
MOTOR VEHICLE DYNAMICS - DIAGNOSTICS, DYNAMIC AND SPEED CHARACTERISTICS OF THE VEHICLE

Slobodan Stefanović

Academy of Technical - Educational Vocational Studies, Nis, Vranje section, Serbia,
slobodanstef@gmail.com

Stefan Mladenović

Academy of Technical - Educational Vocational Studies, Nis, Vranje section, Serbia

Abstract: The torque M and the number of engine revolutions n are, as shown in this paper, transformed into the circumferential (traction, driving) force at the point F_O and the speed of the vehicle v . The speed characteristic of the engine is reflected, as a function of the transmission parameters, in the characteristic of the available circumferential force as a function of the speed of movement. By analogy with the speed characteristic of the engine, this characteristic is called the traction-speed characteristic of the vehicle, which is the output indicator of the joint operation of the propulsion engine and the vehicle transmission, taking into account the dynamic radius of the wheels.

In the case of diagnostic analysis in the process of vehicle maintenance, a rule called "six steps" can be found in the literature. This rule can be briefly described as organized problem solving, which is done in Title 2 of this paper.

Keywords: vehicle diagnostics, dynamic characteristic, towing - speed characteristic.

ДИНАМИКА МОТОРНОГ ВОЗИЛА - ДИЈАГНОСТИКА, ДИНАМИЧКА И БРЗИНСКА КАРАКТЕРИСТИКА ВОЗИЛА

Слободан Стефановић

Академија техничко – васпитачких струковних студија, Ниш Одсек Врање,
slobodanstef@gmail.com

Стефан Младеновић

Академија техничко – васпитачких струковних студија, Ниш Одсек Врање,

Резиме: Обртни момент M и број обртаја мотора n се, као што је показано у овом раду, трансформишу у обимну (вучну, погонску) силу на точку F_O и брзину кретања возила v . Брзинска карактеристика мотора пресликава се, у функцији параметара трансмисије, у карактеристику расположиве обимне силе у функцији брзине кретања. Према аналогiji са брзинском карактеристиком мотора, ова карактеристика назива се вучно-брзинска карактеристика возила, која представља излазни показатељ заједничког рада погонског мотора и трансмисије возила, узимајући у обзир и динамички радијус точка.

У случају анализе дијагностике у процесу одржавања транспортних средстава у литератури се може наћи правило под називом „шест корака“. Ово правило се кратко може описати као организовано решавање проблема што је и учињено у наслову 2 овога рада.

Кључне речи: дијагностика возила, динамичка карактеристика, вучно – брзинска карактеристика.

1. УВОД - ОПШТЕ О ТЕОРИЈИ КРЕТАЊА

Основни задатак теорије кретања возила је проучавање дејства сила на возило, односно њихових узрока и последица.

Прва подела ове области може се извршити према карактеру подлоге по којима се возило креће, па се посебно разматрају:

- Теорија кретања по тврдим подлогама (друмска возила), и
- Теорија кретања по меким подлогама (ванпутна возила).

У овом раду биће анализирано кретања возила по тврдим деформабилним подлогама са аспекта динамике возила.

С обзиром на разноврсност типова земљишта, велик број утицајних параметара чије су варијације у реалним условима често интензивне и стохастичке (влажност, просторна расподела механичких својстава...), а на крају и због комплексног напонско – деформацијског земљишта.

У проучавању кретања друмских возила, возило се креће по недеформабилној подлози односно механичка својства подлоге су таква да се њене деформације под утицајем возила могу занемарити. Дисциплина која проучава кретање возила по тврдим подлогама се уобичајено назива ДИНАМИКА ВОЗИЛА.

Свако возило које врши кретање као што је аутомобил на пример, представља објекат који је изложен одређеним силама отпора.

Силе отпора које дејствују на возило у кретању могу се поделити на унутрашње и спољашње силе отпора.

Под унутрашњим силама отпора подразумевају се све силе које дејствују при преносу снаге од мотора до тачка.

Силе отпора при кретању возила из стања мировања (покретање возила из места) зависе од стања коловоза, пнеуматика и масе возила, а потом од пластиних и еластичних деформација подлоге, еластичних деформација токова и инерционих сила као силе отпора при убрзању.

2. ДИЈАГНОСТИКА МОТОРНИХ ВОЗИЛА ПРИМЕНОМ САВРЕМЕНОГ ДИЈАГНОСТИЧКОГ СИСТЕМА

У случају анализе дијагностике у процесу одржавања транспортних средстава у литератури се може наћи правило под називом „шест корака“. Ово правило се кратко може описати као организовано решавање проблема.

Правило „шест корака“ обухвата: прикупљање података, анализа података, лоцирање (отказа) неисправности, проналажење узрока настанка неисправности и дефинисање поступка за отклањање, отклањање неисправности, тестирање система у циљу провере успешности обављања поступка отклањања неисправности.

Прикупљање података обухвата скуп активности које су усмерене ка прикупљању свих релевантних информација које је неопходно познавати да би се настала неисправност могла успешно отклонити. Као извор датих информација може послужити разговор са возачем, преглед дотадашњих активности које су остварене у погледу одржавања посматраног транспортног средства или коришћење расположивог дијагностичког система.

Анализа података има за циљ систематизацију приспелих информација. Ту је потребно одвојити за даљу анализу оне податке који могу бити значајни за отклањање настале неисправности. Следећи корак се састоји у одређивању локације неисправности. Овде треба бити опрезан, јер у случају примене неког савременог дијагностичког система корисник може добити информацију да је одређени систем неисправан и ако то није случај. У том случају увек је неопходно тачно утврдити да ли је настала неисправност анализираним система или је настала неисправност сензора којим се мери квалитет рада анализираним система.

У пракси, веома често, после локализовања неисправности следи као први следећи корак њено отклањање. Према правилу „шест корака“ отклањању неисправности неопходно је да претходи проналажење узрока настанка неисправности и дефинисање поступка за отклањање.

На тај начин се осим на последицу делује и на узрок, чиме се спречава настанак ситуације у којој ће у релативно кратком временском интервалу поново да се појави иста неисправност на анализираним транспортном средству. У циљу верификације претходно остварених корака следи тестирање система у циљу провере успешности обављања поступка отклањања неисправности.

Примена правила „шест корака“ представља неопходан предуслов за остваривање успешне дијагностике и успешног отклањања уочених недостатака на транспортном средству. На ниво успешности претходних радних операција као и на брзину њиховој обављања утиче и квалитет примењеног дијагностичког система. Успешна примена савременог дијагностичког система захтева задовољење одређених техничких услова који се базирају на техничким карактеристикама коришћене опреме и техничкој образованости радника. Претходни услови се могу груписати у своје три основне групе:

- Транспортно средство је неопходно да буде опремљено са свим потребним електронским елементима неопходним за обављање дијагностике (давачи, сензори) и централним рачунаром који се налази на возилу и који је на директан или индиректан начин спојен са свим електронским елементима,
- Неопходно је поседовати дијагностички апарат који се специјалним кабловима спаја са транспортним средством,
- Потребно је да радник који ради на пословима дијагностике буде квалитетно обучен за обављање дијагностике транспортног средства применом расположивог савременог дијагностичког система.

Поређењем дијагностичких система различитих произвођача транспортних средстава може се уочити строго поштовање претходно дефинисаних услова. Оно што прави разлику између произвођача је

техничко решење дијагностичког система, као и софтвер који се користи за његово управљање. Детаљи претходних решења су познати само произвођачу и овлашћеним сервисима.

Процес дијагностике подразумева поседовање транспортног средства које је опремљено са свим потребним електронским елементима неопходним за обављање дијагностике. Дијагностичар прилази возилу са дијагностичким апаратом којег повезује са централним рачунаром возила. Повезивање се врши се врши специјалним каблом.

Дијагностички апарат је најчешће израђен као лаптоп. Софтвер који је инсталиран у рачунару дозвољава ажурирање, које се може вршити путем мреже или инсталацијом са заштићеног цд-а који стиже од произвођача. Ажурирање је најчешће месечно уколико се ради путем цд-а, а уколико се ради путем мреже може бити и чешће. Ажурирање садржи све нове информације везане за експлоатацију возила (карактеристике одређених система, препоруке, досадашња искуства...), а све у циљу пружања већих могућности кориснику. Претходни подаци су општи и као такви се односе на групу возила истих карактеристика једног произвођача. Осим њих током дијагностике неопходно је користити и податке који су настали као резултат ранијих операција у процесу одржавања посматраног транспортног средства. У том циљу потребно је остварити ажурирање система током одржавања возила. То значи да је неопходно забележити било коју замену, оправку или интервенцију на возилу.

Радник који ради на словима дијагностике (дијагностичар) потребно је да поседује знатно већа знања од радника који раде у класичним радионицама. Као и до сада неопходно је да поседује одговарајућа знања о карактеристикама система који чине посматрано транспортно средство. Осим тога потребно је и да поседује способност коришћења рачунара. Такође не треба заборавити и потребу основног знања најмање енглеског језика. Та потреба је условљена чињеницом да су менији дијагностичких софтвера писани на енглеском језику. Зависно од произвођача у понуди су и други језици.

Одржавање возила има задатак да допринесе обезбеђењу услова за његово нормално функционисање. Систем одржавања возила карактерише се низом обележја концепцијске, организацијске и технолошке природе. Утврђивање стања возила представља један од основних задатака које треба решавати у оквиру њиховог одржавања. При томе посебно важну улогу има могућност идентификације манифестација различитих видова промене стања. Применом дијагностичких метода утврђује се стварно стање возила.

Постављање дијагнозе представља прву фазу сваке операције одржавања возила.

Почетком шездесетих година јавила се идеја да се корисницима ставе на располагању могућности за утврђивање стања возила објективним дијагностичким методама. Разлог примене дијагностике јесте да се запажањем или мерењем појединих манифестација рада делова возила прати стање возила и указује на потребу за одржавањем. Основни циљеви примене дијагностике су спречити појаву отказа, смањити трошкове одржавања и повећати ефикасност коришћења. У оквиру дијагностике се изучавају, утврђују и класификују откази возила, њихових склопова и делова, као и њихови симптоми, развијају методе и уређаји са циљем утврђивања њиховог стања.

Дијагностика возила је процес одређивања његовог стања и доношења оцене о том стању, а на основу регистрована симптома, укључујући при томе три основне етапе:

1) Утврђивање одступања дијагностичких симптома и параметара од њихових номиналних вредности;

2) Анализа карактера и узрока појаве одступања дијагностичких симптома и параметара од номиналних вредности; 3) Утврђивање карактеристичне величине рада без појаве отказа (број пређених километара, број часова рада).

За објективно утврђивање стања возила, неопходно је познавати његову структуру. Као резултат мерења дијагностичких параметара добијају се конкретне вредности које се упоређују са унапред утврђеним критеријумима, израженим преко тзв.

Функције критеријума или дијагностичког норматива. На основу резултата упоређивања доноси се закључак о стању. Ако је стање у отказу, онда се тражи место и узрок настанка тог стања.

Дијагностички објекат може бити возило као целина (онда је реч о општој дијагностици), или неки његов систем, механизам или део (тада се ради о тзв. локалној дијагностици).

Дијагностички објекат мора да омогући извршавање неопходних дијагностичких радњи. Овај захтев односи се на такозвану "погодност за дијагностику".

Стање возила описује се тзв. дијагностичким параметрима, који првенствено зависе од структуре возила. Структура возила се изражава помоћу делова који га сачињавају, као и помоћу веза између тих делова, а зависи од: броја и врсте делова који сачињавају структуру возила; величине и распореда делова; броја веза и врсте веза између делова возила и међусобних интеракција између делова.

Структурни параметри возила могу бити различите

- геометријске величине (дужинске мере, површина, запремина и сл.), механичке величине (маса, сила, притисак, напон и сл.),
- виброакустичке (амплитуда, фреквенција, јачина звука и сл.),
- електричне (напон, струја, отпор, капацитет, индуктивност и сл.),
- топлотне (температура, провођење топлоте, специфична топлота и сл.) и др

Структурни параметри, у суштини не поседују ни радне ни пратеће процесе, који се одвијају током коришћења возила, већ само описују понашање структуре.

Параметри излазних процеса или тзв. дијагностички параметри зависе од:

- 1) улазних карактеристика, тј. величина помоћу којих се иницирају радни процеси;
- 2) особина самих радних процеса који се одвијају;
- 3) спољашњег оптерећења и услова окружења у којима возило извршава своју функцију.

Код возила је честа појава тзв. пратећих процеса који настају као последица одређеног радног процеса, нпр. у процесу кочења ослобађа се топлотна енергија која насртаје трансформацијом енергије кретања у кочионом механизму. У овом случају нормални радни процес је треће док је повећање температуре делова кочионог механизма пратећи процес. Величине које карактеришу оба поменута процеса могу се узети за дијагностичке параметре.

За дијагностику возила, по правилу, користе се дијагностички параметри који су у исто време излазне величине радних процеса, односно његове перформансе. Карактеристике излазних процеса (радних и пратећих) могу да се примене у дијагностици као дијагностички параметри, односно као величине помоћу којих може да се изражава стање возила. Да би једна величина која изражава излазне карактеристике возила. У зависности од тога да ли је објекат дијагностике цело возило или неки његов део, дијагностика може бити ОПШТА или ЛОКАЛНА.

ОПШТЕ дијагностичке методе примењују се онда када се жели утврдити опште стање возила са циљем провере испуњености општих захтева у погледу исправности.

ЛОКАЛНЕ дијагностичке методе примењују се у случајевима када се утврђује не само стање возила већ и врста отказа како и место и узрок његове појаве.

Дијагностичке методе можемо још поделити и на :

- објективне и субјективне
- путне и лабораторијске
- специјалне и универзалне

3. ДИНАМИЧКА КАРАКТЕРИСТИКА ВОЗИЛА

Основни методи графо-аналитичког одређивања показатеља вучне динамичности заснивају се на дијаграму вуче и динамичкој карактеристици.

Дијаграм вуче транспортних возила представља графички израз једначине вучне равнотеже односно услова равнотеже вучних сила и сила отпора за случај пуног оптерећења мотора. Пример дијаграма вуче дат је на следећој слици (Слика 1.).

Дијаграм вуче или вучна карактеристика добија се наношењем вредности вучне силе у појединим степенима преноса и сила отпора у зависности од брзине кретања аутомобила. Криве у1-7 одговарају вредностима отпора за различите вредности отпора успона. Са F_0 означен је вишак вучне силе који може да се користи за савлађивање успона (R_u), за убрзавање (R_a), вучу приколица (R_{pot}) или за савлађивање других допунских отпора.

Динамичка карактеристика друмских транспортних возила је графички израз промене динамичког фактора D у зависности од брзине кретања возила. Криве се цртају за сваки степен преноса, а за максимално оптерећење возила. Динамички фактор представља специфичну слободну вучну силу и одређује се као однос између обимне силе умањене за величину отпора ваздуха и укупне тежине возила:

$$D = \frac{F_0 - F_v}{G},$$

где је: D – динамичка карактеристика, F_0 - обимна сила, R_v - отпор ваздуха, G - тежина возила.

ПРАКТИЧАН ПРИМЕР - Прорачун динамичке карактеристике за возило Peugeot 308 Blue Lease 1. 6 THP 125

Табела 1. Прорачун динамичке карактеристике

Vo1	8. 53292	12. 79938	17. 91914	22. 18560	27. 30535	38. 39815	45. 22449	49. 49095
Fo1	3419. 116	4052. 286	4160. 829	4237. 366	4036. 456	3545. 750	3297. 261	3078. 514
Rv	27. 720	62. 369	122. 244	187. 385	283. 850	561. 324	778. 647	932. 492
D	0. 250	0. 294	0. 297	0. 298	0. 276	0. 220	0. 185	0. 158
Vo2	15. 214	22. 822	31. 950	39. 557	48. 686	68. 465	80. 636	88. 243
Fo2	1917. 599	2272. 710	2333. 587	2376. 512	2263. 833	1988. 622	1849. 257	1726. 574
Rv	88. 125	198. 282	388. 633	595. 727	902. 403	1784. 538	2475. 441	2964. 536
D	0. 135	0. 153	0. 143	0. 131	0. 100	0. 015	-0. 046	-0. 091
Vo3	23. 717	35. 575	49. 805	61. 663	75. 893	106. 724	125. 697	137. 556
Fo3	1230. 158	1457. 965	1497. 018	1524. 555	1452. 270	1275. 720	1186. 316	1107. 614
Rv	214. 138	481. 812	944. 351	1447. 576	2192. 778	4336. 304	6015. 150	7203. 618
D	0. 075	0. 072	0. 041	0. 006	-0. 055	-0. 225	-0. 355	-0. 449
Vo4	31. 315	46. 972	65. 761	81. 419	100. 208	140. 917	165. 969	181. 627
Fo4	931. 664	1104. 194	1133. 771	1154. 626	1099. 881	966. 170	898. 460	838. 854
Rv	373. 334	840. 002	1646. 405	2523. 741	3822. 945	7560. 022	10486. 964	12558. 971
D	0. 041	0. 019	-0. 038	-0. 101	-0. 200	-0. 485	-0. 706	-0. 863
Vo5	37. 505	56. 258	78. 761	97. 513	120. 017	168. 773	198. 777	217. 530
Fo5	777. 894	921. 949	946. 644	964. 057	918. 347	806. 705	750. 170	700. 403
Rv	535. 520	1204. 920	2361. 643	3620. 114	5483. 724	10844. 278	15042. 754	18014. 889
D	0. 018	-0. 021	-0. 104	-0. 195	-0. 336	-0. 739	-1. 052	-1. 274

Графички приказ Динамичке карактеристике возила за приказани случај извршен је на слици 1.

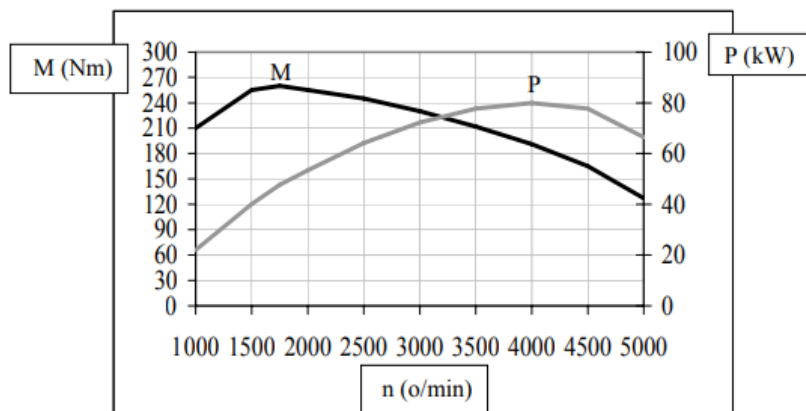


Слика 1. Динамичке карактеристике возила

4. БРЗИНСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОГОНСКИХ МОТОРА НА ИЗБРАНОМ ПРИМЕРУ

Параметри мотора немају константну вредност, већ се мењају са променом броја обртаја. Појам брзинске карактеристике мотора означава зависност неког његовог излазног параметра од броја обртаја. Другим речима, брзинска карактеристика нпр. Обртног момента, подразумева познавање вредности обртног

момента за било који број обртај између минималног и максималног при ком мотор може да ради. Одавде следи да брзинска карактеристика представља криву функционалне зависности $M=f(n)$. Карактеристике мотора СУС се, у најосновнијој форми, по правилу приказују брзинским карактеристикама снаге P и обртног момента M , слика 2. С обзиром да су момент и снага различите физичке величине (иако међусобно повезане!), тј. Исказују се у различитим димензијама (Nm односно kW), за сваку од њих се на дијаграму користи засебна вертикална оса са одговарајућом размером.



Слика 2. Брзинска карактеристика мотора, пример

Параметри радног режима мотора су:

- број обртаја, и
- момент (снага)

Дакле, под радним режимом мотора подразумева се број обртаја са којим мотор ради и обртни момент односно снага коју том приликом одаје. С обзиром на то да обртни момент (односно снага) нема једну константну вредност, већ различите вредности за различите бројеве обртаја, поставља се питање шта јето што одређује на ком режиму односно при ком броју обртаја ће мотор радити. При томе треба имати у виду да мотор својим обртним моментом савлађује неки спољни отпор. Да би се могао одредити радни режим односно радна тачка мотора, потребно је познавати и брзинску карактеристику отпора који мотор савлађује (тј. зависност отпора од броја обртаја). Код друмских возила, као што је познато, вучна сила на погонским точковима једнака је суми отпора кретања, а овој сили пропорционална је величина обртног момента на точку. Овај момент се, даље, може редуковати на замајак погонског мотора, односно одредити колики треба да буде момент на замајцу – тј. излазни момент мотора – да би момент на точку имао потребну вредност. Момент мотора потребан за савлађивање отпора кретања је :

$$F_0 = \frac{\eta_{TR} \cdot i_m \cdot i_{GP} \cdot M}{r_D} \quad \Rightarrow \quad M = \frac{r_D \cdot F_0}{\eta_{TR} \cdot i_m \cdot i_{GP}}$$

Обртни момент M и број обртаја мотора n се, као што је показано, трансформишу у обимну (вучну, погонску) силу на точку F_0 и брзину кретања возила v . Брзинска карактеристика мотора пресликава се, у функцији параметара трансмисије, у карактеристику расположиве обимне силе у функцији брзине кретања. Према аналогiji са брзинском карактеристиком мотора, ова карактеристика назива се вучно-брзинска карактеристика возила, која дакле представља излазни показатељ заједничког рада погонског мотора и трансмисије возила, узимајући у обзир и динамички радијус точка. Дијаграм на ком је приказана вучнобрзинска карактеристика назива се вучни дијаграм, слика б.2.

С обзиром на то да трансмисија обухвата мењачки преносник са већим бројем степени преноса, вучни дијаграм заправо обухвата већи број кривих $F_0(v)$, које представљају брзинску карактеристику мотора пресликану на точак, свака за одговарајући преносни однос мењача.

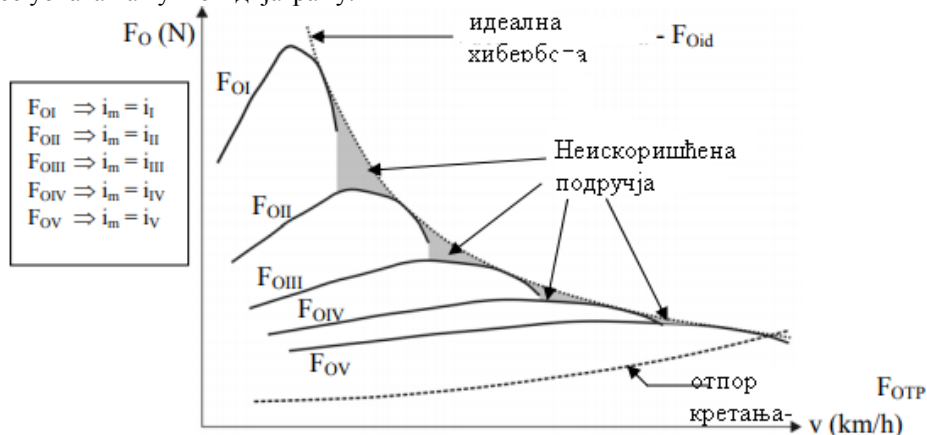
За ниже степене преноса (први, други. . .) преносни односи имају веће нумеричке вредности, и обрнуто – вредности преносних односа виших степена су мање, на пример:

$$i_1 = 4, 31; i_2 = 2, 54; i_3 = 1, 41; i_4 = 0, 97; i_5 = 0, 86$$

С обзиром на зависности

$$F_o = \frac{M \cdot i_m \cdot i_{GP} \cdot \eta_{TR}}{r_D} \quad v = \frac{0,377 \cdot r_D \cdot n}{i_m \cdot i_{GP}}$$

слиди да ће вучне силе у нижим степенима преноса бити веће а брзине мање, док је за више степене преноса обрнуто, што се уочава на вучном дијаграму.



Слика 3. Вучно брзинска карактеристика – вучни дијаграм

Спољна брзинска карактеристика мотора за возило Peugeot 308 Blue Lease 1. 6 THP 125

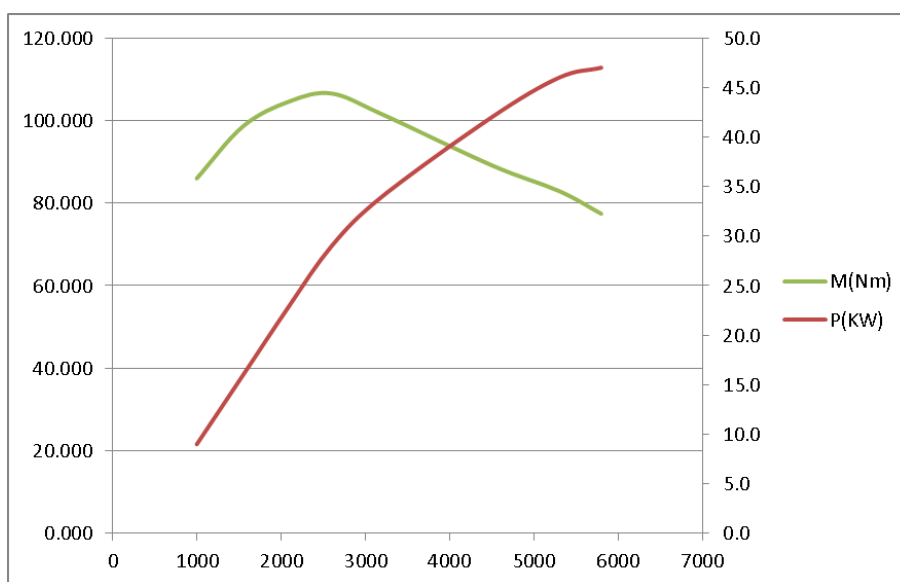
На основу дефиниције снаге у механици ($P=dA/dt$) лако се може показати да је снага мотора једнака производу обртног момента који мотор савлађује и угаоне брзине при којој се савлађивање тог обртног момента врши:

$$P = M \cdot \omega - P(W), \quad M(Nm), \quad \omega(rad/s)$$

Ако се уместо угаоне брзине ω користи број обртаја у минути n , и ако се снага уместо у (W) изрази у (kW), горњи израз постаје:

$$P = \frac{M \cdot n}{9554} \rightarrow M = 9554 \cdot \frac{P}{n}$$

n(ob/m)	1000	1550	2100	2600	3200	4500	5300	5800
$\psi(rad/s)$	104.720	162.316	219.911	272.271	335.103	471.239	555.015	607.375
P(KW)	9	16	23	29	34	42	46	47
M(Nm)	85.986	98.622	104.639	106.564	101.511	89.171	82.922	77.420



Слика 4. Брзинска карактеристика мотора – графички приказ

5. ЗАКЉУЧАК

Процес дијагностике подразумева поседовање транспортног средства које је опремљено са свим потребним електронским елементима неопходним за обављање дијагностике. Дијагностичар прилази возилу са дијагностичким апаратом којег повезује са централним рачунаром возила. Анализом дијаграма вуче транспортних возила добија се графички приказ једначине вучне равнотеже односно услова равнотеже вучних сила и сила отпора за случај пуног оптерећења мотора. Карактеристике мотора СУС по правилу се приказују брзинским карактеристикама снаге P и обртног момента M .

ЛИТЕРАТУРА

- Папић, В. (2009). Основи одржавања моторних возила, Саобраћајни факултет, Београд.
- Пешић, Р. (2000). "Истраживања из области мотора сус - Лабораторија за моторе сус на Машинском факултету у Крагујевцу", Машински факултет у Крагујевцу, монографија од 473 страна.
- Симић, Д. (1988). Моторна возила, Научна књига, Београд.
- Стојић, Б. (2012). "Теорија кретања друмских возила", Нови Сад.
- Стефановић, С. (2020). Предавања из дијагностике моторних возила, Академија техничко – васпитачких струковних студија, Ниш.