

ACCURACY OF RATING CURVES OF RESERVOIRS DEFINED BY USE OF EXISTING TOPOGRAPHIC BASE

Assoc. Prof. Dr. Eng. Todor Kostadinov, Senior Assist. Prof. Eng. Rumiana Aneva
University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Department of Applied Geodesy
todork_fgs@abv.bg, raneva@gmail.com

ABSTRACT

Problems concerning the accuracy of rating curves of reservoirs defined by use of existing topographic maps are discussed in the report. Formulas are derived for estimation the accuracy of the reservoir volume as a function of river inflow into the damlake . The technology of defining rating curves based on a digital terrain model by use of existing topographic maps is analyzed. Based on the Gauss law of error propagation formulas are derived to assess an accuracy of the area and capacity curves. Conclusions and recommendations are made.

ТОЧНОСТ НА КЛЮЧОВИ КРИВИ НА ВОДОХРАНИЛИЩА, ИЗВЕДЕНИ ОТ СЪЩЕСТВУВАЩА ТОПОГРАФСКА ОСНОВА

доц. д-р инж. Тодор Костадинов, ас. инж. Румяна Анева
Университет по Архитектура, Строителство и Геодезия, Катедра Приложна геодезия
todork_fgs@abv.bg, raneva@gmail.com

РЕЗЮМЕ

В статията са разгледани въпроси касаещи точността на ключовите криви на водохранилища, изведени от съществуваща топографска основа. Предложени са формули за определяне на необходимата точност на завирените обеми, като функция на речения приток във водохранилището. Разгледана е технологията за извеждане на ключови криви чрез създаване на цифров модел на язовирната чаша от съществуваща топографска основа. Въз основа на закона на Гаус за предаване на грешките са изведени формули за оценка на точността на залятите площи и завирените обеми. Направени са изводи и препоръки.

Въведение

Ключовите криви (крива на завирените обеми и кривата на залятите площи) са основни топографски характеристики на водохранилищата. Най-общо, те изразяват зависимостта на завирените обеми, респективно залятите площи от водния стоеж и се представят в графичен, табличен или аналитичен вид. Ключовите криви се дефинират чрез множество дискретни стойности на завирените обеми V_i и залятите площи F_i , изчислени за текущи стойности на водното ниво H_i ($i=1,n$). Изчисленията се извършват въз основа на тримерен модел на релефа на язовирната чаша, който се пресича с хоризонтални равнини с височина H_i , започвайки от най-ниската кота на язовирното дъно, до предварително зададена най-висока кота H_{max} , с интервал на нарастване ΔH , най-често равен на 1 см. Водният обем, заключен между повърхнината на дънния релеф и пресичащата хоризонтална равнина е завиреният обем, а площта на сечението е т.н. залята площ.

Цифровият модел на релефа на язовирната чаша се получава чрез обработка на съществуваща топографска основа или специално проведени за тази цел геодезически и хидрографски измервания. В етапа на проектиране на водохранилищата се извеждат т.н. проектни ключови криви. У нас, поне до сега, това е правено въз основа на съществуваща за съответната територия топографска основа, най-често едромасщабни топографски карти (ЕТК). Обновяването на ключовите криви се прави след 40-50 години експлоатация на язовирите и се извършва въз основа на преки геодезически и хидрографски измервания. За пръв път у нас, по този начин, това е направено през 1994 г., когато са обновени ключовите криви на язовир “Искър” [3]. В последствие, с прякото участие на авторите, с използване на тази технология са изведени новите ключови криви на яз. “Студен кладенец”, яз. “Ясна поляна” и яз. “Асеновец”.

Въпросът за точността на ключовите криви е от важно значение, както при тяхното използване, така и при възлагане на геодезическите измервания за тяхното обновяване. До колкото ни е известно, този въпрос не е разглеждан в специализираната

геодезическа литература и не е регламентиран в действащата у нас специализирана нормативна уредба.

Въпросът за точността според нас би следвало да се разглежда в няколко аспекта: първо – оценка на необходимата точност на завирените обеми и залятите площи, в съответствие с изискванията при експлоатацията на язовирите и проектирането на хидротехническите съоръжения; второ - оценка на точността на използваните при експлоатацията на болшинството големи язовири у нас ключови криви (изведени от съществуващи топографски карти), и трето – оценка на необходимата точност на геодезическите и хидрографски измервания, извършвани при обновяване на ключовите криви.

В настоящата статия се разглеждат първите два аспекта на този проблем. Предполагаме, че резултатите от такива изследвания биха могли да бъдат използвани като обосновка за приемане на конкретни изисквания за точност в съответната нормативна уредба.

1. Необходима точност при извеждане на ключовите криви

Едно от най-важните приложения на ключовите криви е определянето на текущите стойности на завирените обеми при съставяне на т.нар. воден баланс на язовирите, представен в най-общ вид чрез уравнение (1.1), наречено балансово уравнение [2]:

$$\sum_{t_1}^{t_2} \Delta V - \sum_{t_1}^{t_2} P + \sum_{t_1}^{t_2} R = 0, \quad (1.1)$$

където: $\sum_{t_1}^{t_2} \Delta V = V_{t_2} - V_{t_1}$ е завиреният обем за времевия интервал t_1, t_2 , а V_{t_1} и V_{t_2}

са съответно завирените обеми за моменти t_1 и t_2 , определени от ключовите криви.

$\sum_{t_1}^{t_2} P$ - воден приход за интервала t_1, t_2 ; $\sum_{t_1}^{t_2} R$ - воден разход за интервала t_1, t_2 .

Вследствие на грешки при определянето на ΔV , P и R , уравнение (1.1) не се удовлетворява и може да бъде записано във вида:

$$\sum_{t_1}^{t_2} \Delta V - \sum_{t_1}^{t_2} P + \sum_{t_1}^{t_2} R = f, \quad (1.2)$$

където f е така наречената несвързка на балансовото уравнение.

За опростяване на следващите разсъждения, формула (1.2) може да се запише във вида:

$$\Delta V - P + R = f, \quad (1.3)$$

Компонентите ΔV , P и R запазват значенията си от (1.1).

Допустимите стойности на f са регламентирани в [5] за различни интервали на дискретизация: денонощен, месечен и годишен и са съответно 10%, 5% и 2,5% от оценката за речния приток във водохранилището.

От гледна точка на теория на грешките, несвързката f в балансовото уравнение може да се разглежда като допустима средна квадратна грешка m_f^{don} и може да бъде използвана като изходен параметър за оценка на точността на компонентите в уравнението на водния баланс.

Ако за уравнение (1.3) се приложи закона на Гаус за независими случайни величини се получава:

$$\left(m_f^{\text{don}}\right)^2 = \left(m_{\Delta V}^{\text{don}}\right)^2 + \left(m_P^{\text{don}}\right)^2 + \left(m_R^{\text{don}}\right)^2, \quad (1.4)$$

където: $m_{\Delta V}^{\text{don}}$ - допустима средна квадратна грешка в определяне на обема ΔV ;

m_P^{don} - допустима средна квадратна грешка в определяне на прихода;

m_R^{don} - допустима средна квадратна грешка в определяне на разхода.

Съгласно [2] елементите, участващи в балансовото уравнение (1.3) трябва да се определят с приблизително еднаква точност], т.е:

$$m_{\Delta V}^{\text{don}} = m_P^{\text{don}} = m_R^{\text{don}} = m_0^{\text{don}}. \quad (1.5)$$

След заместване на m_0^{don} в уравнение (1.4) то придобива вида:

$$\left(m_f^{\text{don}}\right)^2 = 3\left(m_0^{\text{don}}\right)^2, \quad (1.6)$$

от което следва, че:

$$m_0^{\text{don}} = \frac{m_f^{\text{don}}}{\sqrt{3}} \quad (1.7)$$

От (1.5) и (1.7) може да бъде изведена допустимата средна квадратна грешка за определяне на завирения обем ΔV :

$$m_{\Delta V}^{\text{don}} = \frac{m_f^{\text{don}}}{\sqrt{3}} \quad (1.8)$$

Въз основа на у-ние (1.8) и допуските за несвързките в балансното уравнение, за определяне на допустимата средна квадратна грешка на обема ΔV се получават следните изрази:

$$\begin{aligned} m_{\Delta V}^{\text{don}} &= \frac{0,1P}{\sqrt{3}} = 5.8\% P \text{ - при денонощен интервал на дискретизация;} \\ m_{\Delta V}^{\text{don}} &= \frac{0,05P}{\sqrt{3}} = 2.9\% P \text{ - при месечен интервал на дискретизация;} \\ m_{\Delta V}^{\text{don}} &= \frac{0,025P}{\sqrt{3}} = 1.4\% P \text{ - при годишен интервал на дискретизация.} \end{aligned} \quad (1.9)$$

За целите на настоящата оценка е необходимо определянето на допустимата грешка на завирения обем V за даден момент $t - m_V^{\text{don}}$. Тъй като $\Delta V = V_{t_2} - V_{t_1}$, то за $m_{\Delta V}^{\text{don}}$ може да се запише:

$$\left(m_{\Delta V}^{\text{don}}\right)^2 = \left(m_{V_{t_1}}^{\text{don}}\right)^2 + \left(m_{V_{t_2}}^{\text{don}}\right)^2 \quad (1.10)$$

Ако се приеме, че завирените обеми в моменти t_1 и t_2 са определени с една и съща точност, т.е. $m_{V_{t_1}}^{\text{don}} = m_{V_{t_2}}^{\text{don}} = m_V^{\text{don}}$, то за m_V^{don} се получава:

$$m_V^{\text{don}} = \frac{m_{\Delta V}^{\text{don}}}{\sqrt{2}} \quad (1.11)$$

След заместване на стойностите от формула (1.9) във формула (1.11) се получават допустимите грешки при определяне на завирения обем V за даден момент t , съответстващ на определен воден стоеж H :

$$m_V^{\text{don}} = \frac{0.058P}{\sqrt{2}} = 4.1\% P \text{ - при денонощен интервал на дискретизация}$$

$$m_v^{\text{don}} = \frac{0.029P}{\sqrt{2}} = 2.1\% P \text{ - при месечен интервал на дискретизация} \quad (1.12)$$

$$m_v^{\text{don}} = \frac{0.014P}{\sqrt{2}} = 1.0\% P \text{ - при годишен интервал на дискретизация.}$$

С помощта на формула 1.12 (за годишен интервал на дискретизация), въз основа на статистически данни за речния приток, може да се направи предварителна оценка на необходимата точност на определяне на кривата на завирените обеми, както при проектиране на водохранилища, така и при обновяване на ключовите им криви. Например при средностатистически годишен приток в язовир Искър за периода 1950-1975г – 438 400 000 м³ следва, че допустимата грешка на определяне на завирените обеми е 4 384 000 м³, което съставлява 0,65% от обема за кота най-високо работно водно ниво /675 000 000 м³/.

2. Извеждане на ключови криви от съществуваща топографска основа.

При извеждане на ключови криви от съществуваща топографска основа – едромасщабни топографски карти /ЕТК/, в частност офсетови отпечатъци на хартия или съставителски оригинали от аналогово картиране, се извършват следните дейности:

- сканиране и геореферирание на картните листове;
- векторизиране на основните хоризонтали;
- формиране на 3D модел на релефа на язовирната чаша;
- изчисляване на площите F_{H_j} , затворени от хоризонталите по формулата [1]:

$$F_{H_j} = \frac{1}{2} \left[\sum_{i=1}^n Y_i (X_{i-1} - X_{i+1}) \right], \quad (2.1)$$

където: H_j - височината на j -тия хоризонтал;

X, Y – координатите на точките от съответния хоризонтал;

n – брой точки, дефиниращи хоризонтала.

Множеството от изчислените площи F_{H_j} , $/j=1,m/$ от най-ниския хоризонтал, с кота H_1 до най-високия, с кота H_m , представляват залятите площи на

водохранилището. За определяне на залятите площи при интервал по-малък от височината на сечението се използва линейна интерполация.

- изчисляване на завирените обеми V_{H_j} , $/j=1,m/$ заключени между равнината на хоризонтала с височина H_j и дънния релеф, като се започне от най-ниския хоризонтал, с кота H_1 и се стигне до най-високия, с кота H_m . Обемите V_{H_j} , означени за удобство с V_j се изчисляват по формулата:

$$V_j = \sum_{k=1}^{m-1} \Delta V_k \quad (2.2)$$

където: ΔV_k са междинните обеми, заключени между съседните двойки хоризонтали;

m – броят на хоризонталите;

k – брой обеми.

За опростяване на задачата се приема, че релефът на дъното, затворен от най-ниския хоризонтал е равнина. Обемите ΔV_k се изчисляват по следната формула:

$$\Delta V_k = \frac{F_{H_j} + F_{H_{j-1}}}{2} h, \quad (2.3)$$

където h е основното сечение на релефа;

F_{H_j} и $F_{H_{j-1}}$ - залятите площи за хоризонтали с височини H_j и H_{j-1} .

3. Точност на ключовите криви, изведени въз основа на съществуващи топографски карти

3.1. Точност на кривата на залятите площи

Оценката на точността на залятите площи, изчислени по формула (2.1) може да се направи по известната формула [1]:

$$m_{F_{H_j}} = \frac{m_p}{2\sqrt{2}} \sqrt{\sum_{i=1}^n D_{i-1,i+1}^2}, \quad (3.1)$$

където: $m_{F_{H_j}}$ - средна квадратна грешка в залятата площ за хоризонтал с кота H_j ;

m_p - средната квадратна грешка в положението на точка от хоризонтала;

D – хоризонтално разстояние между точките;

n – брой на точките, дефиниращи хоризонтала.

3.1.1. Определяне на точността в положението на точките от хоризонталите
 m_p

Точността в положението на точките от хоризонталите може да се изрази с уравнението:

$$(m_p)^2 = (m_{\text{ЕТК}})_P^2 + (m_{\text{скан}})_P^2 + (m_{\text{геореф}})_P^2 + (m_{\text{вектор}})_P^2, \quad (3.2)$$

където: $(m_{\text{ЕТК}})_P^2$ - средна квадратна грешка в положението на хоризонталите от ЕТК;

$(m_{\text{скан}})_P^2$ - средна квадратна грешка от сканиране;

$(m_{\text{геореф}})_P^2$ - средна квадратна грешка от георефриране;

$(m_{\text{вектор}})_P^2$ - средна квадратна грешка от векторизиране.

• **Точност в положението на хоризонталите от ЕТК** $(m_{\text{ЕТК}})_P$

При извеждането на ключовите криви на язовирите в България са използвани както офсетови отпечатъци на ЕТК, така и картировъчни оригинали върху недеформируема основа. Точността в положението на хоризонталите върху офсетовите отпечатъци зависи от точността на самото картиране на релефа $(m_{\text{ЕТК}}^{\text{карт}})_P$ и грешките от картографската обработка, включително отпечатването на картните листове $(m_{\text{ЕТК}}^{\text{омн}})_P$:

$$(m_{\text{ЕТК}})_P^2 = (m_{\text{ЕТК}}^{\text{карт}})_P^2 + (m_{\text{ЕТК}}^{\text{омн}})_P^2 \quad (3.3)$$

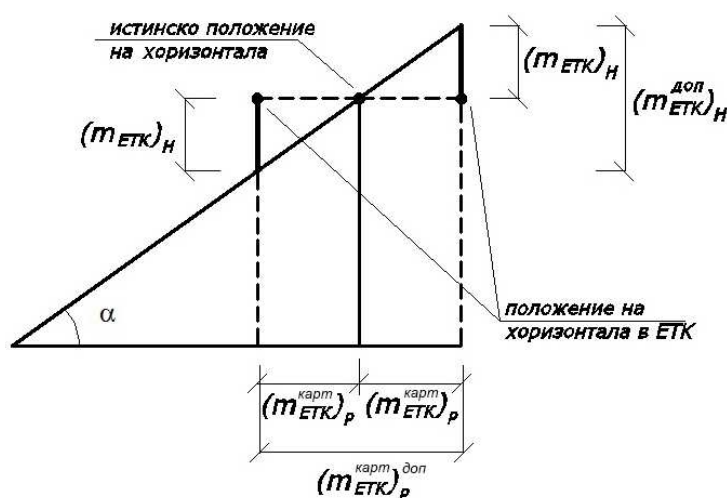
При използване на картировъчни оригинали грешките от картографската обработка отпадат.

Точността на изобразяване на релефа при аналоговото картиране се обуславя от точността на ориентиране на стереомодела и точността на кацане с мерната марка върху терена. Ср. кв. грешка на изобразяване на релефа $(m_{\text{ЕТК}})_H$ се определя чрез контролни измервания в определен брой точки от картографираната територия. В [4]

са дадени формули за изчисляване на допустими разлики между височините на контролните точки, измерени непосредствено на местността и същите отчетени от картата (картировъчните оригинали) от следния вид:

$$\Delta H^{\text{доп}} = \pm k(a + b \operatorname{tg} \alpha), \quad (3.4)$$

където: k , a и b са коефициенти зависещи от мащаба, наклона на терена и характера на територията /залесена или незалесена/; α - ъгълът на наклона.



Фиг. 1

Ако $\Delta H^{\text{доп}}$ от (3.4) да се приеме за допустима средна квадратна грешка $(m_{\text{ЕТК}}^{\text{доп}})_H$ на изобразяване на релефа върху ЕТК, въз основа на фиг. 1 за $(m_{\text{ЕТК}}^{\text{карт}})_P$ може да се запише:

$$(m_{\text{ЕТК}}^{\text{карт}})_P = (m_{\text{ЕТК}})_H \operatorname{ctg} \alpha \quad (3.5)$$

Когато се работи с картировъчни оригинали, $(m_{\text{ЕТК}})_P = (m_{\text{ЕТК}}^{\text{карт}})_P$. При използване на офсетови отпечатъци, както е отбелязано по-горе, трябва да се вземе предвид и средната квадратна грешка от картографската обработка и отпечатването на картата $(m_{\text{ЕТК}}^{\text{отп}})_P$. Въз основа на резултатите от изследвания, например [7], може да се определи нейната допустима стойност - $(0,54M)mm$, където M е мащабното число на картата.

Тогава въз основа на формула (3.3) и (3.5) за средната квадратна грешка в положението на хоризонталите върху отпечатък от ЕТК следва:

$$\left(m_{ЕТК}\right)_P^2 = \left[\left(m_{ЕТК}\right)_H \operatorname{ct} g\alpha\right]^2 + \left(m_{ЕТК}^{omn}\right)_P^2 \quad (3.6)$$

- **Точност на сканиране** $\left(m_{скан}\right)_P$

За сканиране на топографски карти се използват съвременни прецизни широкоформатни скенери, чиято допустима грешка е от порядъка на $0,1\% \pm 1 \text{ pixel}$ [9].

При сканиране на ЕТК (50/50см) с най-често използваната разделителна способност 300dpi се получава $m_{скан}^{don} = (0.5M)mm$, където М е мащабното число на картата.

- **Точност на геореферирание** $\left(m_{георев}\right)_P$

В [6] са регламентирани допустими грешки за положението на точките при създаване на кадастрална карта чрез дигитализиране, а именно: „средните квадратни грешки при трансформация не трябва да надвишава $(0.3M)mm$, а максималната поправка два пъти тази стойност, където М е мащабното число на картата”. Същата стойност може да се приеме за допустима средна квадратна грешка при геореферирание на ЕТК.

- **Точност на векторизиране на хоризонталите** $\left(m_{вектор}\right)_P$

Векторизирането може да се извърши ръчно или автоматично, като и в двата случая векторната линия не трябва да се излиза извън растерното изображение на хоризонтала. Това зависи от точността на позициониране на курсора върху хоризонтала, както и от разстоянието между съседните възли (стъпката на векторизиране). Според [8] дебелината на изчертаване на основните хоризонтали върху ЕТК е 0,16мм. Тази стойност може да бъде приета за допустимата грешка на векторизиране, т.е. $m_{вектор}^{don} = (0.16M)mm$, където М е мащабното число на картата.

С помощта на горните формули са изчислени стойностите ΔH^{don} , $\left(m_{ЕТК}\right)_P^{don}$ и допустимата грешка в положението на хоризонталите m_P^{don} за ЦМ на релефа, създаден

6th Bulgarian-Austrian Seminar
Practice and Research in Flood Risk Management
Sofia, 7 November 2013

от картировъчни оригинали или офсетови отпечатаъци на ЕТК. Изчисленията са направени за мащаби 1:2000, 1:5000 и 1:10000, за залесени и незалесени райони и наклони в интервала от 4% до 21% /Таблица №1/. Тези резултати могат да се използват за предварителна оценка на точността на кривите на завирените обеми и заляните площи.

Машаб	Преобладаващ наклон, %	Основно сечение, [m]	Незалесени райони				Залесени райони					
			$\Delta H^{\text{дон}}$, [m]	Картографски оригинали		Офсетови отпечатъци		$\Delta H^{\text{дон}}$, [m]	Картографски оригинали		Офсетови отпечатъци	
				$(m_{\text{ЕТК}}^{\text{дон}})_P$, [m]	$m_P^{\text{дон}}$, [m]	$(m_{\text{ЕТК}}^{\text{дон}})_P$, [m]	$m_P^{\text{дон}}$, [m]		$(m_{\text{ЕТК}}^{\text{дон}})_P$, [m]	$m_P^{\text{дон}}$, [m]	$(m_{\text{ЕТК}}^{\text{дон}})_P$, [m]	$m_P^{\text{дон}}$, [m]
1:10000	до 4% вкл.	1	1,2	29.0	29.6	29.5	30.1	-	-	-	-	-
	от 5% до 9% вкл.	2	1,2÷1,4	24.0÷15. 1	24.8+16. 3	24.6÷16. 0	25.3+17. 1	2,0	22.7	23.5	23.3	24.1
	от 10% до 20% вкл.	5	1,4÷1,8	14.0÷ 9	15.3+10. 9	15.0÷ 10.5	16.2+12. 1	2,8÷3,6	28.0÷18. 0	28.66+19. 0	28.5÷18. 8	29.1+19.8
	над 21%	10	1,8	8.8	10.7	10.3	12.0	5,5	26.3	27.0	26.8	27.5
1:5000	до 9% вкл.	1	1,1	12,4	12,8	12.7	13.0	1,7	18,7	18,9	18.9	19.1
	от 10% до 20% вкл.	2	1,1÷1,5	11,5÷7,5	11,9+8,1	11.8÷ 8.0	12.2+8.5	2,3÷3,0	23.0÷15. 0	23,2+15,3	23.2+15. 2	23.4+15.5
	над 21%	5	1,5	7,3	7,9	7.8	8.4	4,6	22.0	22,2	22.1	22.3
1:2000	до 9% вкл.	1	0,7	7.6	7.6	7.6	7.7	1,0	11.3	11.4	11.4	11.5
	от 10% до 20% вкл.	2	0,7÷0,9	7.0÷4.5	7.1+4.7	7.1÷4.6	7.2+4.8	1,4÷1,8	14.0÷9.0	14.1+9.1	14.0÷9.1	14.1+9.2
	над 21%	2	0,9	4.4	4.5	4.5	4.7	2,8	13.1	13.2	13.2	13.3

3.2. Точност на кривата на завирените обеми

Оценката на точността на завирените обеми може да се извърши въз основа на закона на Гаус за предаване на грешките, приложен върху формула (2.2), а именно:

$$m_{V_j}^2 = \sum_{k=1}^{m-1} m_{\Delta V_k}^2, \quad (3.7)$$

където: m_{V_j} - средната квадратна грешка на завирения обем;

$m_{\Delta V_k}$ - средните квадратни грешки в междинните обеми, изчислени по формула (3.8).

В горната формула не се отчита коефициента на корелация между двойките съседни междинни обеми. Те се изчисляват по формула (2.3), която за удобство се преобразува във вида:

$$\Delta V_k = F_{cp} h, \quad (3.8)$$

където $\frac{F_{H_j} + F_{H_{j-1}}}{2} = F_{cp}$ - средна площ между два съседни хоризонтала.

След прилагане на закона на Гаус за функцията (3.8) се получава:

$$m_{\Delta V_k}^2 = h^2 m_{F_{cp}}^2, \quad (3.9)$$

където: $m_{F_{cp}}$ - средна квадратна грешка на средната площ от два съседни хоризонтала.

По аналогия за $m_{F_{cp}}$ се получава:

$$\left(m_{F_{cp}}\right)^2 = \frac{1}{4} \left(m_{F_{H_j}}^2 + m_{F_{H_{j-1}}}^2\right) \quad (3.10)$$

Стойностите $m_{F_{H_j}}$ и $m_{F_{H_{j-1}}}$ от уравнение (3.10) се изчисляват по формула (3.1).

4. Изводи и препоръки

Изведените в т. 3.1 и 3.2 формули за оценка на точността на залятите площи и завирени обеми могат да се послужат за оценка на възможностите за използване на топографски карти при съставяне на ключови криви на водохранилища, както и за

оценка на точността на съществуващи ключови криви, изведени въз основа на ЕТК по описаната в т.2 технология.

При използването на горните формули трябва да се има предвид, че оценката на точността ще е принципно коректна, ако грешките при изобразяване на релефа и грешките при обработката на ЕТК са само случайни.

Оценката на точността на завирените обеми е приблизителна, тъй като не е взета предвид корелационната зависимост между елементарните обеми V_k във формула (3.7). В този смисъл оценката на точността на залятите площи е коректна.

В общия случай изчислените средни квадратни грешки на завирените обеми и залятите площи се получават въз основа на допустимите грешки за изобразяване на релефа върху ЕТК и допустимите грешки за обработка на картата /сканиране, геореферирание, векторизиране/. В този смисъл те трябва да се разглеждат като максимални (допустими) грешки.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- [1] Бакалов П; Р. Янева и др., Ръководство за упражнения по геодезия, ИЦ на УИК при УАСГ, София, 2002
- [2] Георгиев Л., Експлоатация на водносиловите системи, София, 1970
- [3] Здравчев Ив., Господинов Сл., Костадинов Т., Бибишков, Д., Св. Бакъшева, Извеждане на ключовите криви на яз. Искър по нова технология, С, Геодезия, картография и земеустройство, бр.1, 1996
- [4] Инструкция за изработване на едромашабни топографски карти в мащаби 1:10000, 1:5000 и 1:2000 и за обновяване на едромашабната топографска карта в мащаби 1:10000, 1:5000 и 1:2000, ГУГКК, София, 1985
- [5] Наредба №4/13 за условията и реда на техническата експлоатация на язовирните стени и съоръжения към тях, МРРБ, БСА, бр.3/2004
- [6] Наредба 14/23.07.2001г за съдържанието, създаването и подържането на кадастралната карта и кадастралните регистри, МРРБ, 2001
- [7] Пенев П., Върху методите за определяне на площи за нуждите на кадастъра, автореферат на дисертация, София, 1989
- [8] Условни знаци за едромашабни топографски карти – мащаби 1:10000, 1:5000 и 1:2000, МТРС, Управление «Кадастър и геодезия», 1993
- [9] http://www.atlascom.bg/colortrac-smartlf-sc42e_1726