



Получена: 18.03.2018 г.

Приета: 22.10.2018 г.

ИЗГРАЖДАНЕ НА НАЦИОНАЛЕН ЕТАЛОНЕН ГРАВИМЕТРИЧЕН ПОЛИГОН

Сл. Господинов¹, Е. Пенева², Т. Ламбева³, И. Радев⁴

Ключови думи: калибрационна линия, гравиметрични измервания, гравиметрична мрежа

РЕЗЮМЕ

В статията е направен преглед на получените резултати от изграждането на национален еталонен гравиметричен полигон – Софийската гравиметрична линия.

Извършено е проучване на наличната информация за релативните и абсолютните измервания по преди това реализирани гравиметрични линии. След направено обследване на съществуващите точки е предложена схема за нова калибрационна линия, конструирана и създадена е база с данни за точките, планирани са и са извършени гравиметрични измервания. Използвани са най-добрите, налични и годни за ползване, гравиметри.

Извършена е обработка на релативните измервания по новоизградената Софийска гравиметрична линия. Направено е сравнение и анализ на резултатите от измерванията с резултати от предходни релативни и абсолютни измервания по същите точки, извършени с различни гравиметри. Настоящите измервания са съпоставени и с високоточни гравиметрични измервания за геофизични изследвания в областта на обекта.

¹ Славейко Господинов, проф. д-р инж., кат. „Висша геодезия”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: sgospodinov@mail.bg

² Елена Пенева, проф. д-р инж., кат. „Висша геодезия”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: Peneva_el@yahoo.com

³ Татяна Ламбева, гл. ас. д-р инж., кат. „Висша геодезия”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: tlambeva16@gmail.com

⁴ Ивайло Радев, гл. ас. д-р инж., кат. „Висша геодезия”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: ivoradev_bg@abv.bg

1. Увод

Държавната гравиметрична мрежа служи за основа на множество геодезически и геофизични измервания в Република България, както и за изпълнение на важни научни и инженерно-технически задачи – определяне на фигурата на Земята, вертикалните движения на земната кора, разликите в нивата на моретата и океаните, сеизмично райониране и др. Структурирана в различни класове, разпространява гравиметричната система на територията на цялата страна.

Точките от Държавната гравиметрична мрежа са основна част от Единната геодезическа основа на Р България. Информацията, съхранявана чрез тях, е важна предпоставка за компетентното реализиране на дейности от национално значение, като: геодезически измервания на Държавната нивелачна мрежа, геофизични и геодинамични изследвания, локални и регионални геоложки проучвания.

Гаранция за качеството и точността на релативните гравиметрични измервания е перманентното еталониране на апаратурата, с която се извършват – релативните гравиметри. Определянето на метрологичните качества на тази апаратура са своеобразна гаранция за гравиметричните стандарти на територията на страната, които предполагат както адекватно включване на страната ни към Абсолютната гравиметрична мрежа (Резолюция № 2 на IAG от 2015 г.), така и реализирането на качествени гравиметрични измервания не само за целите на геодезията, но и за целите на другите науки.

Понастоящем в България няма изграден еталонен гравиметричен полигон, отговарящ на съвременните изисквания за точност и гарантиращ достоверност на резултатите от тестването на гравиметричната апаратура.

2. Исторически сведения за еталонните гравиметрични измервания и бази в България

През 1940 г. се поставя началото на гравиметричните изследвания в България със създаването на основната гравиметрична станция на България в Агрономическия факултет на Софийския университет [2].



Фиг. 1. 1960 – 1973 г. Софийският гравиметричен полигон и базите към него [1]

За първи еталонен гравиметричен полигон в България може да се счита Софийският гравиметричен полигон и бази (фиг. 1), реализиран през 60-те години на XX век. Предназначен е за изследване и еталониране на гравиметри в България от „Геоплан-проект“ към ГУГК през 1961 г., впоследствие разширен от НИИГиФ. Гравиметричният полигон обхваща част от гр. София и планината Витоша, с височини на точките между 550 m и 2290 m. Две от еталонните отсечки са определени чрез измервания с махален гравиметър, извършени от ЦНИИГАиК – Москва [2].

2.1. Софийска гравиметрична калибрационна линия

Релативни измервания

Хронологичната последователност на извършените релативни гравиметрични измервания по Софийската гравиметрична калибрационна линия може да бъде обобщена, както следва:

- През 1961 г. е измерена първата отсечка Селскостопанска академия „Георги Димитров“ – Драгалевски манастир.
- Втората отсечка – отсечката София – Черни връх е измерена през 1968 г. с пет махални гравиметри ОВМ от руски специалисти. Тя е част от Международния еталонен гравиметричен полигон (МЕГП). Средната квадратна грешка, получена от измервания с петте гравиметъра, е 0.060 mgal.
- През 1969 г. са извършени измервания с гравиметри ГАГ-1 и ГАГ-2 от руски специалисти на отсечките София – начало Драгалевски лифт; начало Драгалевски лифт-край на Драгалевски лифт; край на Драгалевски лифт – хотел Щастливеца; хотел Щастливеца – София; София – Копитото; Копитото – Тих кът; Тих кът – София. Измерванията са със ср. кв. гр. до ± 0.080 mgal.
- През периода 1970 – 1983 г. същият полигон е измерван ежегодно с гравиметри от вида ГАК-4М, ГАК-7Т, ГР/К2, собственост на НИИГиФ от Б. Николов, Б. Прокопиев и Е. Михайлов.
- През 1996 г. отново са извършени измервания със същите гравиметри от Е. Михайлов.
- В периода 1998 – 2001 г. е изградена Калибрационна линия София – Плана с две междинни точки в Железница и Симеоново. В съответствие с изискванията на проекта „Унифициране на гравиметричните системи на страните от Централна и източна Европа“ (UNIGRACE) в България (Milev, Vassileva, 2003), около точките са развити релативно микро-гравиметрични мрежи, определени с релативен гравиметър LCR – G986, определени от Института по геодезия и геодезическа астрономия на Варшавския технологически институт, Полша [5]. По същия проект са използвани и гравиметри: LCR – D51 на Федералната служба по метрология и геодезия (BEV), Австрия и LCR – G1095 на ГФ на УАСГ.
- През 2004 г. е преизмерена част от полигона с гравиметър ГАК-7Т № 524, собственост на ГФ УАСГ от Е. Михайлов, а останалата част с гравиметър Scintrex CG-3 от белгийския специалист М. Еверхард.

- През 2007 г. отново са извършени измервания с гравиметър Scintrex CG-5 от белгийския специалист М. Еверхард на някои отсечки от полигона.
- От Централната лаборатория по висша геодезия (ЦЛВГ) е създаден еталонен гравиметричен ход между абсолютните гравиметрични станции в Агенцията по геодезия, картография и кадастър и Геодезическата обсерватория „Плана”. Този ход, както и отсечката кв. Симеоново – Драгалевски манастир, са измерени многократно с гравиметри LaCoste&Romberg и с електронните Scintrex G3 и G5 и в настоящия момент са отсечките, на които се еталонират гравиметри [2].

Получените ср. кв. гр. от измервания с гравиметри от вида ГАК и ГР/К2 достигат до ± 0.090 mgal през различните периоди, ср. кв. гр. от измервания с гравиметри от вида Scintrex CG-3 и CG-5 достигат до ± 0.010 mgal.

Измерванията, извършени с махални гравиметри, ГАГ-1 и ГАГ-2, ГАК-4М, ГАК-7Т и ГР/К2 са по метода **АВАВ**. Измерванията през 2004 със Scintrex CG-3 са извършени по метода **АВСДВА**, а измервания с Scintrex CG-5 през 2007 по метода **АВСДСВА**.

Абсолютни измервания

Последните (след 1998 г.) абсолютни гравиметрични измервания на точки от Софийския гравиметричен полигон (София-АГКК и Обсерватория Плана) са извършени по проект UNIGRACE (Unification of the Gravity Systems of the Countries from Central and Eastern Europe) през 1998 г. и 2001 г.

Таблица 1. Абсолютни гравиметрични точки от Софийския еталонен гравиметричен [5, 10]

Точка Софийска калибр. линия	Описание	$\Delta g, 10^{-8}$ [ms^{-2}]	$\sigma, 10^{-8}$ [ms^{-2}]	Разлика Δg SOF-PLA [$10^{-5} ms^{-2}$]
PLA-ABS	с. Плана – Геодезическа обсерватория на НИГТГ-БАН, абсолютна гравиметрична точка	980074440.0 (1) JILA g-6, 18.09.1998	3,0	-166.1575 (1-1*)
		980074339.5 (2) ZZG, 05.04.2001	1,0	-166.2580 (2-1*)
SOF-ABS	Агенцията по геодезия, картография и кадастър, абсолютна гравиметрична точка	980240597.5(1*) JILA g-6, 15.09.1998	5,6	-166.1444 (1-2*) -166.2449 (2-2*)
		980240584.4 (2*) 1999 /приета UNIGRACE/	-	-166.2023 (1-3*) -166.3028 (2-3*)
		980240642.3 (3*) ZZG, 01.04.2001	6,0	

Измерванията при първата кампания по проекта, през 1998 г., са извършени с абсолютен гравиметър JILA G-6 (Австрия) от специалисти на Федералната служба по метеорология и измервания на Австрия (BEV) [10].

През 2001 г. са извършени повторни абсолютни измервания от втората кампания на точките София-АГКК и Плана от полски специалисти с абсолютен гравиметър ZZG [11]. Данните от измерванията в точка София (АГКК) от 2001 г. с абсолютен гравиметър ZGG са публикувани [5] и са определени от авторите, че „относително не са добри“, поради наличие на „по-големи грешки при измерванията ... причинени от външни смущения“.

В табл. 1 са представени резултатите от абсолютните гравиметрични измервания, с оценка на точноста по проект UNIGRACE, публикувани в [5, 10]. Същите ще бъдат наричани по-нататък накратко Източник 1.

Получени са общо шест стойности на гравиметричните разлики, за различните комбинации от измервания между абсолютните точки в гр. София (АГКК) **SOF-ABS** и обсерваторията в с. Плана **PLA-ABS** (табл. 1). Разликата между двете стойности на силата на тежестта от абсолютните измервания в точка PLA-ABS е значителна: 100.5 μGal .

За получената голяма стойност на разлика в определенията на големината на силата на тежестта в станция PLA-ABS може да се направят следните констатации: ако се разгледат подробно данните от измервания за обсерваторията в с. Плана (измервания с ZZG през 2001 г.), представени от авторите [5] (табл. 1), се забелязва несъответствие между публикувания реален вертикален градиент (-306.3 $\mu\text{Gal}/\text{m}$), стойността на ускорението на силата на тежестта на 1 метър височина (980 074 133.2 μGal) и стойността, отнесена към повърхността на репера (980 074 339.5 μGal). При използване на стойността, дадена по-горе за вертикалния градиент, получената стойност на силата на тежестта в станция PLA-ABS би се различавала от предходно определената стойност с JILA g-6 само с 0.5 μGal .

За окончателната стойност на силата на тежестта на гравиметричната точка София (АГКК), по проекта UNIGRACE е обявена стойността: 980 240.5844 mGal [5]. Прямо тази стойност и окончателно обявената стойност на силата на тежестта в абсолютната точка във Варна (980 470.7683 mGal) са редуцирани точките от Еталонната гравиметрична мрежа (ЕГМ). ЕГМ е изравнена през 1996 г. със стойност на - 980 240.6630 mGal в точката София (АГКК) и 980 470.8510 mGal за станцията във Варна [5].

2.2. Национален еталонен гравиметричен полигон (НЕГП)

През периода **1969 – 1973 г.** са проектирани и реализирани **Прецизни гравиметрични ходове (ПГХ)** (Высокоточные гравиметрические ходы (ВГХ), рус.). ПГХ са изградени съвместно с Института по физика на земята към Академия на Науките на бившия СССР, във връзка с изследване и еталониране на гравиметри в България (фиг. 1). С изграждането на ПГХ се е целяло привеждане на гравиметричните мрежи на бившите социалистически страни към единен мащаб.

Създадени са два високоточни гравиметрични полигона:

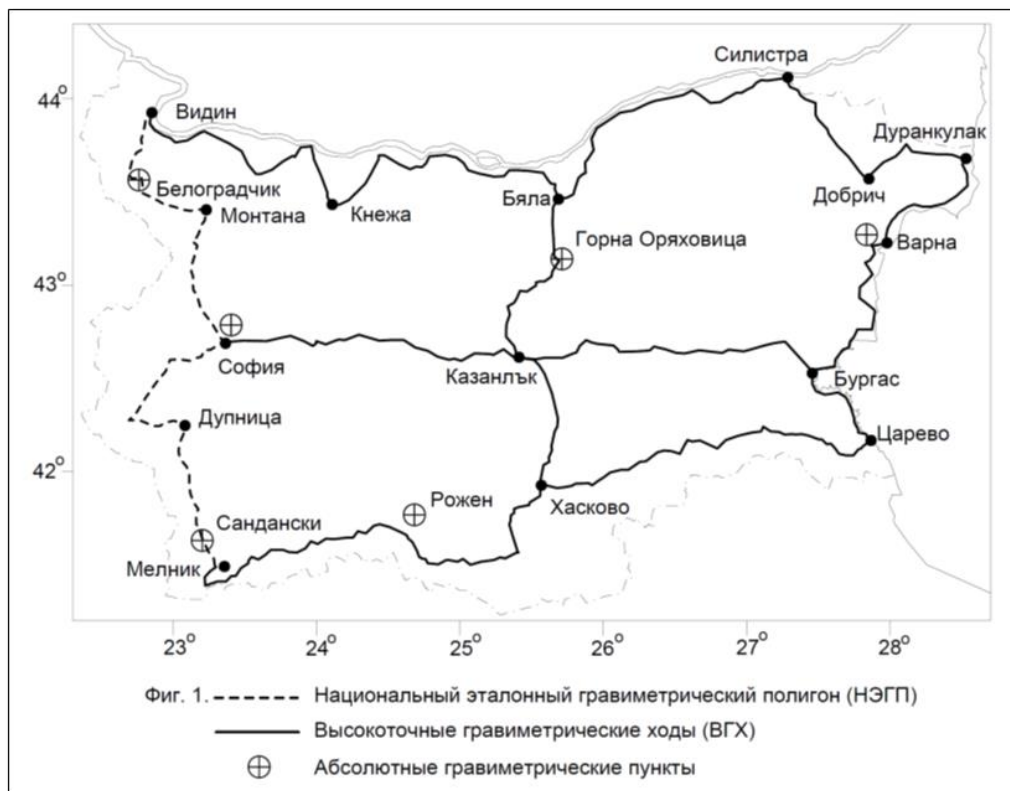
1/ Националният еталонен гравиметричен полигон (НЕГП) – направление по меридиана Видин – Белградчик – Монтана – Петрохан – София – Дупница – Мелник;

2/ Втори полигон по направление на паралела София – Клисурса – Казанлък – Сливен – Бургас – Обзор – Варна.

Измерванията на НЕГП са осъществени през 1969 г. от експедиции на Чехия, Полша, Унгария и Русия, като част от Международния еталонен гравиметричен полигон /МЕГП/. Гравиметрите, с които е измерен НЕГП, са ГАГ – 2, Шарп, Уорден и GS, общо 9 на брой.

Прецизните гравиметрични ходове са измерени от руски експедиции през периода 1969 – 1979 г. Използвани са от 5 до 8 гравиметъра ГАГ – 1 и ГАГ – 2.

НЕГП е създаден за изследването и еталонирането на гравиметри, както и за изследване на влиянието на атмосферното налягане, температурата и др. фактори върху измерванията. Средните квадратни грешки на измерените стойности са до 60 микрогала [1]. Разликите между измерванията на този полигон от различните специалисти достигат 0.50 милигала. Причината за голямата разлика според [6] е неотчитане на редица фактори за гравиметри Шарп и Уорден, което води до натрупване на систематични грешки. Преизмерени са отсечки и са направени допълнителни връзки от НИИГиФ с гравиметри ГАК-7Т ГР/К2. НЕГП е свързан с Международния еталонен гравиметричен полигон (МЕГП) на бившите социалистически страни чрез самолетен ход Видин – Будапеща [1].



Фиг. 2. 1969 – 1973 г. Прецизни гравиметрични ходове (ПГХ) [2]

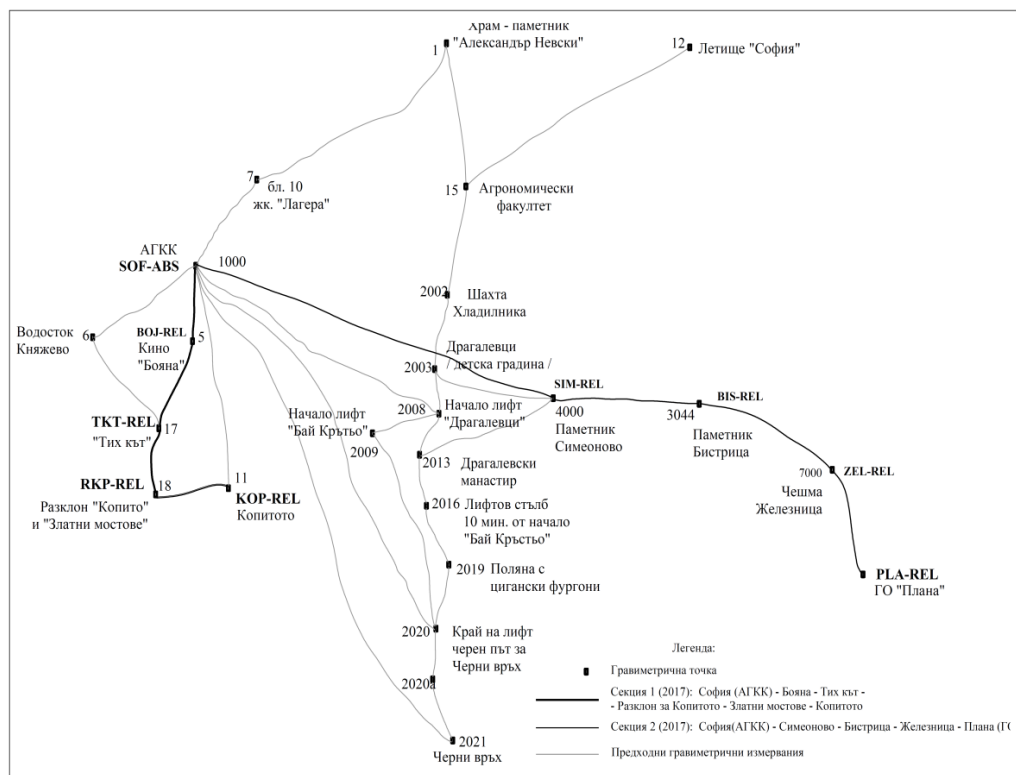
От направените изследвания се установява, „че еталонирането на инструменти на полигон не дава еднакви резултати с еталонирането по метода на наклона в лабораторни условия“, което е нормално поради разликата на измерванията – полеви и лабораторни, типа гравиметри, които се влияят от външните условия – температура и др. За установяване на причините за различните резултати от еталониране по двата метода, впоследствие са правени изследвания от специалисти от геодезическите служби на бившите социалистически страни на еталонирани гравиметри по метода на наклона на установките УЕГ и УЕГП-1. Изследванията са извършени при различни надморски височини, различни температури и различни географски ширини, за да се направи проверка на връзката между мащабните коефициенти на инструментите с изброените фактори.

3. Съвременни дейности по възстановяване на Софийската гравиметрична калибрационна линия

Извършените дейности по възстановяване на Софийския гравиметричен полигон включват:

- 1) анализ и обследване на състоянието на точките от Софийския гравиметричен полигон, базите към него и новоизградения Еталонен гравиметричен полигон София – Плана;
- 2) предложение за структура на Софийския гравиметричен полигон;
- 3) изготвяне на информационна база от данни: гравиметрични карнети, реперни карнети, геодезическо обезпечаване;
- 4) геодезически и гравиметрични измервания;
- 5) обработка и оценка на резултатите от измерванията за Софийския гравиметричен полигон.

3.1. Структура на Софийския гравиметричен полигон



Фиг. 3. Схема на Секция 2:
София (АГКК) – Симеоново – Бистрица – Железница – Плана (ГО)

3.2. Измервания по Софийската гравиметрична калибрационна линия (2017)

Гравиметричните измервания през 2017 г., във връзка с възстановяването на Софийската гравиметрична калибрационна линия и изграждането на Национален еталонен гравиметричен полигон са осъществени в периода 12.04.2017 и 13.04.2017 г. от Катедра „Висша геодезия“ на Геодезическия факултет на УАСГ, с участието на Емил Михайлов, бивш сътрудник в НИИГиФ.

Измерванията са извършени едновременно с три гравиметъра: **LaCoste&Rombreg модел G-1095** (собственост на УАСГ), гравиметри **ГР/К2 1319** (собственост на МГУ „Св. Ив. Рилски“) и **ГАК-7Т 524** (собственост на УАСГ).

Изчислени и нанесени са необходимите корекции към прецизните гравиметрични измервания, както следва: корекция за височината на инструмента; корекция за атмосферното налягане, препоръчана с Резолюция № 9 на IAG, 1983 г.; приливна корекция по формулата на Лонгман със специализиран софтуер, с точност 2 μ Gal; корекция за дрейфа на нулата, само с използване на линейния член.

Корекция за движението на полюса не е нанасяна, поради изключително малката ѝ стойност, която се елиминира при образуване на гравиметричните разлики, реализирани в малък интервал от време между измерванията и на малки разстояния.

Секцията София-Плана е изчислена като два отделни гравиметрични рейса, а секцията София-Копитото е изчислена като един гравиметричен рейс.

Оценката на точността на измерванията от Софийската калибрационна линия е извършена с отчитане на зависимостта между многократните измервания. Използвани са редове от разлики между двукратни независими и полузависими измервания. Резултатите от измерванията и оценката на точността са представени в табл. 4 и табл. 5.

Таблица 4. Резултати от оценката на точността от измерванията на Еталонен гравиметричен полигон София – Копитото Секция 1: София (АГКК) – Бояна – Тих кът – Разклон Копитото – Златни мостове – Копитото

Гравиметрични отсечки от Софийска линия	Стойност на гравиметричната разлика [mGal]		
	LCR G-1095	ГАК-7Т №524	GR/K2 №1319
Дата: 13.04.2017 г.			
SOF-ABS - BOJ-REL	-21.578	-21.471	-20.926
BOJ-REL - ТКТ-REL	-67.023	-66.944	-67.596
ТКТ-REL - RKP-REL	-21.967	-22.279	-21.557
RKP-REL - KPC-REL	-35.366	-35.414	-36.081
KPC-REL - KOP-REL	-3.250	-3.2741	-3.0070
RKP-REL - KOP-REL	-38.629		
ср. кв. гр. ед. изм.	± 0.058	± 0.210	± 0.407
$\Delta g_{(SOF-ABS)-(KOP-REL)}$	-149.184	-149.3821	-149.167

Таблица 5. Резултати от оценката на точността от измерванията на Еталонен гравиметричен полигон София – Копитото: Секция 2: София (АГКК) – Симеоново – Бистрица – Железница – Плана (ГО)

Гравиметрични отсечки от Софийска линия	Стойност на гравиметричната разлика [mGal]		
Дата: 12.04.2017 г.	LCR G-1095	ГAK-7T №524	GR/K2 №1319
SOF-ABS - SIM-REL	-50.338	-50.025	-49.879
SIM-REL - BIS-REL	-14.210	-14.966	-14.995
BIS-REL - ZEL-REL	-45.004	-45.130	-45.401
ZEL-REL - PLA-ABS	-56.781	-56.664	-56.606
ср. кв. гр. ед. изм.	±0.040	±0.210	±0.407
Δg (SOF-ABS)-(PLA-ABS)	-166.333	-166.785	-166.881

3.3. Сравнение на резултатите от измерванията на Софийската гравиметрична калибрационна линия

Резултатите от направените гравиметрични измервания през 2017 г. са сравнени с предходни релативни и абсолютни гравиметрични измервания. Сравнението е извършено по отделно за двете секции на Софийската калибрационна линия.

При сравнението са използвани непубликувани резултати от релативни гравиметрични измерванията през 2004 и 2007 г., изпълнени с гравиметри **Scintrex CG-3** и **Scintrex CG-5**, предоставени от Е. Михайлов. По-нататък те условно ще бъдат наричани – Източник 3.

Отделно са представени получените резултати с прецизни гравиметри **CG-3**, **CG-5**, съгласно данните от Източник 2 и Източник 3, както и резултатите от гравиметри **ГР/К2** и **ГAK 7T**.

Значителни са получените разлики между измерванията от гравиметър **ГР/К2 (2017)** и **разликите, указани в Източник 2 и Източник 3**, за Секция 1: София (АГКК) – Бояна – Тих кът – Разклон Копитото – Златни мостове – Копитото (представени в табл. 6). Причина за това е голямото изменение на мащабния коефициент на този гравиметър през последните години, в сравнение с **ГAK-7T**. Получените разлики с измерванията от гравиметър **LCR** са близо два пъти по-малки от разликите, получени с **ГAK-7T**.

От сравнението на разликите за Секция 2: София (АГКК) – Симеоново – Бистрица – Железница – Плана (ГО), представени в табл. 7, отново за гравиметър **ГР/К2 (2017)** се наблюдават значителни стойности, както и малко по-малки за гравиметър **ГAK-7T**. Разликите с гравиметър **LCR** са минимални и са от порядъка на точността на единичното измерване с този гравиметър.

Измерените гравиметрични разлики на гравиметричната връзка София-Плана с трите гравиметъра, са сравнени с гравиметричните разлики от абсолютните определения на силата на тежестта в двете станции, публикувани в Източник 1.

Полученото несъвпадение за гравиметър **LCR** от четирите релативни гравиметрични разлики (табл. 5) на Секция 2 и стойности (2-1*), (2-2*) и (2-3*) от абсолютните определения (табл. 1) е в границите на допустимото, предвид точността на единично измерване с гравиметър **LCR**.

Таблица 6. Сравнение на резултатите от измерванията през 2017 г. с Източник 2 и Източник 3 за Секция 1: Еталонен гравиметричен полигон София – Копитото

Гравиметрични отсечки		Разлики 2017 с Източник 3: CG-3, CG-5, 2004 и 2007 [mGal]			Разлики 2017 с Източник 2: GAK-7T, GR/K2: 1983 [mGal]			Разлики LCR 2017 с Източник 2: CG-3, GAK-7T, 2004 [mGal]		
		LCR	ГAK-7T	ГP/K2	LCR	ГAK-7T	ГP/K2	LCR	ГAK-7T	ГP/K2
SOF-ABS	BOJ-REL	-0.114	0.221	0.766	-0.222	-0.329	-0.874	-0.115	-0.222	-0.767
BOJ-REL	TKT-REL	0.240	-0.161	0.813	0.303	0.224	0.876	0.240	0.161	0.813
TKT-REL	RKP-REL	0.069	-0.381	0.341	-0.133	0.179	-0.543	0.070	0.382	-0.340
RKP-REL	KPC-REL	0.039	-0.087	-0.754						
ср.кв. стойност:		0.139	0.238	0.695	0.230	0.252	0.780	0.159	0.271	0.675

Таблица 7. Сравнение на резултатите от измерванията през 2017 г. с Източник 3 за Секция 2: Еталонен гравиметричен полигон София – Плана

Гравиметрични отсечки		Разлики 2017 с Източник 3: CG-3 и CG-5, 2004 и 2007 [mGal]		
		LCR	ГAK-7T	ГP/K2
SOF-ABS	SIM-REL	-0.014	0.327	0.473
SIM-REL	BIS-REL	-0.008	-0.748	-0.777
BIS-REL	ZEL-REL	-0.054	-0.072	-0.343
ZEL-REL	PLA-ABS	0.053	0.064	0.122
ср.кв. стойност:		0.044	0.458	0.545

4. Изводи и заключения

Необходимостта и значимостта на Еталонен (калибрационен) гравиметричен полигон е безспорно доказана и е въпрос, който не търпи отлагане за реализация на територията на страната и трябва да се реши в най-скоро време.

Значимостта и необходимостта от изграждането на такъв полигон е обяснена и обоснована в първите три точки от настоящия отчет. В тази връзка, теоретичната и практическата част от настоящата разработка е свързана с изследването и практическото възстановяване и обновяване на Софийския гравиметричен еталонен полигон. Същият, в миналото е бил част от Националния еталонен гравиметричен полигон.

Вследствие на направените измервания, обработки и анализи и с оглед на възможностите на съвременната гравиметрична апаратура, технологии и методи за обработка на гравиметрични данни (разгледани в трета част от отчета), могат да се направят следните основни препоръки, касаещи пряко изграждането на един гравиметричен еталонен полигон:

- 1) Съвременните гравиметрични еталонни полигони е необходимо да се изграждат, така че да гарантират възможно най-високата точност на съвременните релативни гравиметрични измервания. В тази връзка е необходимо поставяне на изисквания към:
 - етапа на проектиране на полигона – избор на оптимален брой точки, разположение, обхват (като територия и гравиметричен диапазон) – с цел създаване на предпоставки за реализиране на високоточни измервания;
 - избор на местоположението и начина на стабилизиране на гравиметричните станции, с цел получаване качествени измервания – подходяща конструкция на знака (за обезпечаване на стабилността на точката); отдалеченост от населени места, промишлени предприятия, водоеми, пътища с интензивно движение – с цел обезпечаване на ниски нива на сеизмичен и техногенен шум и динамични натоварвания.
- 2) Във връзка с предходната точка е задължително използването на съвременни релативни и абсолютни гравиметри, както и на правилна обработка и интерпретация на резултатите от измерванията. Това е изключително важно с оглед на наличните в България морално и материално острели гравиметри. Единственият наличен съвременен гравиметър, макар и не с най-високата точност и стабилност от тези подсигурирани от най-новите модели Scintrex CG-5, CG-6, е гравиметърът на ГФ на УАСГ – LaCoste&Rombert модел G.
- 3) Създаване на цялостна методика за реализиране и интерпретация на резултати от гравиметрични измервания, включваща:
 - схема на измерване;
 - изисквания към условията на измервания (температура, относителна влажност, атмосферно налягане);
 - програма за осъществяване на отделно измерване (брой отчети, критерии за качеството на отчетите, начин на формиране на крайния отчет и определяне на неговата точност и т.н.);
 - указана максимална продължителност на измерванията;
 - конкретно описание на обработка на измерванията и оценката на точността им;
 - необходими са конкретни указания за математически апарат за обработка и анализ, както и конкретни формуляри за попълване на данните и резултатите от измерванията;
 - регламентиране на периода на преизмерване (с обосновка на критериите за неговия избор).

В заключение, реализираните и представените резултати от измерванията, както и съставената база от данни, могат пълноценно да се ползват като един начален етап от възстановяването, обновяването и/или създаването на нов еталонен гравиметричен полигон.

Благодарности

Настоящата научноизследователска разработка по договор БН-202/2017 е подкрепена финансово от Център за научни изследвания и проектиране при УАСГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Беляшки, Т., Е. Михайлов, Д. Димитров, Сл. Господинов, И. Георгиев, Е. Пенева.* Геодезически гравиметрични работи в Република България. БАН, Висша геодезия, 21, стр. 53-63, София, 2008.
2. *Господинов, Сл., Е. Пенева, Т. Беляшки, Д. Димитров, Г. Михайлов.* Гравиметрични дейности за целите на Геодезията в Република България. // Годишник на УАСГ, том XLIII, св. VI, София, стр. 151-156, 2008-2009.
3. *Господинов, Сл., Е. Пенева-Златкова, А. Андреев, Г. Михайлов.* Анализ на държавната гравиметрична мрежа на Република България. Доклад на работна група по задача 3.3 към Съвета по геодезия, картография и кадастър, Създаване на Програма за обновяване и усъвършенстване на Държавните геодезически мрежи (Държавна гравиметрична мрежа), София, 2014.
4. *Ламбева, Т.* Робастно статистическа оценка на релативни гравиметрични мрежи. Дисертация, УАСГ, София, 2015.
5. *Милев, Г., Д. Руес, К. Василева, К. Улрих, Н. Димитров.* Абсолютни измервания и гравиметрична система на България, Международен симпозиум „Съвременните технологии, образованието и професионалната практика в геодезията и свързаните с нея области”, 3-4 ноември, София, 2005.
6. *Михайлов, Е.* Анализ на еталонната гравиметрична мрежа на Република България. // Годишник на УАСГ, том XXXIX, св. III, Геодезия и земеустройство, София, 1998.
7. *Радичев, Р., Е. Михайлов, Хр. Цанков, А. Кисьов.* Гравиметрични системи, използвани в Република България и оценка точността на системи IGSN-71 И UNIGRACE при точки от гравиметричните мрежи. // Годишник Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, том 58, св. I, Геология и геофизика, 2015.
8. *Стойнов, Вл., Е. Пенева.* Физическа геодезия. УАСГ, София, 2002.
9. *International Association of Geodesy.* Resolution No. 2 for the establishment of a global absolute gravity reference system, 2015.
10. *Milev, G., V. Stoinov, K. Vassileva, L. Stoyanov, G. Valev, T. Belyashki, Tashkov, E. Peneva, E. Mihailov.* National Gravity System for Bulgaria. Gravity and Geoid 2002, 3rd Meeting of the International Gravity and Geoid Commission. Thessaloniki, Greece, August 26-30, p. 90-93, 2002.
11. *Milev, G., K. Vassileva.* GNSS and Gravity Projects in Europe and Bulgarian Participation, FIG Working Week, Paris, France, April 13-17, 2003.
12. *Milev, G., L. Stoyanov, K. Vassileva.* Gravimetric base of Bulgaria, Geodesy, No 16, pp. 93-100, 2003.

ESTABLISHMENT OF A NATIONAL GRAVIMETRIC CALIBRATION LINE

Sl. Gospodinov¹, E. Peneva², T. Lambeva³, I. Radev⁴

Keywords: calibration line, gravimetric measurements, gravimetric network

ABSTRACT

The paper reviews the results obtained from the measurements on establishing a national gravimetric calibration line – the Sofia gravimetric line.

Available information on relative and absolute measurements on gravimetric calibration line existing in the past in the same area is presented and discussed. After a survey of the existing points on previous calibration lines, the new calibration line is suggested and a data base with data about the points is formed. Gravimetric measurements on new calibration line are planned and are performed. The best available gravimeters are used to perform measurements.

The relative gravimetric measurements on the new established line are processed. A comparison and analysis of the results of the measurements with the results from previous relative and absolute measurements performed with different gravimeters is made. The comparison of the current and previous measurements is done for points of both the new and the measured before calibration lines.

¹ Slaveyko Gospodinov, Prof. Dr. Eng., Dept. “Geodesy”, UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: sgospodinov@mail.bg

² Elena Peneva, Prof. Dr. Eng., Dept. “Geodesy”, UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: Peneva_el@yahoo.com

³ Tatyana Lambeva, Chief Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. “Geodesy”, UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: tlambeva16@gmail.com

⁴ Ivaylo Radev, Chief Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. “Geodesy”, UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: ivoradev_bg@abv.bg