ГОДИШНИК НА УНИВЕРСИТЕТА ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ – СОФИЯ

ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY – SOFIA

XLV том vol. 2010–2012 св. fasc. II

"ПРЕЦИЗЕН МЕТОД" ИЛИ КАК ДА СЕ ОПРАВЯТ ЖП КРИВИТЕ, БЕЗ ДА СЕ ИЗКРИВЯВАТ ПРАВИТЕ

Кр. Дойчев[1]

Ключови думи: *железни пътища, флеш, разлики, криви, оправяне, репер*

Научна област: *математическо моделиране (математическо моделиране в транспорта)*

РЕЗЮМЕ

Разгледан е един важен проблем, възникващ при проектирането и експлоатацията на железни пътища. Той е свързан с факта, че вследствие на оправянето на жп кривите по т. нар. "прецизен метод" се получава недобро вписване на кривите между прилежащите прави. Анализирани са причините за възникване на това явление. Показано е как методът може да се подобри с оглед както на получаването на по-точни резултати, така и на разширяване на неговия обхват.

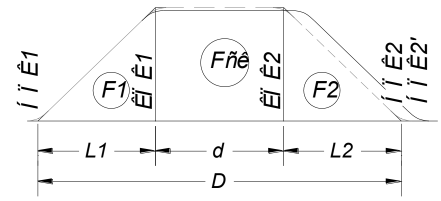
1. Въведение

Вследствие на експлоатацията на железните пътища, те се изместват от проектното си положение по ос и пропадат по ниво. Ежегодно в секциите по поддържане на железния път, по предварително съставен план, се извършва механизирана поправка на положението на пътя по ос и ниво. Тези поправки се извършват спрямо постоянната реперна мрежа, изградена по дължината на железния път. През годините част от репеража беше унищожен. На места той е неточен, вследствие на пропадане и разместване на реперите. Това налага преди използването на реперната мрежа тя да бъде проверена, възстановена и поправена. Възстановяването на реперите е висококвалифициран труд, за който не се отделят необходимите средства.

В жп секциите решават проблема със загубения реперaж чрез използване на т. нар. "прецизен метод". При него се изчисляват стойностите на корекции на пътя въз основа на разликите между измерените флешове на равни разстояния в кривите и флешовете на теоретичните криви, изчислени в същите точки.

[1] Красимир Дойчев, маг. инж., e-mail: k_doichev@abv.bg

Характерно за алгоритъма е изравняване на общата сума на измерените флешове в кривата с флешовете на теоретичната крива. При разлика – теоретичната крива се деформира, така че да се изравнят двете суми.

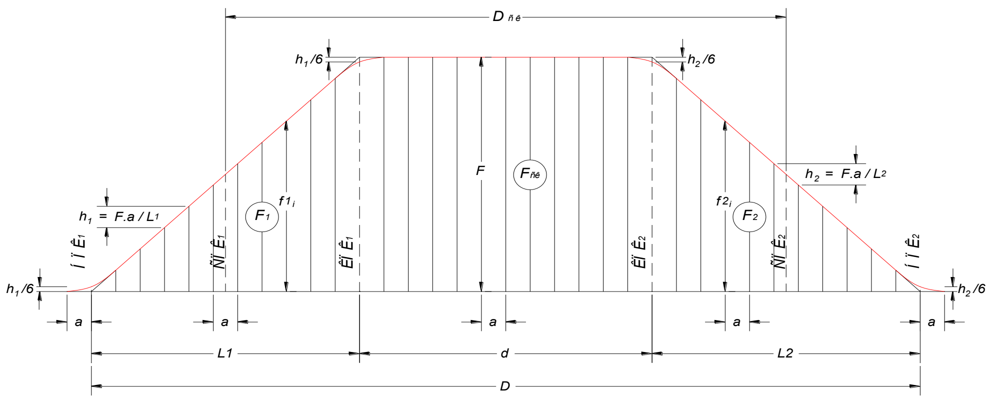


Фиг. 1. Промени във флешовата диаграма с оглед промяна на сумата на теоретичните флешове

Характерна грешка при прилагане на метода е неотчитане на влиянието на изместванията в правата, от която започва изчислението. В повечето случаи, след коригиране на кривите по този начин, около НПК се наблюдават видими изкривявания (“лакти”). Този негативен резултат се получава, тъй като цялостният подход, прилаган при изчислението, е погрешен.

2. Сумата от теоретичните флешове в една крива е постоянна величина

По-долу ще бъде доказано, че ако знаем стойността на централния ъгъл α, можем да определим теоретичната сума от флешовете.



Фиг. 2. Флешова диаграма на крива с две преходни криви

За да опростим доказателството, ще изберем такава дължина на отсечката ***a***, при която преходните криви и циркулярната крива се разделят на цяло число отсечки. Винаги има такова число, което дели точен брой пъти преходните криви и циркулярната крива. Това число е равно на най-малкото общо кратно на числата L_1, *d и* L_2. Дължината на отсечките, на които се разделя кривата, е $a = D/НОК(L_1, d, L_2)$.

Изхождайки от диаграмата, за сумата на флешовете в първата преходна крива, циркулярната крива и втората преходна крива може да запишем:

$$F_1 = \sum_1^{k1} f_{1i} \qquad F_{ck} = \sum_1^{k} F \qquad F_2 = \sum_1^{k2} f_{2i} \, ,$$

където f_{1_i}, f_{2_i}, F са стойности на флешовете в първата и втората преходна крива и циркулярната крива;

$k_1 = L_1/a$, $k = d/a$, $k_2 = L_2/a$ е броят на точките, на които са разделени първата и втората преходна крива и циркулярната крива (вж. фиг. 2).

Съгласно приетата опростяваща предпоставка за флешовете в първата крива може да се запише:

$$f_{1_1} + f_{1_k} = F, \qquad f_{1\,2} + f_{1k-1} = F, \, ..., \qquad f_{1m} + f_{1k-m} = F \, ,$$

където $f_{1_1}, f_{1_2} ......, f_{1_m}, f_{1_{k-m}}, ..., f_{1_{k-1}}, f_{1_k}$ са стойностите на флешовете в първата преходна крива.

Аналогично за флешовете във втората преходна крива може да се запише зависимостта:

$$f_{2_1} + f_{2_k} = F, \qquad f_{22} + f_{2k-1} = F ..., \qquad f_{2m} + f_{2_{k-m}} = F \, ,$$

където $f_{2_1}, f_{2_2} ......, f_{2_m}, f_{2_{k-m}}, ..., f_{2_{k-1}}, f_{2_k}$ са стойностите на флешовете във втората преходна крива.

При кубична парабола СПК съвпада с началото и края на циркулярната крива. Броят на точките от СПК1 до СПК2 е

$$k_{ck} = k_1 / 2 + k + k_2 / 2 = L_1 / 2a + d / a + L_2 \; / 2a = D_{ck} / a \, .$$

Общата сума на флешовете в кривата може да се запише:

$$\sum F = F_1 + F_{ck} + F_2 = \sum_1^{k1/2} F + \sum_1^{k} F + \sum_1^{k2/2} F = \sum_1^{k1/2+k+k2/2} F \, ,$$

$$\sum F = k_{ck} . F \, .$$

$$R = \frac{200.D_{ck}}{\pi\alpha} \, , \tag{1}$$

$$F = \frac{a^2}{2R} \, . \tag{2}$$

Заместваме (1) и (2) в последната формула за ΣF и получаваме:

$$\sum F = k_{ck}\,\frac{a^2}{2R} = k_{ck}\,\frac{\pi a \alpha}{2.200\,\frac{D_{ck}}{a}} = k_{ck}\,\frac{\pi a \alpha}{400 k_{ck}}\,,$$

$$\sum F = \frac{\pi\, a\, \alpha}{400}\,,$$

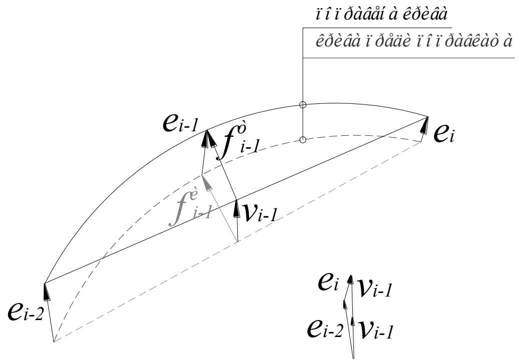
където α е централен ъгъл в гради;

a – разстояние, на което е разделена кривата.

От получената формула за ΣF следва един важен извод: **сумата от флешовете в една крива при предварително избрана дължина на хордата – 2*a*, е величина, зависеща единствено от стойността на централния ъгъл – *α*.**

3. Алгоритъм на "прецизния метод"

За да стане ясна причината за недоброто тангиране на кривите към прилежащите прави, ще изведем алгоритъма на „прецизен метод". Нека произволна крива, да се поправи по ос. Да означим с e_{i-2}, e_{i-1} и e_i стойностите на корекциите в точки *i*-2, *i*-1 и *i*, а с f_{i-1}^u и f_{i-1}^m стойностите на измерения и теоретичния флеш до хордата към външната релсова нишка в точка *i*-1.



Фиг. 3. Флешове и премествания на външната релсова нишка

Да запишем векторните суми от фигура 3:

$$\overrightarrow{v_{i-1}} = \vec{f}^{u}_{i-1} + \vec{e}_{i-1} - \vec{f}^{m}_{i-1}\,,$$

$$\vec{e}_{i-2} + \vec{e}_i = 2\vec{v}_{i-1}\,.$$

$$\vec{e}_i = 2\vec{v}_{i-1} - \vec{e}_{i-2} = 2(\vec{f}^{u}_{i-1} + \vec{e}_{i-1} - \vec{f}^{m}_{i-1}) - \vec{e}_{i-2}\,. \qquad (3)$$

Ако всеки вектор се разгледа като съставен от две компоненти – нормална и тангенциална на оста на пътя, то поради незначителните стойности на тангенциалната компонента, тя може да се пренебрегне. Тогава (3) може да се запише за точки № 2, 3, 4, ..., *к:*

$$e_2 = 2\Delta f_1 + 2e_1 - e_0\,;$$

$$e_3 = 2\Delta f_2 + 2e_2 - e_1 = 2\Delta f_2 + 2(2\Delta f_1 + 2e_1 - e_0) - e_1 = 2\Delta f_2 + 4\Delta f_1 + 3e_1 - 2e_0\,;$$

$$e_4 = 2\Delta f_3 + 2e_3 - e_2 = 2\Delta f_3 + 2(2\Delta f_2 + 4\Delta f_1 + 3e_1 - 2e_0) - e_2 = 2\Delta f_3 + 4\Delta f_2 + 6\Delta f_1 + 4e_1 - 3e_0\,;$$

....

$$e_k = 2\Delta f_{k-1} + 2.2\Delta f_{k-2} + 2.3\Delta f_{k-3} + ... + 2.(k-1).\Delta f_1 + ke_1 - (k-1)e_0\,.$$

От (3) можем да изразим стойността на коригирания флеш F_k:

$$F_{ki} = f_i^u + e_i - e_{i-1}/2 - e_{i+1}/2\,.$$

4. Влияние на неотчетените премествания в правите върху оправянето на кривата

Как ще повлияе неотчитане на изместването в първите две точки върху стойностите на коригираните флешове?

Ако в точки 0 и 1 има преместване на пътя от проектното положение, което не е отчетено при изчислението на корекциите на кривата:

$$e_2 = 2\Delta f_1\,;$$

$$e_3 = 2\Delta f_2 + 4\Delta f_1\,;$$

$$e_4 = 2\Delta f_3 + 4\Delta f_2 + 6\Delta f_1\,;$$

....

$$e_k = 2\Delta f_{k-1} + 2.2\Delta f_{k-2} + 2.3\Delta f_{k-3} + ... + 2.(k-1).\Delta f_1\,.$$

При изместването на кривата с изчислените корекции ще се получат следните флешове:

$$F_{k2} = f_2^u + e_2 - e_1/2 - e_3/2 = f_2^u + 2\Delta f_1 - e_1/2 - \Delta f_2 - 2\Delta f_1 = f_2^m - e_1/2\,;$$

$$F_{k3} = f_3^u + e_3 - e_2/2 - e_4/2 = f_3^u + 2\Delta f_2 + 4\Delta f_1 - \Delta f_1 - \Delta f_3 - 2\Delta f_2 - 3\Delta f_1 = f_3^m\,;$$

....

$$F_{k_i} = f_i^m\,;$$

....

$$F_{k_k} = f_k^u + e_k - e_{k-1}/2 - e_{k+1}/2 = f_k^u + 2\Delta f_{k-1} + 3\Delta f_{k-2} + 4\Delta f_{k-3} + ... + k.\Delta f\,.$$

В началото и края на коригираната кривата се получават флешове различни от теоретичните, а кривата не се измества на проектното положение.

5. Практическо приложение на алгоритъма

Ако се подредят резултатите от изчислените корекции в таблица, ще се получи един прост алгоритъм за изчисление на корекциите на кривата (вж. табл. 1 и табл. 2).

Таблица 1.

Изчисляване на стойностите на корекциите e_i и коригираните флешове Fk_i

i	0	1	2	3	4	…	k
$f_i^{\,u}$	-	f_1^u	f_2^u	f_3^u	f_4^u	…	f_k^u
$f_i^{\,m}$	-	f_1^m	f_2^m	f_3^m	f_4^m	…	f_k^m
Δ_i	-	$\Delta_1= f_1^u- f_1^m$	$\Delta_2= f_2^u- f_2^m$	$\Delta_3= f_3^u- f_3^m$	$\Delta_4= f_4^u- f_4^m$	…	-
$\Sigma\Delta_i$	-	-	Δ_1	$\Delta_1+\Delta_2$	$\Delta_1+\Delta_2+\Delta_3$	…	-
$\Sigma\Sigma\Delta_i$	-	-	Δ_1	$2\Delta_1+\Delta_2$	$3\Delta_1+2\Delta_2+\Delta_3$	…	$(k-1)\Delta_1+(k-2)\Delta_2+ +(k-3)\Delta_3+\ldots+\Delta_{k-1}$
$2\Sigma\Sigma\Delta_i$	-	-	$2\ \Delta_1$	$2(2\Delta_1+\Delta_2)$	$2(3\Delta_1+2\Delta_2+\Delta_3)$	…	$2((k-1)\Delta_1+(k-2)\Delta_2 +(k-3)\Delta_3+\ldots+\Delta_{k-1})$
ie_1	-	-	$2e_1$	$3e_1$	$4e_1$	…	ke_1
$(i-1).e_0$	-	-	$1.e_0$	$2.e_0$	$3.e_0$	…	$(k-1).\ e_0$
e_i	$\boldsymbol{e_0}$	$\boldsymbol{e_1}$	$2\Delta_1+2e_1-1.e_0$	$2(2\Delta_1+\Delta_2)+3e_1-2.\ e_0$	$2(3\Delta_1+2\Delta_2+\Delta_3)+4e_1-3.\ e_0$	…	$2((k-1)\Delta_1+(k-2)\Delta_2+\ldots+\Delta_{k-1})+ke_1-(k-1).\ e_0$
Fk_i		$f_1^u+e_1-e_0/2-e_2/2$	$f_2^u+e_2-e_1/2-e_3/2$	$f_3^u+e_3-e_2/2-e_4/2$	$f_4^u+e_4-e_3/2-e_5/2$		$f_k^u+e_k-e_{k-1}/2-e_{k+1}/2$

Таблица 2.

Схема на изчисление на корекциите e_i и коригираните флешове F_k

i	0	1	2	3	4	…	k
$f_i^{\,u}$	-	f_1^u	f_2^u	f_3^u	f_4^u	…	f_k^u
$f_i^{\,m}$	-	f_1^m	f_2^m	f_3^m	f_4^m	…	f_k^m
Δ_i	-	=	+ =	+ =	+ =	+ =	-
$\Sigma\Delta_i$	-	-				=	= -
$\Sigma\Sigma\Delta_i$	-	-	= +	= +	= +	x2= +	
$2\Sigma\Sigma\Delta_i$	-	-	$2\Sigma\Sigma\Delta_2$	$2\Sigma\Sigma\Delta_3$	$2\Sigma\Sigma\Delta_4$	+	$2\Sigma\Sigma\Delta_k$
ie_1	-	-	$2e_1$	$3e_1$	$4e_1$	- …	ke_1
$(i-1).e_0$	-	-	$1.e_0$	$2.e_0$	$3.e_0$	= …	$(k-1).\ e_0$
e_i	$\boldsymbol{e_0}$	$\boldsymbol{e_1}$	e_2	e_3	e_4	…	e_k
Fk_i			Fk_2	Fk_3	Fk_4	Fk_i	Fk_k

От съществена важност за крайните резултати са точността на измерване и разпределението на грешките.

Прецизният метод е лесен начин за определяне на корекциите на жп кривите, но трябва да се прилага правилно и за предпочитане в съчетание с геодезически методи на трасиране. След трасирането на базисни точки, с този метод може да се определи положението на подробни точки от оста на железния път. Прилага-

нето му ще облекчи труда на специалистите и ще повиши точността на работа. Той може да се използва за възстановяване на репери. Познаването на метода и прилагането му при стриктно спазване на геометричните зависимости ще доведе до оправяне на жп кривите в план и правилно тангиране на кривите към прилежащите прави.

Постъпила: януари, 2012 г.

"PRECISE METHOD" OR HOW TO FIX RAILWAY CURVES WITHOUT DISTORTING DO

K. Doychev[1]

Keywords: *flash, difference, curves, making, benchmark*

Research area: *mathematical modeling (mathematical modeling in transport)*

ABSTRACT

After fixing the rail curves with "precise method" is not receiving a good entry of the curves between adjacent lines. What causes this. Can be improved the method so that he gives more accurate results and to extend its application.

[1] Krasimir Doychev, diplom. eng, e-mail: k_doichev@abv.bg