

GIẢI PHÁP ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ ĐỊNH VỊ VỆ TINH ĐỂ CHUYỂN ĐỘ CAO QUA SÔNG TRONG XÂY DỰNG CẦU

NGUYỄN QUANG THẮNG
 Trường Đại học Mỏ-Địa chất
 Email: mdathang@gmail.com

1. Đặt vấn đề

Trong xây dựng công trình cầu (cầu vượt sông, cầu vượt chướng ngại vật trong khai thác mỏ, cầu băng tải vận chuyển khoáng sản qua sông,...), chuyển độ cao qua sông hoặc vượt chướng ngại vật (gọi tắt là chuyển độ cao qua sông) là một nhiệm vụ quan trọng của công tác trắc địa công trình. Theo [2] sai số trung phương xác định chênh cao giữa hai điểm khống chế trên hai bờ sông theo hướng trực cầu không vượt quá ± 10 mm.

Các phương pháp trực tiếp để chuyển độ cao qua sông bao gồm [2]: phương pháp thủy chuẩn hình học (với đồ hình đo kép), phương pháp thủy chuẩn lượng giác và phương pháp thủy chuẩn thủy tĩnh. Các phương pháp này phức tạp trong khâu tổ chức, đòi hỏi nhiều công sức của những người thực hiện, nhưng không phải bao giờ cũng đạt được kết quả mong muốn. Với điều kiện công nghệ hiện nay, có thể kết hợp công nghệ định vị vệ tinh (GNSS) với thủy chuẩn hình học để giải quyết gián tiếp nhiệm vụ chuyển độ cao qua sông. Khi đó vấn đề mấu chốt là xác định được dị thường độ cao tại điểm chỉ xác định độ cao trắc địa bằng công nghệ GNSS, từ đó tính được độ cao thủy chuẩn của điểm này.

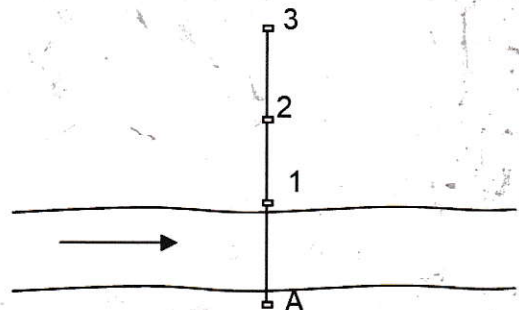
Trong [1] đã trình bày phương pháp số bình phương nhỏ nhất để xác định dị thường độ cao của một điểm dựa vào dị thường độ cao tại các mắt lưới một số ô vuông chứa điểm đó theo mô hình trọng trường trái đất EGM-2008. Tuy nhiên sự dị biệt thể trọng trường thực tế tại vị trí xây dựng cầu là điều không thể biết trước, do vậy mức độ chắc chắn của giải pháp này vẫn là vấn đề chúng ta phải cân nhắc. Theo chúng tôi, có thể căn cứ vào giá trị dị thường độ cao thực tế xác định được bằng thủy chuẩn hình học chính xác trên một phía sông và các trị đo GNSS để nội suy dị thường độ cao điểm bên kia sông.

2. Giải pháp nội suy dị thường độ cao dựa vào kết quả đo GNSS và thủy chuẩn hình học để giải quyết nhiệm vụ chuyển độ cao qua sông

2.1. Giải pháp nội suy dị thường độ cao dựa vào kết quả đo GNSS và thủy chuẩn hình học trên tuyến đo theo hướng trực cầu

Trong phạm vi nhỏ của công trình cầu (giả thiết chiều rộng của sông $L \leq 1$ km), có thể coi phần bề mặt geoid cục bộ và mặt ellipsoid quy chiếu là những phần mặt phẳng, góc lệch giữa hai phần mặt phẳng này không giống nhau theo những hướng khác nhau. Khi đó đơn giản và hiệu quả nhất là nên bố trí tuyến đo thủy chuẩn giữa các điểm theo hướng trực cầu trên một phía sông và các cạnh đo GNSS giữa những điểm này và điểm cần xác định độ cao thủy chuẩn nằm trên trực cầu ở bờ sông đối diện để xác định các dị thường độ cao thực tế, từ đó nội suy dị thường độ cao điểm xét. Ký hiệu điểm cần xác định dị thường độ cao là A; 1 và 2 là hai điểm được bố trí trên bờ sông đối diện nằm trên hướng trực cầu đi qua A (hình H.1).

Tiến hành đo chênh cao hình học giữa 1 và 2; dùng công nghệ GNSS theo chế độ đo tĩnh để xác định số gia tọa độ và chênh cao trắc địa giữa 1 và 2, giữa 1 và A, giữa 2 và A (để kiểm tra). Thực hiện việc đo nối GNSS để xác định tọa độ và độ cao trắc địa điểm 1, từ đó tính được tọa độ và độ cao trắc địa các điểm 2 và A; đo thủy chuẩn để xác định độ cao thủy chuẩn điểm 1 (đây là nhiệm vụ bắt buộc), từ đó tính độ cao thủy chuẩn điểm 2. Nhiệm vụ là phải xác định được độ cao thủy chuẩn của điểm A.



H.1. Sơ đồ bố trí tuyến đo chuyển độ cao qua sông

Ký hiệu: H_i, h_i, ζ_i - độ cao trắc địa, độ cao thủy chuẩn và dị thường độ cao của điểm i . Ở đây:

$$\zeta_i = H_i - h_i \quad (1)$$

Từ những giả thiết trên, áp dụng giải pháp nội suy tuyến tính ta có công thức sau:

$$\frac{\Delta\zeta_{A1}}{\Delta\zeta_{12}} = \frac{D_{A1}}{D_{12}} \quad (2)$$

Trong đó: $\Delta\zeta_{A1} = \zeta_1 - \zeta_A, \Delta\zeta_{12} = \zeta_2 - \zeta_1$, với ζ_1, ζ_2 được xác định từ các trị đo thủy chuẩn hình học và GNSS trên tuyến 1-2; D_{A1}, D_{12} - Khoảng cách ngang từ điểm A đến điểm 1, từ điểm 1 đến điểm 2 được tính theo tọa độ phẳng x, y nhận được từ các trị đo GNSS.

Từ đó:

$$\Delta\zeta_{A1} = \Delta\zeta_{12} \cdot \frac{D_{A1}}{D_{12}} \quad (3)$$

$$\zeta_A = \zeta_1 - \Delta\zeta_{A1} \quad (4)$$

Áp dụng công thức (1) tính được độ cao thủy chuẩn của điểm A như sau:

$$h_A = H_A - \zeta_A \quad (5)$$

Để kiểm tra, trên hướng tuyến A-2, có thể bố trí thêm điểm 3 nằm ngoài điểm 2. Tiến hành đo thêm các trị đo GNSS và thủy chuẩn hình học chính xác đến điểm 3. Lưu ý các trị đo tạo thành vòng khép kín để kiểm tra. Khi đó nội suy thêm dị thường độ cao của điểm A từ điểm 1 và điểm 3 theo cách đã nêu với các công thức từ (1) đến (5).

2.2. Giải pháp nội suy dị thường độ cao dựa vào dị thường độ cao xác định bằng công nghệ GNSS và thủy chuẩn hình học tại ba điểm trên một bờ sông theo hướng trục cầu

Trong trường hợp trên một bờ sông theo hướng trục cầu bố trí 3 điểm (1, 2 và 3), sau khi tiến hành đo thủy chuẩn hình học giữa 3 điểm này, đồng thời đo các base line bằng công nghệ GNSS trong lưới gồm 4 điểm (1, 2, 3 và A), dị thường độ cao tại điểm A được tính dựa vào công thức sau [1], [3]:

$$\zeta_i = a_0 + a_1x_i + a_2y_i \quad (6)$$

Tại đây: x_i, y_i - Tọa độ phẳng của điểm i trong hệ tọa độ cục bộ, sử dụng phép chiếu UTM và kinh tuyến trục phù hợp; a_0, a_1, a_2 - Các tham số cần xác định.

Công thức (6) viết dưới dạng ma trận:

$$\zeta = (A \cdot a) \quad (7)$$

với:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \end{bmatrix}; a = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}; \zeta = \begin{bmatrix} \zeta_1 \\ \zeta_2 \\ \zeta_3 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Từ đó tính được:

$$a = A^{-1} \cdot \zeta \quad (9)$$

Dị thường độ cao tại điểm A được tính dựa vào công thức (6):

$$\zeta_A = (a_0 + a_1x_A + a_2y_A) \quad (10)$$

Độ cao thủy chuẩn của điểm A được tính theo công thức (5).

Như vậy, trong trường hợp trên bờ sông đối diện theo hướng trục cầu bố trí ba điểm 1, 2, 3 và tiến hành đo như đã nêu, giá trị dị thường độ cao tại điểm A được tính 3 lần: nội suy theo hướng tuyến 1-2, tuyến 1-3 và nội suy theo tam giác 1-2-3. Các giá trị này dùng để kiểm tra lẫn nhau và nâng cao độ chính xác kết quả nhận được.

3. Độ chính xác dị thường độ cao nội suy theo kết quả đo GNSS và thủy chuẩn hình học trong chuyên độ cao qua sông

Thay các giá trị trong các công thức từ (1) đến (3) vào công thức (4), ta có:

$$H_A - h_A = (H_1 - h_1) - (H_2 - h_2 - H_1 + h_1) \cdot \frac{D_{A1}}{D_{12}} \quad (11)$$

Sau khi biến đổi nhận được:

$$\Delta h_{A1} = \Delta H_{A1} - (\Delta H_{12} - \Delta h_{12}) \cdot (D_{A1} / D_{A2}) \quad (12)$$

Tại đây: $\Delta H_{ij} = H_j - H_i; \Delta h_{ij} = h_j - h_i$.

Với lưu ý rằng đối với đa số máy thu GNSS, độ chính xác chiều dài cạnh xác định được cao gấp 2 lần độ chính xác chênh cao, do vậy khi chuyển công thức (12) sang sai số trung phương có thể bỏ qua sai số chiều dài cạnh. Từ đó:

$$m_{\Delta h_{A1}}^2 = m_{\Delta H_{A1}}^2 + (m_{\Delta H_{12}}^2 + m_{\Delta h_{12}}^2) \cdot \left(\frac{D_{A1}}{D_{12}}\right)^2 \quad (13)$$

Các máy Trimble R10, Trimble R9s, Trimble R8s có độ chính xác xác định chênh cao trắc địa trong đo tĩnh là $\pm(3.5 \text{ mm} + 0.4 \text{ ppm})$; độ chính xác xác định chênh cao trắc địa trong đo tĩnh của máy Trimble R2 là $\pm(5 \text{ mm} + 0.5 \text{ ppm})$.

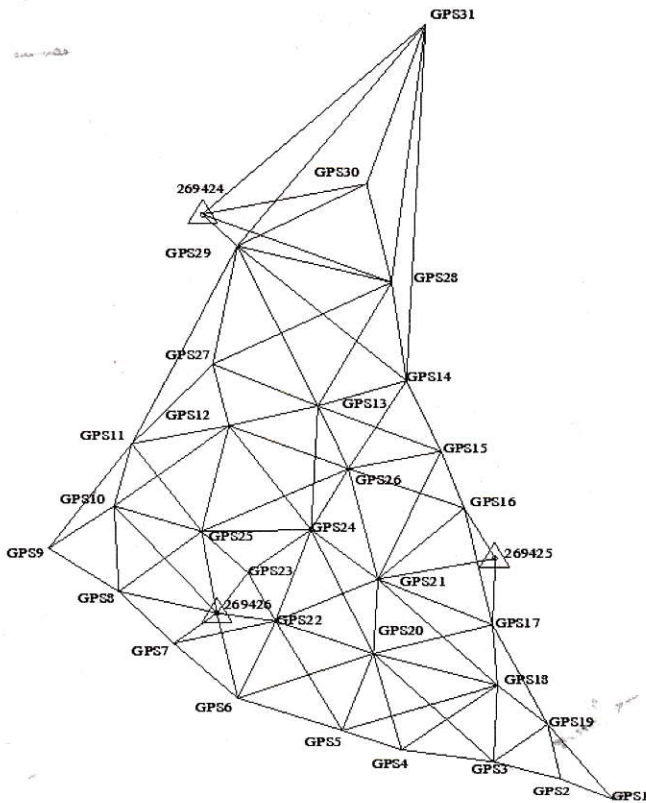
Nếu chọn cấp thủy chuẩn hình học giữa các điểm trên tuyến đo là hạng III (sai số trung phương: $\pm 5 \text{ mm/km}$), sai số trung phương xác định chênh cao trắc địa trong đo GNSS tĩnh là $\pm(5 \text{ mm} + 0.5 \text{ ppm})$, khoảng cách $D_{A1} = 1 \text{ km}$, ta có Bảng giá trị tính $m_{\Delta h_{A1}}$ theo tỷ số khoảng cách D_{A1}/D_{12} như sau (Bảng 1).

Bảng 1. Sai số trung phương chênh cao thủy chuẩn giữa điểm 1 và điểm A

D_{A1}/D_{12}	2,0	1,5	1,2	1,0	0,8	0,5
$m_{\Delta h_{A1}}$ (mm)	13,2	11,0	9,3	8,7	7,3	5,9

Từ Bảng 1 có thể rút ra các nhận xét:

➤ Với độ chính xác đo đạc như đã chọn, tỷ số $D_{A1}/D_{12} = 1,2$, tức là khi $D_{A1} = 1 \text{ km}$ thì $D_{12} = 0,83 \text{ km}$, độ chính xác chênh cao giữa điểm 1 và điểm A đảm bảo yêu cầu chuyên độ cao qua sông ($m_{\Delta h_{A1}} < \pm 10 \text{ mm}$).



4. Thực nghiệm

Trong tính toán thực nghiệm, sử dụng kết quả đo đạc và bình sai lưới thủy chuẩn hình học kết hợp với lưới GPS trên khu vực xây dựng Nhà máy Thép Vũng Áng, thuộc huyện Kỳ Anh, tỉnh Hà Tĩnh. Lưới thủy chuẩn hình học được đo theo tiêu chuẩn lưới hạng III nhà nước; lưới GPS tương đương hạng IV được đo bằng máy Trimble R3 theo chế độ đo tĩnh với độ chính xác xác định chênh cao trắc địa là $\pm(10\text{ mm}+1\text{ ppm})$.

Trên hình H.2, lưới có 3 điểm khống chế 269424, 269425, 269426 tương đương điểm hạng III nhà nước; 19 điểm sau đây đồng thời có tọa độ trắc địa, tọa độ phẳng, độ cao trắc địa và độ cao thủy chuẩn: 269424, 269425, 269426, GPS1, GPS2, GPS10, GPS11, GPS12, GPS13, GPS14, GPS15, GPS16, GPS17, GPS18, GPS19, GPS20, GPS21, GPS22 và GPS23. Quá trình tính toán được thực hiện theo trình tự sau:

➤ Tính toán nội suy dị thường độ cao theo tuyến gồm hai điểm nội suy 1 và 2 kế tiếp nhau (gọi là tuyến ngắn) theo các công thức từ (1) đến (4). Ký hiệu các điểm trong Bảng lấy từ các công thức này. Kết quả tính toán được thể hiện ở Bảng 2.

➤ Tính toán nội suy dị thường độ cao theo tuyến gồm hai điểm nội suy 1 và 3 bỏ qua điểm 2 (gọi là tuyến dài) theo các công thức từ (1) đến (4). Kết quả tính toán được thể hiện trên Bảng 3.

➤ Tính toán nội suy dị thường độ cao theo tam giác dọc tuyến gồm ba điểm dùng để nội suy 1, 2 và 3 (gọi là nội suy theo tam giác) theo các công thức từ (6) đến (9). Kết quả tính toán được thể hiện trên Bảng 4.

H.2. Sơ đồ lưới GPS - thủy chuẩn thực nghiệm

➤ Khi tỷ số D_{A1}/D_{12} giảm đi, tức là khi khoảng cách D_{A1} cố định thì khoảng cách D_{12} tăng lên, sai số trung phương chênh cao $m_{\Delta h_{A1}}$ giữa điểm 1 và điểm A sẽ giảm đi. Tuy nhiên nếu khoảng cách D_{12} lớn thì chi phí đo đạc sẽ lớn. Do vậy hợp lý nhất nên chọn tỷ số $D_{A1}/D_{12}=1,2\div 0,8$, tức là khi $D_{A1}=1\text{ km}$ thì $D_{12}=0,8\div 1,2\text{ km}$.

Bảng 2. Kết quả tính toán nội suy dị thường độ cao theo tuyến ngắn (đơn vị m)

Điểm A	Điểm 1	Điểm 2	D_{A1}	D_{12}	$\zeta_2 - \zeta_1$	$\Delta\zeta_{A1}$	ζ^1_A	ζ_A	$\delta\zeta$ (m)
GPS17	269425	GPS16	1051.727	909.620	-0,0111	-0,0129	-2,1764	-2,1763	0,0001
GPS22	GPS20	GPS18	1453.136	1797.437	-0,0126	-0,0102	-2,1128	-2,1039	0,0089
269426	GPS22	GPS20	823.236	1453.136	-0,0191	-0,0108	-2,0931	-2,1015	-0,0084
269425	GPS16	GPS15	909.620	965.724	-0,0090	-0,0085	-2,1919	-2,1893	0,0026
GPS18	GPS19	GPS1	885.653	1527.158	0,0034	0,0020	-2,1444	-2,1355	0,0088
GPS19	GPS18	GPS20	937.032	1797.437	0,0126	0,0065	-2,1421	-2,1424	-0,0003
GPS11	GPS12	GPS13	1384.833	1273.719	-0,0261	-0,0283	-2,1377	-2,1354	0,0023
GPS12	GPS13	GPS14	1273.719	1299.247	-0,0260	-0,0255	-2,1666	-2,1660	0,0005
GPS14	GPS15	GPS16	1229.923	965.724	0,0090	0,0115	-2,2209	-2,2181	0,0028

Trong các Bảng 2, 3 và 4: ζ^1_A, ζ_A - dị thường độ cao tính theo công thức (4) và dị thường độ cao đã biết của điểm A; độ lệch $\delta\zeta=(\zeta^1_A-\zeta_A)$. Từ kết quả tính ở các Bảng 2, 3 và 4 lập được Bảng thống kê kết quả cuối cùng (Bảng 5).

Từ kết quả tính toán thực nghiệm có thể rút ra một số nhận xét sau đây:

➤ Kết quả tính dị thường độ cao tại điểm A theo ba phương án về cơ bản phù hợp với nhau, sự khác biệt là không lớn và cũng không thể hiện rõ tính quy luật. Nguyên nhân là do độ chính xác dị thường độ cao xác định được không những phụ thuộc vào độ chính xác đo đạc mà còn phụ thuộc vào các "dị biệt" về dị thường độ cao;

➤ Kết quả tính độ chênh dị thường độ cao tại điểm nội suy (điểm A) cho thấy độ chính xác đạt được đảm bảo yêu cầu chuyển độ cao qua sông ($m_{\Delta h_{A1}} < \pm 10 \text{ mm}$).

Bảng 3. Kết quả tính toán nội suy dị thường độ cao theo tuyến dài (đơn vị m)

Điểm A	Điểm 1	Điểm 3	D_{A1}	D_{13}	$\zeta_3 - \zeta_1$	$\Delta\zeta_{A1}$	ζ_A^1	ζ_A	$\delta\zeta$ (m)
269426	GPS22	GPS18	823.236	3248.049	-0,0316	-0,0080	-2,0959	-2,1015	-0,0056
269425	GPS16	GPS14	909.620	2194.649	-0,0177	-0,0073	-2,1930	-2,1893	0,0038
GPS11	GPS12	GPS14	1384.833	2571.405	-0,0521	-0,0281	-2,1379	-2,1354	0,0025
GPS11	GPS12	GPS15	1384.833	2973.554	-0,0434	-0,0202	-2,1458	-2,1354	0,0104
GPS18	GPS20	269426	1797.437	2265.093	0,0215	0,0171	-2,1400	-2,1355	0,0045
GPS22	GPS23	GPS10	855.843	2144.330	-0,0042	-0,0017	-2,1131	-2,1039	0,0092
GPS22	GPS23	GPS11	855.843	2620.696	-0,0207	-0,0067	-2,1080	-2,1039	0,0041
GPS22	GPS20	GPS19	1453.136	2672.377	-0,0194	-0,0106	-2,1124	-2,1039	0,0085
269426	GPS23	GPS13	772.336	2839.195	-0,0773	-0,0210	-2,0937	-2,1015	-0,0078
GPS22	269426	GPS10	823.236	2409.324	-0,0175	-0,0060	-2,0955	-2,1039	-0,0084
GPS19	GPS18	GPS22	937.032	3248.049	0,0316	0,0091	-2,1447	-2,1424	0,0022

Bảng 4. Kết quả tính toán nội suy dị thường độ cao theo tam giác (đơn vị m)

Điểm A	Tam giác 1-2-3	D_{A1}	ζ_A^1	ζ_A	$\delta\zeta$ (m)
269426	GPS22-GPS20-GPS18	823.236	-2,1064	-2,1057	0,0006
269425	GPS16-GPS15-GPS14	909.620	-2,1974	-2,1893	0,0082
GPS11	GPS12-GPS13-GPS14	1384.833	-2,1374	-2,1354	0,0020
GPS11	GPS12-GPS13-GPS15	1384.833	-2,1383	-2,1354	0,0029
GPS18	GPS20-GPS22-269426	1797.437	-2,1397	-2,1355	0,0041
269425	GPS16-GPS15-GPS13	909.620	-2,1951	-2,1893	0,0059
GPS15	GPS16-269425-GPS18	965.724	-2,2174	-2,2094	0,0080
GPS22	GPS20-GPS18-GPS19	1453.136	-2,1126	-2,1039	0,0087

Bảng 5. Kết quả tính toán nội suy dị thường độ cao theo ba phương án (đơn vị m)

Điểm A	$\delta\zeta$ (m)		
	Nội suy theo tuyến ngắn	Nội suy theo tuyến dài	Nội suy theo tam giác
269426	-0,0084	-0,0056	0,0006
269425	0,0026	0,0038	0,0082
GPS11	0,0023	0,0025	0,0020
GPS11	0,0023	0,0104	0,0029
GPS18	-	0,0045	0,0041
GPS22	0,0089	0,0085	0,0087
GPS19	-0,0003	0,0022	-

5. Kết luận

Từ kết quả nghiên cứu nêu trên, có thể rút ra một số kết luận như sau:

➤ Giải pháp nội suy dị thường độ cao điểm trên trục cầu dựa vào các trị đo thủy chuẩn hình học

giữa các điểm sử dụng cho nội suy trên phía bờ sông đối diện và trị đo GNSS giữa các điểm này và điểm nội suy được trình bày trong bài báo là chặt chẽ về lý thuyết, có tính khả thi và hiệu quả cao để chuyển độ cao qua sông.

➤ Độ chính xác xác định chênh cao trắc địa bằng công nghệ GNSS ở chế độ đo tĩnh đối với các máy thu vệ tinh hiện nay đảm bảo độ chính xác yêu cầu nội suy dị thường độ cao khi chuyển độ cao qua sông trong xây dựng công trình cầu. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đặng Nam Chinh và nnk, 2014. Tính độ lệch dây dọi dựa trên mô hình trọng trường trái đất EGM-2008 và số cải chính độ nghiêng cục bộ của Geoid vào chênh cao xác định bằng công nghệ GPS động. Báo cáo tại Hội nghị khoa học lần thứ 21 Trường Đại học Mở-Địa chất, 11/2014.

2. Phan Văn Hiến và nnk, 2001. Trắc địa công trình. Nhà xuất bản Giao thông Vận tải, Hà Nội 2001.

3. Nguyễn Quang Thắng, Diêm Công Huy, 2017. Một số giải pháp nâng cao hiệu quả ứng dụng công nghệ GPS trong xây dựng nhà cao tầng và công trình công nghiệp. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, số 176 - 01/2017.

Ngày nhận bài: 16/08/2017

Ngày gửi phản biện: 24/10/2017

Ngày nhận phản biện: 25/01/2018

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/04/2018

Từ khóa: xây dựng công trình cầu; chuyển độ cao qua sông; giải pháp nội suy dị thường độ cao; đo thủy chuẩn hình học; định vị vệ tinh; nội suy độ cao

SUMMARY

In the bridge construction, height transformation across river is an important work in the surveying. In the studied paper, it has been proposed that there be an interpolation method for the height anomalies of points in the axis from the results of the geometric leveling in points from the other bank of the river, located in the axial direction, and from satellite positioning results (GNSS technology) in these points and points to be interpolated.

The number of points used to be interpolated may be two or three. In case of three points, the additional result of the interpolation over the triangle made by these points is obtained, allowing checking the results of the interpolation in the anomaly height of the given points.

To ensure accuracy in determining the difference in two points' height in the axis at ± 10 mm far from the banks, with the river width of about 1 km, the geometric leveling should be done at the accuracy level III and GNSS should be measured by the static measurement with the mean square error of $\pm(5 \text{ mm} + 0.5 \text{ ppm})$ for the difference in height.

The paper also determines the way to select the appropriate ratio in distance between the interpolated point and the point in the other bank of the river, and in distance between two interpolated points.

MỘT SỐ VẤN ĐỀ...

(Tiếp theo trang 28)

7. Ayush Kumar Singh, 2012. Rheological Investigation Of Coal Water Slurries With And Without Additive. Thapar Univesity, Patiala.

8. Durand, R., 1953. Basic Relationships of the Transportation of Solids in Pipes Experimental Research. Proceedings Minnesota International Hydraulics Convention, pp. 89-103.

9. Wani, G.A., Sarkar, M.K. and Mani, B.P., 1982. Critical Velocity in Multisize Particle Transportation through Horizontal Pipes. Journal of Pipelines, Vol. 2, 1, pp. 57-62.

10. Davies, J.T., 1987. Calculation of Critical Velocities to Maintain Solids in Suspension in Horizontal Pipes. Chem. Engg. Sci, Vol. 42, 7, pp. 1667-1670.

11. Jesse Capecelatro, Olivier Desjardins, 2013: Eulerian-Lagrangian modeling of turbulent liquid-solid slurries in horizontal pipes. International Journal of Multiphase Flow 55 (2013) 64-79.

12. Pavel Vlasak, Zdenek Chara, Jiri Konfrst, Jan Krupika, 2015. Experimental investigation of coarse particle conveying in pipes. EDP Sciences.

Ngày nhận bài: 12/09/2017

Ngày gửi phản biện: 19/10/2017

Ngày nhận phản biện: 22/03/2018

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/04/2018

Từ khóa: bể cô đặc; hỗn hợp bùn than; vận tốc tới hạn; sức cản thủy lực

SUMMARY

The calculation of transport parameters (critical velocity, pressure drop, etc.) for coal-water slurry is very important. These parameters depend on the characteristics of the mixture, transport diagram, pipe size and some other technical factors.

Based on the characteristics of coal-water slurry, the paper presents methods of calculation and determination of transport parameters for the design transportation system.