки в 70-х роках XIX століття і значно полегшувала роботу водія та робила автомобіль більш стійким.

Перші елементи системи рульового управління, а саме рульові трапеції, які використовувалися для повороту коліс, з'явилися на парових автомобілях, наприклад, на паровому візку А. Болле (1875 –1880) (рис. 2).



*Рис. 2. Паровий візок А. Болле*

Конструкція рульової трапеції значно змінилася після запровадження незалежної підвіски коліс, для установки якої довелося роз'єднати поперечну тягу й установити додаткові шарнірні опори. Однак, коли на легкових автомобілях з'явилася підвіска типу «хитна піввісь», поперечну тягу довелося спростити.

Значно більш складні рульові приводи мають повнопривідні автомобілі, у яких кількість важелів і шарнірів значно збільшується. У

сучасних автомобілів система рульового керування складається з рульового механізму та рульового привода (рис. 3).

Рульовий механізм перетворює обертання рульового колеса на поступальне переміщення тяг привода, що повертає керовані колеса на заданий кут. При цьому зусилля, що передається водієм від рульового колеса до коліс, які повертаються, зростає в декілька разів. Конструкція рульового керування визначається типом підвіски керованих коліс.

Рульові механізми залежно від типу рульової передачі бувають черв'ячні, гвинтові, шестеренчасті.



Рис. 3. Рульовий механізм та рульовий привід

«Черв'як – ролик» — один з найдавніших і найскладніших механізмів, широко поширений і в наші дні (у легкових автомобілях).

У черв'ячному рульовому механізмі (рис. 4) (з передачею типу «черв'як – ролик») за ведучу ланку править черв'як, який закріплено на рульовому валу, а ролик установлено на роликовому підшипнику на одному валу із сошкою. Щоб у разі великого кута повороту черв'яка зачеплення було повним, його нарізку виконують по дузі кола – глобоїді. Такий черв'як називають глобоїдним.

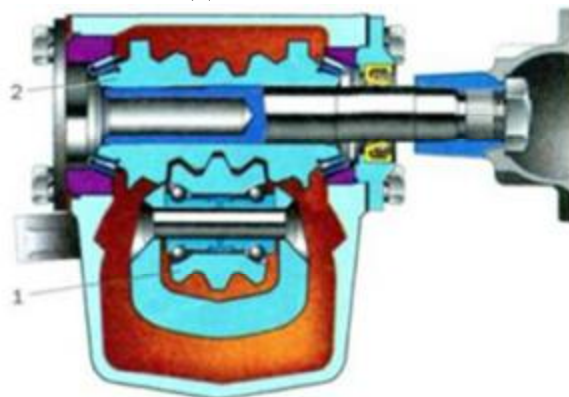
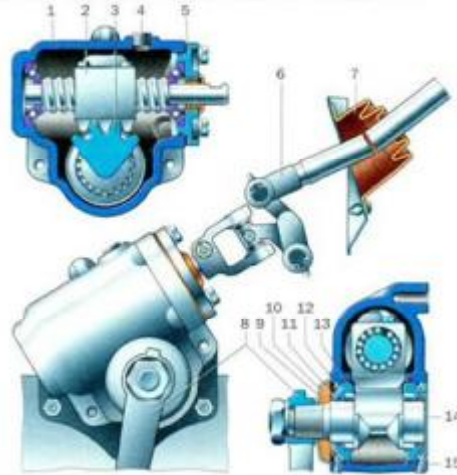


Рис. 4. Черв'ячний рульовий механізм: 1 – ролик; 2 – черв'як

Цей механізм дає можливість передачі великих зусиль, у цьому його плюс, а також обумовлює великі кути повороту коліс. Крім того, глобоїдний черв'як згладжує поштовхи від коліс до керма.

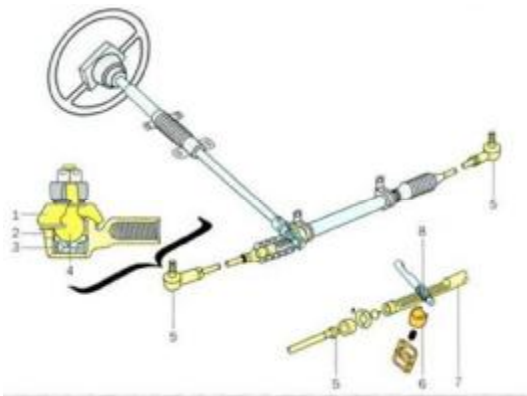
У гвинтовому рульовому механізмі обертання гвинта, зв'язаного з рульовим валом, передається гайці, яка закінчується рейкою, зачепленою із

зубчастим сектором. Останній установлено на одному валу із сошкою. Такий рульовий механізм утворений рульовою передачею типу «гвинт – гайка – рейка – сектор» (рис. 5).



*Рис. 5. Рульовий механізм типу «гвинт – гайка – рейка – зубчатий сектор» без посилювача: 1 – картер; 2 – гвинт з кульовою гайкою; 3 – вал-сектор; 4, 15 – пробки; 5 – регулювальні прокладки; 6 – вал; 7, 10 – ущільнювачі; 8 – сошка; 9, 14 – кришки; 11, 12, 13 – кільця*

У шестеренчастих рульових механізмах рульова передача утворюється циліндричними або конічними шестернями. До них належить також передача типу «шестірня – рейка», в якій циліндрична шестірня зв'язана з рульовим валом, а рейка, зачеплена із зубцями шестірні, править за поперечну тягу (рис. 6).



*Рис. 6. Рейковий рульовий механізм без підсилювача: 1 – чохол; 2 – вкладиш; 3 – пружина; 4 – палець; 6 – кульовий шарнір; 7 – рульова рейка*

Рейковий механізм більш відомий і простий. Він недорогий, компактних розмірів. Перевагою є невелика кількість шарнірів, високий ККД. Рейкові передачі й передачі типу «черв'як – ролик», як такі, що забезпечують порівняно невелике передаточне число, застосовують переважно на легкових автомобілях. Значно більш складні рульові приводи

мають повнопривідні автомобілі, у яких число важелів і шарнірів значно збільшується.

Законодавство, піклуючись про безпеку дорожнього руху, вносить свої зауваження до роботи рульового управління: зусилля не більше 150 Н для робочої системи управління та підсилювач повинен працювати так, щоб допомагати водієві на поворотах. Тому з такими умовами став справлятися гідропідсилювач, перший з яких з'явився 1951 року.

Сьогодні підсилювачем рульового управління оснащують переважну більшість автомобілів. Навіть маленькі машинки, як правило, отримують підсилювачі вже в базових комплектаціях. І не тільки для комфорту. Невидимий помічник, зменшуючи зусилля на кермі, дозволяє зменшити передавальне відношення в рульовому механізмі й відповідно кількість обертів рульового колеса. Це дозволяє простіше втримати автомобіль на заданій траєкторії після різкого маневру.

До недавнього часу існували два варіанти рульових механізмів із вбудованими гідропідсилювачами: рейкові й «гвинт – кулькова гайка – сектор». Останні ставили на великі автомобілі та позашляховики (наприклад, «Волги», «Соболі», УАЗи).

Сьогодні й на важких машинах усе частіше з'являються компактні рейки.

*Принцип дії рейкового механізму з гідропідсилювачем.* У корпусі – розподільний клапан із чутливим елементом – торсіоном, пов'язаний із рульовим валом. Водій повертає кермо, і торсіон, закручуючись, переміщує золотник. Той відкриває отвори масляних каналів, що йдуть до силового циліндра гідропідсилювача. Останній підштовхує рейку, знижуючи зусилля на кермі. Коли водій перестає крутити кермо, торсіон повертається у вихідне положення, а рідина перепускається назад у бачок.

Продуктивність насоса, що приводиться в дію пасом від колінвала, повинна бути такою, щоб при роботі двигуна на холостому ході водій міг крутити кермо без «заїдань» зі швидкістю не менше 1,5 об/с. Надлишковий тиск стравлює перепускний клапан.

Усе ж отримувати задоволення від роботи гідравлічного управління дорого. Технології і точність виготовлення вимагають відповідних витрат, до того ж до мінусів додається затрата потужності, тому що насос із приводом від двигуна.

Майбутнє, на думку автомобілебудівників, – за електричним підсилювачем керма. Тут електромотор несе відповідальність за поворот, він сполучений з рейкою. Пристрій має низьку ціну, розташовується під панеллю приладів у салоні. Крім економічності, перевагою є надійність, відсутність залежності від температур, потреби доливати рідину, обороти двигуна не впливають на роботу підсилювача.

Успішні спроби витіснити гідравліку з рульового управління зробили наприкінці минулого століття. Сьогодні на багатьох автомобілях уже працюють електромеханічні підсилювачі.

Принцип дії електро- і гідропідсилювача багато в чому схожий. Повертаючи кермо, водій закручує торсіон – чутливий елемент, що посиляє сигнал до комп'ютера. Той віддає команду електромотору, який закручує рульовий вал, знижуючи зусилля на кермі.

Зробити управління комфортним, як у процесі паркування, так і на швидкісній трасі, допомагають рульові механізми зі змінним передавальним відношенням: у центрі рейки зуби нарізані з маленьким кроком, на кінцях – крок більший. При незначних кутах повороту машина не так гостро реагує на дії кермом, що дуже важливо на великих швидкостях, зате, розвертаючись, крутити кермо доводиться менше.

Історія рульового управління приводить нас до того, що в 1989 році з'являється «servotronic» – система, що замінює гідропідсилювач. Вона створює додатковий комфорт і безпеку завдяки можливості регулювання зусилля на кермі залежно від швидкості.

Система дозволяє легко підібрати індивідуальні налаштування для автомобіля чи водія. Рульове колесо рухається без особливих зусиль, причому при підвищенні швидкості сили потрібно більше. Плюсом є значна чутливість, але «з'їдається» паливо, і знову ж наноситься шкода екології. Проте такі марки, як «BMW», «Вольво», «Порше» сьогодні активно задіюють «servotronic».

У верхній частині розподільника знаходиться так звана камера зворотної дії. У ній рухається поршень, пов'язаний із золотником.

Коли водій повертає кермо праворуч, золотник відкриває шлях рідині до силового циліндра і допомагає рейці повертати колеса. Одночасно масло через електромагнітний клапан (ним керує електронний блок, який одержує інформацію від датчика швидкості) починає надходити в камеру зворотної дії. Один з перепускних клапанів відкривається, виникає різниця тисків, і поршень, опускаючись, обмежує хід золотника. Тиск у силовому циліндрі гідропідсилювача падає, а зусилля на кермі, навпаки, зростає. Коли водій перестає крутити кермо, золотник і зворотний клапан закриваються.

При повороті вліво відкривається інший перепускний клапан, поршень піднімається, знову коригуючи пересування золотника, а тиск стравлюється в іншій частині силового циліндра.

При паркуванні і русі з малими швидкостями (приблизно до 20 км/год) електромагнітний клапан, що обмежує подачу рідини в камеру зворотної дії, закритий: кермо можна повернути з малим зусиллям. Із зростанням швидкості клапан поступово відкривається, і зусилля на кермі зростає.

Пристрій працює ефективно й надійно. Але гідравлічний насос забирає сили двигуна, а значить, той «з'їдає» зайве паливо, шкодить екології. Особливо небажаний такий «нахлібник» малопотужним двигунам.

Конструктори знайшли інше рішення – тиск робочої рідини нагнітає електричний насос. Блок керування одержує інформацію від датчиків обертання керма та швидкості автомобіля.

Виробники скрупульозно підраховали, що завдяки електрогідравлічним підсилювачам автомобіль економить близько 0,2 л/100 км. Важливо і те, що інженерам простіше підбирати характеристики та налаштовувати пристрій для конкретної моделі.

Поряд з такими традиційними напрямками вдосконалення рульового управління, як підвищення його надійності й зниження вартості виробництва останнім часом намітилася тенденція до розроблення електронних пристроїв, що допомагають водієві оптимально управляти траєкторією автомобіля.

Наступний крок – так зване активне управління (Active Steering).

Одна з таких систем – ESP, інша система, встановлювана на деяких легкових автомобілях BMW, позначається аббревіатурою AFS – Active Front Steering (активна система управління передніми колесами) (рис. 7). Система AFS має розрізний рульовий вал, обидві половини якого з'єднані за допомогою здвоєного планетарного редуктора. Корпус редуктора може повертатися за допомогою електродвигуна, що вмикається по сигналу електронного блока управління, сполученого з датчиками. Таким чином, система AFS, що аналізує параметри криволінійного руху автомобіля в кожний момент часу, може збільшувати або зменшувати кут чи куту швидкість повороту керованих коліс, тим самим допомагаючи водієві оптимально управляти автомобілем.

Головна перевага – можливість змінювати передавальне відношення між кермом і колесами. Коли ви рухаєтеся на малій швидкості, передавальне відношення мінімальне, а кількість повних обертів керма не більше двох. Із зростанням швидкості машини управління стає менш чутливим, і електромотор, підкручуючи водило планетарного редуктора, збільшує передавальне відношення.

Активне рульове управління, співпрацюючи з іншими системами, здатне допомогти і в складних ситуаціях. Наприклад, машину занесло. Комп'ютер, «опитавши» датчики кута повороту керма і швидкості обертання коліс, увімкне електромотор. Той зменшить передавальне відношення, щоб водієві було легше утримати автомобіль на потрібній траєкторії. Активне кермо корисне і при екстремому гальмуванні з ABS. Якщо зупинитися вчасно не вдається – водієві простіше уникнути зіткнення.



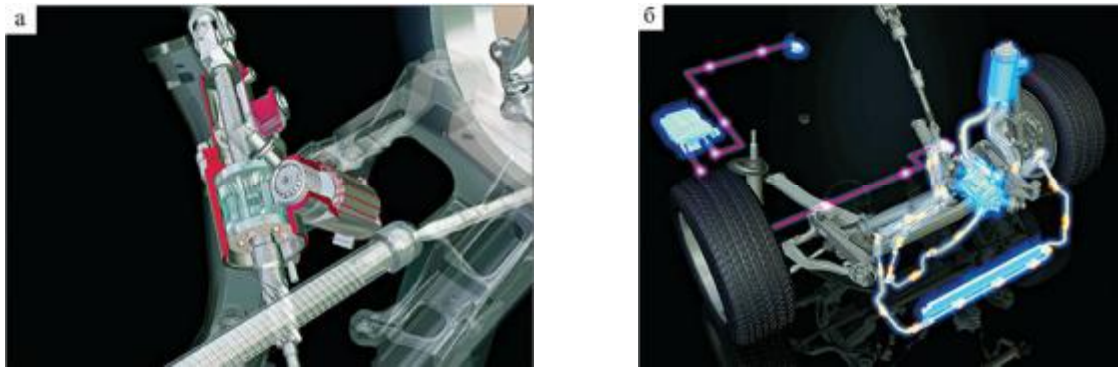


Рис. 7. Система AFS: а – рульовий механізм; б – загальний вигляд

Таким чином, система AFS, що аналізує параметри криволінійного руху автомобіля в кожний момент часу, може збільшувати або зменшувати кут чи кутову швидкість повороту керованих коліс, тим самим допомагаючи водієві оптимально управляти автомобілем.

Першими із серійних моделей подібний пристрій «приміряли» нові «п'ятірки» БМВ (ЗР, 2002, № 10; 2003, № 7). Імовірно, незабаром такі системи «пропишуться» на багатьох автомобілях, доки їм на зміну не прийде так зване управління через дроти.

Ведучі автомобілебудівні компанії посилено працюють над системами без механічного зв'язку між кермом і колесами – система Steer by wire.

Обертання керма відстежує спеціальний датчик. Електронний блок, отримуючи інформацію про швидкості, бічні й вертикальні прискорення, посилає сигнал на актуатори – електромотори, які обертають колеса.

Переваги такої системи очевидні. У критичній ситуації автомобіль зможе самостійно швидше повернути колеса на потрібний кут. Припустимо, системі стабілізації не вдалося запобігти заносу, і машина, як дзига, закрутилася на обмерзлому шосе. Швидкодіюча електроніка, «опитавши» датчики, поверне кермо у необхідному напрямку на скільки потрібно та пригальмує одне або кілька коліс.

Самостійність автомобіля набагато спростить життя водія, наприклад, комп'ютер спритно припаркується. А коли машини навчать добре «бачити», вони зможуть об'їжджати перешкоди.

Такі системи вигідні й технологічно: протягнути дроти куди простіше, ніж вал із шарнірами. Рульова трапеція отримує відставку – різні кути повороту коліс задають самі електромотори. З точки зору пасивної безпеки така конструкція краща.

У таких системах традиційне рульове колесо стає необов'язковим і може бути замінено, наприклад, джойстиком.

**Висновки.** Сучасне рульове управління автомобіля являє собою складну мехатронну систему, до складу якої входить велика кількість сенсорних і електронних пристроїв, програмне забезпечення й виконавчі

механізми. Надалі їх кількість буде збільшуватися, і все більшого значення набуватиме досконале програмне забезпечення та безпека руху.

Комп'ютеризація машин дає можливість повної роботизації систем керування. Уже сьогодні прототипи (концепти) автомобілів можуть самі паркуватися, об'їжджати перешкоди, контролювати швидкість і різкість повороту, рухатися заданим маршрутом без участі водія. Майбутнє за мехатронікою. Уже у найближчому майбутньому для невимушеної поїздки на прекрасному автомобілі буде достатньо однієї кнопки.

### *Література*

1. Биргер И.А. *Техническая диагностика* / И.А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.
2. Борц А.Д. *Диагностика технического состояния автомобиля* / А.Д. Борц, Я.Х. Закин, Ю.В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 158 с.
3. Говорущенко Н.Я. *Основы теории эксплуатации автомобилей* / Н.Я. Говорущенко. – К.: Вища школа, 1971. – 232 с.
4. Вахламов В. К. *Автомобили. Эксплуатационные свойства* / В.К. Вахламов. – М.: Академия, 2006.
5. Антонов Д. А. *Теория устойчивости движения многоосных автомобилей* / Д. А. Антонов. – М.: Машиностроение, 1978. – 216 с.
6. Певзнер Я. М. *Теория устойчивости автомобиля* / Я. М. Певзнер. – М.: Машигиз, 1947. – 156 с.
7. Литвинов А.С. *Управляемость и устойчивость автомобиля* / А.С. Литвинов. – М.: Машиностроение, 1971. – 416 с.
8. *Большая история автомобиля: рождение и развитие автомобиля* [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье: <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/istoriya/bolshaya-istoriya-avtomobilya-rozhdenie-i-razvitie-avtomobilya/>.
9. *Рулевые механизмы, история развития* [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье: [http://agregat.ucoz.ru/publ/rulevye\\_mekhanizmy\\_istorija\\_razvitija/1-1-0-2](http://agregat.ucoz.ru/publ/rulevye_mekhanizmy_istorija_razvitija/1-1-0-2).
10. *Развитие рулевого управления в ходе истории* [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье: <http://365cars.ru/istoriya/kak-razvalos-rulevoe-upravlenie.html> © 365CARS.RU.
11. *Процесс развития рулевого управления* [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье: <http://fiat-professional.net/процесс-развития-рулевого-управления/>.

12. Направления развития конструкции рулевого управления [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье: [http://wiki.zr.ru/Направления\\_развития\\_конструкции\\_рулевого\\_управления](http://wiki.zr.ru/Направления_развития_конструкции_рулевого_управления).

Надійшла до редакції 20.11.2014

© М.М. Шпилька, А.М. Шпилька, Б.М. Нестеренко

**УДК 621.432.3**

*Н.Н. Шпилька, к.т.н., доцент*

*А.Н. Шпилька, старший преподаватель*

*Б.Н. Нестеренко, студент*

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

## **ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ**

*В статье приведена история развития рулевого управления колесными транспортными средствами, начиная с конных повозок, первых самодвижущиеся экипажей и самокатных колясок конструкции И.П. Кулибина, А. Дюрер, Л. Шамшуренкова, К. Драйза и др. до современных автомобилей.*

*Современное рулевое управление автомобиля представляет собой сложную мехатронную систему, в состав которой входит большое количество сенсорных и электронных устройств, программное обеспечение и исполнительные механизмы. В дальнейшем их количество будет увеличиваться, и все большее значение будет приобретать совершенное программное обеспечение и безопасность движения.*

*Компьютеризация машин дает возможность полной роботизации систем управления.*

**Ключевые слова:** автомобиль, привод управления.

*N.N. Shpilka, Ph.D., associate professor  
A.M. Shpilka, senior Lecturer  
B.M. Nesterenko, student  
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University*

## **HISTORY, MODERN CONDITION AND CARS STEERING DEVELOPMENT PROSPECTS**

*In the article the history of steering control the wheeled transport vehicles development is resulted, beginning from equestrian carts, first automotive and self-propelled carriages of construction of I.P. Kulibin, A. Bolle, Dyurer, Shamshurenkov, Drayz and other to the modern cars.*

*The modern car steering system is difficult mechatronic system, which has plenty of sensory and electronic devices, software and executive mechanisms. Its amount will be increased in future, and perfect software and safety of motion will acquire an all greater value.*

*Computerization of machines enables complete control system robotization.*

**Keywords:** *car, steering transmission.*