

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH HEC-6 TÍNH BỒI LẮNG HỆ THỐNG HỒ CHỨA BẠC THANG LAI CHÂU, SƠN LA, HÒA BÌNH TRÊN DÒNG CHÍNH SÔNG ĐÀ

Nguyễn Văn Đại⁽¹⁾, Đặng Quang Thịnh⁽¹⁾, Lê Thị Hiệu⁽²⁾, Nguyễn Kim Tuyên⁽¹⁾

⁽¹⁾Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

⁽²⁾Cục Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Hiện nay, trên hệ thống sông suối có nhiều hồ chứa được xây dựng và khai thác với các mục đích khác nhau. Tuy nhiên, việc tính toán bồi lắng hồ chứa, đặc biệt là các hệ hồ chứa bậc thang còn gặp nhiều khó khăn do thiếu số liệu quan trắc cũng như phương pháp tính. Nội dung của bài báo này giới thiệu khả năng ứng dụng mô hình HEC-6 tính bồi lắng bùn cát cho hệ thống ba hồ chứa bậc thang Lai Châu, Sơn La, Hòa Bình trên dòng chính sông Đà.

Từ khóa: Hồ chứa bậc thang, mô hình, HEC-6.

1. Mở đầu

Sông Đà là con sông mang nhiều bùn cát thuộc loại bậc nhất Việt Nam. Hiện nay, trên dòng chính sông Đà đã xây dựng ba hồ chứa đa mục tiêu là Hòa Bình, Sơn La, Lai Châu, làm thay đổi chế độ thủy văn - thủy lực của dòng sông Đà dẫn đến lắng đọng bùn cát trong hồ, xói lở ở hạ du. Việc đánh giá đúng mức độ bồi lắng hồ chứa có ý nghĩa hết sức quan trọng trong công tác quy hoạch, thiết kế và vận hành hệ thống hồ chứa bậc thang Lai Châu, Sơn La, Hòa Bình.

Trong tính toán bồi lắng bùn cát cho hồ chứa, HEC-6 là mô hình được rất nhiều tác giả sử dụng trong nghiên cứu của mình. Tuy nhiên, các nghiên cứu trước đây mới chỉ tính toán cho đơn hồ chứa mà chưa thực hiện tính toán bồi lắng bùn cát cho hệ thống hồ chứa bậc thang. Bài báo này giới thiệu phương pháp ứng dụng mô hình HEC-6 trong tính bồi lắng bùn cát cho hệ thống ba hồ chứa bậc thang Lai Châu, Sơn La, Hòa Bình trên dòng chính sông Đà. Một số thông số cơ bản của các hồ chứa này được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Các thông số chính của các hồ chứa

Thông số	Đơn vị	Hòa Bình	Sơn La	Lai Châu
Mức nước dâng tối đa	m	120	217,8	300,6
Mức nước dâng bình thường	m	117	215	295
Mức nước chết	m	80	175	265
Mức nước lớn nhất kiểm tra	m	122	228,07	303
Dung tích hồ chứa nước	$10^9 m^3$	9,862	9,26	1,2151
Dung tích hữu ích	$10^9 m^3$	6,062	6,504	0,7997
Dung tích chết	$10^9 m^3$	3,8	2,756	0,4154
Diện tích lưu vực	km^2	53.600	43.760	26.000

2. Phương pháp tính bồi lắng hệ thống hồ chứa bậc thang trên dòng chính sông Đà

Có hai phương án tính bồi lắng hệ thống hồ chứa bậc thang trên dòng chính sông Đà là:

- Tính riêng rẽ, tuần tự từ thượng lưu về hạ

lưu, trước tiên là hồ chứa Lai Châu. Dòng nước và bùn cát xả qua đập Lai Châu là số liệu đầu vào của hồ chứa Sơn La. Tiếp tục tính bồi lắng cho hồ chứa Sơn La. Dòng nước và bùn cát xả qua đập Sơn La là số liệu đầu vào của hồ chứa

Hòa Bình, từ đó tiếp tục tính bồi lắng cho hồ chứa Hòa Bình. Phương án này có ưu điểm là khá mềm dẻo, có thể áp dụng các phương pháp khác nhau để tính toán bồi lắng cho từng hồ chứa tùy theo tình hình số liệu sẵn có. Nhược điểm của phương án này là không đảm bảo tính liên tục của hệ thống hồ chứa bậc thang nên kết quả tính có thể mắc sai số lớn.

- Tính bồi lắng đồng thời cho hệ thống 3 hồ chứa bậc thang trên dòng chính sông Đà là Lai Châu, Sơn La, Hòa Bình bằng cách sử dụng bản ghi X5 trong mô hình HEC-6 để khai báo các vị trí xây dựng đập và mực nước điều tiết của các hồ chứa. Bản ghi X5 trong dữ liệu hình học tạo ra một biên nội biên (hoặc điểm điều khiển thủy lực), tại đó mực nước được xác định. Ngoài ra, mô hình HEC-6 đã sử dụng phương pháp bước chuẩn để tính toán đường mặt nước trong trường hợp dòng chảy qua đập tràn ở trạng thái chảy xiết.

3. Ứng dụng mô hình HEC-6 tính bồi lắng đồng thời cho 3 hồ chứa bậc thang Hòa Bình, Sơn La, Lai Châu trên dòng chính sông Đà

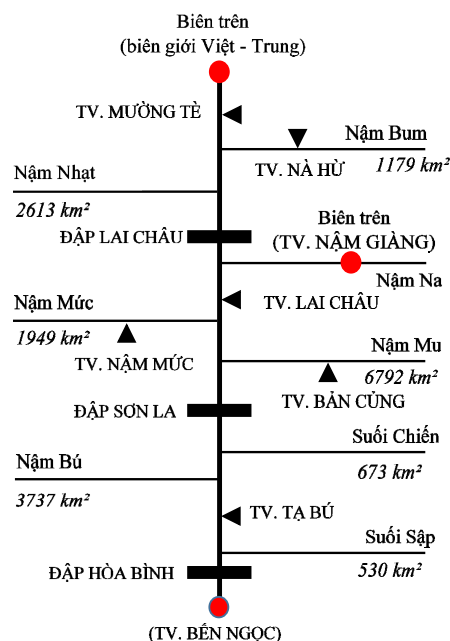
3.1. Sơ đồ tính

Hình 1 là sơ đồ mạng lưới tính bồi lắng bùn cát hệ thống hồ chứa Lai Châu, Sơn La, Hòa Bình bao gồm:

- Dòng chính sông Đà, giới hạn trên là biên giới Việt - Trung, giới hạn dưới là đập Hòa Bình, với 151 mặt cắt, trong đó hồ Lai Châu có 39 mặt cắt, hồ Sơn La có 51 mặt cắt, hồ Hòa Bình 61 mặt cắt.

- 08 điểm gia nhập khu giữa từ Hòa Bình đến biên giới Việt - Trung là: Phiêng Hiềng, Thác

Mộc, Nậm Chiến, Bản Củng, Nậm Mực, Nậm Giàng, Nậm Pô, Nà Hừ.



Hình 1. Sơ đồ mạng lưới tính bồi lắng bùn cát hệ thống hồ chứa bậc thang Lai Châu, Sơn La, Hòa Bình

3.2. Xác định lưu lượng nước (biên đầu vào) của các nhánh

Khu giữa dòng chính sông Đà từ đập Hòa Bình đến biên giới Việt - Trung rộng 24,000 km², gồm nhiều phụ lưu có diện tích lưu vực lớn hơn 50 km². Tuy nhiên, do hạn chế của mô hình HEC-6 chỉ cho phép mô phỏng tối đa 8 điểm nhập lưu/phân lưu cục bộ trên toàn hệ thống nên đã chia khu giữa thành 08 lưu vực bộ phận có diện tích hứng nước tương ứng được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Phân chia khu giữa đoạn từ hồ Hòa Bình đến biên giới Việt Trung

Thứ tự	Lưu vực bộ phận	Diện tích(km²)
1	Nà Hừ	1179
2	Nậm Pô	2613
3	Nậm Giàng	2565
4	Nậm Mực	1949
5	Bản Củng	6792
6	Nậm Chiến	673
7	Thác Mộc	3737
8	Phiêng Hiềng	3761

Do trên 8 lưu vực bộ phận này không có đủ số liệu lưu lượng nước và bùn cát, vì vậy, đã tính toán bổ sung bằng mô hình SWAT (bảng 3).

Bảng 3. Lưu lượng nước tháng trung bình nhiều năm tại cửa ra của 8 lưu vực bộ phận

Đơn vị: m^3/s

Tháng	Nà Hư	Nậm Pô	Nậm Giàng	Nậm Múc	Bản Củng	Nậm Chiến	Thác Mộc	Phiêng Hiêng
1	96,6	145,8	278,2	69,3	96,3	14,3	60,8	19,3
2	107,1	187,5	281,3	95,8	91,8	17,8	81,4	18,8
3	230,6	107,3	359,5	191,6	182,9	42,8	89,4	43,5
4	667,1	187,4	867,9	439,9	527	124,9	130,5	110,7
5	1020,2	397,2	1367,5	828,9	814,8	152,4	161,4	164,6
6	1626,9	645,2	1909,6	1313,2	1122,4	154,5	180,1	130,3
7	1985,4	793,4	2272,6	1414,4	1288	122,1	193,4	104,3
8	1583,5	505,6	1838,6	1116,9	955,3	98,4	212,6	97,2
9	824,2	234,1	1220,2	561,9	581,5	57,1	213,8	70,7
10	411,6	128,8	726,6	224,9	308,7	38,6	177,3	46
11	251,4	125,9	512,7	113,7	181,9	20,9	114,3	22,9
12	118,2	98,9	252,5	53,9	93,2	13,1	74,1	15,2

Tại một số lưu vực bộ phận có trạm quan trắc bùn cát là Nậm Múc, Thác Vai, Bãi Sang và Phiêng Hiêng, trong quá trình tính toán cho những lưu vực này sẽ sử dụng quan hệ $Q \sim Q_s$ từ số liệu thực đo; đối với các lưu vực bộ phận không có quan trắc bùn cát, sẽ sử dụng quan hệ $Q \sim Q_s$ xây dựng theo kết quả tính từ mô hình SWAT.

3.3. Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình HEC-6

3.3.1. Với mô hình thủy lực

Một số nghiên cứu trước đây [2] đều thống nhất rằng, hệ số nhám n của sông Đà trong điều kiện tự nhiên thường trong khoảng 0,028 - 0,029; mặt khác, hệ số nhám n không nhạy lắm đối với kết quả tính toán bồi lắng và thay đổi theo độ sâu dòng chảy. Ngoài ra, số liệu thực đo mực nước, lưu tốc dòng chính sông Đà từ năm 2000 trở lại đây rất thiếu lại chịu ảnh hưởng của việc xây dựng các công trình thủy điện. Vì vậy, không tiến hành hiệu chỉnh, kiểm định mô hình thủy lực. Căn cứ chế độ dòng chảy trong mùa lũ, chọn hệ số nhám $n = 0,032$ cho các mặt cắt thuộc lòng hồ, $n = 0,029$ cho các mặt ở đuôi hồ.

3.3.2. Với mô hình bùn cát

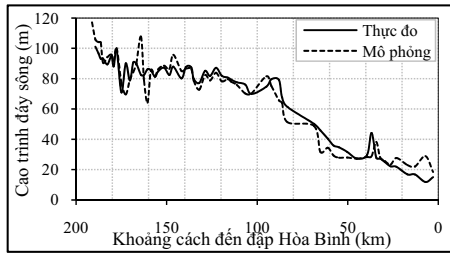
Hồ Lai Châu và hồ Sơn La mới đưa vào vận hành gần đây, không có đủ số liệu để hiệu chỉnh, kiểm định mô hình. Do đó, bộ thông số của mô hình được lựa chọn trong quá trình hiệu chỉnh,

kiểm định hồ Hòa Bình cũng được sử dụng để tính toán cho 2 hồ Lai Châu và Sơn La.

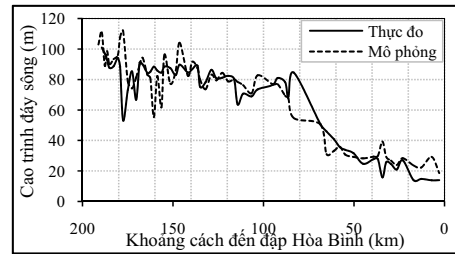
Trong giai đoạn từ 2000 trở lại đây, hồ Hòa Bình chịu ảnh hưởng của việc xây dựng các thủy điện phía thượng lưu, vì vậy, đã lựa chọn các thông số bùn cát theo tài liệu [2] như sau: Quan hệ lưu lượng bùn cát lơ lửng với lưu lượng bùn cát tổng cộng $Q_{ss} = 1,35Q_s$, hàm sức tải là hàm Yang. Tuy nhiên, các thông số mô hình này được kiểm định lại trong thời kỳ 2000 - 2010, tính lượng bùn cát bồi lắng trong hồ Hòa Bình trung bình hàng năm để so sánh với lượng bùn cát bồi lắng tính bằng phương pháp khác. Kết quả cho thấy, lượng bùn cát bồi lắng hàng năm tính bằng mô hình HEC-6 là 59,6 triệu m^3 /năm, xấp xỉ với kết quả tính bằng phương pháp thể tích từ tài liệu đo đạc địa hình là 60,9 triệu m^3 /năm.

3.3.3. Với mô hình hình thái

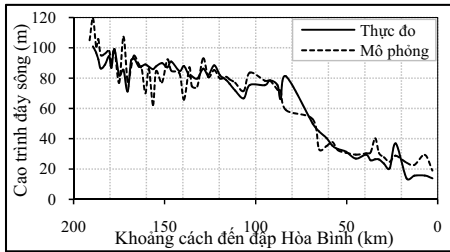
Mô hình hình thái được kiểm định bằng cách so sánh kết quả tính toán và số liệu thực đo mặt cắt dọc lòng hồ Hòa Bình qua điểm sâu nhất của các mặt cắt ngang một số năm có số liệu quan trắc 2007, 2009, 2011, 2013. Kết quả thể hiện trên các hình 2 ÷ 5 cho thấy, kết quả tính toán cao trình đáy hồ khá phù hợp so với thực đo. Chỉ số NSI đạt từ 0,89 - 0,97, trong đó: 2001 (NSI = 0,97); 2007 (0,92); 2009 (0,92); 2011 (0,89) và 2013 (0,92).



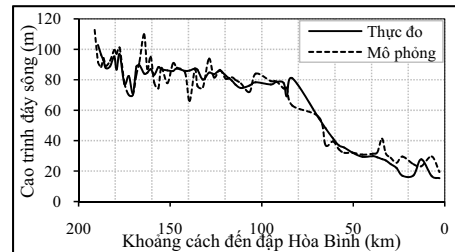
Hình 2. Mặt cắt dọc đáy hồ Hòa Bình qua điểm sâu nhất tính toán và thực đo năm 2007



Hình 3. Mặt cắt dọc đáy hồ Hòa Bình qua điểm sâu nhất tính toán và thực đo năm 2009



Hình 4. Mặt cắt dọc đáy hồ Hòa Bình qua điểm sâu nhất tính toán và thực đo năm 2011



Hình 5. Mặt cắt dọc đáy hồ Hòa Bình qua điểm sâu nhất tính toán và thực đo năm 2013

Kết quả kiểm định mặt cắt dọc đáy hồ Hòa Bình một số năm gần đây cho thấy, bộ thông số thủy lực, bùn cát được lựa chọn tương đối phù hợp để mô phỏng diễn biến lòng dẫn và quá trình bồi lắng trong hồ Hòa Bình.

3.4. Kết quả dự tính bùn cát bồi lắng trong 3 hồ bậc thang trên dòng chính sông Đà

Kết quả tính bồi lắng bùn cát trong hệ thống 3 hồ chứa bậc thang trên dòng chính sông Đà được trình bày trong bảng 4 và các hình 6 ÷ 9.

Bảng 4. Lượng bùn cát bồi lắng trong 3 hồ chứa sau các thời kỳ vận hành hồ

Số thứ tự	Thời kỳ vận hành	Lượng bùn cát bồi lắng ($10^6 m^3$)			
		Hồ Lai Châu	Hồ Sơn La	Hồ Hòa Bình	Tổng 3 hồ
1	Năm 1 ÷ 10	339,2	111,7	74,6	525,5
2	Năm 11 ÷ 20	287,8	139,5	84,1	511,5
3	Năm 21 ÷ 30	217,6	187,2	95,2	499,9
4	Năm 31 ÷ 40	139,7	239,8	112,5	492,1
5	Năm 41 ÷ 50	5,7	318,3	156,4	480,4
6	Năm 51 ÷ 60		217,8	199,2	472,8
7	Năm 61 ÷ 70		200,1	257,3	466,9
8	Năm 71 ÷ 80		131,5	324,6	459,4
9	Năm 81 ÷ 90		113,2	362	446
10	Năm 91 ÷ 100		104,3	380	436,5
11	Năm 101 ÷ 150		259,1	1.106,3	1.365,4
12	Năm 151 ÷ 200		143,9	1.080,4	1.224,3
13	Năm 201 ÷ 250		130,4	1.012,8	1.143,2

Từ kết quả trên thấy rằng:

- Trong thời gian đầu cả 3 hồ cùng vận hành, lượng bùn cát bồi lắng giảm dần theo thời gian trong hồ Lai Châu, nhưng lại tăng dần theo thời gian trong hồ Sơn La và Hòa Bình do hồ Lai Châu đầy dần và hệ số bồi lắng giảm dần theo thời gian.

- Lượng bùn cát bồi lắng hàng năm trong giai đoạn 10 năm đầu vận hành hệ thống bậc thang 3 hồ chứa, khoảng 50 - 55 triệu m^3 , trong đó 70% bồi lắng ở hồ Lai Châu, chỉ khoảng 13% lượng bùn cát bồi lắng ở hồ Hòa Bình.

- Tổng lượng bùn cát bồi lắng tại 3 hồ giảm dần theo thời gian, tuy nhiên, mức độ giảm

không nhiều, sau 100 năm vận hành, lượng bùn cát bồi lắng tại 3 hồ giảm khoảng 20% so với 10 năm đầu vận hành hồ.

Bảng 5. Hệ số bồi lắng hồ Hòa Bình, Sơn La, Lai Châu sau các thời kỳ vận hành

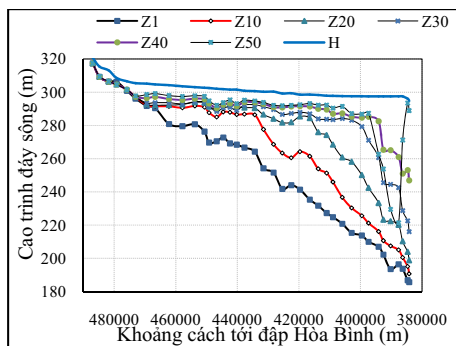
Thời kỳ vận hành (năm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	200	250
Hồ Lai Châu	0,81	0,76	0,69	0,62	0,49						
Hồ Sơn La	0,79	0,78	0,78	0,77	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,63
Hồ Hòa Bình	0,59	0,59	0,59	0,60	0,60	0,60	0,61	0,61	0,62	0,63	0,69

- Tại hồ Lai Châu, lượng bồi lắng cao nhất trong 10 năm đầu, khoảng 34 triệu m³/năm, sau đó giảm dần, đến năm thứ 50, hồ bị bồi lắng hoàn toàn. Hệ số bồi lắng giảm dần theo thời gian vận hành, khoảng 0,81 trong thời gian đầu và 0,49 sau 50 năm vận hành (bảng 5).

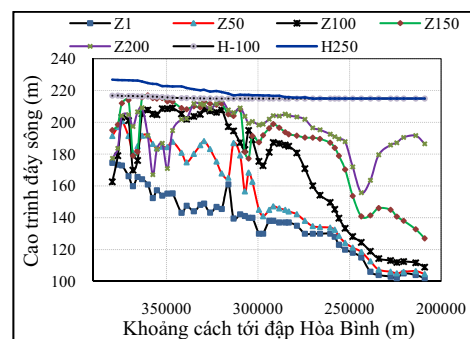
- Tại hồ Sơn La, sau khi hồ Lai Châu bị bồi lắng hoàn toàn, lượng bùn cát bồi lắng tại hồ Sơn La tăng dần và đạt giá trị cao nhất khoảng sau 50 - 60 năm vận hành, rồi giảm dần. Sau 100 năm vận hành, lượng bùn cát bồi lắng khoảng 1,673 triệu m³, sau 200 năm khoảng hơn 2,000 triệu m³, xấp xỉ 85 % dung tích chết, tập trung phần nhiều phía đuôi hồ. Hệ số bồi lắng cát bùn hồ Sơn La khoảng 0,79 trong thời kỳ đầu và giảm còn 0,63 sau 250 năm vận hành.

- Tại hồ Hòa Bình, lượng bùn cát bồi lắng trong hồ giảm nhiều so với thời gian vận hành độc lập. Trong những năm đầu khi Lai Châu bắt đầu hoạt động, lượng bồi lắng rất nhỏ (7,5 triệu m³/năm). Sau 50 năm khi hồ Lai Châu đã bồi lắng hoàn toàn, lượng bồi lắng tăng đáng kể. Sau 200 năm vận hành, lượng bồi lắng trong hồ đạt khoảng 4,300 triệu m³, lớn hơn dung tích chết. Hệ số bồi lắng thời kỳ đầu chỉ khoảng 0,60, sau đó tăng dần đạt 0,7 sau 250 năm vận hành.

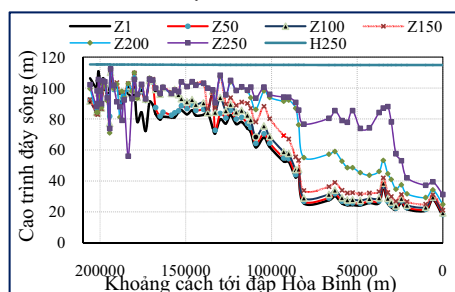
- Như vậy, nhờ có hồ Lai Châu và Sơn La, tuổi thọ của hồ Hòa Bình tăng lên rõ rệt. Nếu tiến hành các biện pháp xả bùn cát, đặc biệt trong thời gian mùa lũ thì tuổi thọ của hồ có khả năng tăng hơn nữa.



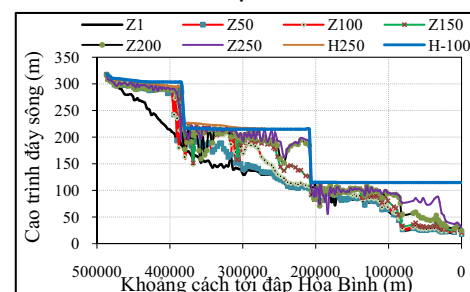
Hình 6. Mặt cắt dọc hồ Lai Châu sau 50 năm vận hành



Hình 7. Mặt cắt dọc đáy hồ Sơn La sau 250 năm vận hành



Hình 8. Mặt cắt dọc đáy hồ Hòa Bình sau 250 năm vận hành



Hình 9. Mặt cắt dọc đáy các hồ sau các thời kỳ vận hành hệ thống 3 hồ chứa bậc thang

4. Kết luận và kiến nghị

Kết quả tính bồi lắng hệ thống hồ chứa bậc thang bằng mô hình HEC-6 cho phép rút ra một số kết luận và kiến nghị như sau:

- Có thể sử dụng mô hình HEC-6 tính bồi lắng hồ chứa trong hệ thống hồ chứa bậc thang. Mô hình HEC-6 tính bồi lắng đồng thời cho các hồ chứa trong hệ thống bậc thang cho kết quả tốt khi tất cả các hồ chứa trong hệ thống đồng thời vận hành. Trong trường hợp thời gian đưa vào vận hành và tuổi thọ của các hồ trong hệ thống bậc thang khác nhau quá nhiều nên sử dụng mô hình tính độc lập cho các hồ, nhưng có tính toán ảnh hưởng của hồ thượng lưu đối với hồ hạ lưu trong hệ thống.

- Trong trường hợp không có số liệu đo đạc đầy đủ về dòng chảy, bùn cát có thể sử dụng các mô hình (NAM, SWAT...) để bổ sung các số liệu

cần thiết. Tuy nhiên, để kết quả tốt cần khảo sát đo đạc thu thập các số liệu bùn cát, địa hình tại các biên của mô hình. Đặc biệt cần đo đạc bổ sung số liệu địa hình, thành phần hạt tại các biên và một số vị trí dọc bờ để có thể tiến hành kiểm định mô hình tốt hơn.

- Để nâng cao độ chính xác và tin cậy của mô hình HEC-6 tính bồi lắng bùn cát cho hệ thống hồ chứa bậc thang Hòa Bình, Sơn La, Lai Châu trên dòng chính sông Đà nói riêng, các hệ thống hồ chứa bậc thang trên lòng chính các lưu vực sông khác nói chung cần khôi phục việc quan trắc bùn cát lơ lửng, bùn cát đáy (cả lưu lượng và thành phần hạt) tại các trạm thủy văn cấp I hiện có; cần khảo sát bổ sung số liệu mặt cắt ngang, mực nước, lưu lượng trên lòng hồ và vùng lân cận.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn đề tài nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ cấp Bộ “Nghiên cứu cơ sở khoa học tính toán bồi lắng hệ thống hồ chứa bậc thang. Áp dụng thí điểm cho sông Đà” đã hỗ trợ để thực hiện nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

1. US Army Corps of Engineers (1993), *HEC-6: Scour and Deposition in Rivers and Reservoirs*. User's Manual.
2. Nguyễn Kiên Dũng (2002), *Nghiên cứu, tính toán bồi lắng và nước dâng ứng với các phương án xây dựng khác nhau của hồ chứa Sơn La, Hà Nội*.
3. Báo cáo tổng kết Đề tài nghiên cứu cấp Bộ (2016), “Nghiên cứu cơ sở khoa học tính toán bồi lắng hệ thống hồ chứa bậc thang. Áp dụng thí điểm cho sông Đà”.

APPLICATION OF HEC-6 MODEL TO COMPUTE SEDIMENTATION IN THE RESERVOIR CASCADE OF LAI CHAU, SON LA, HOA BINH ON DA RIVER MAIN STREAM

Nguyen Van Dai⁽¹⁾, Dang Quang Thinh⁽¹⁾, Le Thi Hieu⁽²⁾, Nguyen Kim Tuyen⁽¹⁾

⁽¹⁾Institute of Meteorology, Hydrology and Climate change

⁽²⁾Department of Meteorology, Hydrology and Climate change

Abstract: There have been a lot of reservoirs to be built and operated on rivers for different purposes. However, it is very difficult to estimate reservoir sedimentation, especially in a reservoir cascade due to lack of the measured data and calculation method. The main content of this paper is to introduce application of the HEC-6 model for calculating sediment deposition in the reservoir cascade of Lai Chau, Son La, Hoa Binh on the Da river main stream.

Key words: Reservoir cascade, model, HEC-6.