



## Сравнителен анализ на резултати от измервания с компютризиран гравиметър Scintrex CG-5 и гравиметър ГАК-7Т № 524 в Чирпанския район

Емил Михайлов<sup>1</sup>, Димитър Димитров<sup>1</sup>, Мишел Еверертс<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национален институт по геофизика геодезия и география, Българска академия на науките, ул. Акад.Бончев, бл.1, 1113 София, България

e-mail: [emil\\_mih@abv.bg](mailto:emil_mih@abv.bg), [clgdimi@argo.bas.bg](mailto:clgdimi@argo.bas.bg)

<sup>2</sup>Кралска обсерватория на Белгия, Кръгово авеню № 3, Б-1180 Брюксел, Белгия

e-mail: [evergaerts@oma.be](mailto:evergaerts@oma.be)

**Ключови думи:** установка УЕГП-1 № 95, Scintrex CG-5, ГАК-7Т № 524, изместване нулевата точка на гравиметъра.

### *Analysis of results of measurements with gravimeters Scintrex CG-5 and gravimeter LHC-7T № 524 in Chirpanski district*

*Emil Mihailov<sup>1</sup>, Dimitar Dimitrov<sup>1</sup>, Michelle Evererts<sup>2</sup>*

**Abstract:** An comparative analysis of results from experimental measurements on gravimetrichni around 37 points and Chirpan Popovitz faults. Measurements were carried out on selected stable gravimetric points in 2007 with a computerized gravimeter Scintrex CG-5 and static gravimeter LHC-7T № 524.

#### 1. Увод

В района на Горнотракийската равнина през май 2004 година се извърши гравиметрична снимка с цел локализирането на разломите около Чирпан и Поповица. Отначало тя се извърши с гравиметри Scintrex CG-3 и ГАК-7Т № 524. По-късно през юни 2007 година беше сгъстена гравиметричната снимка с ГАК-7Т № 524 и Scintrex CG-5. Целта на настоящата публикация е сравняване резултатите от гравиметри ГАК-7Т № 524 и Scintrex CG-5 при извършване на гравиметрична снимка с повишена точност, по еднократна методика в района на разломите около Чирпан и Поповица. Необходимо е да се установи пригодността на гравиметри от вида на ГАК-7Т № 524 за такъв вид измервания, извършвани по еднократна методика с контролни точки. Засега в Република България се разполага с такъв вид гравиметри.

#### 2. Инструменти

##### 2.1 Scintrex CG-5 Auto Grav (Kanada)

Гравиметрите CG-5 се явяват най-точните и най-добрите прибори на пазара днес благодарение на новите технологии приложени в прибора, а именно: надеждна кварцова система, цифрово отчитане на резултатите, автоматична диагностика на прибора. Високата точност на гравиметъра до 5 микрогала се обезпечава благодарение на пълната автоматизация на процеса на измерване. Гравиметърът има надеждна конструкция и точно калибриране /еталониране/. Малко пълзене на нулевата точка /dreif / около 0,020 мГал/ ден. Точност на измерване 1 микрогал. Стандартно отклонение до 5 микрогала.

##### 2.2 Гравиметър ГАК-7Т № 524

Гравиметърът може да се прилага за детайлни, регионални и маршрутни снимки с разстояния между точките от десетки метри до 10-15 км. и повече. На същия гравиметър заедно с гравиметрите на НИГиФ беше монтирана нова кварцова система в *Лабораторията за ремонт на гравиметри гр.Бургас* през 1984-1985 г. Средната грешка на измерване е от 0,030 до 0,060 mGal.

#### 3. Изследване и еталониране на гравиметрите

Изискванията, които си поставяме при извършване на измерванията е ГАК-7Т № 524 да допълва Scintrex CG-5. За да се изпълнят тези изисквания е необходимо да се спомене за изследването и еталонирането на ГАК-7Т №524 по метода на наклона на установката УЕГП-1 № 95 в НИГиФ и на еталонния полигон София- Симеоново-Бистрица –Плана

##### 3.1 Гравиметър ГАК-7Т №524

Руският гравиметър ГАК-7Т, № 524, собственост на УАСГ има паспортна точност, както споменахме от 0,030 до 0,060 mGal, доста по-ниска от тази на Scintrex CG-5. На ГАК-7Т му беше направено изследване на точността и еталониране. Подробно резултатите от изследване и еталониране на ГАК-7Т № 524 са дадени в [1]. От изследването на гравиметъра ГАК-7Т се вижда, че за изминалия период се наблюдава изменение на цената на деление превишаващо грешката на нейното определяне, евентуално от частично нарушаване вакуума на кварцовата система. От еталонирането на гравиметър ГАК-7Т № 524 при

различни температури, беше установена температурната зависимост на константата, като полином от втора степен:

$$K = a + v \cdot t + c \cdot t^2 \quad (1)$$

- където  $a$ ,  $v$  и  $c$  са коефициенти равни на  $a = 6,728127$ ,  $v = 0,005469$ ,  $c = 0,000052$  /определени от Михайлов 2004 г./

### 3.2 Scintrex CG-5

Гравиметърът *Scintrex CG-5* е взет от Люксембург от Белгийската Кралска обсерватория, като е изследван и еталониран в Люксембург и Белгия и неговото еталониране няма да бъде дискутирано тук.

## 4. Определяне на грешката от измерване с ГАК-7Т и избор на схемата на рейса /хода/ на наблюдение

Грешката от единично измерване с гравиметър е неговата основна характеристика. Тя зависи от: структурата на хода, неговата продължителност, методиката на отчитане изменението на нулевата точка, методиката на измерване, времетраенето на придвижване от точка до точка и др. За намиране грешката от единично измерване са използвани резултатите от еталониране на полигона *София – Плана*. За грешките от единично измерване имаме, че  $m = 0,041$  мГал за отсечката *София – Симеоново* и  $m = 0,048$  мГал за отсечката *Симеоново – Железница*. Средните квадратни грешки от единично измерване на разлики в силата на тежестта в гравиметричен ход с продължителност до 4 часа за такъв вид гравиметри да са до  $0,060$  мГал. Коефициентът на надежност на прибора определен съгласно [1] е равен на  $0,954$ , което значи, че при коефициент повече от  $0,95$  може да се използва еднократна методика с контролни точки. Най-общо казано да се извършват гравиметрични наблюдения по гореуказаната методика.

## 5. Гравиметрични измервания и изчисления в Чирпанския район

### 5.1 Изместване на нулевата точка на гравиметрите

Действителното изместване нулевата точка на статичните гравиметри от вида ГАК и ГР/К2 има сложен характер и не може да бъде прогнозирано. Изместването на нулевата точка на гравиметрите е предизвикано от неидеалната еластичност на измерителната система: под налягане еластичните свойства на материала, от който е изготвена чувствителната система на гравиметъра се изменят във времето. Графикът на изменение отчетите е крива линия, характера на която зависи от конструкцията на прибора и неговите индивидуални особености. *Криволинейното изменение* на нулевата точка с време даже по малко и от 1 час е обусловено от процесите на поляризация. Замяната на кривата линия на изместване на нулевата точка с права, както се практикува основно в *гравиметрията* е малко приблизително, довеждащо до понижаване точността на резултатите. Често горепосочения тип гравиметри ГАК имат голяма нелинейност на отчетните скали. Необходимо е да се вкарват скалови поправки за гравиметрите от този вид върху отчетите. Обикновено наблюденията с различни гравиметри са съпроводени с големи систематични грешки т.е имаме разхождания /разсейвания / на резултатите. Понеже наблюденията се провеждат с двата гравиметъра CG-5 и ГАК-7 Т едновременно по едно и също време и при едни и същи условия, разликите имат систематичен характер и са свързани с техническите особености на приборите. Разликите между приборите са обусловени от криволинейното изместване на нулевите им точки или от колебание цената /мащабния коефициент/ на отчетното устройство на ГАК-7Т № 524 причинена от частично нарушаване вакуума в кварцовата система на гравиметъра [2] и от транспортирането на същия. Понеже *компютризираният гравиметър Scintrex CG-5* е с малко тегло и отлични еластични свойства на измерителната система, даже и при транспортирането му по лоши пътища и резки температурни изменения, то изместването на нулевата му точка е много малко за разлика от ГАК-7Т. Изключително устойчивата работна среда на еластичната кварцова система на CG-5 позволява точно да се измерят и въведат програмни поправки в реално време за дълговременно изместване на нулата, намалявайки го до около  $0,020$  mGal /денонощие.

### 5.2 Гравиметрични измервания и изчисления

За згъстяване на гравиметричната снимка в Чирпанския район бяха извършени, както споменахме измервания с ГАК-7Т № 524 и CG-5 на 37 точки, заедно с опорните. Измерванията и с двата гравиметъра се извършиха по еднократна методика със затваряне на фигурите в опорните точки. Гравиметричните точки, върху които се извършиха измерванията, бяха избрани на стабилни места, като бетонови площадки на паметници, черкви и сгради. Избираха се на места далече от транспортни средства и машини, които да създават микросеизмика. Измерването се извърши с *джип (JEEP CHEROKEE)*, собственост на *Геофизическия институт при БАН*. Времетраенето на затварянето на фигурите беше



максимум до 2 часа. Изчисляваха се резултатите до получаване на  $\Delta g$  измерено с двата гравиметъра, като в гравиметър ГАК-7Т № 524 бяха вкарани поправки за *нелинейност на отчетната скала*. По късно върху резултатите на ГАК-7Т бяха вкарани и поправки за *прилив*, предоставени ни от белгийския специалист Мишел Еверертс, а също и поправки за *разлики в барометричните ефекти* на гравиметрите Scintrex CG-5 и ГАК-7Т № 524 съгласно [2]. При *компютризирания гравиметър Scintrex CG-5* се вкарват автоматично корекции за *приливи, наклон на прибора, температура, вибрации* и др. Резултатите от получените разлики на  $\Delta g$ , заедно с несфръзките на фигурите са дадени в Таблица 1.

Таблица 1

<b>ЧИРПАНСКИ РАЙОН</b>			
<b>Измерени разлики в силата на тежестта</b>			
	[mGal]	[mGal]	[mGal]
<b>ОТСЕЧКИ</b>	$\Delta g$ CG-5	$\Delta g$ ГАК-7Т	CG-5-ГАК-7Т
<b>Чирпан</b> - Рупките	-17,639	-17,677	0,038
Рупките - Изворово	-7,307	-7,323	0,016
Изворово - Ст.Заим.	-10,782	-10,729	-0,053
Ст.Заимово- <b>Чирпан</b>	35,921	35,701	0,22
	<b>w = 0,193</b>	<b>w = -0,028</b>	
<b>Чирпан</b> - Свобода	-13,141	-13,002	-0,139
Свобода-Мал.Транов.	0,566	0,512	0,054
Мал.Транов.-Винар.	-6,396	-6,329	-0,067
Винарово-Могилово	-3,735	-3,902	0,167
Могилово- <b>Чирпан</b>	22,721	22,901	-0,18
	<b>w = 0,015</b>	<b>w = 0,180</b>	
<b>Чирпан</b> -Държава	-4,728	-4,535	-0,193
Държава-Гита	-9,859	-9,878	0,019
Гита-Самуилово	-1,04	-1,233	0,193
Самуилово- <b>Чирпан</b>	15,647	15,602	0,045
	<b>w = 0,02</b>	<b>w = -0,044</b>	
<b>Чирпан</b> -Ценово	-9,942	-9,826	-0,116
Ценово-Зл.ливада	16,189	16,202	-0,013
Зл.ливада-Гигант	-8,007	-8,098	0,091
Гигант- <b>Чирпан</b>	1,739	1,722	0,017
	<b>w = -0,021</b>	<b>w = 0,000</b>	
<b>Плодовитово</b> -Крушево	-5,033	-4,956	-0,077
Крушево-Добри дол	5,097	5,071	0,026
Добри дол- <b>Плодовитово</b> .	-0,053	-0,115	0,062
	<b>w = 0,011</b>	<b>w = 0,000</b>	
<b>Плодовитово</b> -Мирово	6,459	6,641	-0,182
Мирово-Милево	-8,599	-8,41	-0,189
Милево-Виница	-2,409	-2,416	0,007
Виница-Татарево	-30,185	-29,945	-0,24
Татарево- <b>Плодовитово</b> .	34,763	34,396	0,367
	<b>w = 0,029</b>	<b>w = 0,266</b>	
<b>Плодовитово</b> - Поповица	-11,128	-11,142	0,014
Поповица-Ахматово	-17,464	-17,495	0,031
Ахматово-Богданица	-2,424	-2,523	0,099
Богданица-Конуш	9,375	9,115	0,26
Конуш- <b>Плодовитово</b>	21,724	22,002	-0,278
	<b>w = 0,083</b>	<b>w = -0,043</b>	



Белозем-Секирово	8,878	8,822	0,056
Секирово-Раковски	-12,426	-12,496	0,07
Раковски-Стряма	20,907	21,202	-0,295
Стряма-Белозем	-17,277	-17,467	0,19
	<b>w = 0,082</b>	<b>w = 0,061</b>	
Белозем-Манолско кон.	-4,701	-4,49	-0,211
Ман.конаре-Ясно поле	12,369	12,269	0,1
Ясно поле-Маноле	-16,424	-16,674	0,25
Маноле-Белозем	8,794	8,661	0,133
	<b>w = 0,038</b>	<b>w = -0,234</b>	
Белозем-Трилистник	-14,066	-13,805	-0,261
Трилистник-Рогош	-3,659	-4,088	0,429
Рогош-Пловдив	1,425	1,684	-0,259
Пловдив-Белозем	16,301	16,36	-0,059
	<b>w = 0,001</b>	<b>w = 0,151</b>	
Пловдив-Ягодово	-0,396	-0,609	0,213
Ягодово-Караджово	-10,756	-10,52	-0,236
Караджово-Кочово	-1,893	-1,878	-0,015
Кочово-Пловдив	13,066	13,067	-0,001
	<b>w = 0,021</b>	<b>w = 0,060</b>	

## 6. Заключение

При двата гравиметъра имаме сключване на фигурите в стотни от милигала, като при *CG-5* имаме сключване на една фигура над  $0,10 \text{ mGal}$ , а при *ГАК-7Т № 524* на четири фигури над  $0,10 \text{ mGal}$ . Максималните средни грешки от контролни измервания за *CG-5* са  $0,098 \text{ mGal}$ , а за *ГАК-7Т № 524* са  $0,271 \text{ mGal}$ . Такъв резултат се очакваше, съгласно проспектната точност на гравиметрите и техния клас. От Таблица 1 се вижда, че еднократната методика дава доста добри резултати за статичния гравиметър *ГАК-7Т № 524*, след като се сравни с компютризирания гравиметър *Scintrex CG-5* и то на точки със стабилна основа. При площни и профилни снимки на разломи, тази методика може да се използва. Необходимо е да се извършва едновременно с два добре изследвани и еталонирани гравиметъра от вида на *ГАК*, *ГР/К2* или *ГНУ-КВ*, каквито има в наличност в Република България. При наличие на компютризиран гравиметър от вида на *CG-5* в Република България, същият може да се използва и самостоятелно за гравиметрични измервания на разломи.

## Литература:

- [1] *Dimitrov D., Mihailov E., Evererts M., Stoyanov L. 2008 - Results from new gravimetric measurements in the region of the earthquakes un April 1928 (Chirpan-Plovdiv), Sofia – Geodesy 19, 66-75.*
- [2] *Ценков Ц., Михайлов Е., 2009 – Изследване на влиянието на атмосферата върху мащабния коефициент и отчетно устройство на статичния гравиметър ГАК-7Т № 524 при гравиметрични измервания в района на гр. Чирпан – Доклади на IX международна научна конференция – ВСУ „Любен Каравелов”, V1-67 до V1-72.*