



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2009 00673

(22) Data de depozit: 02.09.2009

(41) Data publicării cererii:
30.03.2011 BOPI nr. 3/2011

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
OPTOELECTRONICĂ-INOE 2000,
STR.ATOMIȘTILOR NR.409, CP-OP MG 05,
MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:
• STOICA AXENTE, STR.SIBIU NR.5, BL.E3,
AP.43, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
• SAVASTRU DAN, STR. IANI BUZOIANU
NR.3, BL.16, SC.A, AP.2, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO;

• TĂUTAN MARINA NICOLETA,
STR.EMIL RACoviȚĂ NR.6, BL.R1, SC.2,
AP.45, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;
• VILCEANU LIVIU DRAGOȘ,
STR. DRUMUL GĂZARULUI NR.42, BL.A3,
SC.4, AP.41, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B,
RO;
• BANICA COSMIN KARL,
CALEA VĂCĂREȘTI NR.338, BL.15, SC.1,
ET.5, AP.16, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B,
RO

(54) METODĂ ȘI ECHIPAMENT PENTRU TESTAREA ÎN REGIM
DINAMIC A PROFILELOR LONGITUDINALE ALE
ARTERELOR RUTIERE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la un echipament pentru testarea în regim dinamic a uniformității pe direcție longitudinală a pavimentelor de drum pe care rulează un vehicul. Metoda conform invenției constă din deplasarea pe pavimentul testat a unui vehicul laborator, prevăzut cu un echipament de măsurare, ce stabilește gradul de uniformitate a profilului testat, prin calcularea indicilor internaționali de estimare a neuniformităților. Echipamentul conform invenției cuprinde un vehicul-laborator, pe care este fixată o platformă (P) oscilantă, care este menținută în poziție orizontală, independent de oscilațiile de tangaj pe care le prezintă axa longitudinală a vehiculului, prevăzută cu un echipament de măsurare compus din două surse laser (SL), o cameră (CV) video cu senzori fotoelectrici dispuși în linie, și un traductor (Acm) de măsurare a distanței parcurse de vehicul.

Revendicări: 4
Figuri: 9

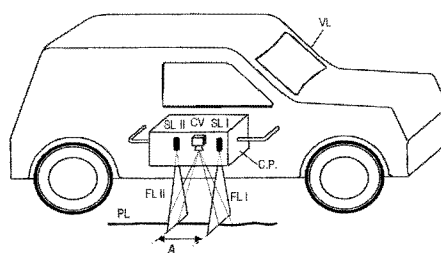


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



METODĂ ȘI ECHIPAMENT PENTRU TESTAREA ÎN REGIM DINAMIC A PROFILELOR LONGITUDINALE ALE ARTERELOR RUTIERE.

Prezenta invenție se referă la o metodă și la un echipament pentru testarea în regim dinamic a profilelor longitudinale ale arterelor rutiere, respectiv a uniformității pe direcție longitudinală a pavimentelor de drum și de autostrăzi, precum și a tuturor căilor de rulare a vehiculelor de orice tip, incluzând pistele din aeroporturi, constituind o perfecționare a invenției principale nr. 122.109 / 30.12.2008.

Metoda și echipamentul pentru testarea în regim dinamic a profilelor longitudinale ale arterelor rutiere, care formează obiectul invenției principale, se caracterizează prin aceea că se bazează pe deplasarea pe pavimentul testat a unui vehicul-laborator pe a cărui parte laterală este montat un ansamblu de doi senzori de măsurare fără contact a înălțimii lor curențe față de suprafața pavimentului, senzorii fiind plasați în aliniere orizontală în direcția mișcării, la o distanță fixă unul față de celălalt, egală cu distanța de eșantionare impusă de normele de evaluare a uniformității profilelor longitudinale de drum, iar declanșarea unei secvențe pentru măsurătorile efectuate simultan de cei doi senzori susmenționați se realizează la comanda exterioară furnizată de un traductor care măsoară deplasarea vehiculului, de fiecare dată când acest vehicul parcurge o distanță egală cu cea care există între cei doi senzori. Se consideră drept răspuns al vehiculului la denivelările drumului testat un parametru care reprezintă deplasarea curentă pe verticală a vehiculului laborator, în raport cu nivelul inițial de referință al măsurătorilor și a cărui valoare se obține prin însumarea deplasărilor secvențiale pe verticală ale vehiculului.

Metoda și echipamentul pentru testarea în regim dinamic a profilelor longitudinale, potrivit invenției principale, prezintă dezavantajul că, oscilațiile inerente de tangaj pe care vehiculul laborator le prezintă în cursul deplasării sale pe artera rutieră supusă testării, afectează într-o măsură importantă, atât valoarea fiecărei denivelări de drum obținute în cadrul unei secvențe de măsurare prin diferența dintre semnalele celor doi senzori de înălțime, cât și valoarea fiecărei deplasări pe verticală a vehiculului laborator între două secvențe succesive de măsurare, valoare obținută prin diferența semnalelor cu care, în secvențe consecutive, senzorii corespunzători marchează înălțimea lor deasupra pavimentului. Deasemenea trebuie menționat că traductorul de tip odometric utilizat în cadrul invenției principale pentru măsurarea deplasării vehiculului laborator prin contorizarea implusurilor corespunzătoare unghiului de rotație al axului roții pe care este instalat, nu poate furniza o

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. <u>020090673</u>
Data depozit <u>02-09-2009</u>

valoare a deplasării cu precizia necesară, atât pentru stabilirea conformității și egalității dintre lungimile intervalelor de eșantionare, cât și pentru ca determinările realizate de cei doi senzori în secvențe succesive să se realizeze, cât mai exact, în același punct al traseului, pentru ca prin scăderea una din cealaltă a celor două determinări să se poată evalua deplasarea proprie pe verticală a vehiculului în secvențele respective, din următoarele motive: a) lungimea distanței de eșantionare fiind relativ redusă în raport cu circumferința roții vehiculului și numărul de impulsuri furnizate de traductorul odometric în cadrul unei secvențe de măsurare este deasemenea redus, astfel că nu se asigură rezoluția necesară fixării distanței de eșantionare; b) în condițiile în care anvelopa roții pe care este montat traductorul odometric urmărește într-un grad mai redus sau mai ridicat neregularitățile drumului testat, în funcție de mărimea acestor neregularități, nu se poate obține în nici o situație o valoare exactă a deplasării pe orizontală a vehiculului; c) valoarea luată inițial în considerare, la calculul parametrilor sistemului de măsurare, pentru circumferința roții pe care este instalat traductorul odometric poate să nu se mențină în cursul efectuării determinărilor datorită unor eventuale variații ale presiunii pneurilor vehiculului laborator. În sfârșit, un alt dezavantaj este constituit și de faptul că, datorită ambelor surse principale de erori proprii echipamentului conform invenției principale și anume oscilațiile de tangaj ale vehiculului laborator și respectiv defecțiunile de funcționare ale traductorului odometric, metoda conform invenției principale nu poate fi aplicată la stabilirea în afara indicelui de rugozitate IRI și a altor indici de evaluare a calității suprafețelor de drum, indici care necesită determinări mai precise și care pot fi utilizați pentru efectuarea unor analize comparative între sistemele de evaluare.

Metoda și echipamentul pentru testarea în regim dinamic a profilelor longitudinale, care formează obiectul prezentei invenții, înlătură aceste dezavantaje prin aceea că echipamentul de măsurare compus din două surse laser și o cameră video este amplasat pe o platformă oscilantă care este menținută în poziție orizontală, independent de oscilațiile de tangaj pe care le prezintă axa longitudinală a vehiculului laborator în cursul deplasărilor sale pe artera rutieră supusă testelor, cu ajutorul unui circuit închis de stabilizare pozițională în care este inclus un înclinometru analogic montat pe platforma oscilantă și un grup de acționare compus dintr-un servomotor și un reductor. Deasemenea, conform prezentei invenții, traductorul de tip odometric montat pe axa roților motoare ale vehiculului laborator este înlocuit cu un ansamblu de măsurare constituit dintr-un traductor accelerometric conectat la intrarea unui circuit electronic care realizează dubla integrare a semnalului furnizat de accelerometru pentru a obține în acest mod o mărime de ieșire proporțională cu deplasarea vehiculului, iar datorită faptului ca traductorul accelerometric este montat și acesta pe platforma oscilantă

mărimea de ieșire obținută este proporțională în permanență cu deplasarea în plan orizontal a vehiculului laborator independent de neregularitățile drumului testat. Prin eliminarea acestor surse de erori și metoda pentru testarea profilelor longitudinale, care formează obiectul prezentei invenții, obține avantajul că permite să se determine și alți indici de calitate a suprafețelor de drum, indici al căror calcul necesită o precizie superioară de măsurare a parametrilor implicați, printre aceștia numărându-se și indicele BIr (Bump-Integrator Irregularity Index) care este considerat drept "răspuns" al vehiculului la denivelările drumului testat și a cărui valoare se obține prin însumarea tuturor valorilor curente care corespund câte unei deplasări pe direcție verticală, în jos spre paviment, a vehiculului laborator în cursul unei distanțe standard de testare a pavimentului.

Conform celor prezentate, metoda pentru testarea în regim dinamic a profilelor longitudinale ale arterelor rutiere, care formează obiectul prezentei invenții, este caracterizată prin:

- deplasarea pe pavimentul testat a unui vehicul-laborator pe a cărui parte laterală este montat un ansamblu de doi senzori de măsurare fără contact a înălțimii lor curente față de suprafața pavimentului, senzorii fiind plasați în aliniere orizontală în direcția mișcării, la o distanță fixă unul față de celălalt, egală cu distanța de eșantionare impusă de normele de evaluare a uniformității profilelor longitudinale de drum;

- declanșarea unei secvențe pentru măsurătorile efectuate simultan de cei doi senzori susmenționați, la comanda exterioară furnizată de un traductor care măsoară deplasarea vehiculului, de fiecare dată când acest vehicul parcurge o distanță egală cu cea care există între cei doi senzori;

- scăderea din valoarea înălțimii furnizate de senzorul anterior pe direcția de mișcare, a valorii înălțimii furnizate de senzorul posterior, pentru a obține în acest fel, variația elevației profilului de drum în cadrul fiecărei secvențe de măsurare;

- însumarea tuturor variațiilor de elevație obținute în fiecare secvență începând din prima secvență de start a măsurătorilor, pentru a obține în acest fel, valorile elevațiilor profilului de drum, determinate în raport cu valoarea elevației obținută la startul măsurătorilor;

- înscrierea tuturor valorilor de elevație determinate, în modul prezentat mai sus, la sfârșitul fiecărei secvențe de măsurare, într-un fișier de tip ERD care are configurația specializată necesară pentru a fi introdus în programul de calcul al unui indice de apreciere a gradului de uniformitate al pavimentelor de tipul indicelui internațional al defectelor de uniformitate (*International Roughness Index* – IRI);

- scăderea din valoarea înălțimii furnizate de senzorul anterior în secvența de măsurare precedentă celei curente, a valorii înălțimii furnizate de senzorul posterior în cadrul secvenței curente, pentru a obține în acest fel deplasarea proprie pe direcție verticală a vehiculului laborator în cadrul secvenței curente;

- însumarea tuturor valorilor curente care corespund câte unei deplasări pe direcție verticală, în jos spre paviment, a vehiculului laborator și raportarea valorii sumă obținute la o distanță de deplasare standard, pentru a obține un indice de tip BI (Bump Integrator) care este considerat drept "răspuns" al vehiculului la denivelările drumului testat.

Invenția furnizează, deasemenea, și echipamentul pentru implementarea metodei, echipament care este caracterizat de faptul că acesta cuprinde:

- un vehicul laborator capabil să transporte echipamentul de măsurare conform invenției pe pavimentul supus testării, cu vitezele specificate în normele de circulație pe respectiva arteră rutieră;

- o platformă oscilantă fixată pe o parte laterală a vehiculului laborator și care este prevăzută cu un sistem de stabilizare care asigură menținerea în poziție orizontală, pe respectiva platformă, a unui bloc de doi senzori care realizează, fiecare, măsurarea înălțimii lor curente de montaj deasupra pavimentului, cei doi senzori fiind dispuși în linie, pe direcția de deplasare a vehiculului laborator, la o distanță egală cu valoarea distanței de eșantionare impusă de normele de calcul ale indicilor internaționali de apreciere a uniformității drumurilor;

- un traductor de măsurare a distanței parcurse de vehiculul laborator, traductor care la intervale de eșantionare prestabilite, furnizează senzorilor de înălțime, semnale de comandă pentru declanșarea fiecărei secvențe de măsurare în momentul parcurgerii de vehicul a unei distanțe egale, de asemenea, cu această valoare a distanței de eșantionare impusă de normele de calcul ai indicilor internaționali, astfel că fiecare secvență de măsurare este declanșată în momentul în care, cu precizia asigurată de traductorul de măsurare a deplasării, cel de al doilea senzor pe direcția de deplasare ajunge să fie plasat în poziția care era ocupată de primul senzor, în secvența precedentă de măsurare;

- un sistem de calcul ambarcat în vehicul și care realizează achiziția, memorarea și procesarea datelor de măsurare.

Conform invenției se are în vedere ca senzorii de măsurare fără contact a înălțimilor să fie de tipul scanerelor cu laser care se bazează pe principiul triangulației. În aceste condiții, blocul de măsurare este alcătuit din două surse laser cu emisie continuă, dispuse în linie, pe direcția de înaintare a vehiculului, la o distanță, una față de cealaltă, egală cu cea a distanței

de eşantionare prescrisă de normele de calcul al indicilor internaționali de estimare a neuniformităților de drum și o cameră video digitală cu senzori fotoelectronici în linie și care asigură o mare viteză de scanare a acestor senzori.

Camera video este și aceasta plasată în linie cu sursele laser, exact la mijlocul distanței dintre aceste surse, astfel că axa de vedere a camerei video cu scanare în linie fiind paralelă cu fasciculele laser care sunt perpendiculare pe suprafața pavimentului, nu există situații în care neregularitățile de drum să fie obturate în câmpul de vedere al camerei. De asemenea trebuie menționat că, la scannerul laser alcătuit în acest mod, cele două imagini de reflexie ale celor două surse laser se formează, fiecare, în câte o jumătate a liniei de pixeli ai camerei video, astfel că detectarea separată a acestor imagini se realizează în mod direct, chiar dacă cele două surse laser emit pe aceeași lungime de undă.

Alte caracteristici și avantaje ale invenției sunt prezentate în continuare în descrierea pe larg a invenției, descriere care cuprinde și exemple de realizare constructivă a echipamentelor de testare a profilelor longitudinale de drum și care face referire inclusiv la desenele care o însoțesc, respectiv fig.1...9, care reprezintă:

- fig. 1, schema de montaj pe un vehicul laborator a unui scanner laser pentru prelevarea profilelor longitudinale de drum;

- fig.2, schema de dispunere a componentelor unui bloc de senzori pe o platformă stabilizată în plan orizontal;

- fig.3, schema electrică de montaj a componentelor scannerului pentru profilul longitudinal de drum cu două surse laser și cu axa camerei video paralelă cu fasciculele laser;

- fig.4, schema constructivă a scannerului laser;

- fig. 5, schema optică generală pentru calculul scannerului laser;

- fig. 6, schema de detaliu a senzorului CCD al camerei video cu pixeli în linie;

- fig. 7, schema pentru calculul ordonatelor profilului de drum, în condițiile în care are loc modificarea secvențială în regim dinamic a pozițiilor relative ale domeniilor de măsurare ale scannerului laser;

- fig.8, schema pentru calculul deplasărilor proprii pe verticală ale vehiculului laborator, în condițiile în care are loc modificarea secvențială în regim dinamic a pozițiilor relative ale domeniilor de măsurare ale scannerului laser.

- fig.9, diagrame pentru evaluarea comparativă a metodologiilor de stabilire a deplasărilor pe verticală (în jos) ale suspensiei în raport cu șasiul vehiculului laborator pentru calculul indicelui Bump Integrator:

a) cu echipamentul conform invenției dedicat, în principal, determinării indexului IRI;

b) cu un echipament standard dedicat, în mod specific, determinării indexului BI (Contorizare Bump Integrator).

În cele ce urmează se trece la o prezentare detaliată a metodei conform invenției, precum și a construcției și funcționării scanerelor cu două surse laser care constituie echipamentul care face obiectul prezentei invenții.

În fig. 1, este prezentat un echipament pentru testarea în regim dinamic a profilelor longitudinale ale arterelor rutiere dispus pe un vehicul laborator VL, echipament al cărui senzori de măsurare sunt amplasați într-o carcasă de protecție C.P. montată fix pe o parte laterală a vehiculului laborator VL, cât mai aproape de centrul de greutate al respectivului vehicul, pentru a reduce la minimum amplitudinea oscilațiilor de tangaj (în jurul axei sale transversale) care sunt preluate de carcasa de protecție C.P. a echipamentului de testare.

Principala componentă a acestui echipament este constituită de un scaner alcătuit din două surse laser cu emisie continuă, SL I și SL II, care sunt dispuse în planul longitudinal al vehiculului la o distanță A una față de cealaltă și care proiectează vertical în jos, spre profilul longitudinal PL al pavimentului, câte un fascicul plan, FL I și respectiv FL II. La mijlocul distanței dintre cele două surse laser este montată o cameră video digitală C.V. care, împreună cu fasciculele laser, permite determinarea înălțimii de montaj a scanerului deasupra pavimentului, prin aplicarea metodei triangulației asupra imaginilor laser captate de cameră.

Carcasa de protecție C.P. care acoperă prin părțile sale, laterale și superioară, componentele scanerului laser, este atașată de caroseria vehiculului laborator cu două bride de prindere Br.P., așa după cum se arată în fig. 2.

În interiorul carcasei de protecție C.P., componentele scanerului, respectiv cele două surse laser, SL I și SL II, împreună cu camera video C.V. dispusă la mijlocul distanței dintre aceste surse, sunt montate pe o platformă oscilantă stabilizatoare P.O. care menține direcția de vizare a componentelor susmenționate orientată pe verticală în spre paviment, indiferent de oscilațiile de tangaj induse carcasei de protecție C.P. de neregularitățile profilului longitudinal al drumului testat. Ca urmare, determinarea indicelui internațional de rugozitate IRI se efectuează, conform soluției propuse în cadrul acestei invenții, în condițiile menținerii direcției de vizare a scanerului laser pe direcție strict verticală, chiar și în situațiile în care drumul de test străbătut de vehiculul laborator prezintă atât defecțiuni cu frecvențe neregulate ale pavimentului, cât și pante continui. Este de menționat faptul că această soluție a stabilizării poziționale a scanerului se bazează pe faptul că programul de calcul al indicelui IRI introduce un filtru numeric al cărui factor de amplificare are valoarea maximă „1” pentru lungimi de undă ale profilului de drum cuprinse între 2,4 și 15,4 metri și scade la valoarea de

„0,5” pentru lungimi de undă în afara valorilor de 1,2 și respectiv 30,5 metri. Din acest motiv, dacă panta continuă de drum testată are o lungime mare în raport cu valorile susmenționate, aceasta nu va influența valoarea calculată a indexului IRI.

Sistemul de stabilizare pe orizontală a platformei oscilante **P.O.** cuprinde ca element de acționare un ansamblu compus dintr-un servomotor cu reductor **Sm+R** al cărui ax orizontal, cu care se realizează rotația platformei cu unghiul de tangaj $\pm\phi$, trece prin centrul de greutate **C.G.** al acesteia. Servomotorul **Sm+R** este montat prin intermediul unui stativ de fixare **St.F.** pe peretele posterior al carcasei de protecție **C.P.** În componența sistemului de stabilizare intră de asemenea și un dispozitiv de măsurare a înclinărilor curente ale platformei, dispozitiv constituit de un înclinometru de tip analogic **I.m.** dispus, în mod normal, pe platforma oscilantă **P.O.** Pentru a măsura accelerațiile $\pm a$ în plan orizontal ale vehiculului laborator, tot pe platforma oscilantă **P.O.** este dispus un accelerometru **Ac.m.** care este inclus în circuitul de declanșare prin comandă externă a camerei video **C.V.** .

Așa după cum rezultă din schema electrică de montaj a componentelor scannerului prezentată în fig. 3, în acest circuit de declanșare a camerei video este inclus și un dispozitiv de integrare **D.I.** care, realizând dubla integrare în timp a semnalelor accelerometrului **Ac.m.**, furnizează la ieșirea sa un semnal care este proporțional cu deplasarea curentă a vehiculului laborator **V.L.** raportată la un plan orizontal de referință. Circuitele de măsurare ale accelerometrului și ale dispozitivului de dublă integrare sunt programate astfel încât să se reseteze la valoarea „zero”, ori de câte ori valoarea deplasării curente contorizată de dispozitivul **D.I.** ajunge la o valoare prestabilită **A** care corespunde distanței de eșantionare prescrisă de normele de calcul al indicelui internațional de rugozitate. În acest fel, ansamblul compus din accelerometrul **Ac.m.** și dispozitivul de integrare **D.I.** realizează declanșarea camerei video și respectiv preluarea de către aceasta a unei imagini a profilului longitudinal de drum marcat cu cele două fascicule laser, ori de câte ori vehiculul laborator **V.L.** în deplasarea sa pe drumul testat a parcurs o distanță pe orizontală egală cu valoarea prestabilită **A**. Este de menționat de asemenea faptul că odată cu setarea la zero a dispozitivului de integrare se realizează de fiecare dată și setarea la zero a accelerometrului pentru a reduce la minim contorizarea și a valorii offset-ului care afectează valoarea reală a accelerației și care în mod normal prezintă o continuă creștere în timp.

Ansamblul compus din accelerometrul **Ac.m.** și dispozitivul de integrare **D.I.** înlocuiește în acest fel, în cadrul acestei invenții, traductoarele de tip odometric montate pe axa roților motoare ale vehiculelor laborator de acest tip care realizează și acestea, testarea

calității arterelor rutiere. Motivul acestei înlocuiri este acela că traductorul de tip odometric, măsurând deplasarea vehiculului laborator prin contorizarea implusurilor corespunzătoare unghiului de rotație al roții pe care este instalat, o valoare exactă a deplasării pe orizontală nu se poate obține în condițiile în care anvelopa roții respective urmărește neregularitățile drumului testat. Din acest motiv, intervalele de eșantionare stabilite cu traductorul odometric nu pot avea în planul orizontal al deplasării, aceiași dimensiune, respectiv cea impusă pentru stabilirea indicelui internațional IRI.

În schema electrică de montaj a componentelor scannerului prezentată în fig. 3 este inclus și circuitul complet de stabilizare în plan orizontal al platformei oscilante **P.O.**, circuit în cadrul căruia înclinometrul de tip analogic **I.m.** transmite semnalele sale proporționale cu înclinările $\pm\varphi$, prin intermediul unui amplificator electronic **A**, către grupul servomotor + reductor **Sm+R** care acționează în sensul reducerii acestor înclinări, cu o minimă întârziere de timp.

Imaginile colectate de camera video **C.V.** sunt introduse într-un program de prelucrare a datelor care rulează pe un ansamblu de calcul, constituit dintr-un calculator **P.C.** și un monitor **Mon.** care sunt și acestea ambarcate pe vehiculul laborator **V.L.** La același ansamblu de calcul este conectat și un receptor **GPS** cu ajutorul căruia se realizează corelarea parametrilor de evaluare a unor defecțiuni ale pavimentului cu locațiile geografice ale acestora.

O baterie de acumulatori **B.Ac.**, care poate fi chiar bateria circuitelor de aprindere ale vehiculului laborator, furnizează tensiunea continuă V de 12 V c.c. necesară alimentării tuturor componentelor scannerului laser care în schema de montaj din fig. 3 sunt prevăzute cu o bornă de alimentare marcată cu „ V ”. Pentru alimentarea electrică a sistemului de calcul alcătuit din computerul **P.C.** și monitorul **Mon.** se utilizează tensiunea alternativă de 220 V, 50 Hz furnizată de un convertizor **Conv.** care este conectat la aceeași tensiune V a bateriei de acumulatori **B.Ac.**

Schema constructivă a scannerului laser prezentată în fig. 4 consemnează faptul că axa camerei video **C.V.** de tip linie este paralelă cu fasciculele laser, **FL I** și **FL II**, perpendiculare pe suprafața pavimentului, iar camera video **C.V.** este dispusă în linie, între cele două surse laser, **SL I** și **SL II**, la distanțe egale față de acestea, $D I$ și respectiv $D II$, limita anterioară, respectiv posterioara a câmpului de vedere al camerei video **C.V.** fiind marcată prin **LCV I** și **LCV II**.

Pentru determinarea indicelui internațional de neuniformitate IRI (International Roughness Index) este necesar ca pentru distanțele dintre axele surselor laser, SL I și SL II, și axa camerei video C.V. să se adopte: $D I = D II = D = 125 \text{ mm}$.

Celelalte dimensiuni de bază ale parametrilor scannerului laser sunt marcate în schema din fig. 4, după cum urmează:

- C – Distanța de gardă a scannerului față de drum;
- NOM – Nivelul de Origine al Domeniului de Măsurare;
- NMM – Nivelul Maxim al Domeniului de Măsurare;
- y_{\max} - Ordonata maximă a denivelărilor măsurate.

Pentru stabilirea relațiilor funcționale de calcul ale scannerului laser conform invenției se face însă referire la fig. 5 în care se prezintă schema optica generala a scannerului, precum și la fig. 6 în care se prezintă schema detaliată a senzorului CCD de tip linie, împreună cu sistemele coordonatelor de măsurare atașate acestui senzor. În aceste figuri au fost introduse și următoarele notații pentru mărimile dimensionale ale scannerului laser:

- b – lungimea senzorului fotoelectric de tip linie (Line Scan);
- n – numărul total de pixeli al senzorului fotoelectric de tip linie;
- f – distanța focală a obiectivului L al camerei video C.V. de tip linie.

Operațiile de prelucrare a datelor achiziționate se încep cu extragerea, din fiecare imagine recepționată de camera video cu senzor CCD de tip linie, a ordonatei curente care corespunde pixelului care a recepționat imaginea sursei laser reflectată de paviment, prin aplicarea unui program software de detectare a pixelului de maximă luminozitate de pe respectiva linie. Pentru fiecare imagine „i” programul de detectare permite determinarea câte unui cuplu de ordonate măsurate în pixeli, în raport cu capătul O' al senzorului fotoelectric, ordonate marcate cu următoarele notații:

- y_{I_i}'' [pixeli] – ordonata curentă i a pixelului care recepționează semnalul sursei laser SL I;
- y_{II_i}''' [pixeli] – ordonata curentă i a pixelului care recepționează semnalul sursei laser SL

II;

Întrucât pixelul care recepționează semnalul sursei laser SL II este situat în totdeauna în acea jumătate a senzorului liniar CCD care este mărginită de capătul O'' al acestuia, pentru simplificarea operațiilor de calcul se recurge la schimbarea bazei de măsurare de la capătul O' la capătul O'' , pentru ordonata y_{II_i}''' care devine ordonata y_{II_i}'' , cu ajutorul relației:

$$y_{II_i}''[\text{pixeli}] = n - y_{II_i}'''[\text{pixeli}] \quad (1)$$

În continuare, pentru ca determinarea înălțimii neregularităților de drum să se exprime în unități liniare [mm], este necesar să se realizeze transformarea unității de măsură a ordonatelor curente y_i'' , ordonate determinate în modul precizat mai sus, din [pixeli] pentru ordonatele y_i'' , în [mm] pentru noile ordonate y_i' , fără ca bazele de măsurare ale acestor ordonate să fie schimbate, cu ajutorul următoarelor relații de transformare:

$$y_{I_i}' [\text{mm}] = \frac{b}{n} \cdot y_{I_i}'' [\text{pixeli}] \quad ; \quad y_{II_i}' [\text{mm}] = \frac{b}{n} \cdot y_{II_i}'' [\text{pixeli}] \quad (2)$$

Așa după cum se prezintă în fig. 5, în cadrul unei secvențe i de măsurare, notațiile y_{I_i} și y_{II_i} definesc ordonatele profilului longitudinal de drum, măsurate în raport cu NOM – Nivelul de Origine al Domeniului de Măsurare curent i , în punctele marcate de către sursele **Laser SL I** și respectiv **SL II**.

Pe baza mărimilor definite în cele de mai sus, pentru calculul ordonatelor y_{I_i} și y_{II_i} ale unor puncte ale profilului longitudinal de drum pe baza ordonatelor, y_{I_i}' și respectiv y_{II_i}' , ale imaginilor acestor puncte pe senzorul traductorului fotoelectric se utilizează relațiile:

$$y_{I_i} = C \cdot \frac{y_{I_i}'}{\frac{b}{2} - y_{I_i}'} \quad (3) \quad \text{și} \quad y_{II_i} = C \cdot \frac{y_{II_i}'}{\frac{b}{2} - y_{II_i}'} \quad (4)$$

unde s-a ținut seama că:

$$C = 2 \cdot D \cdot \frac{f}{b} \quad (5)$$

Din relațiile (3) și (4) se obțin și relațiile inverse și anume acelea cu care se realizează calculul ordonatei y_i' a punctului imagine pe senzorul fotoelectric liniar în funcție de ordonata y_i a punctului corespunzător din profilul longitudinal al drumului:

$$y_{I_i}' = \frac{\frac{b}{2}}{y_{I_i} + C} \cdot y_{I_i} \quad (6) \quad y_{II_i}' = \frac{\frac{b}{2}}{y_{II_i} + C} \cdot y_{II_i} \quad (7)$$

În acest fel, adoptând o valoare maximă y_{\max} a domeniului de măsurare corespunzătoare profilului de drum testat se poate calcula valoarea maximă a ordonatei y'_{\max} a imaginii respective de pe senzorul fotoelectric CCD, cu relația :

$$y'_{\max} = \frac{b}{2} \cdot \frac{y_{\max}}{y_{\max} + C} \quad (8)$$

Pe această bază se poate stabili și relația de calcul a rezoluției curente de măsurare sub forma:

$$\frac{dy'_i}{dy_i} \left[\frac{\text{pixeli}}{\text{mm}} \right] = \frac{n}{2} \cdot \frac{C}{(y_i + C)^2} \quad (9)$$

Întrucât, așa după cum rezultă și din relațiile de calcul (3) și (4), semnalele provenite de la cele două surse laser se plasează în segmente diferite ale sensorului fotoelectric, semnalele sursei laser **SL I** în jumătatea $O'O$ din lungimea sensorului fotoelectric, iar semnalele sursei laser **SL II** în jumătatea $O''O$ din lungimea aceluiași senzor, este important de menționat faptul că, acest scaner cu axa optică a camerei video paralelă cu fasciculele laser, nu necesită ca cele două surse laser să emită pe lungimi de undă diferite în vederea detectării separate a celor două semnale.

La relațiile de calcul, stabilite conform celor prezentate mai sus în condițiile corespunzătoare regimului static, respectiv pentru situația în care vehiculul laborator stă pe loc, trebuie să se adauge un grup suplimentar de relații care țin seama de modificările care afectează rezultatele determinărilor în condițiile dinamice normale de funcționare ale vehiculului laborator, respectiv atunci când acesta se deplasează cu viteza legală admisă pe respectiva arteră rutieră. Principalul factor care influențează în aceste condiții rezultatele determinărilor este constituit de faptul că în cursul deplasării sale pe drumul testat, vehiculul purtător al echipamentului de control, efectuează și o serie de deplasări pe verticala locului, deplasări induse de neregularitățile de drum și amplificate, respectiv atenuate, de sistemul de suspensie elastică (arcuri și amortizoare) al vehiculului. Frecvența acestor oscilații ale vehiculului este, desigur, determinată de frecvența proprie (1 – 2 Hz) a sistemului său elastic de suspensie.

Datorită deplasărilor proprii pe verticală ale vehiculului laborator are loc, așa după cum se prezintă în diagramele din fig. 7 și fig. 8, modificarea poziției domeniilor de măsurare $M_I N_I$ și respectiv $M_{II} N_{II}$ în raport cu nivelul de referință NR1 al primei secvențe de măsurare. Pentru caracterizarea acestui regim dinamic este necesar să se introducă și un grup suplimentar de mărimi ale căror notații, alături de notația PL pentru Profilul Longitudinal al drumului testat utilizată și în situațiile anterioare, au fost înscrise în fig. 7 și fig. 8, după cum urmează:

S 1, S 2, S 3 – Secvențele succesive de măsurare;

NR1, NR2, NR 3, – Nivelele de referință ale măsurătorilor corespunzătoare fiecărei secvențe;

Handwritten mark

NGR – Nivelul General de Referință la care sunt raportate ordonatele y_{R_i} ale profilului;

y_{R_i} - Ordonatele raportate la nivelul NGR și care sunt utilizate pentru calculul indicilor de estimare a neuniformității drumului testat;

NIR – Nivelul Inițial de Referință la care sunt raportate deplasările d_{R_i} pe verticală ale vehiculului laborator;

d_i - Deplasările pe verticală ale vehiculului laborator corespunzătoare secvențelor succesive de măsurare;

d_{R_i} - Deplasarea curentă pe verticală a vehiculului laborator în raport cu nivelul inițial de referință NR1 al măsurătorilor.

În conformitate cu schemele din fig. 7 și fig. 8 și cu notațiile stabilite mai sus, determinarea valorilor ordonatelor curente ale profilului de drum testat, precum și ale deplasărilor proprii pe verticală ale vehiculului laborator, implică efectuarea următoarelor calcule, pentru fiecare secvență succesivă de măsurare:

Secvența 1 de măsurare:

$$y_1 = y_{I_1} - y_{II_1} ;$$

$$y_{R_1} = y_1 ;$$

$$d_1 = 0 .$$

Secvența 2 de măsurare:

$$y_2 = y_{I_2} - y_{II_2} ;$$

$$y_{R_2} = y_1 + y_2 = (y_{I_1} - y_{II_1}) + (y_{I_2} - y_{II_2}) ;$$

$$d_2 = y_{I_1} - y_{II_2} ;$$

Secvența 3 de măsurare :

$$y_3 = y_{I_3} - y_{II_3} ;$$

$$y_{R_3} = y_1 + y_2 + y_3 = (y_{I_1} - y_{II_1}) + (y_{I_2} - y_{II_2}) + (y_{I_3} - y_{II_3}) ;$$

$$d_3 = y_{I_2} - y_{II_3} ;$$

:

:

Secvența i de măsurare :

$$y_i = y_{I_i} - y_{II_i} ;$$

$$\begin{aligned} y_{R_i} &= y_1 + y_2 + \dots + y_i = (y_{I_1} - y_{II_1}) + (y_{I_2} - y_{II_2}) + \dots + (y_{I_i} - y_{II_i}) = \\ &= \sum_{k=1}^i (y_{I_k} - y_{II_k}) ; \end{aligned} \quad (24)$$

$$d_i = y_{I_{i-1}} - y_{II_i} ; \quad (25)$$

După cum rezultă din relația de calcul (24), ordonata curentă y_i a profilului longitudinal de drum, stabilită în raport cu nivelul ordonatei y_{i-1} determinată în secvența anterioară de măsurare, se obține prin scăderea, una din cealaltă, a ordonatelor y_{I_i} și y_{II_i} , ambele ordonate fiind măsurate simultan, în cadrul aceleiași secvențe de măsurare, deci independent de nivelul pe verticală la care se găsește vehiculul laborator, în momentul respectiv. Pentru a efectua calculul unui indice de estimare a gradului de neuniformitate a drumului testat, așa cum este indicele internațional IRI (International Roughness Index), ordonatele curente y_i sunt raportate la un Nivel General de Referință – NGR, așa cum este cel corespunzător punctului "0" al profilului de drum pentru care în secvența 1 s-a efectuat măsurarea ordonatei y_{II_1} . Pentru a obține ordonatele y_{R_i} raportate la nivelul NGR este necesar să se însumeze ordonatele relative y_i obținute în toate secvențele de măsurare începând din momentul de start al măsurătorilor. După ce în prealabil s-a efectuat transformarea necesară pentru exprimarea în "metri" a ordonatelor y_{R_i} (spre exemplu au fost divizate cu factorul "1000", dacă rezultatele senzorilor de măsurare sunt exprimate în milimetri) aceste ordonate sunt introduse în continuare într-un fișier de tip ERD cu configurația specializată necesară pentru a fi introdus în programul de calcul al indicelui IRI.

Separat de aceasta, se poate calcula o valoare a indicelui IRI, total independentă de deplasările proprii pe verticală ale vehiculului laborator, pe baza ordonatelor relative y_i , care constituie, fiecare, variația elevației profilului de drum în cadrul unei secvențe de măsurare și a căror serie aproximează derivata funcției analitice corespunzătoare acestui profil.

Deplasarea curentă pe verticală d_i , pe care vehiculul laborator o efectuează în intervalul de timp scurs între două secvențe succesive de măsurare, stă la baza constituirii unui parametru care este considerat drept "Răspuns" al vehiculului la denivelările drumului testat. Deplasările d_i se obțin, așa după cum rezultă din relația (25), prin scăderea, una din cealaltă, a rezultatelor măsurătorilor efectuate cu fiecare scanner în parte, SC 1 și respectiv SC 2, în secvențe

adiacente. Pe această bază se poate obține valoarea unui indice de iregularitate de tip BIr (Bump-Integrator Irregularity Index) dacă se însumează toate deplasările curente d_i cu valori pozitive (care corespund unei deplasări orientate spre paviment a vehiculului) pentru o deplasare pe distanța de 1 km (care corespunde la 4.000 de secvențe de măsurare în lungime fiecare de 25 cm).

$$BIr = \sum_{i=k}^{k+4000} d_i \quad (26)$$

în care se însumează numai termenii care îndeplinesc condiția : $d_i = y_{Ii-1} - y_{IIi} > 0$.

Calculul indicelui BIr se poate efectua prin preluarea valorilor de deplasare curentă d_i pe distanța de 1 km, începând din oricare punct al traseului pe care se efectuează determinarea indicelui IRI.

Pentru uniformizarea determinărilor obținute pentru indicele BIr, acestea trebuie să fie corectate în raport cu variațiile de viteză ale vehiculului laborator la valoarea unui indice standard (BI₃₂) care corespunde unei viteze de 32 km/oră cu ajutorul relației:

a) Pentru suprafețe cu neregularități pronunțate și pentru viteze de operare cuprinse între 20 și 65 km/oră, precum și pentru suprafețe netede și viteze de operare cuprinse între 20 și 32 km/oră:

$$BI_{32} = (V/32)^{0,5} \cdot (BIr - 474) + 474 \quad [\text{mm/km}] \quad (27)$$

b) Pentru suprafețe netede și pentru viteze de operare cuprinse între 32 și 65 km/oră:

$$BI_{32} = (V/32) \cdot (BIr - 474) + 474 \quad [\text{mm/km}] \quad (28)$$

unde V este viteza la care au fost efectuate măsurătorile în km/oră.

Pentru a realiza această corecție de viteză a indicelui BIr este necesar ca simultan cu rezultatele măsurătorilor efectuate asupra neregularităților de drum să fie înregistrate și valorile vitezei V de deplasare a vehiculului laborator, valori furnizate de receptorul GPS odată cu datele privind locația geografică curentă a vehiculului. Totodată, realizarea acestei corecții necesită ca, pe intervalul de distanță de 1 km pentru care se urmărește să se estimeze și valoarea indicelui Bump integrator, să se mențină o viteză de deplasare pe cât posibil constanta a vehiculului laborator.

Prin studii experimentale efectuate pe plan internațional s-a stabilit o relație de corelare estimativă între cei doi indici de calitate IRI și BI:

$$IRI = 0,0027 \cdot (BI_{32})^{0,944}$$

unde indexul IRI este exprimat în m/km, iar indexul Bump integrator BI_{32} este exprimat în mm/km.

Faptul că scannerul laser conform invenției permite determinarea simultană, în cursul aceleiași testări, a mărimilor care permit calcularea celor doi indici IRI și BI, face posibilă efectuarea unor analize comparative între evaluările stabilite de acești indici pentru calitatea accelerații porțiuni de drum.

Datorită faptului că frecvența cu care senzorii realizează în mod curent secvențele de măsurare este de regulă ridicată, în mod obișnuit deplasările pe verticală d_i , de la o secvență la cealaltă, au o valoare relativ redusă, astfel că este necesar ca senzorii de măsurare utilizați să prezinte o rezoluție suficient de ridicată încât să permită detectarea fără erori a deplasărilor d_i . Legat de aceasta este de menționat faptul că, această condiție nu este îndeplinită decât într-o măsură redusă de echipamentele standard Bump integrator care, pentru a face ca operația de înregistrare a deplasărilor șasiului vehiculului să se realizeze pentru un singur sens al acesteia, folosesc un modul de transmisie constituit dintr-un lanț cu un element de zăvorâre, astfel că datorită zalelor lanțului, înregistrarea deplasărilor se realizează în mod discontinuu, prin unități de contorizare a căror valoare este de ordinul unui inch (25,4 mm).

În fig.9 sunt prezentate două diagrame pentru evaluarea comparativă a metodologiilor de stabilire a deplasărilor pe verticală (în jos) ale șasiului în raport cu suspensia vehiculului laborator pentru calculul indicelui Bump integrator:

- a) cu echipamentul conform invenției dedicat, în principal, determinării indexului IRI;
- b) cu un echipament standard dedicat, în mod specific, determinării indexului BI (Contorizare Bump Integrator).

În aceste diagrame s-a luat ca bază de analiză aceeași curbă de evoluție a deplasării d pe verticală a suspensiei în raport cu șasiul vehiculului laborator, în funcție de distanța D străbătută de vehicul.

Prin P.S. s-a marcat în cele două diagrame punctul de start al măsurătorilor, iar prin segmentul AB mărimea reală a deplasării șasiului pe verticală în jos, în cadrul porțiunii de drum considerate. În cazul diagramei a) intervalele de eșantionare sunt orientate pe verticală și au lățimea $I_{IRI} = 250$ mm, iar în cazul diagramei b) intervalele de eșantionare sunt orientate pe orizontală și au lățimea $C_{BI} = 25,4$ mm. Deplasarea măsurată prin metoda IRI este marcată în diagrama a) prin segmentul $A_{IRI}B_{IRI}$, iar deplasarea măsurată prin metoda BI este marcată în diagrama b) prin segmentul $A_{BI}B_{BI}$. S-au notat cu $\Delta 1$ și respectiv $\Delta 2$, abaterile deplasării măsurate $A_{IRI}B_{IRI}$ față de deplasarea reală AB, iar cu Δ , abaterea deplasării măsurate $A_{BI}B_{BI}$.

Pentru o evaluare numerică comparativă, dacă se adoptă o valoare normală a vitezei vehiculului laborator $V = 40$ km/oră, pentru intervalul de eşantionare $I_{IRI} = 0,250$ metri, se obține următoarea durată în timp t_{IRI} :

$$t_{IRI} = I_{IRI}/V = 0,250 \times 3600 / 40.000 = 0,0225 \text{ s};$$

În continuare, tot pentru această evaluare numerică, pentru amplitudinea d_{\max} a oscilațiilor proprii ale suspensiei vehiculului se adoptă următoarea valoare uzuală:

$$d_{\max} = 4 \times C_{BI} = 4 \times 25,4 = 101,6 \text{ mm};$$

Admițând acum că oscilațiile proprii ale suspensiei prezintă o evoluție în timp de tip sinusoidal cu o frecvență normală $f = 1$ Hz, se obține pentru viteza maximă $V_{d \max}$ a acestor oscilații, valoarea:

$$V_{d \max} = d_{\max} \times 2\pi f = 101,6 \times 2\pi \times 1 = 638,048 \text{ mm/s}$$

Cu datele obținute se poate evalua acum pentru scannerul laser conform invenției, rezoluția de scanare pe verticală de tip Bump Integrator, calculând valoarea maximă d_{IRI} pe care o atinge deplasarea relativă a șasiului pe durata de timp t_{IRI} a intervalului de eşantionare $I_{IRI} = 0,250$ metri:

$$d_{IRI} = V_{d \max} \times t_{IRI} = 638,048 \times 0,0225 = 14,356 \text{ mm}$$

Din aceste evaluări rezultă că scannerul conform invenției destinat în mod specific pentru determinarea indicelui IRI, permite stabilirea în același timp și a indicelui Bump Integrator BI cu o rezoluție a cărei valoare $d_{IRI} = 14,356$ mm, rezultată din exemplul numeric prezentat, este comparabilă cu valoarea $C_{BI} = 25,4$ mm care este obținută de regulă de către echipamentele concepute în mod special pentru efectuarea acestei operații.

Se apreciază că mărimea erorilor de măsurare ale scannerului de testare a profilelor longitudinale de drum este influențată în principal atât de rezoluția de măsurare a scannerului respectiv, cât și de precizia traductorului de măsurare a intervalelor de eşantionare ale profilului longitudinal de drum. Din acest motiv, în cadrul invenției se propune ca în locul unui traductor odometric care este folosit în general de echipamentele de acest tip să se utilizeze un accelerometru dispus pe o platformă stabilizată în plan orizontal și care este conectat la un dispozitiv care realizează dubla integrare a semnalului acestuia.

În plus, eroarea de măsurare a scannerelor cu două surse laser conform invenției este influențată într-o măsură importantă și de grosimea liniilor de marcare laser: Se apreciază că pentru a beneficia de valoarea ridicată a rezoluției de măsurare asigurată de senzorul fotoelectric digital de tip liniar este necesar ca și linia sursei laser să aibe o grosime apropiată

CR

de ordinul de mărime al rezoluției camerei video respective, (0,2 – 0,3 mm). În plus, este necesar ca stabilirea ordonatei pixelului, care prezintă o iluminare maximă, să se efectueze prin medierea întregii zone de senzori fotoelectrici care prezintă o iluminare crescută ca urmare a proiectării pe aceștia a imaginii pe care o prezintă grosimea liniei de marcare laser.

În sfârșit, se apreciază că întrucât camera video de tip linie, funcționează de regulă cu frecvențe ridicate de scanare, echipamentul conform invenției are posibilitatea să efectueze prelevarea profilelor longitudinale de drum și în condițiile în care vehiculul laborator se deplasează cu viteza maximă admisă pe respectiva arteră rutieră.

Revendicări

1. Metodă pentru testarea în regim dinamic a profilelor longitudinale ale arterelor rutiere, care constă în deplasarea pe suprafața unui paviment (PL) supus testării a unui vehicul laborator (VL) care are montată pe o parte laterală a sa o platformă oscilantă (P.O.) stabilizată pe orizontală față de oscilațiile de tangaj ale vehiculului laborator, platformă pe care este montat un echipament de măsurare compus din două surse laser cu emisie continuă, (SL I și SL II), dispuse în linie, pe direcția de înaintare a vehiculului, la o distanță una față de celalaltă egală cu cea a distanței de eșantionare (A) prescrisă de normele de calcul al indicilor internaționali de estimare a neuniformităților de drum și dintr-o cameră video digitală (CV) cu senzori fotoelectrici dispuși în linie, în condițiile în care camera este plasată în linie cu sursele laser și exact la mijlocul distanței dintre aceste surse, axa de vedere a camerei video fiind paralelă cu fasciculele laser care sunt perpendiculare pe suprafața pavimentului, metodă în care se utilizează un traductor de măsurare a distanței parcurse de vehiculul laborator (VL) și un sistem de calcul care realizează achiziția, memorarea și procesarea datelor de măsurare, **caracterizată prin aceea că**, declanșarea unei secvențe (*i*) pentru măsurătorile efectuate simultan de către sursele laser (SL I și SL II) se realizează la comanda exterioară furnizată de traductorul de măsurare a deplasării vehiculului laborator (VL), de fiecare dată când acest vehicul parcurge o distanță (A) egală cu cea care există între cei doi senzori, astfel că metoda de procesare a datelor achiziționate în aceste condiții este constituită din următoarele etape:

a) scăderea din valoarea înălțimii (y_{I_i}) furnizate de senzorul anterior reprezentat de prima sursă laser (SL I) pe direcția de mișcare, a valorii înălțimii (y_{II_i}) furnizate de senzorul posterior reprezentat de cea de a doua sursă laser (SL II), cu obținerea variației elevației (y_i) a profilului longitudinal de drum în cadrul fiecărei secvențe de măsurare (*i*):

$$y_i = y_{I_i} - y_{II_i}$$

b) însumarea tuturor variațiilor de elevație (y_i) obținute în fiecare secvență (*i*) începând din prima secvență de start a măsurătorilor, pentru a obține valorile elevațiilor y_{R_i} ale profilului de drum determinate în raport cu valoarea elevației (y_1) obținută la startul măsurătorilor;

$$y_{R_i} = y_1 + y_2 + \dots + y_i = (y_{I_1} - y_{II_1}) + (y_{I_2} - y_{II_2}) + \dots + (y_{I_i} - y_{II_i}) = \sum_{k=1}^i (y_{I_k} - y_{II_k})$$

c) înscrierea tuturor valorilor de elevație y_{R_i} determinate la sfârșitul fiecărei secvențe de măsurare (i), într-un fișier de tip ERD care are configurația specializată necesară pentru a fi introdus în programul de calcul al unui indice de apreciere a gradului de uniformitate al pavimentelor de tipul indicelui internațional al defectelor de uniformitate (*International Roughness Index – IRI*);

d) scăderea din valoarea înălțimii ($y_{I_{i-1}}$) furnizate de senzorul anterior reprezentat de prima sursă laser (**SL I**) în secvența de măsurare anterioară ($i-1$), a valorii înălțimii (y_{II_i}) furnizată de senzorul posterior reprezentat de cea de a doua sursă laser (**SL II**), în cadrul secvenței de măsurare (i) curente, cu obținerea deplasării d_i proprii pe direcție verticală a vehiculului laborator (**VL**) în cadrul secvenței de măsurare (i) curentă:

$$d_i = y_{I_{i-1}} - y_{II_i}$$

e) însumarea tuturor valorilor curente d_i cu valori pozitive care corespund câte unei deplasări pe direcție verticală, în jos spre paviment, a vehiculului laborator (**VL**) și care sunt obținute în cursul unei distanțe standard de deplasare a vehiculului laborator (**VL**) cu obținerea valorii unui indice de iregularitate de tip BIr (Bump-Integrator Irregularity Index), în condițiile în care distanța standard de deplasare preluată în calcul este de 1 km, distanță care corespunde la 4000 de secvențe de măsurare în lungime de $A = 25$ cm, fiecare, respectiv egale cu distanța dintre cele două surse laser (**SL I** și **SL II**) utilizată la determinarea indexului IRI:

$$\text{BIr} = \sum_{i=k}^{k+4000} d_i$$

în care se însumează numai termenii care îndeplinesc condiția : $d_i = y_{I_{i-1}} - y_{II_i} > 0$.

2. Echipament pentru testarea în regim dinamic a profilelor longitudinale ale arterelor rutiere, pentru aplicarea metodei de la revendicarea 1, echipament amplasat pe un vehicul laborator (**VL**) care rulează cu vitezele specificate în normele de circulație pe artera rutieră al cărui paviment este supus testării de către echipamentul menționat **caracterizat prin aceea că are în alcătuire:**

- o platformă oscilantă (**P.O.**) fixată pe o parte laterală a vehiculului laborator (**VL**) și care este menținută în plan orizontal cu ajutorul unui sistem de stabilizare care este alcătuit dintr-un dispozitiv de măsurare a înclinărilor curente ale platformei, dispozitiv constituit de un înclinometru (**I.m.**) dispus, în mod normal, pe platforma oscilantă (**P.O.**) și dintr-un element

de acționare care este comandat de semnalul de înclinare furnizat de înclinometru și care este constituit dintr-un servomotor cu reductor (**Sm+R**) al cărui ax orizontal, cu care se realizează rotația în tangaj a platformei, trece prin centrul de greutate al acesteia;

- un bloc de doi senzori, (**SL I**) și (**SL II**), menținuți în poziție orizontală de platforma oscilantă (**P.O.**) pe care sunt montați și care realizează, fiecare, măsurarea înălțimii lor curente de montaj deasupra pavimentului, cei doi senzori fiind dispuși în linie, pe direcția de deplasare a vehiculului laborator, la o distanță egală cu valoarea (**A**) a distanței de eșantionare impusă de normele de calcul ale indicilor internaționali de apreciere a uniformității drumurilor;

- o cameră video digitală (**CV**) cu senzori fotoelectronici dispuși în linie care este montată și aceasta pe platforma oscilantă (**P.O.**) între cei doi senzori (**SL I** și **SL II**);

- un sistem de măsurare a distanței parcurse de vehiculul laborator, sistem care la intervale de eșantionare prestabilite, furnizează senzorilor de înălțime semnale de comandă pentru declanșarea fiecărei secvențe de măsurare în momentul parcurgerii de către vehicul a unei distanțe egale de asemenea cu această valoare a distanței de eșantionare impusă de normele de calcul ai indicilor internaționali, astfel că fiecare secvență de măsurare este declanșată în momentul în care, cu precizia asigurată de traductorul de măsurare a deplasării, cel de al doilea senzor (**SL II**) pe direcția de deplasare ajunge să fie plasat în poziția care era ocupată de primul senzor (**SL I**) în secvența precedentă de măsurare;

- un sistem de calcul ambarcat în vehicul și care realizează achiziția, memorarea și procesarea datelor de măsurare.

3. Sistem de măsurare a distanței parcurse de vehiculul laborator pentru implementarea metodei în conformitate cu revendicarea 1 și revendicarea 2, **caracterizat prin aceea că se bazează pe utilizarea unui accelerometru (Ac.m.) montat și acesta pe platforma oscilantă (P.O.) și a unui dispozitiv de integrare (D.I.) care, realizând dubla integrare în timp a semnalelor accelerometrului (Ac.m.), furnizează la ieșirea sa un semnal care este proporțional cu deplasarea curentă a vehiculului laborator (V.L.) raportată la un plan orizontal de referință, circuitele de măsurare ale accelerometrului și ale dispozitivului de dublă integrare fiind programate astfel încât să se reseteze la valoarea „zero”, ori de câte ori valoarea deplasării curente contorizată de dispozitivul (D.I.) ajunge la valoarea prestabilită (**A**) care corespunde distanței de eșantionare prescrisă de normele de calcul al indicelui internațional de rugozitate.**

4. Echipament pentru implementarea metodei în conformitate cu revendicarea 1, revendicarea 2 și revendicarea 3, **caracterizat prin faptul că se bazează pe utilizarea unui scanner laser care funcționează pe principiul trianghulației și care este alcătuit din două surse**

laser cu emisie continuă, (SL I și SL II), dispuse în linie, pe direcția de înaintare a vehiculului, la o distanță una față de cealaltă egală cu cea a distanței de eșantionare (A) prescrisă de normele de calcul al indicilor internaționali de estimare a neuniformităților de drum și dintr-o cameră video digitală (CV) cu senzori fotoelectrici dispuși în linie pentru a asigura o mare viteză de scanare, în condițiile în care camera este plasată în linie cu sursele laser și exact la mijlocul distanței dintre aceste surse, axa de vedere a camerei video cu scanare în linie fiind paralelă cu fasciculele laser care sunt perpendiculare pe suprafața pavimentului, iar declanșarea camerei video și respectiv preluarea de către aceasta a unei imagini a profilului longitudinal de drum marcat cu cele două fascicule laser, fiind comandată de către sistemul de măsurare a distanței parcurse de vehiculul laborator (V.L.) ori de câte ori acesta, în deplasarea sa pe drumul testat a parcurs o distanță pe orizontală egală cu valoarea prestabilită (A).

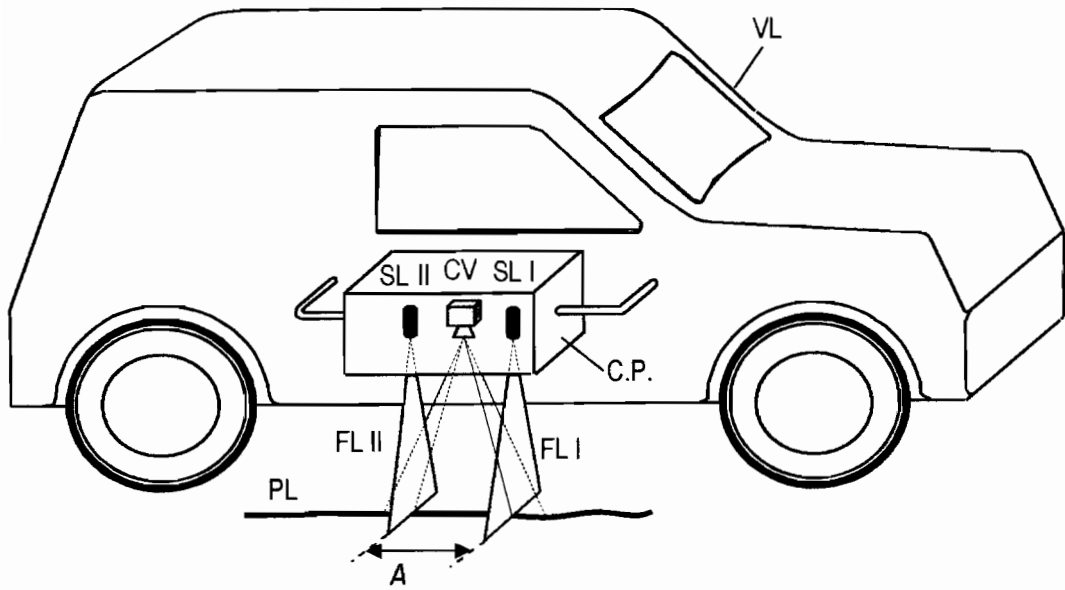


Fig. 1

E2

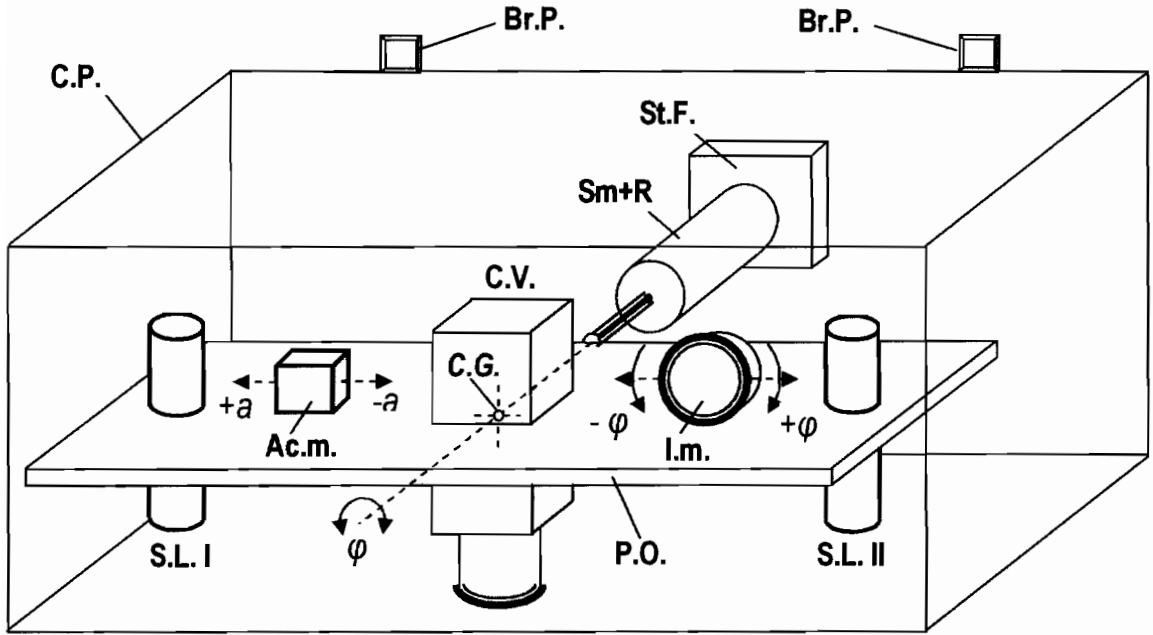


Fig. 2

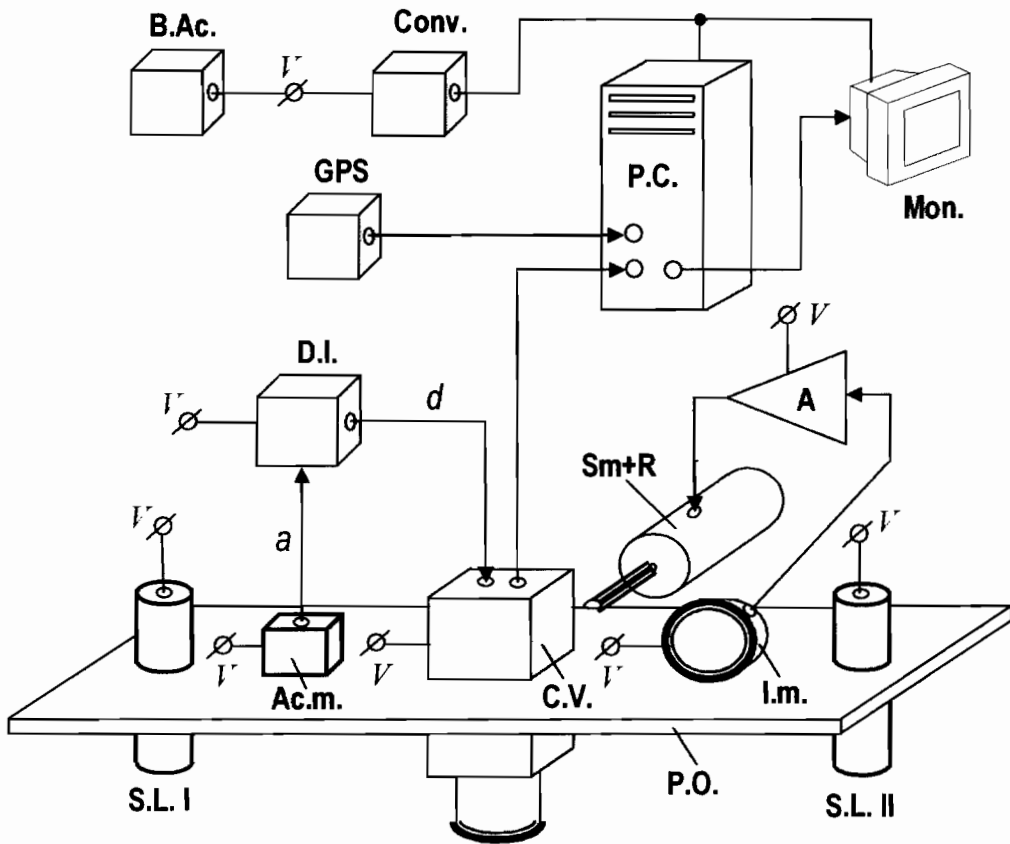


Fig. 3

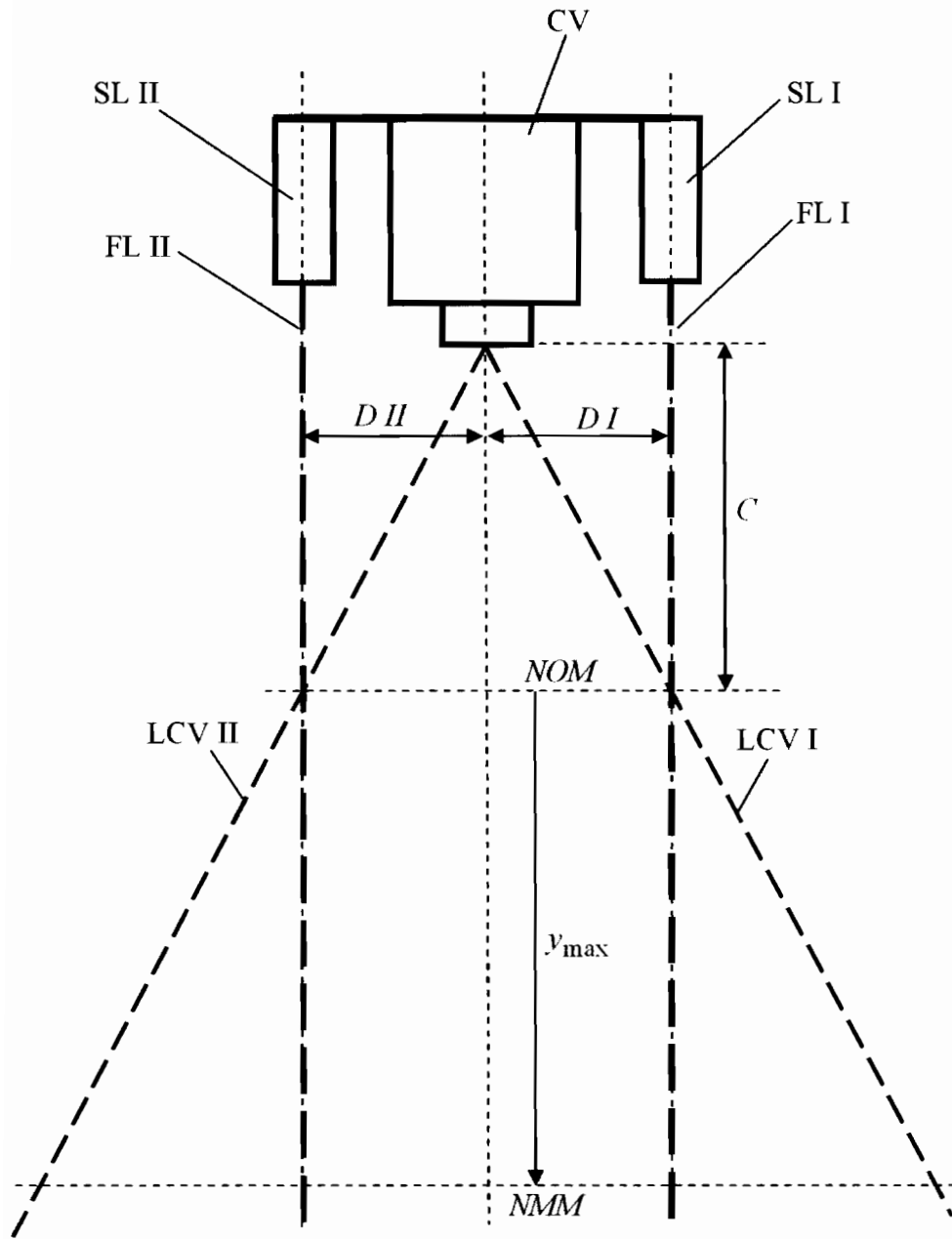


Fig. 4

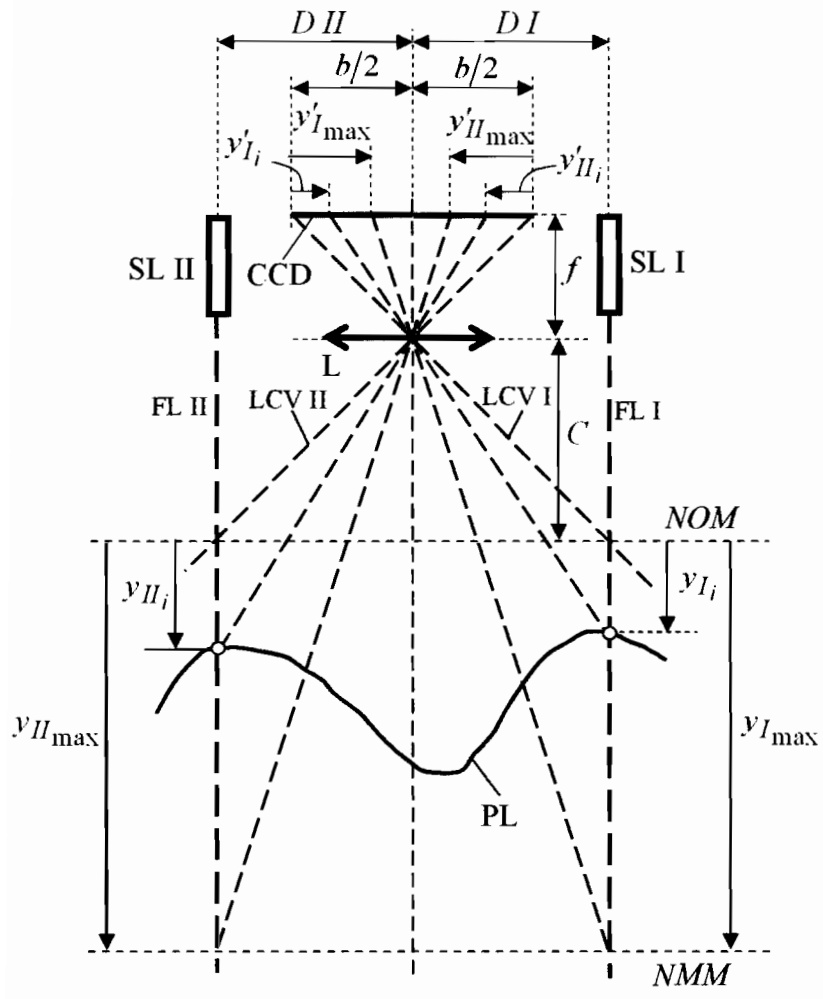


Fig. 5

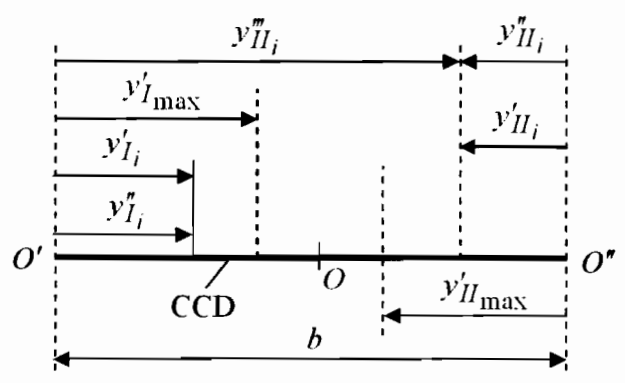


Fig. 6

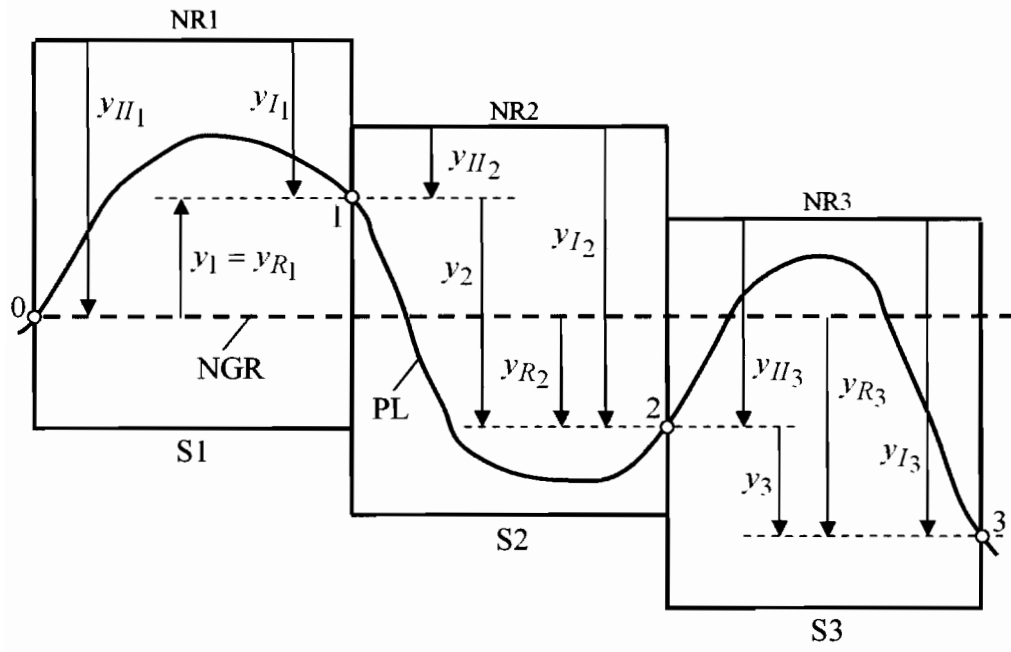


Fig. 7

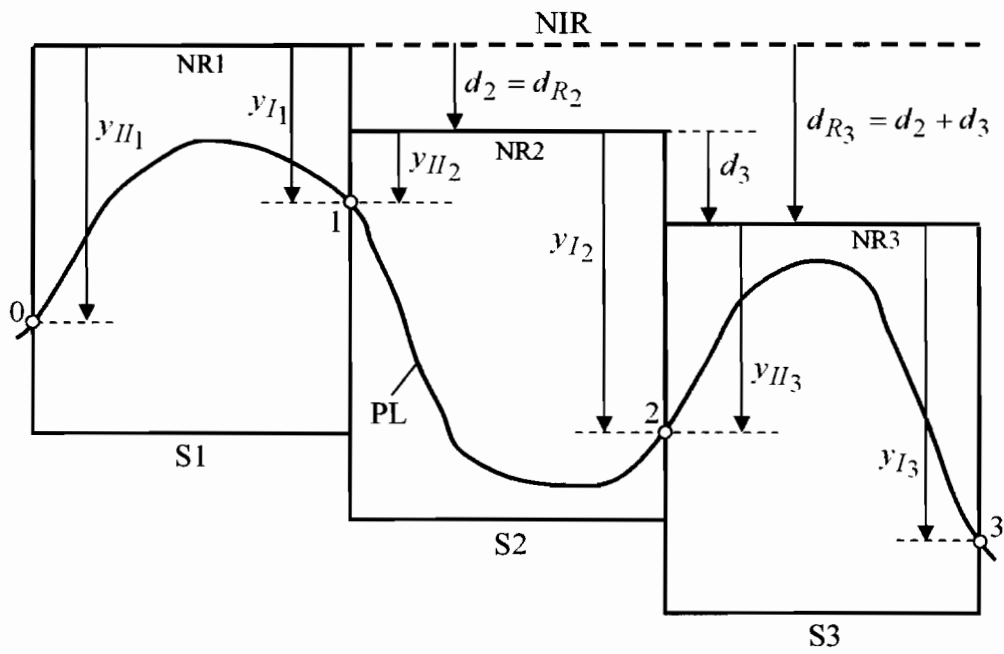


Fig. 8

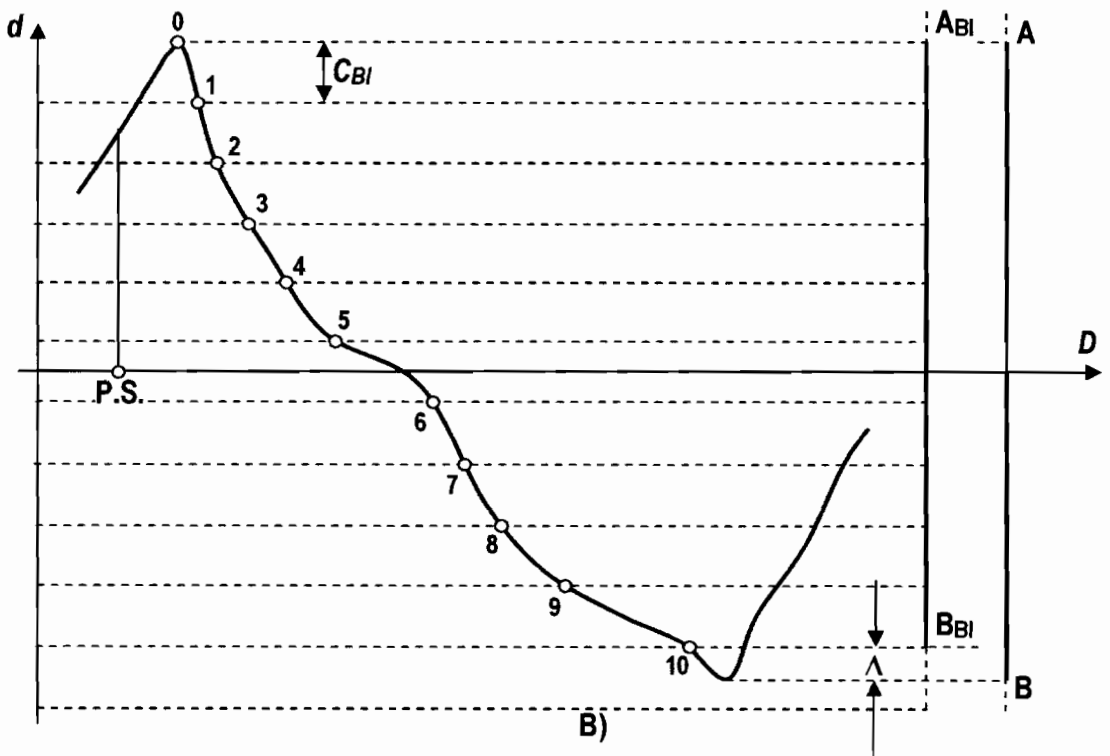
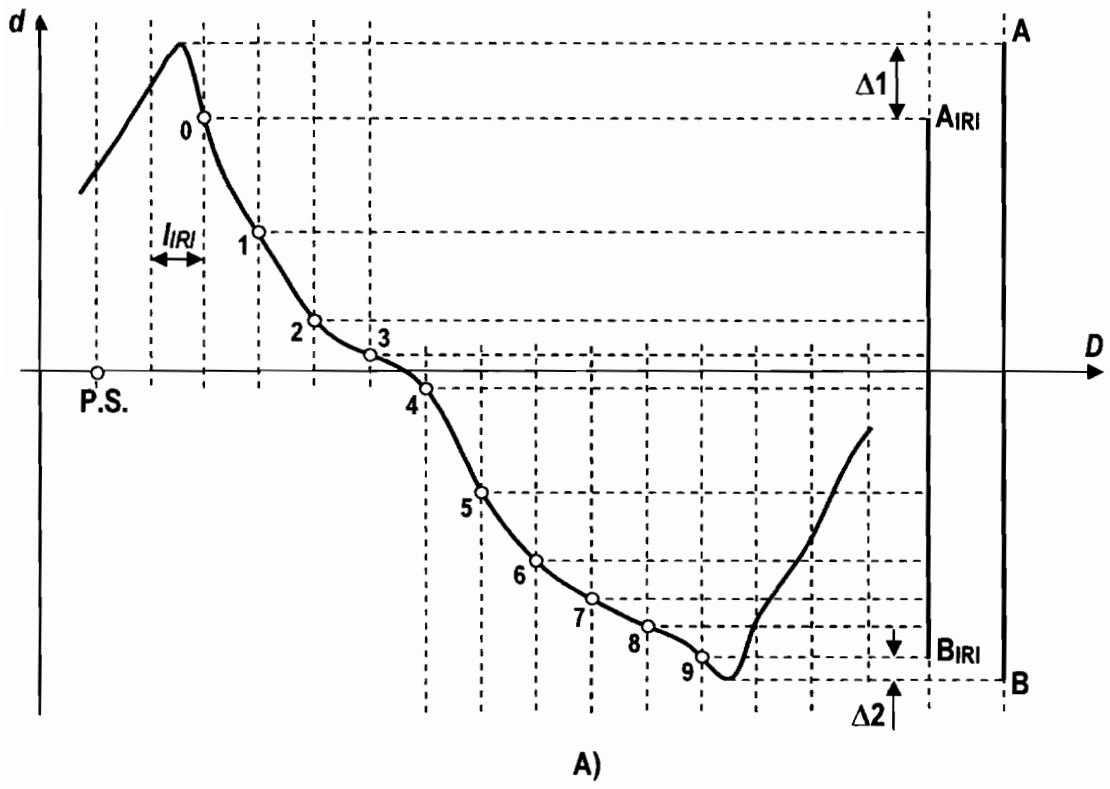


Fig. 9