

МЕТОДИКА ЗА ИДЕНТИФИКАЦИЯ НА СЪСТОЯНИЕТО НА КОРМИЛНИ УРЕДБИ С ХИДРАВЛИЧНО УСИЛВАНЕ ТИП ЗЪБНА РЕЙКА

ВОЛОДЯ КИРОВ

Катедра „Двигатели, автомобилна техника и транспорт”, Транспортен факултет, Технически университет, София, България
vkirov@tu-sofia.bg

ОГНЯН ЯНАКИЕВ

Катедра „Двигатели, автомобилна техника и транспорт”, Транспортен факултет, Технически университет, София, България
oyanakiyev@tu-sofia.bg

КРАСИМИР НЕДЕЛЧЕВ

Катедра „Механика”, Транспортен факултет, Технически университет, София, България
krasined@tu-sofia.bg

Резюме:

В работата е представена методика за определяне на състоянието на елементите на кормилна система с хидравлично усилване тип зъбна рейка по определени характерни параметри при лабораторни условия. Представени са основните неизправности, причините които ги предизвикват и параметрите, с които могат да се идентифицират. Представени са експериментални резултати на параметри характеризиращи някои характерни неизправности на елементи от кормилната система.

Keywords: *кормилни системи, измервателна система, хидравлични усилватели, неизправности.*

METHODS FOR IDENTIFICATION OF STATE STEERING SYSTEMS WITH HYDRAULIC AMPLIFICATION TYPE RACK

VOLODIA KIROV

Dept. Combustion Engines, Automobile Engineering and Transport, Technical University – Sofia, Bulgaria
vkirov@tu-sofia.bg

OGNYAN YANAKIEV

Dept. Combustion Engines, Automobile Engineering and Transport, Technical University – Sofia, Bulgaria
oyanakiyev@tu-sofia.bg

KRASIMIR NEDELICHEV

Dept. Combustion Engines, Automobile Engineering and Transport, Technical University – Sofia, Bulgaria
krasined@tu-sofia.bg

Abstract:

This work presents a methodology for determining the condition of the elements of the hydraulic steering system with a hydraulic amplifier of a rack type in certain characteristic parameters under laboratory conditions. Presents the basic malfunctions, reasons which causing them and the parameters which can identify them. Represented are experimental results of parameters characterizing a typical faults of components of the steering system.

Keywords: *power steering system, measurement systems, hydraulic amplification, hydraulic pump.*

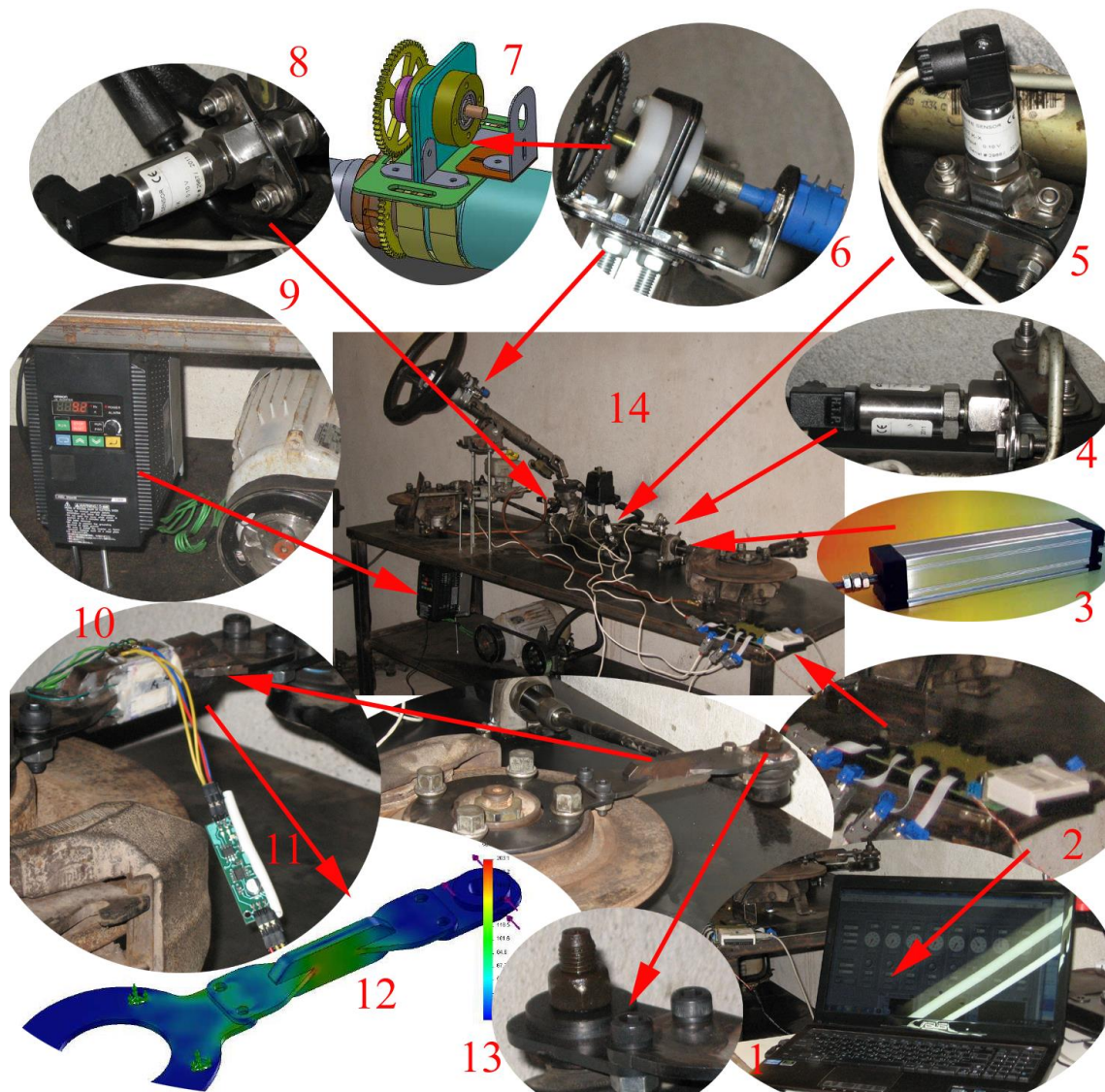
1. Въведение

Кормилните уредби с хидравлично и електро-хидравлично усилване се използват масово в леките автомобили произвеждани до момента, независимо от тенденцията за преминаване към кормилни системи с електрическо усилване. Изправността на кормилната система е от

съществено значение за безопасното движение на автомобилите. Това определя необходимостта от навременно откриване и отстраняване на неизправностите по тази система. За откриването на неизправностите е необходимо да се знае взаимовръзката им с основните параметри (налягане, преместване, сили и др.) в тези системи. Те се определят сравнително лесно с помощта на

сензори непрекъснато във времето или в определени моменти. Така въз основа на стойностите на основните параметри на системата може да се следи непрекъснато по време на експлоатацията или само по време на преглед състоянието на кормилната система.

кормилна система с хидравлично усилване тип зъбна рейка по определени характерни параметри при лабораторни условия.



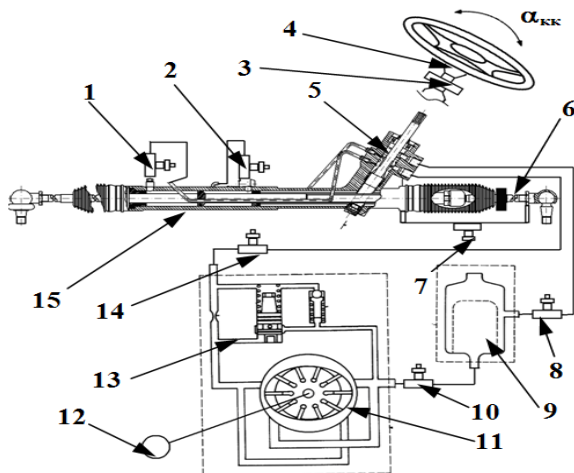
Фиг. 2. Стенд за изследване на параметрите на на кормилни системи с хидравлично усилване тип зъбна рейка.

1 – компютър със софтуер за визуализация и запис на информацията от сензорите; 2 – АЦП NI 6008 със съгласуващ модул; 3 – Сензор за линейно преместване, 300 мм; 4 – сензор за налягане в дясната камера на хидравличният цилиндър, 160 bar; 5 – сензор за налягане в лявата камера на хидравличният цилиндър, 160 bar; 6 – сензор с предавателен механизъм за ъглово завъртане на кормилното колело, ± 900 deg; 7 – проект на предавателеният механизъм за сензора за ъглово завъртане на кормилното колело; 8 – сензор за налягане на входа на разпределителя на кормилния механизъм, 160 bar; 9 – честотно управление (OMRON JXAB022) на ел. двигателя задвижващ хидравличната помпа; 10 – тензометричен сензор за надлъжно усилие в зъбния гребен на кормилния механизъм; 11 – усилвател на тензометричния сензор за надлъжно усилие в зъбния гребен на кормилния механизъм; 12 – проект на тензометричен сензор за надлъжно усилие в зъбния гребен на кормилния механизъм; 13 – сменяем фланец за връзка с различни кормилни накрайници; 14 – Стенда за изследване на КСХУТЗР.

Целта на настоящата работа е да се представи методика за определяне на състоянието на основните елементи на

2. Методика за изпитване на кормилни системи с хидравлично усилване за леки автомобили при лабораторни изпитвания

2.1. Стенд за изпитване кормилна система с хидравлично усилване тип зъбна рейка.



Фиг.1 Схема на разположението на сензорите в кормилна система с хидравлично усилване.

На фиг. 1 е показана схемата стенда за изпитване кормилна система с хидравлично усилване тип зъбна рейка (КСХУТЗР). С цифри са посочени основните елементи, които са:

1 – сензор за налягане P1; 2 – сензор за налягане P2; 3 – сензор за усилието приложено в кормилното колело; 4 – сензор за ъгъл на завъртане на кормилното колело; 5 – разпределител на налягането в хидравличния цилиндър; 6 – сензор за силата действаща в пръта на зъбната рейка; 7 – сензор за линейно преместване на пръта на зъбната рейка; 8 – сензор за температура на хидр. течност; 9 – резервоар за хидравлична течност; 10 – сензор за дебит на хидр. течност; 11 – хидравлична помпа; 12 – сензор за оборотите на хидравличната помпа; 13 – предпазен/регулиращ клапан; 14 – сензор за налягането след хидравличната помпа P3; 15 – зъбна рейка с хидравлично усилване.

2.2. Основни неизправности

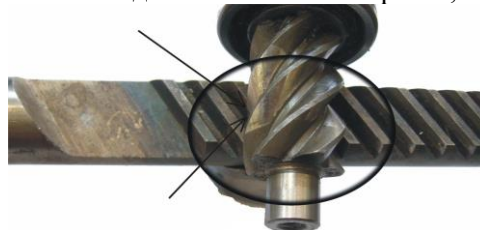
- 1) Свободен ход на кормилното колело по цялата дължина на зъбното зацепване (от крайно ляво до крайно дясно)
- 2) Свободен ход на кормилното колело само в праволинейно положение.
- 3) Повишена сила на съпротивление при въртене на кормилното колело без загуба на хидравлична течност.

- 4) Повишена сила на съпротивление при въртене на кормилното колело вследствие загуба на хидравлична течност.
- 5) Повишена сила на съпротивление при въртене на кормилното колело в едната посока на завъртане, без загуба на хидравлична течност.
- 6) Повишен шум (износване) на хидравличната помпа.
- 7) Отклонение от праволинейно движение на автомобила вследствие на дефект в кормилната система (износен разпределител).
- 8) Трепене при въртене на кормилното колело.
- 9) Повишена температура на хидравличната течност и др.

2.3. Причини за проявяването на неизправностите

1) Неизправности 1 и 2

- ❖ повишена хлабина по цялата дължина на зъбния гребен;



Равномерно увеличена хлабина в зъбното зацепване

Фиг. 3

- ❖ повишена хлабина само в средата на зъбния гребен;



Интензивно износване на зъбния гребен в средно положение

Фиг. 4

- ❖ износване на пиньона;



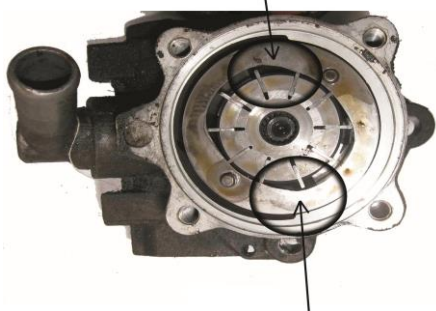
Износване на пиньона

Фиг.5

- ❖ неравномерно износване на пиньона и на зъбния гребен;

2) Неизправности 3 и 4

- ❖ износена на хидравличната помпа;



Фиг. 6

- ❖ пробив между буталото и хидравличния цилин дър;
- ❖ пробив в маркуците на хидравличната система;



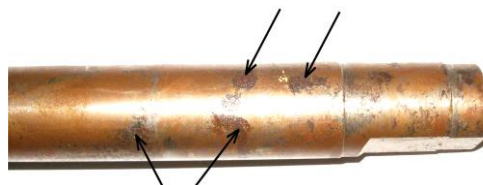
Фиг. 7

- ❖ пробив между следящия разпределител и главата на кормилния механизъм;
- ❖ пробив на прахоуловителния маншон в зоната на водещата втулка (в зъбната рейка прониква вода и в следствие те корозират. Силата на триене между двата лагеруващи детайла се увеличава, както и приложения момент върху кормилното колело);



Фиг. 8

- ❖ кородирал прът на зъбната рейка;



Фиг. 9

- ❖ кородирала водеща втулка на зъбната рейка;



Фиг. 10

- ❖ кородирал прът и водеща втулка на зъбната рейка

3) Неизправност 5 - деформация на зъбната рейка;

4) Неизправност 6

- ❖ Дефектирал лагер на помпата;
- ❖ Нарушени повърхности в хидравличната помпа (фиг. 6);
- ❖ Въздух в системата;
- ❖ Намалено ниво на хидравлична течност.

5) Неизправност 7 – неравномерно подаване на хидравлична течност от разпределителя към двата кръга;

6) Неизправност 8 – дефектирали резонатори в тръбопровода за високо налягане

7) Неизправност 9 – запушване на тръбопровода.

2.4. Измервани параметри и характеристики

1) $M_{kk}=f(t, F_k)$ – момент на завъртане на кормилното колело, с и без хидравличен усилвател, N.m;

2) $\alpha_{kk} =f(t)$ – ъгъл на завъртане на кормилното колело, deg;

3) $L_{зр}=f(t)$ – надлъжно преместване на зъбната рейка, mm;

- 4) $F_k = f(t)$ – сила на съпротивление действаща върху пръта на зъбната рейка, N;
- 5) $Q = f(t)$ – дебит на хидравлична течност през хидравличната помпа, l/min;
- 6) $t^0 = f(t)$ – температура на хидравличната течност, deg;
- 7) $p_1 = f(t)$ – налягане след хидравличната помпа, МРа;
- 8) $p_2 = f(t)$ – налягане в напорната магистрала към лявата камера на хидравличния цилиндър, МРа;
- 9) $p_3 = f(t)$ – налягане в напорната магистрала към дясната камера на хидравличния цилиндър, МРа;
- 10) n – обороти на ел. двигателя (хидравличната помпа), задават се чрез инвертора, min^{-1} .

2.5. Идентификационни параметри за различните неизправности

- 1) за идентифициране на неизправности 1 и 2:

$$\Delta L(t) = \alpha_{kk}(t) \cdot \frac{\pi}{180} \cdot r_d - L_{zp}(t), \text{ mm}; \quad (1)$$

$$\Delta \alpha \leq \frac{360}{n_d}, \text{ deg}, \quad (2)$$

където r_d е делителен радиус на пиньона на зъбната рейка, mm, а n_d е броя на зъбите на пиньона.

- 2) за идентифициране на неизправности 3 и 4:

$$M_{kk} = f(t, F_k), F_k = f(t) \quad (3)$$

$$p_1 = f(t), p_2 = f(t), p_3 = f(t) \quad (4)$$

$$Q = f(t) \quad (5)$$

- 3) за идентифициране на неизправности 5:

$$M_{kk} = f(\alpha_{kk}), F_k = f(\alpha_{kk}) \quad (3)$$

- 4) за идентифициране на неизправности 6:

$$p_1 = f(t) \text{ и } Q = f(t) \quad (6)$$

- 5) за идентифициране на неизправност 7:

$$M_{kk} = f(t, F_k), \alpha_{kk} = f(t), \quad (7)$$

$$p_1 = f(t) \text{ и } p_2 = f(t) \quad (8)$$

- 6) за идентифициране на неизправност 8:

$$p_1 = f(t) \text{ и } Q = f(t) \quad (9)$$

- 7) за идентифициране на неизправност 9:

$$t^0 = f(t) \quad (10)$$

2.6. Последователност на работа

Последователността на работа при изследване на параметрите и характеристиките на КСХУТЗР може да се представи като последователност от определени действия, които са:

- 1) Монтиране на сензорите към изследваната КСХУТЗР, чрез трипътници за съответният вид рейка на подходящи места, така че да могат да се монтират сензорите за налягане;
- 2) Настройване на каналите на Аналого-Цифровия Преобразувател (АЦП), от които ще се записва информация. По подразбиране системата записва само от първи канал (Dev1/ai0). За записване на информация от всички сензори е необходимо да се коригира настройката като в прозореца за избор на входни канали (Physical channel) се напише – Dev1/ai0:7;
- 3) Настройване на входовете на аналог-цифровия преобразувател (USB-6008). За работа на системата е необходимо настройката на каналите да е тип „RSE” (в полето за настройка „Input configuration”);
- 4) Стартиране на програмата (SteeringWheel_8ch_2ch.vi) за запис и обработка на информацията от сензорите. При стартирането на програмата, информацията от сензорите само се визуализира на отделните екрани без да се записва. Записа на информация се активира и деактивира от бутона „Record” разположен в основният прозорец на програмата;
- 5) Настройване/нулиране на каналите на отделните сензори. В резултат на различни причини (смущения от захранването и др.) не може да се получи „пълно” нулиране на показанията на сензорите;
- 6) Пускане на ел. двигателя задвижващ хидравличната помпа на изпитваната

система при изпитване на системата с хидроусилване;

- 7) Реализиране на характерни работни режими на КСХУТЗР, необходими за получаването на необходимата ни информация за идентификация на състоянието на КСХУТЗР:

- идентифициране на неизправности 1 и 2 – от крайно ляво положение на управляемите колела кормилното колело се завърта надясно последователно на ъгъл $2\Delta\alpha$ надясно, след това на ъгъл $\Delta\alpha$ наляво, до момента на достигане на крайно дясно положение, след това обратно до крайно ляво/изходно положение;
- идентифициране на неизправности 3, 4 и 5 – от крайно ляво положение на управляемите колела кормилното колело се завърта надясно равномерно до крайно дясно положение, след това обратно до крайно ляво/изходно положение;
- идентифициране на неизправности 6 – от крайно ляво положение на управляемите колела кормилното колело се завърта надясно равномерно до крайно дясно положение, след това обратно до крайно ляво/изходно положение. Променят се оборотите на ел. двигателя и се повтаря процедурата отново и така няколко пъти (4÷8);
- идентифициране на неизправност 7 – кормилното колело се поставя в неутрално положение, освобождава се и се записват параметрите в продължение на 10 – 20 s.
- идентифициране на неизправност 8 – от крайно ляво положение на управляемите колела кормилното колело се завърта надясно равномерно до крайно дясно положение, след това обратно до крайно ляво/изходно положение. Променя се натоварването на рейката и се повтаря процедурата отново и така няколко пъти (4÷8)

Забележка: Всички идентификационни параметри за посочените по горе неизправности се проверяват при работеща хидравлична помпа. При не работеща хидравлична помпа на изпитваната КСХУТЗР се използва изправна за проверка на останалите елементи от системата.

- 8) Спиране на системата;

- 9) Последваща обработка на информацията. Записаните идентификационни параметри се сравняват със зададени/еталони за съответната КСХУТЗР.

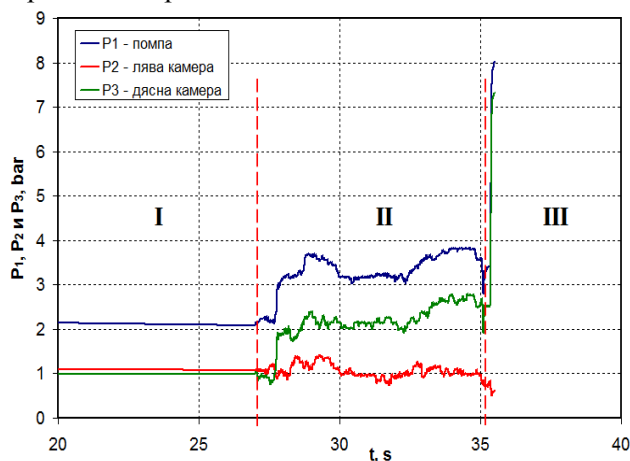
- 10) Анализ на състоянието на КСХУТЗР.

3. Експериментални резултати

На фиг.11, 12 и 13 са представени експериментални резултати на снети характеристики на $P1=f(t)$, $P2=f(t)$ и $P3=f(t)$ с измервателната система.

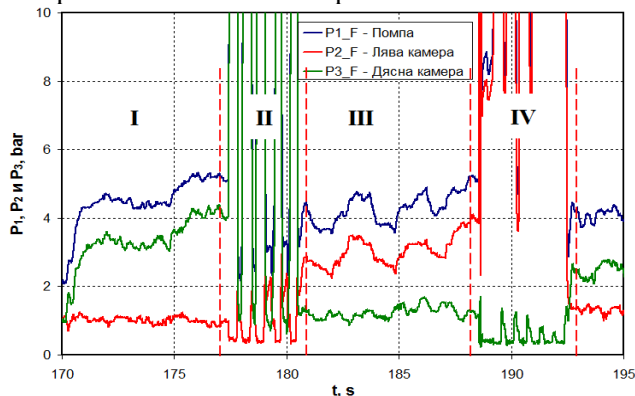
За да се намалят смущенията върху измервания сигнал е извършено програмно филтриране на сигнала с нискочестотен филтър с честота 25 Hz.

На фиг. 11, 12 и 13 са показани измененията на наляганията в системата при различни съпротивителни сили действащи на зъбният гребен на кормилния механизъм.



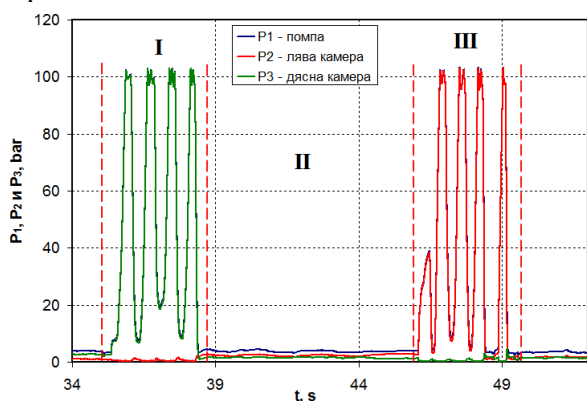
Фиг. 11. Графика на налягането в кормилната система.

Зона I – налягане в системата при неподвижно кормилно колело; Зона II – налягане в системата при завъртане на кормилното колело, без наличието на външна съпротивителна сила в кормилните накрайници; Зона III – налягане в системата при сработване на предпазният клапан в крайно положение на кормилният механизъм.



Фиг. 12 Графика на налягането в кормилната система.

Зона I и III – налягане в системата при завъртане на кормилното колело, при наличието на външна съпротивителна сила в кормилните накрайници; Зона II и IV – налягане в системата при сработване на предпазният клапан в крайно положение на кормилният механизъм.



Фиг. 13 Графика на налягането в кормилната система.

Зона I – налягане в системата при сработване на предпазният клапан в крайно ляво положение на кормилният механизъм; Зона II – налягане в системата при завъртане на кормилното колело, без наличието на външна съпротивителна сила в кормилните накрайници; Зона III – налягане в системата при сработване на предпазният клапан в крайно дясно положение на кормилният механизъм.

4. Заключение

Представената методика позволява да се определят явните неизправности в КСХУТЗР. По този начин, също така въз основа на

измерваните характеристики и параметри предварително могат да се определят неявни неизправности, които ще се проявят след определено време по време на експлоатацията на автомобила.

Благодарности

Изследванията в тази работа са извършени благодарение на финансирането по дог. 112пд014-4 от Вътрешния конкурс за научни изследвания на ТУ – София, сесия 2011 г.

Литература

- [1] Неделчев К.И., Гигов Б. И., Система за експериментално изследване на статичните характеристики на пневматични гуми, trans&MOTAUTO'07+, 08.10 – 10.11.2007г., Русе.
- [2] Неделчев К. И., Димитров С. С., Методика за експериментално изследване на характеристиките на хидростатична кормилна уредба,, trans&MOTAUTO'09, 17.09 – 19.09.2009 г., Слънчев бряг.
- [3] Figliola R., Beasley D., Theory and Design for Mechanical Measurements, John Willey & Sons, 2011.
- [4] Раймпел Й., ШАСИ АВТОМОБИЛЯ – Рулевое управление, Машиностроение, Москва, 1987
- [5] К. Неделчев, Киров В., Янакиев О., Система за мониторинг на параметрите на кормилни системи с хидравлично усилие тип зъбна рейка, БулТранс2011, 27.09-31.09.2011, Созопол, стр. 161 – 165.