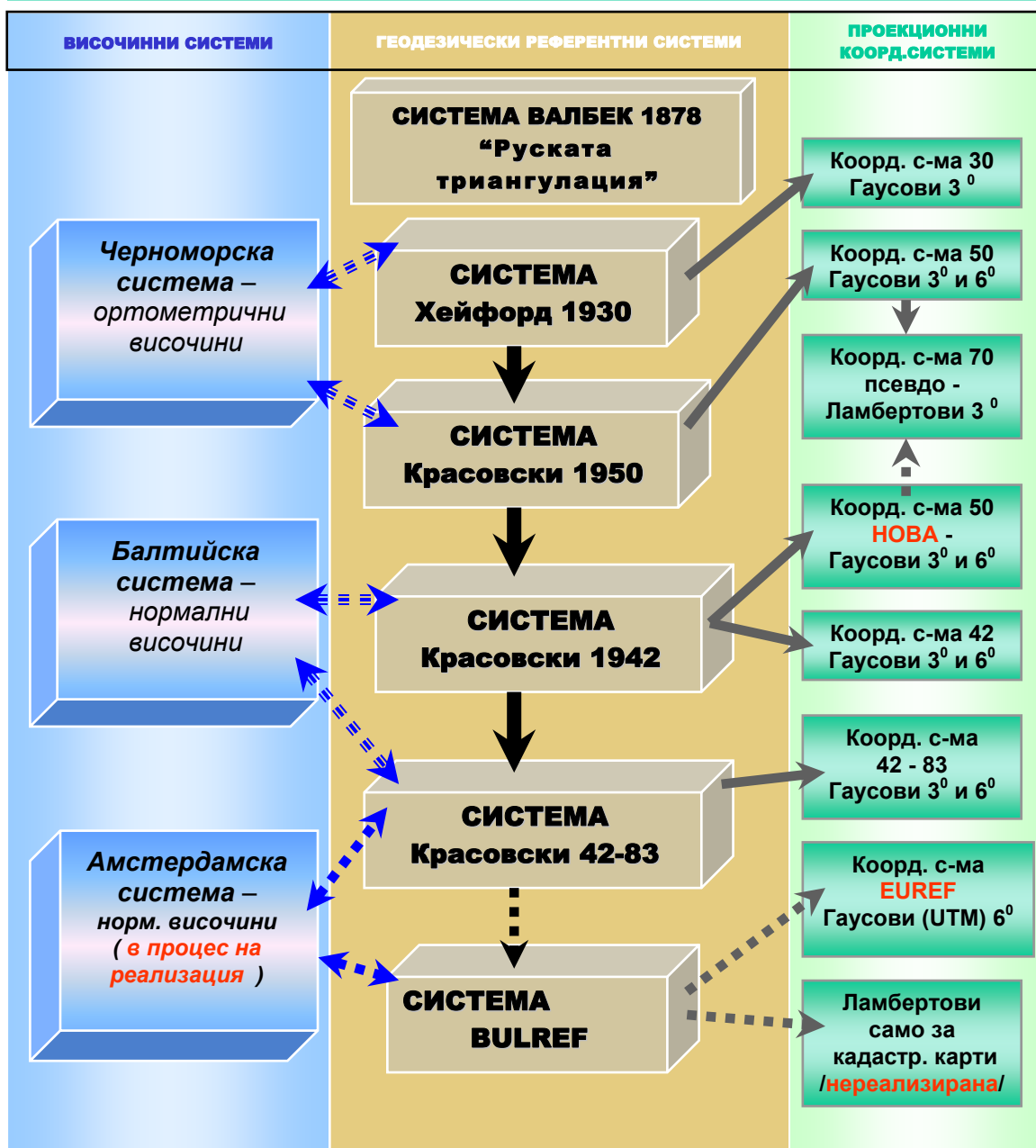




# ГЕОДЕЗИЧЕСКИТЕ МРЕЖИ НА БЪЛГАРИЯ И СВЪРЗАНИТЕ С ТЯХ РЕФЕРЕНТНИ, КООРДИНАТНИ И ВИСОЧИННИ СИСТЕМИ

РЪКОВОДИТЕЛ НА ПРОЕКТА: Д-р инж. И. Йовев, ЦЛВГ jovev@bas.bg



## ДЪРЖАВНИТЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИ МРЕЖИ НА БЪЛГАРИЯ И СВЪРЗАНИТЕ С ТЯХ РЕФЕРЕНТНИ, КООРДИНАТНИ И ВИСОЧИННИ СИСТЕМИ

**ИЛИЯ ЙОВЕВ**

Централна лаборатория по Висша геодезия, БАН, 1113 София, бл. 1

Ретроспективен анализ на използваните в България геодезически референтни, координатни и височинни системи и поглед в бъдещето на държавните геодезически мрежи.

Геодезическите референтни, координатни и височинни системи, са дефинитивната математическа основа, в която се трансформират измерителните данни от геодезическите мрежи, в координатни определения. В зависимост от обхвата, точността и видовете геодезически мрежи, се

дефинира и оптималната геодезическа система, в която те се обработват. По такъв начин се въвеждат и съответните "глобални", "регионални", "национални" и "локални" геодезически системи. В процеса на "експлоатация" на геодезическите мрежи, на тяхното поддържане и обновяване, могат да се появят достатъчно сериозни основания за смяна на възприетата вече геодезическа система и се извърши преход към друга такава. Главната причина за мотивация на такива преходи са процесите на глобализация в хода на общочовешкия прогрес, на които геодезията отговаря с въвеждането на широко обхватни регионални и глобални геодезически системи. Когато преходите се извършват само с промяна на параметрите на геодезическата система, трансформационната задача е една от тривиалните задачи на висшата геодезия. По-често срещаният случай е, когато заедно с промяната на параметрите на системата, преходът се съпровожда и от подобрителни измерителни и изчислителни мероприятия по мрежите. В този случай решението на трансформационната задача е усложнено и е свързано с отразяване по най-ефективен начин на извършените подобрения в мрежите.

Българската геодезия, е реагирала своевременно и адекватно на подобни предизвикателства. От създаването на Държавните геодезически мрежи на страната до сега са извършени няколко такива прехода. Всички те са мотивирани убедително и са предхождани от задълбочени теоретични решения, основната част от които са извършени под ръководството на големия български учен акад. Вл. Христов, или се опират на негови трудове. Има и не дотам добри практически приложения и дори грешни действия, които създават горчивото чувство на не добре свършена работа. В последните няколко години пък са налице опити да се извърши преход в Европейската референтна система, като се игнорират работите на Христов и се пренебрегне богатото теоретично наследство и опит на българската висша геодезия, което само по себе си предопределя провала на подобно мероприятие.

Една особеност на българските преходи в нови референтни геодезически системи е тази, че те са извършвани в обстановка на секретност на решенията, на изходните данни и на трансформационните параметри. По тази причина, всички публикации за българските геодезически мрежи третират, преди всичко, тяхната геометрия, точност на измерванията, методи на изравнение. Почти липсват публикации за геодезическите системи, за конкретните теоретични решения, при тяхното въвеждане и промяна. Малкото служебни издания на Държавния географски институт (ДГИ) и на Военно-топографската служба (ВТС), във вид на технически ръководства, инструкции и таблици, са отдавна изчерпани. Протоколите с решенията и резолюциите на различни служебно организирани научно-технически съвещания по тези въпроси, са също така засекретявани и голяма част от тях са вече унищожени. В тази обстановка, за широката геодезическа общност, остават непознати, нито мотивациите, нито добрите теоретични решения по тези преходи. Но докато добрите решения, безпроблемно водят до добри резултати и поради това остават незабелязани, то лошите, не до там изпипаните решения, под каквато и секретна шапка да бъдат поставяни, рано или късно, излизат наяве. И едното и другото е полезен опит. Представяме тук този материал, не толкова като резюмиран преглед на миналото и настоящето на българските геодезически референтни и координатни системи, колкото като анализ на проблемната среда, на взетите решения, на мотивацията на осъществените преходи, а също така на техните теоретични основи и практически реализации.

В началото, в една твърде дефинитивна форма, ще покажем основните понятия на висшата геодезия, отнасящи се до третираната тук материя и ще ги поставим в тяхната логично следствена връзка. Това се прави с оглед постигането на пълнота, точност и същевременно краткост на изложението на такъв обемист материал. От друга страна, в редица публикации напоследък, където отстремей за съкращение, където отстремей за новаторство, някои от тези понятия се използват доста произволно и поради това неточно. Представянето им тук в осъвременена и в същото време достъпна форма е от полза и за по-добър прочит на подобни публикации.

И така:

**Геодезическа система** е набор от международно приети константи (данни) за геометричните и динамични параметри на въртящата се земя, чрез които се дефинират нейните форма, размери и външното и гравитационно поле.

**Геодезическа референтна система**, е геодезическа система, в която освен, наборът от данни (фундаментални параметри), дефиниращи системата, са включени още и изходни геодезически данни

за ориентация на земята в пространството - ориентация на апроксимиращия земята общо земен еквивалентен елипсоид.

**Геодезическа референтна координатна система**, е математическата пространствена координатна система, чрез, която се реализира геодезическата референтна система. Тя е общо земна (глобална) система, свързана с метриката и ориентацията на общо земния елипсоид, дефиниран в геодезическата система. Когато центърът на елипсоида е съвпадна с масения център на земята, системата е “геоцентрична”. Когато това условие не е изпълнено – случай на национална или регионална референтни системи, началото на координатната система се поставя в центъра на елипсоида, с което тя става “псевдо геоцентрична”. Координатната основа на “Геодезическата референтна система” се представя чрез:

- **Пространствени правоъгълни декартови X, Y, Z координати** – общо земна геоцентрична координатна система, с начало в центъра на общоземния референтен елипсоид и ориентирана по оста на въртене на земята. Положението на точка от земната повърхност (топоцентъра), или от извън земното пространство, се определя чрез координатите на точката (топоцентъра) –  $X_i^T, Y_i^T, Z_i^T$ , или чрез координатите на пробода на нормалата, спусната от тази точка, с повърхността на референтния елипсоид, т.е. с координатите на нормалната проекция на точката върху повърхността на елипсоида –  $X_i^e, Y_i^e, Z_i^e$  и геодезическата (над елипсоидната) височина  $H_i$ .
- **Геодезически (елипсоидни) географски координати** – общо земна геоцентрична екваториална координатна система, дефинирана чрез геодезическата географска ширина  $\varphi_i$ , геодезическата географска дължина  $\lambda_i$  и геодезическата (над елипсоидна) височина  $H_i$ . Множеството от точки, лежащи върху нормалата към елипсоида, прекарана през топоцентъра, имат еднакви координати  $\varphi$  и  $\lambda$ . Височина  $H$  отлична от нула, означава, че точката лежи извън повърхността на елипсоида-модел  $H \neq 0$ . Класическите геодезически триангулационни мрежи са разположени върху повърхността на елипсоида - модел  $H = 0$ .

**Трансформационните връзки**, между видовете общо земни координати в една и съща геодезическа референтна система се дефинират по математическите закони за преход, от един вид в друг вид координати, и чрез параметрите на съответния референтен елипсоид:

- a) От пространствени топоцентрични  $(X_i^T, Y_i^T, Z_i^T)$  в пространствени елипсоидни  $(X_i^e, Y_i^e, Z_i^e)$  и обратно:

$$\begin{pmatrix} X_i^T \\ Y_i^T \\ Z_i^T \end{pmatrix} = \Psi_{(T-e)} \begin{pmatrix} X_i^e \\ Y_i^e \\ Z_i^e \\ H_i \end{pmatrix} \quad \text{и обратно} \quad \begin{pmatrix} X_i^e \\ Y_i^e \\ Z_i^e \\ H_i \end{pmatrix} = \Psi_{(e-T)} \begin{pmatrix} X_i^T \\ Y_i^T \\ Z_i^T \end{pmatrix} \quad (1)$$

- b) От пространствени топоцентрични  $(X_i^T, Y_i^T, Z_i^T)$  в геодезически елипсоидни  $(\varphi_i, \lambda_i, H_i)$  и обратно:

$$\begin{pmatrix} X_i^T \\ Y_i^T \\ Z_i^T \end{pmatrix} = \Psi_{1(T-e)} \begin{pmatrix} \varphi_i \\ \lambda_i \\ H_i \end{pmatrix} \quad \text{и обратно} \quad \begin{pmatrix} \varphi_i \\ \lambda_i \\ H_i \end{pmatrix} = \Psi_{1(e-T)} \begin{pmatrix} X_i^T \\ Y_i^T \\ Z_i^T \end{pmatrix} \quad (2)$$

При  $H_i = 0$ , важи съответно  $X_i^T = X_i^e$ ,  $Y_i^T = Y_i^e$ ,  $Z_i^T = Z_i^e$

Където:

$X_i^T, Y_i^T, Z_i^T$  – пространствени геоцентрични координати на точка от физическата земна повърхност, или извън нея, в която точка, или към която точка, се провеждат геодезическите измервания. С известна условност, тази точка се нарича топоцентър;

$X_i^e, Y_i^e, Z_i^e$  – пространствени геоцентрични координати на нормалната проекция на топоцентъра върху повърхнината на елипсоида;

$\varphi_i, \lambda_i$  - Геодезически (елипсоидни) географски координати на топоцентъра, еднакви и за всички точки от нормалата, спусната от топоцентъра към елипсоида, в това число и на нормалната проекция на топоцентъра върху повърхността на елипсоида.

$H_i$  - Геодезическа (над елипсоидна) височина. Разстояние между топоцентъра и неговата нормална проекция върху елипсоида :

$$H_i = \sqrt{(X_i^T - X_i^E)^2 + (Y_i^T - Y_i^E)^2 + (Z_i^T - Z_i^E)^2} \quad (3)$$

$\Psi_{(T-e)}, \Psi_{(e-T)}, \Psi_{1(T-e)}, \Psi_{1(e-T)}$  – Трансформационни ортогонални матрици, отразяващи законите за математични преходи на различните видове общо земни координати, дефинирани чрез геометричните параметри на съответния референтен елипсоид.

**Проекционни координатни системи**, са ортогонални  $x, y$  координатни системи, на изображението на точките от геодезическите мрежи, върху съответна проекционната равнина. Изображението се реализира чрез решаването на трансформационни задачи, с които общоземните геоцентрични координати на точките в дадената геодезическа референтна система в модел  $H = 0$  се преобразуват в равнинни координати от съответната проекционна повърхнина.

$$\begin{pmatrix} X_i^e \\ Y_i^e \\ Z_i^e \end{pmatrix} = \Psi_{2(e-np)} \begin{pmatrix} x_i \\ y_c \end{pmatrix} \quad \text{и също} \quad \begin{pmatrix} \varphi_i \\ \lambda_c \end{pmatrix} = \Psi_{3(e-np)} \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix} \quad (4)$$

$x_i, y_i$  – проекционни координати.

Разпространявайки трансформационните задачи за всички точки от дадена елипсоидна област, се стига до съответните картни проекции, като изображение на съответната елипсоидна област върху проекционна равнина. Трансформационните задачи се дефинират, чрез математически функции, осигуряващи оптималност на изображението (картната проекция). До колкото, деформациите на изображението, за която и да е проекция, нарастват с отдалечаването от координатното начало, дефинирането на дадена координатна система включва, освен математическият закон на картното изображение, още координатното начало в общо земни координати и областта, обхваща от земната повърхност, за която системата, съхранява дефинираната оптималност на изображението. В този смисъл проекционните координатни системи са локални. За да се изобрази цялата територия, в една и съща проекция, проекционните координатни системи се дефинират по зони, които се отличават една от друга, с транслиране на координатното начало. Между всеки две съседни зони се създават буферни застъпни ивици.

Проекционните координатни системи са равнинни трансформационни приложения на съответната геодезическа референтна координатна система. В този смисъл, параметрите и математическите закони на изображението, чрез които се дефинират системите на проекционните координати, не са част от дефиниционните параметри на геодезическата референтна координатна система. Обратното, геодезическата референтна координатна система не налага никакви ограничения върху броя и вида на съответните си проекционни координатни приложения.

**Височинна (вертикална) система**, е система на физическите (надморските) височини. Представлява теоретичната основа - рамка за определяне на геопотенциалните височини на точките от реалната земна повърхност и тяхното представяне чрез измерените геометрични превишения, и измерените стойности на ускорението на силата на тежестта. Те са “физически”, защото изразяват неравностите на реалната земя и са “надморски”, защото се отчитат от “морското ниво”. Физическата височина на дадена точка се представя от вектор с начало - топоцентъра на точката, с посока по нормалата към елипсоида в тази точка и с големина - разликата в потенциалите между геопотенциалната ниво-повърхнина, определяща геоида респ. квазигеоида и геопотенциалната ниво-повърхнина, преминаваща през дадената точка (топоцентъра). До колкото нулевата отчетна повърхност е недостъпна, изходната (нулева) точка за отчитане на височините се материализира чрез “нулата” на съответна пегелна станция (мариограф). “Нулата” на пегелната станция регистрира морското ниво, което в тази точка съвпада с повърхнината на геоида (квазигеоида). Височините (котите) на всички останали точки се получават, от нулевата точка, плюс сумата от измерените превишения. Поради сложност на земното гравитационно поле и неуспоредност на геопотенциалните ниво-повърхнини, представянето на физическите височини като отстояния на точката (топоцентъра) от една “нулева” повърхнина е сложна теоретична задача, решенията на която води до дефинирането на четири системи на физическите (надморските) височини:

- a) Ортометрически височини;
- b) Нормални височини;
- c) Динамически височини;
- d) Приблизителни височини.

Височинната система не е част от геодезическата референтна координатна система и е слабо свързана с нея. Връзката между двете системи се осъществява чрез геодезическите височини на геоида:

$$H_i = h_i + \zeta_i, \text{ или все същото: } \zeta_i = H_i - h_i \quad (5)$$

където:  $H_i$  - геодезическа (над елипсоидна) височина на т.  $i$ , дефинирана в геодезическата референтна система - вж. (3);

$h_i$  - физическа височина на т.  $i$ , дефинирана в съответната височинна система;

$\zeta_i$  - геодезическа (над елипсоидна) височина на геоида (аномалия на височината на квазигеоида) в т.  $i$ , дефинирана в геодезическата референтна система. ;

За дълбочината на разглежданите тук въпроси, геоида, респ. квазигеоида, се представят като земна, реално съществуваща (физическа) еквипотенциална ниво повърхнина, на която всички точки имат нулеви физически (надморски) височини. Математическото моделиране на тези повърхнини е теоретически и практически сложна задача, която се решава с привличането на астрономични, гравиметрични, нивелачни, сателитни и GPS измервания. Увлечени от възможностите на GPS за измерване на  $H$  с висока точност, някои автори доста прибързано заговориха за настъпване на ерата на така наречената интегрална геодезия. Колкото и примамливо проста да изглежда връзката (5), интегрирането на височинната (вертикалната) с геодезическата референтна система остава проблем, чието решаване, в рамките на милиметрова, или дори на сантиметрова точност е все още невъзможно.

**Редукционна проблема на висшата геодезия.** В класическите мрежи, това са теоретичната основа и практическите решения за редуциране (проектиране) на геодезическите измервания върху повърхността на референтния елипсоид. Известни са два метода на редуциране:

- > **Метод на развъртане** - измерванията се редуцират по вертикалата, чрез надморските височини, върху повърхността на геоида и от там без допълнителни корекции се третират като измерителни данни, приведени върху референтния елипсоид, т.е. игнорират се височините на геоида. Това е възможно само, когато височините на геоида са достатъчно малки. Постига се при използване на елипсоид с подходящи размери, прецизно ориентиран и максимално доближен (транслиран) до територията (геоида) на съответната страна.
- > **Метод на проектиране** - измерванията се проектират по нормалата към елипсоида директно върху повърхността на референтния елипсоид. При този метод, геодезическата височина, се

дефинира като разстояние между топоцентъра и неговата нормална проекция върху повърхността на елипсоида (форм. 3). Ефективността от приложението на метода е свързана с възможността да се определят достатъчно точно, височините на геоида и отклоненията на отвеса във всяка точка от мрежата. Методът на проектиране се прилага от края на 30-те години на миналия век. Неговото ефективно приложение започва след 1950 г., когато той става част от теорията на Молоденски. В тази теория, геоидът се заменя с квазигеоид, а височините на геоида - с аномалии на височините на квазигеоида. С прилагането на този метод постепенно отпада необходимостта от национално ориентиран и максимално доближен (транслиран) до територията на страната елипсоид и се разкриват възможностите за преходи в регионални и глобални референтни системи.

При GPS - мрежите, редукиционната проблема стои също толкова остро, но има друго дефиниране. Тя се свежда до намирането на метод за връзка между измерените с GPS геоцентрични координати на точки от земната повърхност с физическите височини на същите точки. Този метод минава през методите за определяне на геоида (квазигеоида, телуроида), с точности, съпоставими с точностите на измерителните GPS - данни. По същество методът е насочен към интегриране на геодезическата референтна система със системата на физическите височини.

**Държавни геодезически мрежи, са “хоризонталните”, “височинните”, и “вертикалните”** геодезически мрежи на страната, които по начина си на построение, измервания и обработка, определят единно геодезическо координатно пространство за цялата територия на страната. За отличие от GPS - мрежите, тези мрежи ще бъдат наричани “класически”. За територията на нашата страна те са:

- > **“Хоризонтални” мрежи:** Държавната астрономо-геодезическа мрежа (ДАГМ), държавните геодезически мрежи 3<sup>-ти</sup> и 4<sup>-ти</sup> класове и геодезическите мрежи с местно предназначение 5<sup>-ти</sup> до 7<sup>-ти</sup> кл. Измерителните данни - ъгли, дължинни и астрономични, първо се редуцират върху повърхността на референтния елипсоид, след което мрежите се обработват. В резултат, координатно определени се явяват, не стабилизираните на земната повърхност точки (топоцентрове), а техните “нормални” проекции върху елипсоида (модел  $H = 0$ ). Нормална практика е включените мрежи, да се обработват пряко в проекционна координатна система.
- > **Височинни (нивелачни) мрежи:** Прецизните нивелачни мрежи на страната 1<sup>-ви</sup> и 2<sup>-ри</sup> клас и държавните нивелачни мрежи 3<sup>-ти</sup> и 4<sup>-ти</sup> клас. Точките от височинните мрежи, съдържат данни за физическите (надморските) височини на топоцентъра, което геометрически се интерпретира като, разстоянието по нормалата от повърхността на геоида, респ. квазигеоида до топоцентъра. В зависимост от възприетата височинна система, това разстояние получава различно значение, но то не зависи от приетата геодезическа референтна система.
- > **“Вертикални” (гравиметрични) мрежи:** Основната (стандартна) 0<sup>-ти</sup> клас гравиметрична мрежа на страната, държавните гравиметрични мрежи 1<sup>-ви</sup> и 2<sup>-ри</sup> клас и еталонната гравиметрична мрежа на България. Точките от мрежите съдържат данни за ускорението на силата на тежестта. Тези данни са основната част от гравиметрични данни, необходими за извеждане превишенията на геоида, респ. аномалиите на квазигеоида, както и на функционално свързаните с тях “отклонения на отвеса”.

**GPS – мрежи** са съвременна алтернатива и бъдеще на Държавните хоризонтални геодезически мрежи. Те представляват множество от стабилизирани върху терена точки, чийто пространствено положение се определя в общоземна геоцентрична координатна система, дефинирана в геодезическата референтна система. Носител и разпространител на геодезическата референтна координатна система са наземно стабилизирани основни станции и спътникова навигационна система. Същественото различие между класическите хоризонтални мрежи и GPS - мрежите е това, че докато при първите директно измерени са мрежовите елементи, а координатите на точките са резултативни величини, то при GPS - мрежите, директно измерени са координатите на точките, а резултативни величини са мрежовите елементи. При класическите хоризонтални мрежи, основната част от геодезическите измервания са зависими от вертикалата и поради това не могат да се обработват преди да бъдат редуцирани върху елипсоида, докато GPS - измерванията не са зависими от вертикалата и не изискват подобно редуциране. При тези условия, при класическите хоризонтални мрежи, координатно определени се явяват, не стабилизираните на земната повърхност

точки (топоцентрове), а техните “нормални” проекции върху елипсоида (модел  $H=0$ ), докато при GPS - мрежите, координатно определени са точките от реалната земна повърхност (топоцентровете). Преобразуването на измерените GPS координати на топоцентъра в координати на нормалната проекция на топоцентъра върху елипсоида - преход от модел  $H \neq 0$ , в модел  $H=0$ , е тривиална трансформационна задача, която се решава по (1) респ. (2). Като съпътстваща на тази трансформация продукт, без загуба на точност, се получават и геодезическите (над елипсоидните) височини на точките (3), с което GPS - мрежите се явяват по - информативни от класическите хоризонтални мрежи. От друга страна, GPS -мрежите не съдържат информация за физическите височини на точките и за геодезическите височини на квазигеоида.

След тази подготовка, ще представим в историческата им последователност, геодезическите мрежи на България и свързаните с тях геодезически референтни и координатни системи, както и системите на физическите височини. Беше отбелязано вече, че в нашата специализирана литература няма дефицит от публикации, отразяващи качествата на геодезическите мрежи, тяхната геометрия, вътрешна структура, точност на измерителните данни, методи на изравнение, начин на стабилизиране на точките и те са общо взето добре известни. Поради това тук ще засегнем тези въпроси твърде информативно и само до толкова, доколкото те са свързани с въвеждането на съответните системи. Основното внимание ще бъде отделено на същността на системите, на техните фундаментални характеристики и на проблемната среда за формиране на изходни геодезически данни при въвеждането им в България.

## ГЕОДЕЗИЧЕСКАТА И ВИСОЧИННА СИСТЕМИ НА ТРИАНГУЛАЧНАТА МРЕЖА НА БЪЛГАРИЯ 1877-1879 г. - РУСКАТА ТРИАНГУЛАЦИЯ

Това е първата триангулационна мрежа на България. Създадена е от Корпуса на руските военни топографи, по време на руско-турската освободителна за България война 1877 - 1878 години и следващата 1879 г.

**Геодезическата мрежа:** Изградена във формата на триангулационни вериги - общо 22 на брой. Съдържа 580 триангулационни точки II-ри ред, 637 триангулационни точки III-ти ред и 57 други точки. Точност на ъгловите измервания:

Средна квадратна грешка за посока по Фереро  $\pm 3''.90$  респ.  $\pm 4''.75$

Средна квадратна грешка за единица тежест след изравнението  $\pm 5''.30$

Линейният мащаб е изведен от 6 бази. Точността на изходните страни в базите е дециметрова.

### Геодезическата референтна система

Елипсоид на Валбек с размери:

голяма полуос  $a = 6376896 \text{ m}$ . и сплеснатост  $1/f = 302.78$ .

Изходна точка: Минарето на джамията в гр. Кюстенджа (днес гр. Констанца на територията на Румъния) с координати:

ширина  $\varphi = 44^{\circ} 10' 31''.00$  дължина  $\lambda = 29^{\circ} 39' 30''.55$ . Дължината е изведена от дължинни разлики през Московската с Пулковската обсерватория, чрез жичен телеграф.

Изходен азимут:

От източната към западната точка на Кюстенджанската база  $A = 305^{\circ} 15' 01''.70$

**Височинната система** е приблизителна. Изходна точка - нивото на Черно море, при което нивата на Черно, на Мраморно и Егейско морета са считани еднакви. За целта на тези три морета са поставени 10 скални водочета, които се използват за изходни точки. Надморските височини са извеждани от тригонометрично измерените превишения между точките. Височинни мрежи с методите на геометрична нивелация не са създавани.

**Редукционна проблема:** Измерванията са проектирани върху повърхността на елипсоида на Валбек по метода на развъртане. От 47 допълнително измерени астрономически точки са изведени височини на геоида и отклонения на отвеса в сравнително тясна ивица, северно и южно на Стара планина.

След изравнението на мрежите са получени геодезически географски координати на точките, чрез геодезическо пренасяне от изходната точка.

Руската триангулация на България е първата геодезическа мрежа с покритие на цялата територия на страната. Тя има само своето историческо значение. Реалната точност на координатите е дециметрова, а на надморските височини около 2 метра.

## **ГЕОДЕЗИЧЕСКИТЕ МРЕЖИ НА БЪЛГАРИЯ, СЪЗДАДЕНИ ОТ ДЪРЖАВНИЯ ГЕОГРАФСКИ ИНСТИТУТ**

След няколко преобразования, създаденото през 1891 г. Военно топографско отделение на ГЩ на Българската войска, през 1918 година се преобразува в Държавен географски институт (ДГИ) при Министерството на войната. Основната му задача е да създаде нова геодезическа координатна основа на страната и съвременна топографска карта. За целта, в Института се създава съответната организация. Набират се инженер-геодезисти, завършили в чужбина и се изпращат служители от Института на специализации. Провеждат се квалификационни курсове за подготовка на кадри. Намерени са обществените организации за консултации, контрол и прозрачност. Това са: Българският национален комитет по Геодезия и геофизика (БНКГГ), който е орган на Международния съюз по геодезия и геофизика (МСГГ). Втората такава структура е специално създаденият за целта Съвет по измерванията (СИ) при директора на ДГИ, в който се включват всички известни учени в страната и изявени специалисти от Института. Тази организация е добрата предпоставка за постигнатия в следващите години успех на това сложно дело.

Ще представим в най-обща форма основните характеристики на Държавните хоризонтални, височинни и вертикални геодезически мрежи, за периода от тяхното създаване до към началото на 50-те години. Това е периода за който хоризонталните мрежи са свързани с Българската геодезическа референтна система 1930 г., а нивелачните мрежи - със системата на ортометричните черноморски височини. Пропускаме разширенията на мрежите извършено след 1940 г. в южна Добруджа, тъй като то не променя въведените вече геодезическа референтна и височинна системи.

### **ХОРИЗОНТАЛНИ МРЕЖИ:**

#### **Държавна триангулационна мрежа първи ред**

Основната (изходната) геодезическа мрежа на страната. Проектирана е във вид на непрекъсната мрежа от триъгълници, със средна дължина на страните, около 40 km. Състои се от 75 триангулационни точки, равномерно разположени по територията на цялата страна, с гъстота около 1 точка на 100 кв. km. Стабилизирането на точките е извършено с два подземни и един надземен център и надземен бетонен стълб за наблюдение. Всички точки са осигурени още с по четири кръстно разположени репери, с цел възстановяване на центъра на точката при евентуално нейно разрушаване. Измерването на хоризонталните ъгли е извършено с високоточните инструменти "Хилдебранд" и "Карл-Бамберг", с точност за директно отчитане по микроскопите  $1''$ , а по преценка, съответно  $0.1''$ . Измерването на посоките е извършено по метода на Шрайбер, с тежест на посока 24. С оглед отстраняване на рефракционни влияния, измерванията от една станция са извършени в продължение на не по-малко от три денонощия, при равномерно разпределение на измерените гируси през светлата и тъмната част на денонощието. Насочването е извършвано в светлинни сигнали - хелиотропи през деня и прожектори с ръчно задвижване на агрегатите, през нощта. При тези условия, получената след станционните изравнения ср. кв. грешка за измерена посока е от порядъка на  $\pm 0.09''$ . Разбира се това е така наречената точност по "вътрешна сходимост".

Дължинният мащаб на мрежата е изведен чрез четири базисни фигури: Софийска, Ломска, Русенска и Ямболска. Дължината на базисните страни е от 9 до 12 km. Дължините са измерени с базисен прибор на Едерин, в комплект от 4 инварни жици. Преди и след всяко измерване, жиците са компарирани на Парижкия компаратор, съпроводено със съответно извеждане на уравнения на всяка жица. Получената точност от директните измервания на базите е  $1:3 \cdot 10^6$  до  $1:5 \cdot 10^6$ . Ъгловите измервания на базисните фигури са извършени с оптимално разпределение на гирусите, в зависимост от дължината на посоките, заключаващи измервания ъгъл. След изравнението на базисните фигури, точността на дължината на изходните страни е получена не по-ниско от  $1 \cdot 10^{-6}$ .



Астрономичните измервания, които се използват за ориентацията на мрежата през 1930 г. са проведени върху 9 точки, от които по една във всяка от четирите бази. Те се свеждат до определяне на географската ширина на съответната точка и азимут към съседна точка. Между тези 9 точки е изходната точка на мрежата 16<sub>1</sub> - Черни връх и измереният от нея изходен азимут към т. 11<sub>1</sub> - Мечи камък. Точността на определените ширини е  $\pm 0'' .20$ , а на азимутите  $\pm 0'' .35$ .

### **Държавна триангулационна мрежа втори ред**

Включена в първоредната мрежа. По структура и начин на измерване стои доста близко до първоредната мрежа.

### **Държавна триангулационна мрежа трети ред**

Сгъстяваща мрежа на мрежите първи и втори ред. Предназначена за основа на топографската карта и на кадастралните планове. Съществуват много противоречиви изисквания към нейната точност. Отначало е проектирана да се изгради по метода на "прави" засечки. Научният подход и професионализмът все пак надделяват и тя се изгражда като непрекъсната мрежа от триъгълници в три подкласа, към които след 1947 г. е добавен нов подклас:

1. червени точки - основен трети ред мрежа със средна дължина 9-10 km.;
2. зелени точки - подклас на червената мрежа със средна дължина 5-7 km;
3. жълти точки - подклас на зелената мрежа със средна дължина 3-5 km;
4. сини точки - подклас на жълтата мрежа със средна дължина 2-3 km.- след 1947 г.

В Мрежите са допуснати множество груби грешки, както от измерително, така и от изчислително естество. Оказва се, че в някои от точките координатните грешки достигат 1 m. , което явно не се е отразило при изработването на топографската карта в мащаби 1:25 000 и по - дребни, но в останалите геодезически дейности, такива грешки са недопустими.

## **ВИСОЧИННИ И ВЕРТИКАЛНИ МРЕЖИ:**

### **Държавни нивелачни мрежи**

Държавна нивелачна мрежа I-ви ред - главна нивелация на България. Състои се от 53 нивелачни хода с обща дължина около 4200 km., обединени в 18 полигона. Стабилизирането на реперните знаци е извършено със стенни нивелачни призми, стенни болтове, гъбовидни болтове и каменни марки. Измерването е извършвано с прецизни нивелири на фирмата К. Цайс, с възможности за точност на отчитане  $\pm 0.1$  mm. Визира се в специална прецизна нивелачна лата, оборудвана с метални обувки и двускална инварна лента. Измерените превишения са коригирани с ортометрични корекции. Средната квадратна грешка за 1 km. двойно пронивелирано разстояние не превишава  $\pm 1$  mm.

Изходната точка за мрежата е нулата на Варненския пегел. Част от възловите репери, са трайно стабилизирани контролни нивелачни репери, основните от които са изградени в: Бяла слатина, Варна, Левски и Казанлък. През 1930 г. е реализирана нивелачна връзка с Румъния по три нивелачни линии. През 1934-35 г. е извършена нивелачна връзка с Гърция по пет нивелачни линии.

Държавна нивелачна мрежа II-ри ред е сгъстяваща на първоредната нивелация. Изискванията за начин на построяване, измерване и обработка е идентичен с тези за първоредната мрежа.

Държавните нивелачни мрежи III - ти и IV - ти класове спадат към техническите нивелации и в този период са изградени при възникване на практическа необходимост.

### **Държавни гравиметрични мрежи**

Началото на гравиметричните измервания е поставено едва в края на 30-те години на миналия век. В избеното помещение на Агрономическия институт в София е създадена основната гравиметрична станция. Снабдена е с четири махален апарат (гравиметър) на фирмата Аскания, с автоматична регистрация на люлеенето на махалата. Апаратът е предназначен за релативни измервания на силата на тежестта с точност  $\pm 1$  mgal. В следващите 4-5 години се изгражда "махалната" гравиметрична мрежа на страната, състояща се от 23 точки със средни разстояния 50 – 70 km., разположени в Юго-западна и Северна България. От 1945 г. Започва създаването на гравиметричната снимка на страната, която се опира на махалната мрежа. Извършва се със статични гравиметри и с точност  $\pm 10$  -  $\pm 19$  mgal.

## БЪЛГАРСКА ГЕОДЕЗИЧЕСКА РЕФЕРЕНТНА СИСТЕМА 1930 г. (БГРС 1930)

През 1924 г. секцията по Геодезия на Международния съюз по геодезия и геофизика, препоръчва елипсоида на Хейфорд за “интернационален”. Той е с размери: голяма полуос  $a = 6378388 \text{ m}$ . и сплеснатост  $1/f = 297.0$ . Практически това е първата международно приета геодезическа система, състояща се само от тези два параметъра. ДГИ, по препоръката на Българския национален комитет по геодезия и геофизика, през 1930 г. възприема този елипсоид за български референтен елипсоид, върху който да се обработи и ориентира първоредната триангулация. Тези сложни дейности се извършват в следната последователност:

1. **Решаване на редукиционната проблема.** Всички измервания, от реалната земна повърхност, където са извършени, се привеждат на морското ниво, след което се разглеждат като проектирани върху повърхността на референтния елипсоид - метод на развъртане. Нанесени са следните корекции:

- а) За преход на дължините на базите на морско ниво;
- б) За привеждане на измерените астрономически ширини към морското ниво;
- в) За привеждане на измерените астрономични ширини и азимути към средния полюс.
- г) За преход на измерените азимути от вертикално сечение към геодезическа линия.

След нанасяне на горните корекции е извършено окончателното сключване на триъгълниците, при което всички несвързки (след отстраняване на ексцеса) са се оказали по-малки от  $\pm 1''$ . По формулата на Фереро е получена ср. кв. гр. за измерена посока  $\pm 0''.490$ .

2. **Условно изравнение на мрежата.** Извършено в “едно изливане” по метода на Болц. Не са допуснати никакви компромиси при съставянето на условните ъгли и базисни уравнения. Азимутални условни уравнения не са включени, поради недостатъчно точното привеждане на измерените астрономични азимути в геодезични. Получената след изравнението ср.кв.грешка за посока е  $\pm 0''.491$ , която напълно съвпада с тази получена по Фереро ;

3. **Ориентиране на мрежата.** По-точното е да се каже “**ориентиране на елипсоида**”. Това е процес, който води до ориентиране на елипсоида по оста на въртене на земята и неговото транслиране, с оглед най-доброто му прилягане към територията на нашата страна. С това интернационалния елипсоид на Хейфорд се превръща в Български референтен елипсоид. Припомняме, че за този период, когато решаването на редукиционната проблема без алтернативно се извършва по метода на развъртане, прецизното ориентиране на елипсоида и неговото оптимално доближаване до територията на страната е решаващо за постигане на необходимата точност. В този смисъл, българското решение, публикувано в [Христов, Вл. К. 1931], не е достатъчно перфектно. Преди да го анализираме, ще покажем теоретично строгото решение, което би следвало да се приложи при достатъчност и надеждност на астрономическите измерителни данни. То се състои в следното:

- а. Измерените в началната точка**  $16_1$  Черни връх астрономически координати  $B_0$  и  $L_0$  се полагат равни на геодезическите елипсоидни координати  $\varphi_0$  и  $\lambda_0$ . Измереният астрономичен азимут  $A_0$  се полага равен на геодезически азимут  $\alpha_0$  :

*Заб. Ширината и азимутът са коригирани за привеждане на морско ниво и за средния полюс, а азимутът още и за преход от нормално сечение към геодезическа линия.*

$$\begin{aligned}\varphi_0 &= B_0 \\ \lambda_0 &= L_0 \\ \alpha_0 &= A_0\end{aligned}\tag{6}$$

От горните идентичности следва, че отклоненията на отвеса и височината на геоида в ТТ  $16_1$  са равни на нула. С други думи в тази точка са съвпаднали астрономическият и геодезическият меридиани.

**б. Изчисляват се геодезическите координати**  $(\varphi_i \lambda_i)$  на всички точки от мрежата. Това се извършва чрез геодезическо пренасяне (права задача) от координатите и изходния азимут в началната точка  $(\varphi_0 \lambda_0 \alpha_0)$  и чрез изравнените елементи на мрежата. Доколкото елипсоидът е съвпаднал с геоида само в началната точка, това решение е само първо приближение - ориентиране с една изходна точка.

**с. Прецизно ориентиране на елипсоида.** Използват се всички точки, на които са извършени астрономически определения. Алгоритмичното решение е следното: Допускат се не нулеви значения на отклоненията на отвеса в началната точка. Тогава равенствата (6) приемат вида:

$$\begin{aligned}\varphi_0 + d\varphi_0 &= B_0 \\ \lambda_0 + d\lambda_0 &= L_0 \\ \alpha_0 + d\alpha_0 &= A_0\end{aligned}\quad (7)$$

Наличието на изменения в координатите на началната точка ще предизвика подобни изменения във всички астрономически определени точки:

$$\begin{aligned}\varphi_i + d\varphi_i &= B_i \\ \lambda_i + d\lambda_i &= L_i \\ \alpha_i + d\alpha_i &= A_i\end{aligned}\quad (8)$$

където  $d\varphi_i, d\lambda_i, d\alpha_i$  са диференциални функции на  $d\varphi_0, d\lambda_0, d\alpha_0$ . За всяка такава точка ще имаме:

$$\begin{aligned}d\varphi_i &= \left(-\frac{\partial\varphi_i}{\partial\varphi_0}\right)d\varphi_0 + \left(-\frac{\partial\varphi_i}{\partial\lambda_0}\right)d\lambda_0 + \left(-\frac{\partial\varphi_i}{\partial\alpha_0}\right)d\alpha_0 \\ d\lambda_i &= \left(-\frac{\partial\lambda_i}{\partial\varphi_0}\right)d\varphi_0 + \left(-\frac{\partial\lambda_i}{\partial\lambda_0}\right)d\lambda_0 + \left(-\frac{\partial\lambda_i}{\partial\alpha_0}\right)d\alpha_0 \\ d\alpha_i &= \left(-\frac{\partial\alpha_i}{\partial\varphi_0}\right)d\varphi_0 + \left(-\frac{\partial\alpha_i}{\partial\lambda_0}\right)d\lambda_0 + \left(-\frac{\partial\alpha_i}{\partial\alpha_0}\right)d\alpha_0\end{aligned}\quad (9)$$

Връзките между геодезическите и астрономическите координати са:

$$\begin{aligned}\varphi &= B - \xi \\ \lambda &= L + \eta \operatorname{sek}(\varphi) \\ \alpha &= A - \eta \operatorname{tg}(\varphi) \\ \zeta &= \xi \cos(A) + \eta \sin(A)\end{aligned}\quad (10)$$

където  $\xi$  и  $\eta$  са компоненти на отклонението на отвеса, съответно в първия вертикал и в меридиана, а  $\zeta$  - височината на геоида. Обединявайки (7), (8), (9) и (10), за всяка измерена астрономически точка се получават по три уравнения на поправките -  $\xi_i, \eta_i, \zeta_i$ , които се решават по МНМК за неизвестните -  $\xi_0, \eta_0, \zeta_0$ , респ.  $d\varphi_0, d\lambda_0, d\alpha_0$  при ограничителното условие:

$$\sum \eta_i^2 + \sum \xi_i^2 + \sum \zeta_i^2 = \min \quad (11)$$

**d. Окончателно формиране на изходните данни.** С получените неизвестни -  $d\varphi_0, d\lambda_0, d\alpha_0$ , се коригират първоначалните координати на изходната точка. След това се извършва ново геодезическо пренасяне.

Разписаната в горните четири точки технологична схема е теоретично строга. В измерителен план методът изисква достатъчно на брой астрономически определени точки -  $B_i, L_i, A_i$  и същите да са представително разпределени по отношение на геоида за цялата геодезическа мрежа. За съжаление, към 1930 г., когато е извършена ориентацията на нашата мрежа, се е разполагало само с 9 и то частично определени астрономически точки. За тях е определена само астрономическата ширина и азимут към една съседна точка, без да е определяна астрономическата дължина. Освен, че са малко на брой, тези точки са и не представително разпределени в мрежата. Измерени са със сравнително ниска точност. Поправки за средния полюс върху ширината и азимутите са нанесени само за измерените 4 точки през 1929 г. На останалите 5 точки, измерени през 1930 г. такива поправки не са нанесени, тъй като към момента на ориентиране на мрежата, координатите на средния

полюс за 1930 г. не са били разпространени. Въпреки, че при тази ситуация, ориентацията би следвало да се извърши само по измерените в началната точка астрономически координати и азимут, д-р Христов, прави опит да извърши ориентиране по всички налични астрономични данни. За целта ползва разработената от Хелмерт теория за ориентиране на мрежите и извеждане на изходните данни, чрез отклоненията на отвеса. Трудът на Хелмерт третира общият случай, когато в качеството на изходни данни се включват наред с геодезическите координати и азимут в изходната точка -  $\varphi_0, \lambda_0, \alpha_0$ , още сплеснатостта и голямата полуос на елипсоида. При това положение пълните диференциали на системата (7) ще се допълнят с частни диференциали за изменение на сплеснатостта  $df$  на елипсоида и за изменението на голямата му полуос  $da$ . При наличието на повече от три неизвестни, системата уравнения на поправките вече не може да се реши само при условието (9). За тази цел, Хелмерт налага допълнителното условие за неизвестните:

$$X^T X = \min, \quad (12)$$

което условие е известната в по-късната литература “хелмертова норма”, при изравнение на “свободни” мрежи.

Очевидно, че за да се получат качествени резултати по този метод се налагат високи изисквания, както към количеството, така и към качеството на астрономическите измервания, нещо, което към годината в която се извършва ориентирането на нашата триангулация не е било налице. По тази причина, по един твърде необоснован начин Христов отстранява част от уравненията на поправките и част от неизвестните. Например:

1. Първо, “поради липсата на астрономически дължинни определения”, всички уравнения на поправките, произтичащи от условията на втория диференциал в (9) се зачеркват;
2. Второ, “поради малката територия на страната ни по ширина”, отпадат частните диференциали, свързани с неизвестното  $df$ , с което в уравненията на поправките се зачерква това неизвестно;
3. И последно, “поради получената след изравнението много ниска точност на неизвестното  $da$ ”, се изключват и частните диференциали, свързани с това неизвестно, с което и то отпада от системата уравнения на поправките. (Получената за  $da$  стойност е 2731 m. със средна грешка  $\pm 2015$  m.)

При тези компромиси, решението на уравненията на поправките е сведено до намиране само на две от неизвестните:

$$\begin{aligned} \xi_0 &= -0''.4326 \\ \eta_0 &= -1''.3199 \end{aligned} \quad (13)$$

Средната квадратна грешка за единица тежест след изравнението е  $\pm 2''.132$ . Тази голяма средна грешка показва, че получените стойности за  $\xi_0$  и  $\eta_0$ , са изключително ненадеждни. Следвайки логиката, по която е отстранено неизвестното  $da$ , тук с доста по-голямо основание би следвало да се отстранят от изравнението и тези две неизвестни. Това разбира се не е направено. С получените стойности на неизвестните (13), чрез връзките (10), са коригирани геодезическата ширина и геодезическият азимут в изходната точка (16<sub>1</sub>). Геодезическата дължина не е коригирана, тъй като тя не е измервана, а е една конвенционално подбрана приблизителна стойност. За останалите 8 астрономични точки от уравненията на поправките са получени отклоненията на отвеса и също както за изходната точка, са нанесени чрез (10), съответните корекции в ширината и азимута.

Особен интерес представлява пренасянето на дължините. С въведената конвенционална приблизителна стойност на дължината в началната точка и с изравнените стойности на ширината и изходния азимут е извършено геодезическо пренасяне от ТТ 16<sub>1</sub> към астрономо-геодезическата обсерватория на ДГИ, която е ТТ 13<sub>1</sub> от мрежата. Получени са по такъв начин нейните геодезически координати  $\varphi_{13}$ ,  $\lambda_{13}$  и азимут към кубето на църквата в семинарията. Чрез провеждане на синхронни астрономични измервания за определяне на дължинни разлики с Потсдамската астрономо-геодезическа обсерватория, с размяна на наблюдателните екипи и инструменти е извършено определяне на астрономическата дължина на ТТ 13<sub>1</sub> с точност  $\pm 0^s.005(0''.075)$ . Разликата между приблизителната (конвенционалната) дължина и пренесената от Потсдамската обсерватория е  $+6''.9603$ . Това е една доста голяма, дори недопустимо голяма корекция, но без ново ориентиране, горната стойност е просто добавена като константа към всички пренесени дължини на първоредни

точки и с това са и окончателно изведени изходните данни за нашата триангулация. В табл. 1 е проследена промяната в изходните данни до тяхното окончателно установяване.

ТАБЛ. 1

1	Изм. Стойност 1929 г.			редукц. за морско ниво и геод. Линия	редукция за среден полюс	редукция за отклонения на отвеса	редукция за дължинни разлики	Окончателни значения		
	2	3	4					5	6	7
ТТ 16	гр.	мин.	сек.	сек.	сек.	сек.	сек.	гр.	мин.	сек.
Шир.	42	33	54.62	-0.3900	-0.1100	0.4326	0.0000	42	33	54.5526
Дълж.	23	16	45.00	0.0000	0.0000	0.0000	6.9603	23	16	51.9603
Азим.	309	55	20.57	-0.0100	-0.0200	1.2120	0.0000	309	55	21.7520

И така, българската геодезическа референтна система, наречена по-късно “Система 1930 г.” е въведена. Ще добавим, още, че през 1930 г., наред с приетите вече геометрични параметри на елипсоида на Хейфорд, МСГГ препоръчва формулата за развитие на нормалната тежест:

$$\gamma_i = \gamma_e [1 + \beta \sin^2(\phi_i) - \beta_i \sin^2(2\phi_i)] \quad (14)$$

$\gamma_e$  - стойност на силата на тежестта на екватора;

$$\beta = \frac{\gamma_e - \gamma_p}{\gamma_p} \quad - \text{гравиметрична сплеснатост};$$

$\gamma_p = \gamma_e (1 + \beta)$  - стойност на силата на тежестта на полюса;

$$\beta_i = \frac{\alpha^2}{8} + \frac{\alpha\beta}{4} \quad - \text{коэффициент за съгласуване на геометричната с гравиметричната сплеснатост},$$

съгласно теорията на Пицети - Сомилиана;

При тези условия, нормалното гравитационно поле на земята еднозначно се определя, чрез стойностите на два, така наречени динамични параметри. В качеството на такива МСГГ, препоръчва стойности за  $\gamma_e = 9.78049 \text{ ms}^{-2}$  и за  $\beta = 0.0052884$  (формула на Касинис), които стоят в съгласие с геометричните размери на елипсоида на Хейфорд..

Във времето, когато е въведена Българската геодезическа система 1930 г., тези параметри не са имали никакво значение за нея. Едва от края на 30-те години, когато са започнати гравиметричните работи, формулата на Касинис е в основата за изчисляване на гравиметричните поправки, поради, което горните два коэффициента присъединяваме към параметрите на БГРС 1930, с което тя добива своето окончателно представяне:

1. Геометрични параметри - Елипсоидът на Хейфорд с размери:

$a = 6378388 \text{ m}$  - екваториален радиус;

$1/f = 297.0$  - геометрична сплеснатост;

2. Динамични параметри - Формулата за развитие на нормалната тежест (14), с коэффициенти по Касинис и теорията на Пицети - Сомилиана:

$\gamma_e = 9.78049 \text{ ms}^{-2}$  - стойност на силата на тежестта по екватора

$\beta = 0.0052884$  - гравиметрична сплеснатост;

3. Изходни геодезически данни: Геодезическите географски координати на ТТ 16<sub>1</sub> ”Черни връх” и геодезическият азимут от тази точка към ТТ 11<sub>1</sub> ”Мечи камък”:

$$\varphi_{16} = 42^{\circ} 33' 54''.5526 \pm 0''.20$$

$$\lambda_{16} = 23^{\circ} 16' 51''.9603 \pm 0''.07 \quad (15)$$

$$\alpha_{16-11} = 309^{\circ} 55' 21''.752 \pm 0''.20$$

Глобалната координатна рамка на системата са елипсоидните геодезически координати  $\varphi, \lambda$  в модела  $H = 0$ . Българската геодезическа референтна система 1930 г. има своите слабости. Очевидно, опитът да се ориентира мрежата по повече от една астрономична точка е неуспешен. За сравнително

малката територия на нашата страна, неточностите, произтичащи от така проведеното ориентиране, едва ли са довели до значимо огрешаване на редукиционната задача, т.е. до значимо отместване на елипсоида от геоида. В чисто емоционален план, може да се каже, че амбициозният, начеващ в тези години учен д-р Христов е демонстрирал дълбоки теоретически познания и умения да ги прилага, но наличната тогава недостатъчност и ниско качество на астрономическите определения, са наложили компромиси, които не са позволили да се получат резултати, съответстващи на приложената методика. Теорията и практиката по ориентиране на мрежата е доста сложна материя и по това време, очевидно Христов не е имал опоненти. Прекалено чувствителен, той никога не е говорил за допуснати слабости, но като опонент сам на себе си, в по-късни години, при натрупани вече достатъчно на брой и качествени астрономични определения, е провел ново ориентиране, следвайки вече без никакви компромиси метода на Хелмерт. Получава изключително интересни резултати. На първо място това са твърде големите разлики в данните, в сравнение с приетите, за началната точка:

в ширината ..... - 1". 207,  
 в дължината..... - 4". 254,  
 в азимута..... - 0". 821.

И второ, от получените стойности за размерите на елипсоида, стига до извода, че за територията на България, по-подходящ се явява елипсоидът на Бесел, вместо приетият вече елипсоид на Хейфорд. Това ориентиране е само научен експеримент, тъй като при напредналите вече топографо-геодезически и картографски работи, ГИ не може да си позволи да въведе новополучените данни за преориентиране на мрежите. Но то е още едно потвърждение на направените тук изводи, че ориентирането на нашата мрежа в системата 1930 г. е доста неточно.

### **ПРОЕКЦИОННИТЕ КООРДИНАТИ НА БГРС 1930 г.**

За система на проекционни координати на БГРС 1930 е възприета системата на Гаусовите координати и свързаната с тях картна проекция. Съгласно международната разграфка, територията на България попада в две три градусови зони с основни меридиани  $24^{\circ}$  и  $27^{\circ}$ . Мащабното число по основния меридиан, разчетено за три градусовите зони се уточнява равно на 0.9999, а ивицата между меридиан  $25^{\circ} 15'$  и  $25^{\circ} 45'$  - застъпна. Ординатата  $Y$  се отчита от основния меридиан и е с положителен знак при нарастване на изток и с отрицателен - при нарастване на запад. Абсцисата  $X$  е с нулева точка на паралела  $41^{\circ}$  и нараства на север, т.е. за цялата територия на нашата страна, тя е положителна. От началото на 40-те години, към абсцисите е прибавена мащабно намалената с 0.9999 меридианна дъга от екватора до  $41^{\circ}$  паралел, равна на 4540198.355 m., а към ординатите се прибавя константата  $Y000000 + 500000$ , където  $Y$  е номерът на зоната.

Обосновката за възприемане на Гаусовите координати принадлежи на д-р Христов. Тук ще покажем само онази част от обосновката, която звучи актуално и в момента. Защото мотивацията свързана със “затворени формули”, “еднотипни диференциални развития”, “лекота за табулиране”, “лекота за изчисления на трансформационните задачи”, “лекота за изчисления на проекционните корекции” и др. днес не са актуални. Предимствата на Гаусовите координати са следните:

1. В цифрово изражение, те съответствуват на дължината на съответните дъги от елипсоида;
2. Дефинират се еднотипно за целия свят, след предложената през 1919 г. от Г. Баумгарт (G. Baumgart) единна технология за дефиниране на зоните, т.е. както казва Христов: “също както с географските координати, по тях може да се укаже кое да е място от земното кълбо”
3. Геодезическите мрежи, в това число и първоредните, могат да се обработват в гаусовата проекционна равнина, независимо от това, в колко зони попадат.

От 1932 г., не само в ДГИ, но и във всички геодезически служби и снимачни бюра, т.е. в цялостната геодезическа практика на страната, всички координатни изчисления се извършват в гаусови координати. В съответстващата на тях гаусова проекция се изработват кадастралните планове и военно-топографските карти във всички мащаби. Това е една от най-добрите страни на българската геодезическа практика, превърнала се в традиция, която продължава до наши дни, а да се надяваме да бъде продължена и в бъдеще.

Христов е признат за трети, след Гаус и Крюгер, направил най-много за въвеждането на гаусовите координати, издигнал ги до нивото на “световни координати”. В съвременните условия на

GPS, военно интегриране и глобализираща се икономика, гаусовите координати придобиха още по-голямо значение. Те са в основата на системите за земна, въздушна и морска навигация, на системите за водене и насочване на летателните и плавателни средства. От 1952г. гаусовата проекция е един от основните стандарти на страните от бившия “Варшавски договор”, а няколко години по-късно - и на НАТО. Няма страна в цивилизования свят, която да не е пребазирала геодезическото си производство в гаусовите координати и в свързаната с тях проекция. И когато днес, в съвременни условия, българската висша геодезия и д-р Христов следваше да получат ново признание, за приносите по въвеждане на гаусовите координати, тъкмо от България се получиха сигнали и се издаде дори постановление на министерския съвет за отказ от Гаусовите координати и въвеждане на Ламбертови такива [ПМС, 2001г.]. В тази си част постановлението все още не е консумирано от геодезическата практика и да се надяваме, че ще бъде отменено, преди да са нанесени сериозни щети на геодезическото производство.

### **БЪЛГАРСКА ВИСОЧИННА СИСТЕМА 1929 г.**

При общо приетите по това време ортометрични височини, за нашата височинна система без дискусии и обосновки, просто по подразбиране е приета системата на ортометричните височини. Изборът на изходна точка е извършен, също така, без особени алтернативи. Очевидно, че за нашата територия, такава точка ще се търси по брега на единственото море, на което опираме. През 1926 г. на брега на Черно море са монтирани две пегелни станции - едната във Варна, другата в Бургас. Разликата между двете станции е в това, че Варненската е с директна връзка към морето, а Бургаската е с тръбна сифонна връзка. В период на тригодишни изпитания, предпочитанията са отдадени на по-стабилните показания на Варненския пегел. С това фактически, през 1929 г. е “стабилизирана” нулевата точка за отчитане на физическите (надморските) височини за територията на България. Понятието “Височинна система”, влиза в употреба доста по-късно. През 50-те години, при въвеждането на “Балтийската височинна система”, съществуващата до тогава българска система е наречена **“Черноморска височинна система”**, като се изпуска годината на нейното въвеждане.

Системата се материализира от нулата на пегелната лата, от контролните и векови нивелачни репери, от реперите на прецизните нивелачни мрежи. С многократно по-ниска точност, в същата височинна система се изчисляват и физическите (надморските) височини на топоцентровете на точките от хоризонталните геодезически мрежи.

Създадената през 40-те години гравиметрична “махална” мрежа, както и данните от гравиметричната снимка, практически не са използвани за извеждане на превишения на геоида, както и за нанасяне на динамични корекции в измерените геометрични превишения. Стойностите на силата на тежестта са отнесени към местна система на тежестите, която се дефинира от стойността на силата на тежестта в основната “махална” точка. Извеждането на абсолютната сила на тежестта в основната точка, е извършено едва през 1959 - 1960 г., когато е била въведена вече друга височинна и геодезическа референтна системи.

### **ДЪРЖАВНИТЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИ МРЕЖИ НА БЪЛГАРИЯ - СЪСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ СЛЕД ВТОРАТА СВЕТОВНА ВОЙНА**

След втората световна война, обществено политическата обстановка в България е изцяло променена. Държавните и военните структури се изграждат по подобие на съветските. През 1947 г. Държавният географски институт прекратява съществуването си и неговите функции се поемат от Военно-топографската служба на БА. Засекретяват се изходните данни и параметри на действащите геодезически референтни системи, на връзките с други системи, на координатите на точките от геодезическите мрежи, на топографските карти. При условията на “студена война”, “желязна завеса” и силно ограничени контакти със “западните” страни, в това число и научни, Българският национален комитет по геодезия и геофизика, до края на 50-те години, практически прекратява дейността си. При тези условия, българската висша геодезия намери верния път на своето развитие. Той преминава през положителната и обективна оценка на направеното до този момент, на активизиране на вътрешното научно сътрудничество между националните геодезически служби и организации и инициране на възможното тогава, международно сътрудничество с научните и

производствени геодезически институции на социалистическите страни. Основата на това сътрудничество се поставя с българска инициатива, автор на която е акад. Вл. Христов. Зад неговата идея застават Българската академия на науките, Военно-топографската служба на Българската армия и новосъздаденото по това време гражданско Главно управление по геодезия и картография. Организира се първата, наречена по-късно “Софийска” конференция на геодезическите служби на социалистическите страни (ГССС). Провежда се в София през 1952 г. в сградата на народното събрание. За значимостта и нивото на конференцията може да се съди и от това, че от БАН, освен акад. Христов, участвуват още акад. Тодор Павлов, акад. Евгени Каменов, акад. Димо Велев, чл. Кор. Чакалов и др. От ВТС участвуват полк. Георги Абаджиев, полк. Крум Живков, полк. Марков и др. От другите социалистически страни присъствуват най-изтъкнатите учени и отговорни по това време цивилни и военни геодезисти. В духа на тогавашното време, както провеждането на конференцията така и всички нейни дискусии и решения са засекретени. Отделяме тук повече място на тази конференция по две причини:

**Първо**, нейните решения определят развитието не само на държавните геодезически мрежи, но и на цялото геодезическо и картографско производство в страната за следващите четири десетилетия, и

**Второ**, въпреки голямото и значение, за нея няма публикувано почти нищо, а и на автора не е известно, има ли запазени материали. Писаните тук бележки са по вторични източници.

На конференцията се приема дългосрочна програма за развитието на геодезическото и картографско производство в сътрудническите си страни. По-главните неща от тази програма са:

1. Подготовка на геодезическите мрежи за създаване на ЕДИННА за европейските социалистически страни мрежа и преход в единна геодезическа референтна система на основата на елипсоида на Красовски и на съветската референтна геодезическа система “ГС 42”;
2. Преход в единна височинна система, основана на “нормалните” височини и с изходно начало - нулата на пегела в Кронщад - Балтийска височинна система;
3. Унифициране на гравиметричните мрежи на сътрудническите си страни, с привързване към Потсдамската система на тежестите;
4. Въвеждане на единната световна разграфка за топографските карти;
5. Въвеждане на гаусовите проекционни координати, като основна проекционна система на предстоящата за въвеждане Единна геодезическа референтна система ГРС 42;
6. Единни топографски знаци и унифицирано съдържание на топографските карти;
7. Други.

От позицията на времето, оценките за значението на тази конференция, могат да се окажат различни. Решенията явно конвергират с военноинтегриращите процеси за обединение на страните от така наречения тогава “социалистически лагер”. Те се превръщат по-късно и в изисквания и стандарти на “Страните от Варшавският договор”. Оглеждайки ги през тази призма, могат с лекота да бъдат зачеркнати и отречени. В същност, при обективно създаването се условия след втората световна война, на затвореност, изолация и засекревяване на параметрите на геодезическите системи и на геодезическите мрежи, това е било единствено възможният начин за създаване на условия за модерно развитие на българската висша геодезия и на свързаната с нея геодезическа практика. И това е бил мотивиращият фактор и основание на българската инициатива. Направеното в следващите години, по безспорен начин потвърждава, че това е била вярната посока на развитие.

### **БЪЛГАРСКА ГЕОДЕЗИЧЕСКА РЕФЕРЕНТНА СИСТЕМА 1950 (БГРС 1950)**

Въвежда се в първите години на 50-те години, по инициативата и теоретичната обосновка на д-р Христов. Мотивира се с необходимостта от осигуряване на военно-интегриращите процеси на България със Съветския съюз и с другите европейски социалистически страни. Това е единствената геодезическа референтна система на България, която се въвежда с правителствен декрет - Постановление на Министерския съвет от 31. март 1951 г. Дефинира се от следните параметри:

1. Референтен елипсоид - елипсоидът на Красовски с размери: голяма полуос  $a = 6378245$  m. и сплеснатост  $1/f = 298.3$  ;



2. Изходни данни: Геодезическите географски координати на ТТ 16<sub>1</sub> "Черни връх" и геодезическият азимут от тази точка към ТТ 11<sub>1</sub> "Мечи камък":

$$\begin{aligned}\varphi_{16} &= 42^{\circ} 33' 51''.1286 \\ \lambda_{16} &= 23^{\circ} 16' 48''.3083 \\ \alpha_{16-11} &= 309^{\circ} 55' 21''.7520\end{aligned}\quad (16)$$

Системата не съдържа динамични параметри. За сравнително краткия период на нейната употреба (1950. - 1955 г.) в геодезическата практика на страната не са провеждани прецизни гравиметрични работи, а доколкото са въвеждани гравиметрични поправки, то те са на основата на динамичните характеристики на система 1930 г. За същия период не са въвеждани и гравиметрични поправки в прецизната нивелация.

Геодезическата система 1950 г. е координатно трансформиран аналог на система 1930 г. Получена е чрез приложение на известните във висшата геодезия диференциални формули от първи и втори род, т.е. при изменение на геометричните параметри на референтния елипсоид (преход от един елипсоид към друг) и едновременно с това, изменение на данните за изходната точка на мрежата. В случая са приложени формулите на Христов, публикувани в една от най-значимите му работи [Христов, Вл. К. 1942]. Възприетите дефиниционни параметри, от които са изведени работните формули за трансформиране на геодезическите географски координати от система 30 в система 50 са следните (вж. 15 и 16):

$$\begin{aligned}\Delta a &= a_{KP} - a_{ХЕЙФ} = -143 \text{ m.} \quad \text{от където} \quad \left( \frac{\Delta a}{a} = -2.24195 \cdot 10^{-5} \right) \\ \Delta(1/f) &= (1/f)_{KP} - (1/f)_{ХЕЙФ} = -1.46735 \cdot 10^{-5} \\ \Delta\varphi_{16} &= \varphi_{16}^{50} - \varphi_{16}^{30} = -3''.4240 \\ \Delta\lambda_{16} &= \lambda_{16}^{50} - \lambda_{16}^{30} = -3''.6520 \\ \Delta\alpha_{16-11} &= \alpha_{16-11}^{50} - \alpha_{16-11}^{30} = 0''.0000 \\ \Delta S_{i-k} / S_{i-k} &= 0\end{aligned}\quad (17)$$

Първите два параметъра са получени като разлики в геометричните размери на елипсоидите на Хейфорд и на Красовски и следват точно целта на прехода. Следващите параметри, обаче, по-малко или повече са въпрос на добре мотивиран субективен избор. За съжаление подобна мотивация няма публикувана. Единствената оригинална публикация по този преход е [Христов, Вл. К. 1952]. В нея авторът извежда работните формули и табулира получените коефициенти, като създава и съответните таблици за трансформиране на геодезическите географски координати, както и на гаусовите координати. Изходните параметри, обаче, са записани без коментар. Тук ще направим известен анализ с коментар. Стойностите на измененията на геодезическите географски координати - ширина и дължина за изходната точка, са взети от "Военновременните каталози на точките от българските триангулации", създадени от топографската служба на съветската армия, в годините непосредствено след втората световна война. Координатите на точките в тези каталози са изчислени върху елипсоида на Красовски и в приблизителната ориентация на съветската система 1942 г. През 1948 г. те са предоставени на военно-топографската служба на българската армия и заведени в архивите като каталози в система 1948 г. Няма за нашата страна друго практическо значение, тъй като са доста неточни. В следващата таблица 2 ще представим някои несъответствия, произтичащи от така зададените транслационни параметри, за  $\varphi_{16}, \lambda_{16}, \alpha_{16-11}$ , както и от нулевата стойност за изменение на мащабния фактор.

ТАБЛ. 2

1	Измерени 1929г. и кориг. за морско ниво, ср.полус и геод.линия			дефинитивни откл. на отвеса и вис. на геоида	корекции преход 30-50	редуц. геод. данни 1950			дефинит. за дадени данни 1950
	2	3	4			5	6	7	
$\varphi_{16}$	42	33	54''.1200	$\xi = +2''.9914$	-2''.9914	42	33	51''.1286	51''.1286

$\lambda_{16}$	23	16	51".9603	$\eta = -2".6897$	-3".6520	23	16	48".3083	48".3083
$\alpha_{16-11}$	309	55	20".5400	$\zeta = +3.9825m$	+1".2120	309	55	18".0697	21".7520
					-2".4703				

Дефинитивно зададените стойности на изходните данни са записани в кол. 10. В кол. 4 са записани измерените и коригирани за морско ниво, вертикално сечение и среден полюс данни взети от ТАБЛ. I). В кол. 6 ред 1 до 3 на ТАБЛ. II са записани разликите между дефинитивно зададените данни (кол 10) и измерените данни (кол. 4). Тези разлики, би следвало да се появят като корекции на измерените данни, вследствие влияние на отклоненията на отвеса. Тогава от първите две разлики, по форм. (10), изчисляваме съответстващите на тях отклонения на отвеса (кол. 5 ред 1 и 2). С така получените стойности на  $\eta$  и  $\zeta$ , по форм. (8), получаваме височината на геоида в посока на изходния азимут (кол. 5 ред 3) и което е по-съществено, съответстващата на получените отклонения на отвеса, корекция на изходния азимут (кол. 6 ред 4). От сравнението на механично следващата от дефинитивните условия корекция, показана на ред 3 кол. 6 и съответстващата на отклоненията на отвеса, показана на ред 4 кол. 6 се вижда, че различието е недопустимо голямо. Последният от възприетите параметри (17) е мащабен фактор. Заради запазване конформността на изображението, при подобен вид трансформации, мащабният фактор се дефинира от съотношението

$$\Delta S_{i-k} / S_{i-k} = const \quad (18)$$

В случая (17), в качеството на константна величина е поставено нула. Липсва информация, до колко този избор е обоснован, но появилите се по-късно изследвания на линейния мащаб на мрежите, и изводите, че той е свит от порядъка на 1/100000, навежда на мисълта, че вместо нула, тук е трябвало да се постави величината 1/100000. [Йовев, И. 1976 ]

Представените до тук анализи, показват, че система 1950 г. е координатно трансформиран аналог на системата 1930 г., но с утежняващи по отношение на ориентацията слабости. Очевидно, че възприемането на нови транслирани данни за ширината и дължината на началната точка, получени в съветската система 1942 г., запазване на българската ориентация и възприемането на нулеви значения за отношенията  $\Delta S_{i-k} / S_{i-k}$ , е едно конгломератно съчетание на набора от изходни параметри. Такова съчетание води до намаляване значението на изходната точка, като фактор за ориентиране на мрежата. В този смисъл въвеждането на Геодезическата референтна система 1950 г. трябва да се възприеме като преход, макар и доста приблизителен, в съветската геодезическа референтна система 1942 г. Доколкото система 1950 г. е въведена преди провеждането на Софийската конференция на ГССС, очевидно е послужила като опит и генератор на идеи за приемане на изключително важните решения на тази конференция.

### ПРОЕКЦИОННИТЕ КООРДИНАТИ НА БГРС 1950 г.

Проекционните координати на Българската геодезическа референтна система 1950 г. са дефинирани в три координатни системи:

1. Координатна система 1950 г.
2. Координатна система 1950 г - нова
3. Координатна система 1970 г.

**Координатна система 1950 г.** Координатите на точките са трансформационен аналог на гаусовите проекционни координати на БГРС 1930 г., със следните променени значения на вторичните параметри: Първо, мащабът по основния меридиан на зоната става равен на единица и второ, наред с три градусовите зони, с основни меридиани 24 и 27 градуса, се въвеждат и шест градусови зони, с основни меридиани 21 и 27 градуса. Три градусовите зони са предназначени за създаване на едромасщабната топографска карта (ЕТК) в мащаб 1:5000 и произведен 1:10000, както и за плановете на населените места, в това число и кадастралните плановете. Като цяло, това е "гражданската" геодезическа продукция. Шест градусовите зони се взаимствуват от съветската геодезическа практика и са предназначени за създаване на военните топографски карти от целия мащабен ред.

За трансформирането на гаусовите координати от двете три градусови зони - система 1930 г. в съответните на тях две три градусови зони - система 1950 г., д-р Христов извежда формули за

директен преход и създава съответни на тях работни таблици. Изходните параметри за извеждане на работните формули са производни на тези за географските координати (17). Конкретните им стойности се получават, след като се трансформират географските геодезически координати (15) и (16) в гаусови координати за съответните елипсоиди и зони, като се съобрази обстоятелството, че мащабът по основния меридиан в система 1930 г. е 0.9999, докато в система 1950 г. той е 1. Формулите са във вид на традиционните за Христов редови развития, които осигуряват точност в най-отдалечените части на зоните  $\pm 1 \text{ mm}$ . Изчисляването на координатите в шест градусовите зони е извършено по-късно.

**Координатна система 1950 г - нова.** Въвежда се в началото на 60 - те години. По своите дефиниционни характеристики, това е същата Гаусова проекционна координатна система на БГРС 1950, описана по-горе. Допълнението “нова”, означава, че регистрите с координати на държавните точки, приведени в тази система, са координати от обновените държавни мрежи от периода 1957 - 1965 г. За обновяването на мрежите ще стане дума по-назад в изложението. Тук ще отбележим само, че старите треторедни държавни мрежи, в състоянието си до средата на 50-те години, не са еднородни по точност, а на много места съдържат и груби грешки в координатите. Има цели райони, в които мрежите се явяват непригодни за едромасщабни работи. При тези условия, в началото на 50-те години се започва създаването на едро мащабната топографска карта (ЕТК) и необходимата за нея, както и за всички едромасщабни работи, опорна геодезическа мрежа, наречена “Геодезическа мрежа с местно предназначение” (ГММП). Тя е съгъстяваща на държавната мрежа и се опира на нея. Развита в три класа (5-ти, 6-ти и 7-ми), с много добри геометрични характеристики, с висока точност на измерителните данни и добро стабилизиране на центровете на точките. И, въпреки това, е също толкова неточна и ненадеждна, колкото и старата треторедна мрежа, на която се опира. Причините за това са следните: Подобренията в държавните мрежи, извършени през периода 1957 - 1965 г. са свързани с препоръките на “Софийската конференция на ГССС” и те се реализират едновременно с прехода в геодезическата референтна система 1942 г. За треторедните мрежи, подобренията са толкова мащабни, че след тях, тези мрежи могат да се разглеждат като напълно нови. Извършено е препроектиране на мрежите, като от старите червени, зелени, жълти и сини точки, са получени сегашните държавни мрежи 3-ти и 4-ти класове. Почти всички точки са ъглово преизмерени - в по осем гируса треторедните и в по пет гируса четвърторедните. Изравнението е извършено в групи от по 15 - 20 и повече точки. При нивото на развитие на изчислителните средства по това време, такъв начин на изравнение е изключително трудоемък. В резултат от провеждането на всички тези мероприятия, подобрените държавни мрежи са получени вече напълно хомогенни и с много добри точностни характеристики. ГММП, обаче продължава да се развива, като се опира на старата неподобрена мрежа в система 1950 г. Това обстоятелство няма разумно обяснение. При въвеждането на геодезическата референтна система 1942 г. гражданското производство остана в система 1950 г. Това само по себе си не е проблем и дори е по-естественият начин за ефективност на самото гражданско геодезическо и картно производство. Проблемът е, първо, по-какъв начин подобрените координати на точките от държавните мрежи, да се отразят, върху създадените вече участъци от ГММП и второ, по-нататъшното развитие на тези мрежи, да се опира на така извършените подобрения. Решението е намерено в разработването на “метод за едновременно изравнение на геодезически мрежи в две различни геодезически референтни системи”. Теоретическата обосновка на метода и практически указания за прилагането му са дадени в [Йовев И, , 1966 г.]. Основното изравнение се провежда в координатна система 1942 г., а съпътстващото към него - в координатна система 1950 г - нова.

Тук ще покажем алгоритмичното решение на приложения метод. В основата му са заложили изисквания за провеждане на ново изравнение при максимално използване на резултатите от изравнението в с-ма 42. Изравнението се извършва в една и съща за двете системи гаусова проекция.

За проведеното в с/ма 42 изравнение имаме:

$$V_{ij} = \alpha_{ij} + d\alpha_{ij} - (Z_i^0 + dz_i + R_{ij}), \text{ където:} \quad (19)$$

$\alpha_{ij}$  - изчислен от координатите приблизителен посочен ъгъл;

$d\alpha_{ij} = a_{ij}dx_i + b_{ij}dy_i + a_{ji}dx_j + b_{ji}dy_j$  - диференциално уравнение на посочения ъгъл;

$Z_i^0$  - приблизителен ориентиран ъгъл на станция  $i$ ;

$dz_i$  - ориентирано неизвестно на станция  $i$ ;

$Z_i^0 + R_{ij}$  - изчислен от измерванията приблизителен посочен ъгъл;

и още:  $\alpha_{ij} - (Z_i^0 + R_{ij}) = l_{ij}$  - свободен член.

Изразени в матрична форма, уравненията на поправките гласят:

$$V_{(n,1)}^{(42)} = A_{(n,m)}X_{(m,1)}^{(42)} + L_{(n,1)}^{(42)}, \text{ с тежестна матрица } P_{(n,n)} \quad (20)$$

при минимизиращото условие на МНМК:  $V^T V = \min$ , се получава решението на системата (20):

$$X^{(42)} = (A^T P A)^{-1} A^T P L^{(42)} \quad (21)$$

При изравнение на същата група точки в система 50 г. налагаме следните условия:

> Въвеждат се две константи -  $X_0, Y_0$ , с които се транслират координатите на изходните точки и приблизителните координати на изравняемите точки от с/ма 42 в с/ма 50:

$$\begin{aligned} X_i^{(50)} &= X_0 + X_i^{(42)} \\ Y_i^{(50)} &= Y_0 + Y_i^{(42)} \end{aligned} \quad (22)$$

> Вместо с промяна на свободния член в уравненията на поправките, константното завъртане на мрежите, се дефинира чрез промяна на неизвестните, в диференциалното уравнение на посочения ъгъл, така, че свободния член от с/ма 42 г. да остане непроменен. Това е винаги възможно за уравненията на поправки, съставени за посоки между изравняеми точки. За останалите уравнения, изменението на свободния член е леко осъществимо, тъй като координатите на изходните точки са известни и в двете системи. Освен това, този вид уравнения са много малко.

За облекчаване на изложението, ще игнорираме трансляционната процедура (22), след което ще представим уравненията на поправките в с/ма 50 г. при горните условия:

$$V_{(n,1)}^{(50)} = A_{(n,m)}(X^{(42)} + \Delta X)_{(m,1)}^{(50)} + (L^{(42)} + \Delta L)_{(n,1)}^{(50)}, \text{ с тежестна матрица } P_{(n,n)} \quad (23)$$

Тук отбелязваме обстоятелството, че векторът  $\Delta L$ , в масовия случай е с нулеви компоненти.

Решението на така съставената система уравнения на поправките води до:

$$(X^{(42)} + \Delta X)_{(m,1)}^{(50)} = (A^T P A)^{-1} A^T P (L^{(42)} + \Delta L)_{(n,1)}^{(50)}, \text{ или още:}$$

$$(X^{(42)} + \Delta X)_{(m,1)}^{(50)} = (A^T P A)^{-1} A^T P L^{(42)} + (A^T P A)^{-1} A^T P \Delta L \quad (24)$$

От сравнението на (21) с (18) се стига до окончателното решение:

$$X^{(50)} = X^{(42)} + (A^T P A)^{-1} A^T P \Delta L \quad (25)$$

Вижда се, че за успоредното изравнение на дадената група и в с/ма 50 г. е необходимо допълнително да се изчислят, не големият брой свободни членове, за посоки свързани с изходни точки. Както вече се отбеляза всички останали членове на вектора  $\Delta L$  са нули. Доколкото изразът  $(A^T P A)^{-1} A^T P$ , е пресметнат в изравнението на групата в с/ма 42, тук остава този израз да се умножи по вектора  $\Delta L$ , т.е да се “редуцира” колонката на изменените свободни членове. Полученият по такъв начин вектор  $\Delta X$  се събира с вектора  $X^{(42)}$ , с което се стига до окончателния вектор  $X^{(50)}$ , който съдържа изравнените значения на координатите в координатна система 1950 г. - нова.

Цялата изчислителна работа по преизравнението на мрежата по този метод, съставлява не повече от 10% от изчислителната работа, свършена за изравнение на същата в с/ма 42 г.

Методът е приложен във ВТС и точките от Държавните геодезически мрежи са окончателно приведени в “Координатна система 1950 г. - нова” до средата на 60 - те години. Очакванията са били, по същия алгоритъм и с новите стойности на координатите на Държавните точки, да се приведат създадените до този момент участъци от ГММП в “Координатна система 1950 г. - нова”. По-нататък създаването на нови участъци от гражданската мрежа да се извършва в тази система. За съжаление нищо такова не се случва. ГММП продължава да се развива в “Координатна система 1950 г. - стара”, а “Координатна система 1950 г. - нова”, остава неизползвана и това е един от най-необяснимите черни феномени на нашата геодезическа практика. Да се разполага с една изключително точна Държавна геодезическа мрежа, а съгъстяващите след нея мрежи да се опират на

състоянието на тези мрежи от 50-те години, в една безнадеждно остаряла система, с което и те самите се явяват обречени.

“Координатна система 1970 г.” е третата основна система на проекционни координати на БГРС 1950 г. Въвежда се в края на 60 - те и началото на 70 - те години, когато вече самата Геодезическа референтна система 1950 г. е отминал етап, а “Координатна система 1950 г. нова” е забравена. Дефинира се при условия на пълна секретност, така, че да останат скрити всички дефиниционни параметри, свързани както с вида на проекционните координати, така и с геодезическата референтна система, на която те принадлежат. Крайната цел е да се отдели “гражданското” геодезическо производство в различна от държавната геодезическа система, като по този начин се осигури по-голяма “скритост” на държавната геодезическа система, оставайки я само за военното геодезическо производство. “Координатната геодезическа система 1970 г.” се въвежда с разпореждане на тогавашния “Държавен комитет за отбрана” от 1969 г. По подобен начин, по това време са отделени от държавните геодезически системи, координатните системи на “гражданското” геодезическо производство и в другите социалистически страни. Оставаме без коментар въпросът, доколко това е било необходимо и дали по такъв начин може да се осигури “по-голяма скритост на данните и параметрите на държавната геодезическа система”. Въпросът е, че каквито и трудности да произтичат от такъв начин на работа, трансформационните връзки трябва да се дефинират по начин, който да не води до влошаване качеството на геодезическите работи, нито в гражданското нито във военното производство, нещото, което за нашата страна не е постигнато.

Няма публикувани официални данни за същността на системата, нито за нейните дефиниционни параметри. Тук ще я представим по вторични източници.

Координатната система 1970 г. е вид проекционна координатна система от класа на коничните проекции. Въпреки малката територия на страната, дефинирани са 4 Ламбертови зони, всяка от които се определя от зададено координатно начало, мащаб по основния паралел и обхват по  $f$  и  $\lambda$ , за така наречената разграфка на картните листове в система 1970 г. Това са известните четири зони: К - 3 (Северо запад), К - 7 (Северо изток), К - 9 (Юго запад) и К - 5 (Юго изток). Всяка от тези зони, вече в системата на дефинираните Ламбертови координати, т.е. в равнинната си част е завъртяна допълнително по отношение на “картния” север, на сравнително малък, но различен за всяка зона ъгъл, подбран така, че да не се наруши практически осезаемо конформността на изображението. И на последно място, към равнинните координати са прибавени константи, различни за различните зони, така, че по числов формат, координатите да имат вид на Гаусови.

Иходни координати за запълване координатните регистри на системата са координатите на точките от държавните мрежи в “Координатна система 1950 г.- стара”, както и на създадените вече, в тази система, участъци от ГММП. Трансформационните процедури са реализирани чрез директен преход от гаусови координати в система 1950 г. в проекционните координати - система 1970 г. При този преход, реално необходимите параметри са 12. Работните формули са изведени с помощта на квартични полиноми от вида:

$$X_i^{70} = A_{00} + A_{10}\Delta X_i + A_{01}\Delta Y_i + A_{11}\Delta X\Delta Y + A_{20}\Delta X^2 + A_{02}\Delta Y^2 + A_{21}\Delta X^2\Delta Y + A_{12}\Delta X\Delta Y^2 + \\ + A_{30}\Delta X^3 + A_{03}\Delta Y^3 + A_{31}\Delta X^3\Delta Y + A_{22}\Delta X^2\Delta Y^2 + A_{13}\Delta X\Delta Y^3 + A_{40}\Delta X^4 + A_{04}\Delta Y^4$$

. Коефициентите (параметрите) имат различни стойности за всяка зона и все още не са разсекретени.

Координатната система 1970 г. има своите проблеми. Най-същественят от тях е този, че ГММП, която се създава в нея, се опира на изключително неточната Държавна мрежа, в състоянието и от преди 50-та година. Вече стана въпрос за абсурда на такава ситуация. Подобно нещо не е и не би могло да бъде вписано като изискване в разпореждането на Държавния комитет за отбрана, с което се регламентира въвеждането на координатната система 1970 г. Това е резултат от инерцията набрана до този момент и вместо, с въвеждането на системата да се отстрани този недостатък, той се представя вече като “неизбежното зло”, произлязло от въвеждането на система 1970 г. И за да бъде още по-голямо, то се покрива с шапката на свръх секретност, като по този начин става още по - трудно достъпно за евентуални изследвания и анализи. “Практицизмът” често е атакувал основни теоретични решения, касаещи развитието на българската геодезия, но не толкова често е успявал.

Това е един от редките случаи, в които е успял и вредите от подобно решение с течение на времето ракообразно се разпространяват в “гражданската” геодезическа практика - геодезическата мрежа и опиращата се на нея планова и картна продукция. И за да бъде абсурдът пълен, след 1990 г. в годините на демократични промени, се разсекретиха координатите на точките в тази система, но не и дефиниционните и параметри. По този повод привеждам тук цитат от гневно писмо на акад. Вл. Христов до Началника на Генералния щаб на БА от 60 - те години:”... секретни могат да бъдат координатите на точките, но не и методите по които те се получават.” В днешно време, от отговорните геодезически служби на страната отново идват неясни сигнали за изход от този толкова абсурден технологичен казус.

Проблемите, които произтичат от дефиниционните характеристики на системата, на наличието на 4 зони, с твърде неясно формирани застъпни ивици между тях и др. затрудняват геодезическата практика, но не водят до нейното огрешаване. Тази система в съвременни условия няма бъдеще, но в нея са обработени огромен брой геодезически материали. Редно е добре да се преценят нейните слабости, преди да се премине в друга. По такъв начин, ще се намерят плавните преходи, без катаклизми и отрицания и се стигне до проекционната повърхнина, в която следва да се обработват гражданските мрежи и едромасщабните геодезически работи.

### ГЕОДЕЗИЧЕСКА РЕФЕРЕНТНА СИСТЕМА 1942 г. (ГРС 42)

Това е Съветската геодезическа система, със следните изходни данни и параметри:

1. Геометрични параметри: Елипсоидът на Красовски с размери:

$a = 6378245$  m. - екваториален радиус;

$1/f = 298.3$  - геометрична сплеснатост;

2. Динамични параметри: Представят се чрез формулата за развитие на нормалната сила на тежестта, в зависимост от географската широчина  $\varphi$ :

$$\gamma_i = \gamma_e [1 + \beta \sin^2(\varphi_i) - \beta_1 \sin^2(2\varphi_i)], \text{ с коефициенти:} \quad (26)$$

$\gamma_e = 9.78030 \text{ ms}^{-2}$  - стойност на силата на тежестта на екватора по Хелмерт;

$$\beta = \frac{\gamma_e - \gamma_p}{\gamma_p} = 0.005302 \text{ - гравиметрична сплеснатост;}$$

$\gamma_p = \gamma_e(1 + \beta) \text{ ms}^{-2}$  - стойност на силата на тежестта на полюса;

$\beta_1 = 0.000007$  - коефициент по Жонголович;

3. Изходни геодезически данни: Геодезическите географски координати на основната точка в астрономо-геодезическата обсерватория ”Пулково”:

$$\varphi_0 = 59^{\circ} 46' 15''.359$$

$$\lambda_0 = 30^{\circ} 19' 28''.318 \quad (27)$$

$\alpha_0 = 120^{\circ} 06' 42''.305$  към специално стабилизиран сигнал.

По дефиниционните си параметри, системата не се различава принципно от БГРС 1950. Използва се един и същи елипсоид, с ориентация незначително различаваща се една от друга. Различието е преди всичко в начина на запълване на координатните регистри на системата. Докато въвеждането на БГРС 1950 г. се реализира като трансформационна задача и чрез нея се запълват координатните регистри на новата система, то въвеждането на ГРС 1942 г. се реализира като “изравнителна” задача. За целта са осъществени ъглови връзки, на северните първоредни точки от Българската мрежа с първоредната мрежа на Румъния и от там до няколко точки от юго-западната част на тогавашната първоредна съветска мрежа. Изравнението на мрежата е извършено в Москва, през 1954-1955 г. при участие на български специалисти от ВТС. В качеството на изходни данни са ползвани точките от съветската мрежа, изходните базисни страни на българската мрежа и новоопределените върху тях лапласови азимути. С така получените изравнени стойности на координатите, във ВТС на БА, през 1956 - 1957 г. е изравнена второредната мрежа като включена в първоредната. Поради ограничените възможности на тогавашните изчислителни средства,

второредната мрежа е разделена на четири групи с по около 60 - 70 точки всяка. По краищата на групите са реализирани и зони на застъпване. Няколко точки са изравнени като единични или двойка точки, поради липса на свързващи посоки. От 1958 до 1965 г. са извършени подобренията по мрежите трети и четвърти класове, което беше пояснено по-горе.

Изравнението на всички мрежи е извършено в триградусовите зони на гаусовите проекционни координати. При съставянето на сравнително големи групи от точки за съвместно изравнение, естествено е да са често случаите, когато групи се формират на границата на две зони, като част от точките попадат в едната, а друга част в другата зона. Изравнението в такива случаи е провеждано по метод, осигуряващ единно изравнение на групата, а изравнените координати се получават в съответните зони. За гаусовата проекция това се решава елементарно, като съставянето на уравненията на поправките за посоки, пресичащи границата между зоните, се съобразява с тази особеност. Ще покажем тук видът на тези уравнения [Йовев, 1965]. Нека посоката  $i - k$  пресича меридиана  $25^{\circ} 30'$ .

$$v_{ik}^{(24)} = -dz_i^{(24)} + a_{ik}^{(24)} dx_i^{(24)} + b_{ik}^{(24)} dy_i^{(24)} + a_{ki}^{(27)} dx_k^{(27)} + b_{ki}^{(27)} dy_k^{(27)} + l_{ik}^{(24)}, \quad (28)$$

където, за разлика от общия случай, за посочните коефициенти тук важи:

$$a_{ik}^{(24)} \neq -a_{ki}^{(27)} \quad \text{и} \quad b_{ik}^{(24)} \neq -b_{ki}^{(27)}$$

Ще добавим още, че в хода на изравненията в координатна система 1942 г. са проведени и успоредните изравнения в “Координатна система 1950 г. - нова”.

С прехода в “Геодезическата референтна система 1942 г.”, българската геодезия окончателно изоставя своята “Национална геодезическа референтна система” и минава в регионална такава. Изходната ни точка вече губи своето уникално значение. Всичко това е стъпка в посока на положително развитие. За съжаление, преходът в нея е реализиран доста прибързано. Първоредната мрежа, чрез която са изведени параметрите на преход в системата е прикачена доста механично към съветската мрежа. Много малко са подобренията в нея. Не е решена коректно редукиционната проблема. Гравиметричните измервания не са приведени в тази система и практически не са използвани за решаване на редукиционни задачи. Поради тези причини, в тази си част, системата не се отличава от предишната система 1950 г. освен с малко по-добрата си ориентация.

Същественото в тази система са координатните регистри, които са запълнени, чрез преизравнение на II-ри, III-ти и IV-ти класове държавни мрежи. Това става след мащабни подобрения на тези мрежи, в заключителния етап на които стои едно коректно изравнение. В резултат, по хомогенност на построенията и точностни характеристики на координатите, държавните геодезически мрежи достигат ниво, което и към днешно време съответствува на съвременните изисквания. И тъкмо с тези качества се свързват резултатите от въвеждането и същностните характеристики на “Геодезическата референтна система 1942 г.(ГРС 1942 г.)”

### **ПРОЕКЦИОННИТЕ КООРДИНАТИ НА ГРС 1942 г.**

Основните проекционни координати на ГРС 1942 г. са Гаусовите координати, със съответстващата на тях проекция. В нея се обработват и поддържат държавните геодезически мрежи от всички класове и се изработват военните топографски карти. Транслационните различия в гаусовите координати, между предхождащата система 1950 г. и система 1942 г. за територията на страната са между 1 и 5 m. За дребно мащабното картографиране това са пренебрежимо малки стойности. По тази причина, както и поради запазване параметрите на проекционните координати, такива каквито са били в предишната система, не се е наложило да се преработват изработените вече топографски карти в система 1950 г.

### **ГЕОДЕЗИЧЕСКА РЕФЕРЕНТНА СИСТЕМА 1942 г. - 1983 г. (ГРС 42 - 83)**

Решението за дефиниране и въвеждане на нова геодезическа референтна система се взема на поредната конференция на представителите на геодезическите служби на социалистическите страни, проведена в Букурещ през 1962 г. Това е по-скоро решение за усъвършенствуване на ГРС 1942 г., която към този период е въведена във всички, сътруднически си по тази тема, страни. Предвижда се новата система да се създаде на основата на геометричните и динамични параметри на система 42 г., но при една нова ориентация, която да се реализира на базата на новоизградена прецизна

геодезическа мрежа. По такъв начин, проблемите по въвеждането на новата система се свеждат до проблеми по проектиране, изграждане и ориентиране на единна, за всички участващи страни, астрономо-геодезическа мрежа. Паралелно и в интерес на тази огромна задача, се планира изграждането на единна нивелачна мрежа (ЕНМ) и единна стандартна гравиметрична мрежа (ЕСГМ).

### **Създаване на “Единна астрономо-геодезическа мрежа” (ЕАГМ)**

Предвижда се ЕАГМ да се базира на Астрономо-геодезическите мрежи на 7 Европейски страни:

1. Първоредната и второредна мрежа на България;
2. Първоредната мрежа на Унгария - фиктивни триъгълници, изведени по метода на Регьоци;
3. Първоредната и второредна мрежа на бившата ГДР (Източна Германия);
4. Първоредната и второредна мрежа на Полша;
5. Екстракт от първоредната мрежа на Румъния - фиктивни полигонови страни с дължина около 200 km., изведени от вериги първоредни триъгълници;
6. Европейската част от първоредната и второредна мрежи на бившия СССР, разположена на запад от линията Пулково - Николаев;
7. Първоредната и второредна мрежа на бившата Чехословакия (Чехия и Словакия);

Подготовката и провеждането на всички видове дейности, обхваща дълъг период от време, който приключва с общо изравнение на мрежата през 1983г. Създава се международна работна група и условия за равнопоставеност и отговорност на националните геодезически служби - всяка за мрежата върху собствената си територия, двустранна договореност за реализиране на връзките между националните мрежи и различните ангажименти по уточняване на стандарти, методи на работа и др.

Ще засегнем онези изисквания към изграждането на мрежата, които имат пряко отношение към проектираната за въвеждане нова ГРС:

Първо, мрежата да се изгради по начин, който да осигури хомогенност на геометричните елементи и на измерителните точностни характеристики, във всички нейни участъци.

Второ, да се проведе ново решение на редуционната проблема, с привличане на голям брой астрономични и гравиметрични данни, по метода на проектиране и теорията на Молоденски.

От второто изискване произтича необходимостта от съпътстващо решаване на няколко крупни задачи, които са изпълнени в хода на подготовката. Това са:

1. Изграждане на Единна нивелачна мрежа (ЕНМ), приключило през 1982 г. , чрез която мрежа, единната система на нормалните височини (Балтийска височинна система) се разпространява балансирано по цялата ЕАГМ;
2. Усъвършенстване на съществуващите и изграждане на нови гравиметрични мрежи с общи гравиметрични стандарти. Гравиметричните измервания да се приведат в съответствие с фундаменталните параметри на ГРС 42 и в Потсдамска система на тежестите, въз основа на световната стандартна гравиметрична мрежа 1971, утвърдена от XV генерална асамблея на МСГГ (Москва 1971 г.);
3. Привеждане на астрономическите определения към условното международно начало на полюса(система ОСJ) - полюс на Орлов, към еталонно време - нулевата точка на международното бюро за време от 1968 г. (система ВJН), и пълна преработка на измерванията с преход към каталога FK-4;
4. Извеждане модел на “източно европейски квазигеоид”, дефиниран в новата система с пределна точност на височините  $\pm 0.5$  m.

Към състава на ЕАГМ са привлечени също:

1. Международният космически базисен полигон “Пулково - София - Потсдам - Пулково”, предназначен за мащабиране на провеждащите се към 70 - те години фотографски наблюдения на ИСЗ
2. Проведените синхронни дължинни определения между основните точки на националните геодезически мрежи на сътрудничещите си страни.

Доколкото тук разглеждаме Българските геодезически мрежи, ще се спрем на, проведените върху тях подготвителни дейности. Те са съпроводени, както от съблюдаване на общите изисквания,



така и от необходимостта да се подобри вътрешната хомогенност и структура в процеса на обединение на Държавните геодезически мрежи I -ви и II - ри ред, в резултат на което се създава Българската астрономо-геодезическа мрежа (БАГМ). Поради планинския характер на релефа, от особена важност за нашата страна се явяват прецизното решаване на редуционната проблема, начините за извеждане компонентите на отклоненията на отвеса и височините на квазигеоида. Друга характерна особеност, произтича от обстоятелството, че Българската АГМ, попада доста изолирано в южната част на Единната мрежа. Единствената връзка с останалата част на тази мрежа се осъществява през фиктивните полигони, извлечени като екстракт от първоредната мрежа на Румъния, а тази връзка не е много надеждна. Отчитайки унифицираните общи изисквания за мрежите, както и специфичните особености, отбелязани по-горе, подобрителните мероприятия и като цяло подготовката на нашата мрежа съдържа два основни етапа:

1. Провеждане на комплексни и целеви статистически анализи, за установяване на:
  1. ъгловата точност на мрежите и извеждане съотношение на тежестите при едновременното изравнение на първоредната и второредната мрежа;
  2. точността на линейния мащаб и на неговото разпространение;
  3. точността на азимуталните определения и точност на “ъгловия мащаб” като цяло;
  4. точност и гъстота на астрономичните определения за ширина и дължина;
  5. точност и гъстота на гравиметричните мрежи и качества на гравиметричните снимки.
2. Провеждане на подобрителни мероприятия:
  1. Добавени са нови точки, с оглед подобряване на геометрическия строеж на АГМ;
  2. Проведени са високоточни светлодалекомерни измервания, върху повече от 70 страни, основно от второредната мрежа. При специално разработената технология на измерване на дълги разстояния и метод за отстраняване на атмосферното влияние, точността на тези измервания е получена 1:400000 и по - висока.;
  3. От изследванията на дължинния мащаб е установено свиване от порядъка на 1:100000, идващо от старите базисни измервания. [ Йовев И. 1972 г. ]. По тази причина, същите са бракувани, а в българската част на ЕАГМ, мащабът остава да се определя само от ново проведените високо точни светлодалекомерни измервания;
  4. Изцяло обновени и многократно увеличени са астрономическите определения. Измерени са 19 двустранни (Лапласови) азимута. В отличие от азимуталните определения в мрежите на другите страни, у нас те са извършени по директен способ - “Определяне на азимут от наблюдение на звезди във вертикала на земния предмет” [Костадинов, Ст. 1964 г.]. В резултат на това, получената точност на измерените азимути е  $\pm 0''.10 - \pm 0''.15$ , което е твърде висока точност и значително по-добра от точностите на азимуталните определения на другите мрежи. На повече от 40 точки от нашата мрежа е извършено прецизно определяне на широчина и дължина, с точности около  $\pm 0''.25$  за ширина и  $\pm 0''.35$  за дължина. На няколко десетки други точки са определени астрономичните координати с по-ниска точност, необходими за астрономо-гравиметричната нивелация и изчисление компонентите на отклоненията на отвеса. По-голямата част от астрономичните измервания са проведени върху второредни точки и страни. Пренасищането на мрежата с азимутални измервания се мотивира от обстоятелството, да се локализируют евентуалните неточности в ориентацията, идващи от румънската част на мрежата;
  5. През 1959 - 1960 г. е извършена “махална” гравиметрична връзка между основната точка в София и световната гравиметрична точка в Потсдам. По такъв начин, нашите гравиметрични мрежи и снимка са приведени в потсдамска система на тежестите и се обработват в нея до 1971 г. С приемането на “Световната стандартна гравиметрична мрежа” от XV генерална асамблея на МСГГ и съответната в нея корекция на потсдамската система, всички гравиметрични данни са коригирани и приведени в потсдамска система - нова.;
  6. За всяка точка от АГМ са изчислени отклоненията на отвеса и височините на квазигеоида в действащата в момента ГРС 1942 г. Въз основа на тях са “редуцирани” измерените астрономически и геодезически данни върху повърхнината на елипсоида. За целта е приложен метода на проектиране в съчетание с теорията на Молоденски за изчисление компонентите на

отклонение на отвеса по астрономо-гравиметричен метод и изчисляване височините на квазигеоида чрез астрономо-гравиметрична нивелация. [П. Х. Петров, 1972 г.]

По подобен начин, в съгласувана технологична схема, единни стандарти и съгласувани срокове, са подготвени мрежите и на останалите, сътрудничещи си страни. Материалите са изпратени за съвместна обработка в Москва, през 1979 г -1980 г.. Ще отбележим още, че по същото време, там са изпратени и материалите по подобренията и стандартизацията на националните гравиметрични и нивелачни мрежи и създадените между тях осъвременени връзки.

### Фундаментални параметри на ГРС 1942 - 1983.

Както вече беше казано, в началото новата система се планира да се създаде в дефиниционната рамка на геометричните и динамични параметри на старата ГРС 42г. При тази предпоставка, основните усилия на сътрудничеството в следващите години се насочват към създаване на ЕАГМ, като успоредно с нейното окончателно изравнение се изведат и новите изходни геодезически данни, на системата. По същото време и при условия на сериозен напредък в използване на изкуствени спътници на земята за геодезически цели, през 1967 г. в Цюрих, Международният съюз по геодезия и геофизика (МСГГ), приема нова ГС 1967 г. В новата система, вече с особена прецизност се поставят изисквания за пълно съответствие между нейните геометрични и динамични параметри. По такъв начин става възможно еднозначно геоидът да се апроксимира в елипсоид, а след това, полученият елипсоид да се превърне в екипотенциален.

Геодезическата система 1967 г. е дефинирана с един геометричен и два динамични параметъра:

1. Екваториален радиус на земята (голяма полуос на елипсоида)  $a = 6378\ 160\ m$ .
2. Произведението на гравитационната константа  $G$  и масата  $M$  на земята заедно с атмосферата (геоцентрична гравитационна константа)  $GM = 3986030 \cdot 10^8\ m^3\ s^{-2}$
3. Фактора  $J_2$  за динамичната фигура на земята  $J_2 = 10827 \cdot 10^{-7}$

През 1969 г. в Мадрид, акад. Христов, представя в съответната работна група предложение на "Българския национален комитет по геодезия и геофизика" за подобряване на система 1967 г. [Hristov, Vladimir K., 1970 г.]. В същност предложението е за ново дефиниране, а не за подобряване на системата. На първо място, доказва се, че приетите три параметъра, са недостатъчни за еднозначно дефиниране на геодезическата система. Необходими са още ъгловата скорост на земята и процентното влияние на масата на атмосферата по отношение масата на земята, при формиране на константата  $M$ . На второ място, в традициите на геодезията е, геодезическата система да се дефинира с два геометрични и два динамични параметъра, като се осигури еднозначност между тях. За целта са предложени следните четири параметъра:

1. Екваториален радиус на земята (голяма полуос на елипсоида)  $a = 6378160\ m$
2. Сплеснатост на елипсоида  $\alpha = 1 : 298.3$
3. Екваториална константа за силата на тежестта  $\gamma_e = 9.78030281\ ms^{-2}$
4. Константа на гравиметричната сплеснатост  $\beta = 0.005302967$

Екваториалният радиус е същият, както в ГС 1967г. Новото тук е присъствието на параметър, изразяващ геометричната сплеснатост на елипсоида, което в система 1967 г. се предвижда да е резултативен параметър, нещото, което Христов убедително доказва, че не може да се получи еднозначно. Стойностите на двата динамични параметъра  $\gamma_e$  и  $\beta$  са изведени от Христов, спазвайки теорията на Пицети - Сомилияна, при което в работните формули залага: Геометричната сплеснатост  $\alpha$  – от елипсоида на Красовски, стойности за константите  $GM$  и  $J_2$ , взети от зададените в система 1967 г. параметри, стойности за висшите хармоники  $J_4$  и  $J_6$ , взети от бюлетина на Международния астрономически съюз в резолюциите на конгреса му в Хамбург от 1964 г., ъгловата скорост на въртене на земята  $\varpi = 0.729211500 \cdot 10^{-4}\ rad \cdot s^{-1}$ , взета от същия каталог, но допълнително коригирана от Христов за процентното влияние на атмосферата. Предложената сплеснатост на елипсоида  $\alpha = 1 : 298.3$  като изходен параметър на системата се мотивира с обстоятелствата, че: Елипсоидът на Красовски е достатъчно представителен, по този параметър стои най-близко до изведения по спътникови данни общоземен геоцентричен елипсоид, разпространен е в много страни и по такъв начин преходът на тези страни в новата система би се облекчил значително.

На генералната асамблея на МСГГ, проведена в Москва през 1971 г. цюрихската ГС 1967, заедно със съществените подобрения в нея, предложени от Христов се приема по принцип. В следващите години, след още редица уточнения, окончателното издание на системата, под названието “Геодезическа референтна система 1980 - ГРС 80” (Geodetic Referenc System - GRS 80) се приема на XVII генерална асамблея на МСГГ в Канбера през 1979 г. Системата се дефинира с четири основни параметъра:

1. Екваториален радиус на земята (голяма полуос на елипсоида)  $a = 6378137 \text{ m}$
2. Произведението на гравитационната константа  $G$  и масата  $M$  на земята заедно с атмосферата (геоцентрична гравитационна константа)  $GM = 3986005 \cdot 10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$
3. Фактора  $J_2$  за динамичната фигура на земята  $J_2 = 108263 \cdot 10^{-8}$
4. Ъгловата скорост  $\omega$  на земята  $\omega = 0.729211500 \cdot 10^{-4} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$

Така утвърдените параметри на геодезическата система 1980 г., имат малко общо с приетата в Цюрих геодезическа система 1967 г. и стоят много близо до дефинираните от Христов и предложени от БНКГГ подобрения на цюрихската система. Разликата е само в това, че докато Христов съхранява класическата форма и осигурява еднозначност в изходните параметри на геодезическата система с два геометрични и два динамични параметъра, то GRS80 съдържа един геометричен и три динамични параметри. Това е само различие във формата на представяне на системата. Най-същественото от доказателствата на акад. Христов, че геодезическата система не може да бъде еднозначно дефинирана без наличието на четвърти параметър - константата  $\gamma_e$ , изразяващ ъгловата скорост на земята, е безусловно отчетено при дефинирането на ГРС 80. За нагледност, ще преобразуваме фундаменталните параметри на ГРС80 и ги представим тук в “традициите на геодезията” с два геометрични и два динамични параметъра:

1. Екваториален радиус на земята (голяма полуос на елипсоида)  $a = 6378137 \text{ m}$
2. Сплеснатост на елипсоида  $\alpha = 1:298.257$
3. Екваториална константа за силата на тежестта  $\gamma_e = 9.7803266 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
4. Константа на гравиметричната сплеснатост  $\beta = 0.00530248$

Това е едно от най-големите признания на Христов и заедно с него на Българския национален комитет по геодезия и геофизика и на българската висша геодезия като цяло. Припомняме го тук, тъй като, то се извършва в същия период и се мотивира по принцип от същите причини, поради които се изгражда ЕАГМ. В решението за нейното създаване, взето през 1962 г. на Букурещкото съвещание на ГССС, само по подразбиране се приема, че фундаменталните параметри на геодезическата системата на ЕАГМ ще бъдат параметрите на ГС 42 г., имайки се в предвид само геометричните параметри за елипсоида на Красовски. В ГС 42 г. съществуват известни несъответствия между геометричните и динамични параметри [Стойнов Вл. 1983 г]. Използваните по Хелмерт, значения на коефициентите във формулата за нормалната тежест, не са и не могат да се приведат в съответствие с екваториалния радиус и сплеснатостта на елипсоида на Красовски, като се следва прецизно теорията на Пицети - Сомилиана. До към 70-те години на миналия век, тези противоречия оставаха незабележими. С появата и развитието на спътниковата геодезия, на създаването на големи регионални и дори глобални мрежи, подобни противоречия не можеха да останат без последствия. В този контекст, на поредното работно съвещание по изравнение на ЕАГМ, проведено в Москва през 1974 г. от българска страна е предложено за геометрични и динамични параметри на системата на ЕАГМ да се приемат споменатите вече предложения на Българския национален комитет по геодезия и геофизика (БНКГГ), мотивирани от неговия председател. Акад. Христов се ползва с огромен авторитет сред учените на сътрудническите си по изграждане на ЕАГМ, страни. Това е особено силно изразено, след като на проведената в Москва, през 1971 г. XV генерална асамблея на МСГГ, предложенията на Христов за подобряване на Цюрихската система 1967 се обсъждат при огромен интерес на пленарни заседания. Трудно е да се оспори някоя от неговите обосновки. Въпреки това, предложението не е прието. Мотивите са, че огромната част от гравиметричните поправки, както и на останалата информация са обработени вече в с/ма 1942 г., свързана с елипсоида на Красовски, че са в напреднала фаза работите по създаване на Единната нивелачна мрежа и на стандартните гравиметрични мрежи, че такава промяна би върнала нещата в началото. От друга страна,

отбелязаните противоречия във фундаменталните параметри на ГС 42 са характерни за всички геодезически системи от класически тип и в най-малка степен засягат ГС 42. Трудно е да се прецени от позицията на изминалото от тогава време, обективността на подобен вид възражения. От друга страна, елипсоидът на Красовски е гордост за руската геодезия и един от символите на съветската държава и това не би могло да не даде отражение върху вземането на подобно решение. Във всеки случай през 1990 г., с настъпване на демократичните промени, в Русия е въведена нова геодезическа система - "Параметри земи 1990" (ПЗ - 90), опираща се изцяло на параметрите на GRS 80.

Ще си позволим тук, постфактум, да изтъкнем още едно очевидно предимство на предложената от Христов система. Ако ЕАГМ беше обработена и ориентирана в нея, преходът, който предстои на българската геодезия в EUREF (свързана с GRS80), би бил несравнимо по-лек. Така например, дефинирането на корекцията за преход от силата на тежестта по Христов, към същата величина, представена в GRS80 би изглеждала, съвършено просто:

$$\gamma_i^{XP} - \gamma_i^{80} = (\gamma_e^{XP} - \gamma_e^{80}) [1 + (\beta^{XP} - \beta^{80}) \sin^2 \varphi_i - (\beta_1^{XP} - \beta_1^{80}) \sin^2 2\varphi_i] \quad \text{и в числен вид:}$$

$$\gamma_i^{XP} - \gamma_i^{80} = -0,000023790(1 + 0,000000487 \sin^2 \varphi_i + 0,000000001 \sin^2 2\varphi_i) \text{ m.s}^{-2}.$$

Изчисляването на същата корекция, при прехода, от ГРС 42-83 към ГРС 80 не би могла да се дефинира с толкова гладка функция.

### **Исходни геодезически данни - ориентирани на ЕАГМ в ГРС 1942 - 1983.**

Извеждането на исходни геодезически данни (ориентирането на елипсоида) се планира и извършва по начин различен от прилаганите до този момент "класически" методи на ориентирани. Предпоставките за такова решение са следните:

- > Наличие на унифицирана измерителна информация за ЕАГМ, редуцирана върху елипсоида по метода на проектиране;
- > Изчислени, със задоволителна точност, компонентите на отклонението на отвеса и височините на квазигеоида във всяка точка от ЕАГМ;
- > Насищането на мрежата с голям брой високоточни Лапласови азимутални определения;
- > Наличието на голям брой точки с прецизни астрономични определения на дължина и ширина, както и на достатъчен брой точки с нискоточни определения на астрономическа ширина и дължина, необходими за астрономо-гравиметрична нивелация;
- > Насищането на мрежата с голям брой прецизни дължинни (линейни) измервания;
- > Наличието на национални гравиметрични мрежи и Единна стандартна гравиметрична мрежа, приведена в потсдамска система на тежестите - нова;
- > Наличието на Единна височинна система - нормални височини с единно начало;
- > Наличието на синхронни прецизни определения на дължинни разлики, между основните точки на сътрудническите си страни.

Въпреки спазването на единни стандарти, постъпилата през 1979 г. - 1980 г. в Москва, измерителна информация от геодезическите мрежи на сътрудническите си страни е по-скоро конгломерат, от колкото интегрирана информация от участъците на тези мрежи. Това се отнася, както за ЕАГМ, така и за гравиметричните и нивелачни данни. По тази причина, в реда на подготовка на изравнението, се провеждат редица тестови решения и корекции, с цел, превръщането на този конгломерат в единна мрежа. Основните противоречия се явяват от наличните стойности на координатите на точките от националните мрежи и очакваните окончателни значения на тези координати, които ще се получат при съвместното изравнение. По принцип, големината на тези разлики е значима и води до преизчисляване на компонентите на отклоненията на отвеса и височините на квазигеоида, както и на свързаните с тях редуки. Изключително важен резултат при тестовите изравнения е и получаването на критерии за въвеждане на тежести към уравненията на поправките, оптимално съответстващи на съотношението на точностите на измерителната информация. Едва след провеждането на този вид подготовка е пристъпено към окончателно изравнение.

Изравнението на ЕАГМ е извършено по МНМК - параметричен способ. За изравнителна повърхнина е избрана повърхнината на елипсоида. Решаването на системата нормални уравнения е

извършено по метода на спрегнатите градиенти. Програмата за изравнение е изработена съвместно от представители на Съветския Съюз, България и Изт. Германия (ГДР). Мрежата е изравнена като самостоятелна, с изходни координати - геодезическата ширина и дължина на основната точка (Пулково), със стойности идентични с тези от система 1942 г. Като непроменлива изходна величина е приета и дължинната разлика между астрономо-геодезическите обсерватории в Потсдам и Пулково. Всички останали данни - ъглови, линейни и азимутални са третираны като измерени величини, с тежести, изведени от съотношението на точностите между съответните измерени елементи.

При този начин на ориентиране, основната точка губи статута си на изходна и ориентираният по такъв начин елипсоид стои по - близко до геоцентричен елипсоид. Слабо място на изравнението е недостатъчната обусловеност на матрицата на нормалните уравнения, което методът на спрегнатите градиенти игнорира, но не решава. В резултат на изравнението на мрежата и като съпътстващ продукт на този процес, са изчислени коригираните стойности на отклоненията на отвеса във всяка точка. Изработена е също така, карта в М 1:1000000 с изолинии за превишенията на квазигеоида. Точността на картата е  $\pm 0.5 \text{ m}$ , но за територията на Румъния и на свързаната, чрез нея територия на България, точността на височините на квазигеоида е доста проблематична и във всеки случай е не по-добра от 1-2 m.

Системата е наречена "ГРС 1942-1983", подчертавайки по такъв начин, че тя носи фундаменталните параметри на ГС 42 и нова ориентация от 1983 г. когато приключва изравнението на ЕАГМ. Тук ще представим фундаменталните параметри и изходните геодезически данни на Геодезическата референтна система 1942-1983:

1. Геометрични параметри: Елипсоидът на Красовски с размери:

$a = 6378245 \text{ m}$  - екваториален радиус;

$1/f = 298.3$  - геометрична сплеснатост;

2. Динамични параметри: Представят се чрез формулата за развитие на нормалната сила на тежестта, в зависимост от географската широчина  $f$ :

$$\gamma_i = \gamma_e [1 + \beta \sin^2(\phi_i) - \beta_i \sin^2(2\phi_i)], \text{ с коефициенти:} \quad (29)$$

$\gamma_e = 9.78030 \text{ ms}^{-2}$  - стойност на силата на тежестта на екватора по Хелмерт;

$$\beta = \frac{\gamma_e - \gamma_p}{\gamma_p} = 0.005302 \text{ - гравиметрична сплеснатост;}$$

$\gamma_p = \gamma_e(1 + \beta) \text{ ms}^{-2}$  - стойност на силата на тежестта на полюса;

$\beta_1 = 0.000007$  - коефициент по Жонголович;

3. Изходни геодезически данни: Геодезическите географски координати на основната точка в астрономо-геодезическата обсерватория "Пулково":

$$\varphi_0 = 59^\circ 46' 15".359$$

$$\lambda_0 = 30^\circ 19' 28".318 \quad (30)$$

По качествата на ЕАГМ, по начина си на ориентиране и представителност на изходните си параметри, спокойно можем да определим тази система като "перлата" на класическите геодезически референтни системи. Но времето на класическите геодезически системи необратимо изтече. Тя предстои да бъде подменена, което не означава нейното отрицание, нито зачеркване на изключително богатия опит по нейното създаване. Тъкмо обратното, добрите качества на системата и главно, добрите качества на геодезическите мрежи обработени в нея, са предпоставка за създаване на качествена дефинитивна основа за трансформационен преход на Държавните геодезически мрежи на България в GRS 80 и свързаните с нея спътникови навигационни системи - WGS 84, EUREF и ПЗ 90.

### ПРОЕКЦИОННИТЕ КООРДИНАТИ НА ГРС 1942-1983

Проекционни координати на ГРС 1942 - 1983 остават по подразбиране гаусовите координати, със съответстващата на тях проекция. За територията на нашата страна, ВТС е привела в гаусовите

координати на тази система, точките от третокласните и четвъртокласни геодезически мрежи. Привеждането е извършено чрез преизравнение. Транслационните различия между предхождащата система 1942 г. и система 42-83 за страната са между -1.5 и + 4.5 m. .

## **БАЛТИЙСКА ВИСОЧИННА СИСТЕМА И НЕЙНОТО ВЪВЕЖДАНЕ В БЪЛГАРИЯ**

Балтийската височинна система е система на нормални височини, дефинирани в теорията на Молоденски и свързани с квазигеоида. Изходно начало - нулата на кронщадския пегел. Нейното въвеждане в България произтича от решенията на Софийската конференция от 1952 г. Реализира се, чрез свързване на първоредните нивелачни мрежи на България с Румъния и от там с бившия Съветски съюз. В годините 1953 - 1954 г са осъществени три връзки през р. Дунав, измерени независимо от двустранни екипи. Изравнението, заедно с подмяна на ортометричните с нормални поправки на превишенията е извършено от Московската изчислителна част. Разликите между балтийските и черноморските височини, в района на варненския пегел са около 24 cm., при големи стойности на черноморските коти. Поради неравности на нулевите повърхнини (геоид - квазигеоид) и различия във височинните системи (ортометрични - нормални), разликите в котите за територията на страната варират от 13-14 до 28-29 cm.

С развитие на установилото се сътрудничество в тази област, успоредно с въвеждането на балтийската височинна система, се извършва подобрене на нивелачните мрежи и се провеждат международни изследвания за вертикални движения на земната кора. След 1971 г. се планира създаването на ЕНМ на същите територии, на които се създава и ЕАГМ. Съществен момент, при нейното изграждане е нанасянето на гравиметрични поправки в измерените геометрични превишения, вече не само по данни от наличните гравиметрични снимки на страните, но и чрез провеждане на гравиметрични измервания успоредно с нивелачните такива. С реализирането на 4 прецизни връзки през р. Дунав, нашата първоредна нивелачна мрежа е прикачена към Румънската такава и чрез нея е включена в Единната нивелачна мрежа на бившите европейски социалистически страни. Поради, не добрата точност на румънската мрежа, нивелачните мрежи на България и Румъния са отделени от общото изравнение на ЕНМ. Тези две мрежи са изравнени съвместно, след общото изравнение и като “включени”. По тази причина в съвместното изравнение, от нашата първоредна нивелация са включени само полигоните, разположени на север от Стара планина. Изравнението на тази мрежа е финализирано през 1982 г.(ЕНМ 82)”. За нашия участък от мрежата, средната километрова грешка на измерените превишения е около  $\pm 0.5 \text{ mm/km}$ .

До 1960 г. гравиметричните данни са обработвани в локална система на тежестите, дефинирана от силата на тежестта в основната махална точка в София. След 1960 г. гравиметричните измервания са отнесени към потсдамската система на тежестите - стара. След 1971 г. гравиметричните мрежи са стандартизирани по препоръчаната от XV Генерална асамблея на МСГМ, и приведени в Потсдамска система - нова. Гравиметричните корекции са отнасяни допълнително и към ГС 42. На две точки от основната гравиметрична мрежа са извършвани абсолютни гравиметрични измервания. Създадени са национални еталонни гравиметрични полигони {НЕГП}, съгъстени с прецизни гравиметрични ходове {ПГХ}. Въз основа на тях е създадена така наречената “Еталонна гравиметрична мрежа на България”, с разстояния между точките около 50 km. Точността на измерване на ускорението на силата на тежестта за точките от еталонната мрежа е от 0.10 до 0.20 мгала. Надморските височини на точките са определени в “Балтийска височинна система”, с милиметрова точност.

Балтийската височинна (вертикална) система е модерна, съвременна система на физическите височини на точките от геодезическите мрежи. Реализирана е по начин, който осигурява точност на нормалните превишения между точките от прецизната нивелация около  $\pm 1.0 \text{ mm}$ ., точност на абсолютните ускорения на силата на тежестите в основните гравиметрични точки  $\pm 10^{-8} \text{ ms}^{-2}$  и на относителните ускорения на силата на тежестите в останалите гравиметрични точки  $\pm 10^{-7} \text{ ms}^{-2}$ . Изведените височини на геоида в ГРС 42-83 са с приблизителна точност  $\pm 1.50 \text{ m}$ .

## БЪЛГАРСКА ГЕОДЕЗИЧЕСКА СИСТЕМА 2000 (БГС 2000)

Много са въпросителните от геодезическа и юридическа гледна точка по тази система. “Определя” се от Министерския съвет на РБ с постановление № 154 от 04. VI. 2001 г. “Определянето” завършва с именуването на системата, като “Българска геодезическа система 2000” (БГС 2000). След това се дава нейното съдържание, което включва: дефинитивни параметри и характеристики на световната и европейски геодезически референтни и координатни системи - GRS80, EUREF, ETRF89, на европейските проекти на нивелачна и гравиметрична мрежи - UELN и UNIGRACE, Ламбертова проекция “за всички граждански приложения”, световната разграфка на картните листове, добавяйки в нея и картни листове за мащаб 1:2000. Добавени са още два постулата: “БГС 2000 се материализира с мрежа от геодезически точки” и “Кадастралната карта на страната се създава и поддържа въз основа на БГС2000”. За Държавните геодезически мрежи и другите основни видове геодезическа продукция не става въпрос.

Академичният тон изисква да кажем само, че на фона на разгледаните по-горе геодезически системи, така определената от МС, “Българска геодезическа система 2000” не се вписва нито в дефиниционните характеристики на висшата геодезия, за такъв вид материя, нито се вписва в опита и традициите на българската геодезическа практика. В този смисъл, като геодезическа система, тя не е част от настоящето, още по-малко от бъдещето на геодезическите мрежи на страната. Споменаваме я тук, защото е част от българското юридическо пространство [ПМС, 2001 г.] и е втората, за нашата страна, геодезическа система (първата е ГРС 1950 г.), която се въвежда с правителствен декрет. Регламентациите в постановлението свеждат необходимостта от БГС 2000 само до определяне на координатната основа, в която ще се “съставя и поддържа” кадастралната карта на страната. Такава цел, не би могла да бъде повод за дефиниране и въвеждане на нова геодезическа система. Очевидно амбициите на вносителите на постановлението са по-големи, а именно, да се създаде дефинитивната основа и правната среда за преход на цялото геодезическо производство на страната в Европейска геодезическа референтна система. Надяваме се това да е положителният сигнал, който идва от опита да се дефинира БГС2000 и в тази връзка ще изкажем някои виждания по такъв неотложно необходим за българската геодезия преход.

## ЕВРОПЕЙСКАТА ГЕОДЕЗИЧЕСКА РЕФЕРЕНТНА СИСТЕМА И ПРЕХОДЪТ НА БЪЛГАРСКИТЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИ МРЕЖИ В НЕЯ

Европейската геодезическа референтна система (EUREF) е геоцентрична навигационна геодезическа система, дефинирана от фундаменталните параметри на GRS 80 г и ориентирана чрез моментната европейска реализация (ETRFyу) на изходните геодезически данни на спътниковата навигационна система WGS 84.

Три са основните мотиви за създаване на нова геодезическа основа на страната, чрез която да се осъществи интегриране на българското геодезическо координатно пространство с европейското, а чрез него и със световното геодезическо координатно пространство:

**Първо:** Необходимост от създаване на подходяща координатна основа за ефективно приложение на GPS технологиите, които по точност на координатните определения и ефективност на използване, нямат алтернатива. Освен чисто геодезическото приложение, те са и в основата на всички съвременни системи за комуникация, на системите за въздушна, земна и морска навигация, на системите за насочване и целеуказване. Ефективната среда за приложение на GPS -технологиите е наличието на прецизни GPS- мрежи, изчислени в общо земна геодезическа референтна координатна система.

**Второ:** Подготовката на страната за присъединяване към НАТО, е свързано с възприемане на стандартите на тази организация, които в областта на геодезията, се свеждат до: въвеждане на световната геодезическата система - WGS 84 респ. нейната европейска реализация - ETRF 89 и гаусови (UTM) координати със съответстващата на тях картна проекция за изработване на топографските и навигационни карти.

**Трето:** Подготовката на страната за присъединяване в ЕС, изисква, унификация на системите за земна, въздушна и морска навигации, както и на системите за комуникация, което е

възможно само при интегриране на българското геодезическо координатно пространство, с геодезическото координатно пространство на Европа.

Българската геодезическа наука и практика, вървят към решаването на тези проблеми, значително по-бавно, от колкото това налагат националните интереси на страната.

Наличието на висококачествени геодезически мрежи, опитът ни по преходи от национални в регионални геодезически референтни системи, участието на страната в разработване и внедряване на космическите технологии за приложение в областта на геодезическите координатни определения, са изключително благоприятната основа за реализирането на бърз, теоретично добре обоснован и компетентно организиран преход в геодезическата референтна координатна система на Европа. Този преход започна доста амбициозно още в началото на 90-те години на миналото столетие. С проведените през 1992 и 1993 г. GPS – кампании, 15 точки на територията на нашата страна са координатно определени в Европейската референтна система (ETRF 89). От 1997 г. на една от тези точки работи перманентна станция, като елемент на мрежата от перманентни станции в EUREF. Реализирано е и продължава участието на българската страна в редица международни проекти, по-съществени, от които са европейските проекти за унификация на височинните мрежи (EUVN) и за унификация на гравиметричните мрежи (UNIGRACE). Практически с осъществените през 1992 и 1993 г. определения, са създадени началните условия за създаване на нова геодезическа основа на страната и с това, за по-нататъшното развитие, обновяване и преход на българските геодезически мрежи в нея. По различни причини, този процес се развива много бавно и от “изпреварваща” в това отношение страна, вече се оказваме тревожно изостанали. Причините за закъснението могат да се обобщят в две групи:

**1. Проблемите на прехода** изискват решаването на сложни задачи от областта на висшата геодезия, активно международно сътрудничество в рамките на комисиите и работните групи на Международния съюз по геодезия и геофизика, скъпо струваща апаратура и софтуер за провеждане на полевите измервания и обработки. Всичко това, смущава национално отговорните институции, за бързи и адекватни решения. За това спомагат и предлагането на някои недотам обмислени решения, от които, като резултат се получава още по-голямо забавяне и като цяло, оскъпяване на процеса.

**2. Липсата на национална програма**, технически и юридически осигурена, за осъществяването на този сложен преход по прекрояване на българското геодезическо координатно пространство е по-сериозната причина, която задържа развитието на процеса. Нещо повече, загърбвайки целият досегашен опит на българската геодезическа наука и практика по дефиниране и преходи в нови геодезически референтни системи, се стигна до споменатото по-горе ПМС, което очевидно е с претенцията на подобна програма, но тя не се е получила.

При натрупаното вече сериозно закъснение и при наличието на качествени и добре поддържани държавни геодезически мрежи, прекрояването на геодезическата основа на страната в европейската референтна геодезическа система, следва да се извърши в два етапа:

**Първи етап:** В краткосрочен план, да се трансформират съществуващите геодезически мрежи в новата система, с оглед решаване на неотложните(днешните) потребности на геодезическото и на свързаните с него, производства в страната и създаване на по-ефективни условия за използване на GPS – геодезически и навигационни технологии

**Втори етап:** Създаване на такава геодезическа основа на страната, която да обезпечи най-висока технико-икономическа ефективност за използване на GPS – технологиите, както от специализираните геодезически служби и институции, така и от всички ведомства и организации в страната, чиято дейност е свързана с геодезическите координатни определения.

В основата на предлагания двуетапен преход се съдържа разбирането, че Държавните геодезически мрежи, ще продължават да имат значението на основни носители и разпространители на системата.

Първият етап включва решаването на задачите по трансформационния преход само на “хоризонталните” мрежи. За този етап важи модел  $N = 0$ . Във втория етап, точките от държавните мрежи ще се приведат в новата система и интегрират в GPS - пространството (модел  $N \neq 0$ ). Това е сложна геодезическа задача и решаването и е свързано с напредъка по интегрирането на геодезическата референтна система с височинната (вертикалната) система. Разбира се, високоточните



GPS - координатни определения са на порядък по-точни от координатните определения в първоредните класически мрежи. В този смисъл, под трансформиране на класическите мрежи или тяхното интегриране в GPS - пространството, се разбира, че това ще стане на нивото на точностите на класическите мрежи. Възможността за по-точни координатни определения с GPS - технология, предполага създаването на държавна 0-ти клас GPS - мрежа и нейното съгъстяване след това до някакъв оптимален предел. Основното изискване към създаването на GPS-мрежата 0-ти клас е по-голямата част от точките да съвпадат с центровете на точките от АГМ, част от тях да са разположени върху или в близост до векови нивелачни репери и основни гравиметрични точки. В много страни такива мрежи се наричат “Контролни геодезически мрежи - КГМ”, което доста добре изразява тяхното предназначение. В първия етап, по КГМ ще се изведат трансформационните параметри за преход на Държавните геодезически мрежи. При вторият етап, тя постепенно ще се превръща в интегрирана мрежа, която ще поддържа връзките с Европейската мрежа в модели  $H=0$  и  $H \neq 0$ . и ще бъде изходната основа за прецизни GPS - определения.

При решаването на проблемите по прехода не трябва нито да се подценяват нито да се преекспонират възможностите на GPS - технологиите за постигане на високи точности. Трябва реално да се отчитат обстоятелствата, че трансформирането на държавните геодезически мрежи със запазване на реалната си точност, ще създаде благоприятна среда за използване на GPS - технологиите и заедно с това, ще задоволи по точност над 95 % от геодезическото и от свързаните с него производства. В това число, са и изискванията на кадастралната карта. Високоточни GPS - определения трябва да се прилагат само в КГМ и твърде пестеливо и целенасочено при нейното съгъстяване. Самоцелната подмяна на класическите мрежи с GPS- мрежи е скъпо струващо и неефективно на този етап мероприятие. Такава подмяна, следва да се постави като далечна задача, която да се реализира постепенно в хода на тяхното поддържане и обновяване, за един доста продължителен срок. В този продължителен срок ще се решават и проблемите по преизчисляване на съществуващите гравиметрични данни в новата геодезическа система, на динамичните корекции на нивелачните превишения, ще се провежда усилена изследователска дейност по извеждане височините на квазигеоида. Като цяло, това е посоката към решаването на проблемите по интегриране на геодезическата референтна система със системата на физическите височини.

“Националната програма” за преход в европейската геодезическа референтна система не е петилетен или повече летен план. Не е добра идеята този план, или геодезическа система да се определят или въвеждат с правителствен декрет. От малкия зигзагообразен опит, който вече трупаме се вижда, че въведеното с ПМС, “Определяне на БГС2000”, не само, че поставя в конфузно положение българската геодезия, но забавя и по същество компрометира прехода в европейската геодезическа референтна система. В традициите и специфичните условия на българската геодезия е с правителствен декрет да се регламентират ангажиментите на национално отговорните институции по изпълнение на задачите, произтичащи от подобна програма. Такъв документ е ПМС №105 от 1962 г., което е в сила и сега. Съгласно това постановление, създаването, поддържането и развитието на държавните – хоризонтални геодезически мрежи се възлага на Военно-топографската служба, а държавните нивелачни мрежи, държавните гравиметрични мрежи и геодезическите мрежи със стопанско предназначение се възлагат за създаване, поддържане и развитие на Гражданската геодезическа служба. Отделено е подобаващо място за задълженията и отговорностите на БАН – Централна лаборатория по висша геодезия. С проведените след 1990 г. мащабни реформи, както във военната, така и в гражданската геодезически служби на страната, възникнаха сериозни трудности по изпълнение на тези ангажименти, но нито една от тези служби не е дала индикации за абдикиране от тях. Няма основания, и не е в интерес на националната геодезия тези ангажименти да бъдат пренаредени по друг начин, каквито опити са налице. Главното за сега е да се създадат условия за прозрачност и граждански контрол по изпълнението на тези ангажименти. Необходимо е да се преодолеят щампите на “секретност” на геодезическите данни, и всички важни решения по държавните геодезически мрежи на страната, да се вземат след обществена научна дискусия. Мястото за разработване и дискутиране на такива решения и програми са неправителствени организации. В това отношение, би било добре да се активира дейността на Българския национален комитет по геодезия и геофизика. В неговите приоритети, като орган на МСГГ е организирането на дискусии и изработването на препоръки за прекрояване на българското геодезическо пространство в

съответствие с резолюциите на МСГГ. Това е практика, установена у нас още от началото на създаване на държавните геодезически мрежи и с малки изключения се поддържа до въвеждането на ГРС 1942-83. В последните 13 - 15 години, тази практика е прекратена и забравена, което не е добър знак за развитието на българската геодезия.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Качествата на геодезическите мрежи зависят изключително много от геодезическите референтни, координатни и височинни системи, в които се обработват. От направения тук анализ се вижда, че българската геодезическа наука и практика могат определено да се гордеят с постигнатото в това направление. Допускани са и слабости. Това са моментите, в които “практицизмът”, облечен във властова некомпетентност е вземал превес над научния подход. Те не са толкова много и с повече или по-малко усилия в течение на времето са отстранявани. Няма разумно обяснение само обстоятелството, че слабостите допуснати по създаването на геодезическите мрежи с местно предназначение и до сега не са отстранени. Що се отнася до Държавните геодезически мрежи на България, определено може да се каже, че са създадени, поддържани и обновявани в съответствие с нивото на най-съвременни методи, технологии и инструменти. Научно обосновани и добре подготвени са преходите в различни референтни, координатни и височинни системи. Като цяло, това богато наследство е източник на енергия и основа за вземане на правилните решения за бъдещето на държавните геодезически мрежи.

## ЛИТЕРАТУРА

- Христов, Вл. К. Как е ориентирана Българската триангулационна мрежа, Годишник на ДГИ 1931 г
- Hristov, Vl. K. Änderung der geographischen Koordinaten infolge Umorientierung eines geodätischen Netzes und Übergang zum anderen Referenzellipsoid, Zeitschrift für Vermessungswesen, 1942, Heft 5, S. 139 - 140.
- Христов, Вл. К. Преминаване в България от елипсоида на Хейфорд (система 1930 г.) към елипсоида на Красовски (система 1950 г.)”, сл.изд. на МНО - ГИ 1952 г.
- Hristov, Vladimir K., PROPOSAL BY THE BULGARIAN NATIONAL COMMITTEE ON GEODESY AND GEOPHYSICS FOR A SPECIFICATION OF THE GEODETIC REFERENCE SYSTEM 1967, БАН, Известия на ЦЛВГ, 1970 г. книга XI стр. 5 - 23
- Йовев И, Упътване за преизравнението на държавните триангулационни мрежи в координатна система 1950 година, изд. Военнотопографска служба, Троян, 1966 г.
- Йовев, И. Мащабът на триангулационните мрежи на Република България, БАН, Висша геодезия, 1997 г. кн. 15, стр. 72 – 79.
- Петров, П. Х. Ръководство за изчисление компонентите на отклонението на отвеса и височините на квазигеоида, ВТС 1972 г.
- Костадинов, Ст. Определяне на азимут от наблюдение на звезди във вертикала на земния предмет, ВТС, Технически бюлетин 1964 г. кн. 7, стр. 7 - 41
- Стойнов Вл. Геодезически системи, ВТС, Технически бюлетин, 1983 г. Кн. 1
- ПМС на РБ Определяне на Българска геодезическа система 2000 (БГС 2000). ПМС 140 / 04. 06. 2001 г. ДВ 54 / 15. 06. 20001 г.

## **STATE GEODETIC NETWORKS OF BULGARIA AND CLOSELY ASSOCIATED WITH THEM REFERENCE, COORDINATE AND HEIGHT SYSTEMS**

*I. Jovev*

*(Summary)*

This paper discusses the problems of the National geodetic networks and the closely associated with them systems. A prediction for their future is also proposed. The characteristics of the geometry and measurements of these networks are well known from the literature. We put the accent on the main characteristics of the geodetic systems - a choice of the fundamental parameters and an identification of the initial geodetic data. The analysis follows the historical consequence of the establishment and modernization of the networks as well as the initial realization of the systems, the motives and methods of transition to the next systems.

It is emphasized on the good qualities of the National geodetic triangulation, levelling and gravity networks of Bulgaria. These qualities are justified not only by the precision of carried out measurements, but also by the definitive mathematical environment, which the geodetic horizontal and vertical systems are computed in. This paper represents the main problems in the definition and the steps in the realization of a unified geodetic coordinate system of Bulgaria since the end of the XVIII century until now. The recognition of this rich heritage is a source of energy and a base of the right decisions, regarding the future of the National geodetic networks. It is connected with the development of the GPS technologies and the inevitable transition to the global geodetic systems – GRS80, WGS 84 and EUREF.