

CÁC ĐẶC TRƯNG RỐI LỚP BIÊN SÓNG - DÒNG SÁT DÂY VÙNG BIỂN VEN BỜ

Phạm Văn Huân, Đinh Văn Ưu, Nguyễn Minh Huân, Đoàn Văn Bộ

*Khoa Khí tượng Thủy văn & Hải dương học
Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG Hà Nội*

Tóm tắt. Giới thiệu kết quả thí nghiệm quan trắc các đặc trưng thủy động lực trong lớp biên sát đáy vùng biển ven bờ bằng thiết bị khoa học mới SEAPAC 2300 STAR. Trình bày chi tiết về nguyên lý và quy trình tính toán của phương pháp phân tách phổ các hợp phần sóng và hợp phần rối từ dòng tổng cộng quan trắc được. Dẫn một ví dụ kết quả phân tích theo quy trình trên để nhận được bậc của các đặc trưng rối trong lớp biên sát đáy vùng biển ven bờ Văn Lý (Nam Định).

1. Mở đầu

Quan trắc các đặc trưng thủy động lực và thạch động lực học ở lớp sát đáy vùng biển nông ven bờ có ý nghĩa khoa học và thực tiễn. Những đặc trưng động lực học như tốc độ dòng, phân bố thẳng đứng của dòng, các tham số sóng, mực nước, biến động của dòng, các tham số chuyển động quỹ đạo của sóng, độ đục nước thu được qua quan trắc là những số liệu quý giá làm đầu vào trong nhiều công thức tính toán về sự tương tác giữa dòng nước và nền đáy biển, mô hình hoá các quá trình trao đổi ở lớp biên sóng - dòng sát đáy. Các tham số động lực của dòng sát đáy ở vùng gần bờ có thể làm dữ liệu tính toán thực tế về vận chuyển trầm tích trong vùng bờ biển.

SEAPAC 2300 STAR là một hệ thống quan trắc cho phép ghi tự động đồng thời một loạt đặc trưng về dòng, sóng và độ đục nước biển với tần số ghi cao. Kinh nghiệm thế giới [1-3] cho biết rằng hệ thống này được sử dụng chuyên dụng rất hiệu quả để khảo sát động lực học lớp biên sóng - dòng vùng ven bờ. Trong khuôn khổ đề tài cấp Đại học Quốc gia Hà Nội, Trung tâm Động lực và Môi trường biển đã thực hiện một thí nghiệm sử dụng thiết bị này để tìm hiểu về đặc điểm động lực và thủy thạch động lực của một vùng biển ven bờ tương đối nhạy cảm, đó là vùng biển Văn Lý ở Nam Định, nơi trong nhiều năm nay được các cơ quan nghiên cứu và thiết kế quan tâm nghiên cứu và khảo sát về chế độ xói lở bờ. Kết quả thu được những tập số liệu phong phú để phân tích nhiều khía cạnh của động lực lớp nước sát đáy vùng biển ven bờ. Trong bài báo này giới thiệu phương pháp và kết quả phân tích các đặc trưng rối lớp biên sóng - dòng sát đáy.

2. Phương pháp quan trắc và thu thập số liệu

Máy SEAPAC 2300 STAR được đặt tại vùng biển ven bờ Văn Lý (Nam Định). Điểm đặt máy cách bờ khoảng 500 m, tại độ sâu 3 m. Như vậy, những đặc trưng

quan trắc sẽ phản ánh chế độ động lực của vùng nước có tương tác của sóng và dòng ven bờ, ảnh hưởng của sóng do nước nông và bờ biển. Phạm vi này cũng là nơi quá trình vận chuyển trầm tích quyết định tới biến đổi bờ đáy liên quan trực tiếp tới sự xói lở bờ biển của đoạn bờ này.

Khi bố trí quan trắc, đã thiết lập các tham số đo và chế độ đo như sau: tốc độ dòng ở lớp biên sóng - dòng sát đáy được ghi tại ba mực, áp suất sóng được ghi tại một mực, độ đục ghi tại ba mực.

Thực hiện 175 loạt ghi (gọi là một *burst*) liên tục trong 175 giờ. Trong mỗi *burst* ghi 512 lần với tần số ghi 0,25 giây một số, vậy mỗi *burst* sẽ có độ dài 512 số ghi ứng với thời gian ghi 128 giây (2 phút). Tần số ghi và độ dài chuỗi ghi trong một *burst* đáp ứng yêu cầu khảo sát các đặc trưng rối lớp nước đang xét.

Số liệu do máy ghi trong bộ nhớ (*Data Storage*) được chuyển vào máy tính dưới dạng ba tệp số liệu. Tệp thứ nhất lưu các số đo hướng đặt thực tế của máy trong biển tại từng giờ đo. Tệp thứ hai lưu số đo về các thành phần hình chiếu lên hướng đông và hình chiếu lên hướng bắc của tốc độ dòng tại ba mực của đầu đo $V_{E1}, V_{N1}, V_{E2}, V_{N2}, V_{E3}, V_{N3}$. Tệp thứ ba lưu số đo về áp suất sóng tại mực sát đáy *P wave* và độ đục tại ba mực của đầu đo *Obs1, Obs2, Obs3*. Từ các tệp số liệu gốc này đã tiến hành xử lý sơ bộ số đo gồm các việc như hiệu chỉnh các thành phần hình chiếu dòng chảy tương ứng về hướng bắc và hướng đông địa lý, hiệu chỉnh áp suất sóng về mực sâu của đầu đo, phân chia thành các file số liệu tương ứng với từng *burst* quan trắc.

Bảng 1. Quy cách ghi dữ liệu từng *burst* quan trắc

BURST 103		(Ký hiệu <i>burst</i> - số thứ tự của <i>burst</i> trong đợt khảo sát)							
512	10 8 0.25 s	(Độ dài chuỗi, số trường quan trắc, độ rộng trường, bước thời gian)							
6 8 2002 23 h	(Ngày, tháng, năm và thời điểm đầu tiên của <i>burst</i>)								
V_{E1}	V_{N1}	V_{E2}	V_{N2}	V_{E3}	V_{N3}	<i>P</i>	<i>Obs1</i>	<i>Obs2</i>	<i>Obs3</i>
cm/s	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s	cm	NTU	NTU	NTU
7.14	5.95	-7.14	-1.79	-14.29	-3.57	2.46	0.00	0.00	238.28
10.72	12.50	-8.33	-8.33	-17.86	-13.10	2.48	0.00	1.95	238.28
13.69	20.84	-12.50	-16.07	-16.67	-22.62	2.52	0.00	0.00	238.28
14.29	31.55	-13.69	-26.19	-15.48	-36.31	2.58	0.00	0.00	230.47
9.52	37.50	-14.88	-33.34	-13.69	-44.65	2.63	0.00	0.00	226.56
.....

Số đo áp suất sóng được hiệu chỉnh về áp suất tại mực đặt đầu đo bằng cách lấy từng số đo tức thời trừ đi áp suất khí quyển ghi được trong *burst* đầu tiên, khi máy đo còn nằm trong không khí.

Tập hợp tất cả các số liệu đo trong một *burst* được lập thành một ma trận hai chiều và lưu vào một file có tên trùng với ký hiệu *burst* có quy cách ghi như trong bảng 1 để sẵn sàng cho việc xử lý tiếp theo.

Số *burst* máy thực sự nằm tại độ sâu quan trắc trong biển thu thập được bằng 181.

3. Phương pháp phân tích các đặc trưng rời lớp biên sóng - dòng sát đáy

Chuỗi tốc độ dòng tổng cộng gần đáy (u_B, v_B) có thể xem gồm ba hợp phần: dòng trung bình (U_B, V_B) do triều và gió, dòng dao động sóng (u_w, v_w) và tốc độ rời (u', v'):

$$u_B(t) = U_B(t) + u_w(t) + u'(t), \quad v_B(t) = V_B(t) + v_w(t) + v'(t). \quad (1)$$

Vì dòng trung bình xấp xỉ là hằng số trong khoảng thời gian một *burst*, về nguyên tắc, khi có phổ tần số của các thành phần vĩ hướng (đông) và kinh hướng (bắc) của dòng tổng cộng, thì có thể thực hiện tách phổ hợp phần sóng và hợp phần rời bằng cách tiên định chỉ ra đỉnh phổ ứng với sóng trên phổ tần. Vì trong tập số liệu của chúng ta có mặt dữ liệu về áp suất đáy, nên các hợp phần sóng $W_E(f)$ và $W_N(f)$ được xác định như là những hợp phần của dòng tổng cộng hiệp biến với các phổ áp suất đáy:

$$W_E(f) = \frac{C_{PE}(f)}{\sqrt{P(f)}}, \quad W_N(f) = \frac{C_{PN}(f)}{\sqrt{P(f)}}, \quad (2)$$

trong đó $P(f)$ là phổ áp suất đáy và $C_{PE}(f), C_{PN}(f)$ tuần tự là hiệp phổ của áp suất đáy với các thành phần tốc độ hướng đông và hướng bắc. Lợi thế của quan điểm này là ở chỗ không cần tường minh định ra đỉnh sóng và chỉ có những dòng chảy nào hiệp biến với tín hiệu áp suất mới được xem là các hợp phần sóng của dòng chảy, điều này làm cho phần năng lượng rời được gọi là rời sẽ tăng lên ở những tần số liên quan với đỉnh năng lượng sóng.

Các dòng trung bình được xác định bằng lấy trung bình trên toàn chu kỳ *burst*, còn các hợp phần năng lượng rời $T_E(f)$ và $T_N(f)$ được định nghĩa bằng hiệu giữa các phổ dòng tổng cộng và các hợp phần sóng trên cùng một dải tần số như các hợp phần sóng (theo độ phân giải thiết bị: 0,025 Hz – 0,5 Hz). Vậy ta có

$$T_E(f) = C_E(f) - W_E^2(f), \quad T_N(f) = C_N(f) - W_N^2(f), \quad (3)$$

trong đó $C_E(f), C_N(f)$ tuần tự là phổ của các thành phần đông và bắc của dòng tổng cộng.

Từ ý tưởng trên đây suy ra quy trình thực tế sau đây để phân tích các đặc trưng dòng, sóng và rời trong lớp sát đáy:

- 1) Tính các phổ dòng tổng cộng $C_E(f)$ và $C_N(f)$.
- 2) Tính phổ áp suất dây $P(f)$.
- 3) Tính $C_{PE}(f)$, $C_{PN}(f)$ – các hiệp phổ của áp suất dây với u_E và u_N .
- 4) Tính phần dòng tổng cộng hiệp biến với phổ áp suất dây:

$$W_E(f) = \frac{C_{PE}(f)}{\sqrt{P(f)}}, \quad W_N(f) = \frac{C_{PN}(f)}{\sqrt{P(f)}}.$$

- 5) Tính các vận tốc trung bình bằng cách lấy trung bình trong một *burst*.
- 6) Tính các thành phần năng lượng rối $T_E(f)$ và $T_N(f)$ theo các công thức:

$$T_E(f) = C_E(f) - W_E^2(f), \quad T_N(f) = C_N(f) - W_N^2(f)$$

- 7) Tính các thành phần tốc độ sóng trung bình bình phương (root-mean square):

$$u_{wr}^2 = \langle u_w^2 \rangle = \int_{f_1}^{f_2} W_E^2(f) df, \quad v_{wr}^2 = \langle v_w^2 \rangle = \int_{f_1}^{f_2} W_N^2(f) df,$$

trong đó $\langle u'^2 \rangle = \int_{f_1}^{f_2} T_E(f) df$ và $\langle v'^2 \rangle = \int_{f_1}^{f_2} T_N(f) df$ – các thành phần hướng ngang của năng lượng rối; dấu $\langle \rangle$ chỉ phép lấy trung bình thời gian trong một *burst*, $f_1 = 0,025 \text{ Hz}$, $f_2 = 0,5 \text{ Hz}$.

- 8) Tính biên độ vô hướng của các hợp phần dòng (U_{CB}) và sóng (U_{WB}):

$$U_{CB} = |U_{CB}| = \sqrt{U_B^2 + V_B^2}, \quad U_{WB} = |U_{WB}| = \sqrt{u_{wr}^2 + v_{wr}^2}.$$

- 9) Tính hướng trung bình đại diện θ_{wr} và tần số f_{wr} của tốc độ quỹ đạo của sóng:

$$\theta_{wr} = \arctg \left[\frac{\int_{f_1}^{f_2} W_E(f) df}{\int_{f_1}^{f_2} W_N(f) df} \right], \quad f_{wr} = \frac{\int_{f_1}^{f_2} P(f) f df}{\int_{f_1}^{f_2} P(f) df}.$$

- 10) Tính động năng rối tổng cộng TKE :

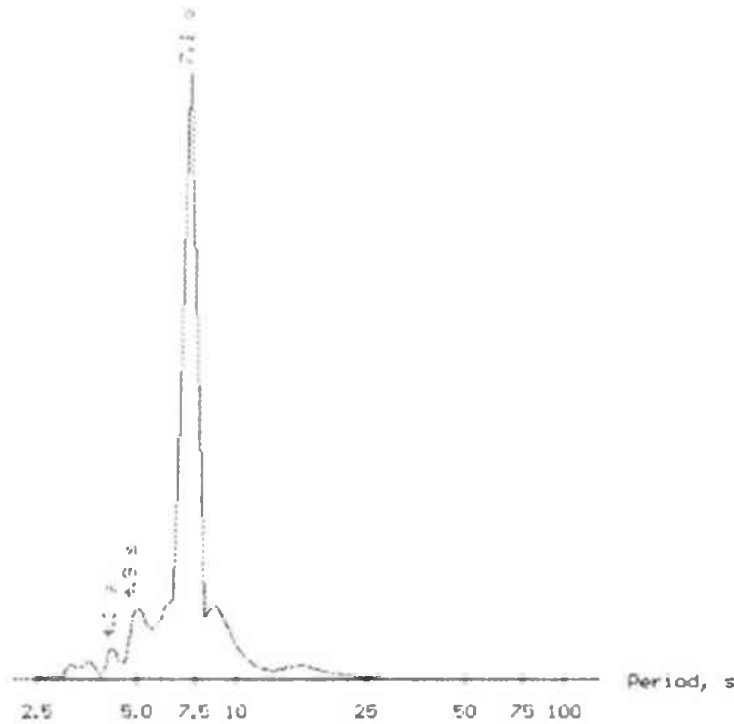
$$TKE = \frac{1}{2} \rho (\langle u'^2 \rangle + \langle v'^2 \rangle)$$

và tốc độ động lực:

$$u_*^2 = 0,9 \times TKE / 8.$$

4. Các đặc trưng rối lớp biên sóng - dòng sát đáy

Đã thực hiện phân tích phổ và tách các hợp phần sóng và hợp phần rối từ phổ các thành phần dòng tổng cộng theo sơ đồ trên đây cho 181 *burst* quan trắc. Bảng 2 dẫn kết quả phân tích cho thí dụ *burst* 100. Trên hình 1 là thí dụ về hình dạng của phổ áp suất đáy. Hình 2 là thí dụ về hình dạng các đường cong phổ vận tốc dòng tổng cộng tính theo thành phần hướng đông và thành phần hướng bắc.



Hình 1. Phổ áp suất đáy

Theo bảng 2, thành phần tốc độ sóng trung bình bình phương (*root-mean square wave velocity component*) hướng đông và hướng bắc tuần tự bằng: $\langle u_w^2 \rangle = 0,0214$, $\langle v_w^2 \rangle = 0,0201$ (cm^2/s^2).

Năng lượng rối trung bình bình phương (*root-mean square turbulence energy*) tuần tự bằng: $\langle u'^2 \rangle = 0,0170$, $\langle v'^2 \rangle = 0,0177$ (cm^2/s^2).

Hướng trung bình đại diện $\theta_w = 0^\circ$ và tần số của tốc độ quỹ đạo sóng tại đáy $f_{wr} = 7,21 \text{ s}^{-1}$.

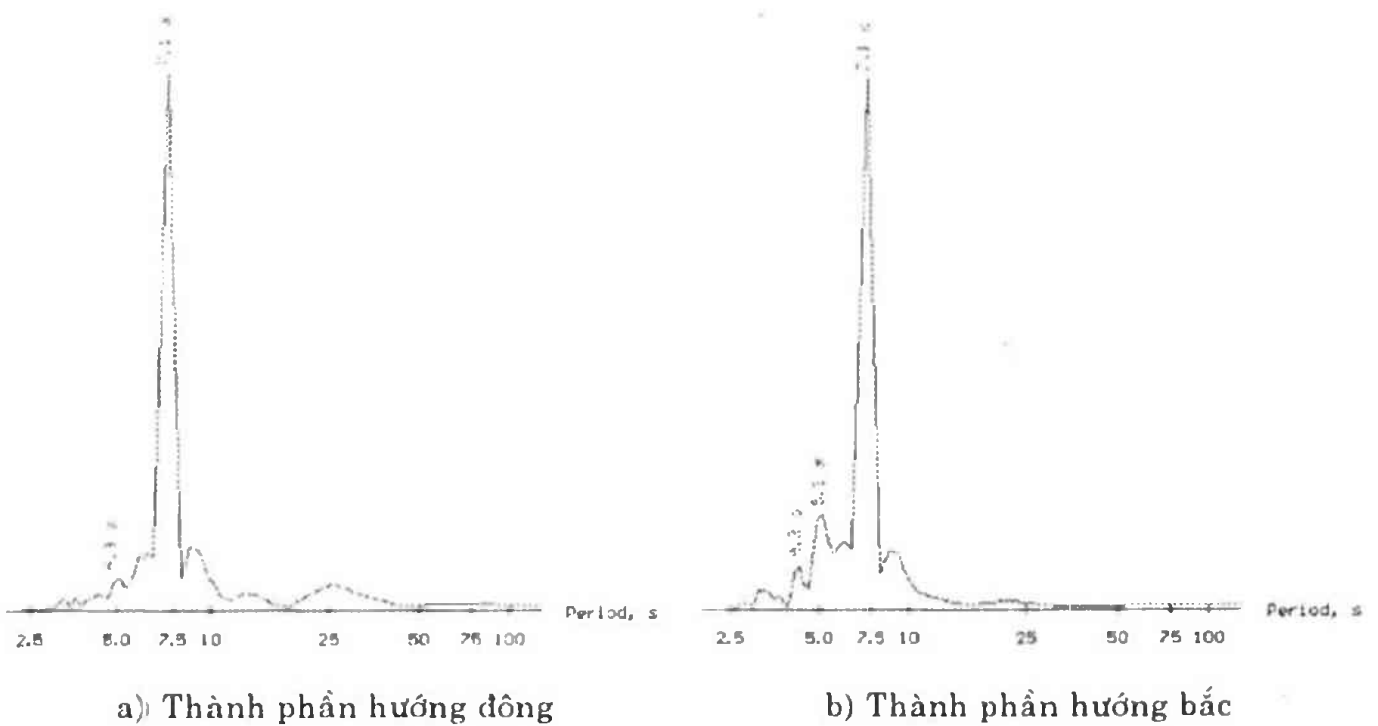
Động năng rối tổng cộng $TKE = 0,017$ (g/cm^2). Tốc độ động lực $u^2 = 0,016$ (cm^2/s^2).

Bảng 2. Ước lượng ứng suất ma sát rời từ tốc độ rời sát đáy

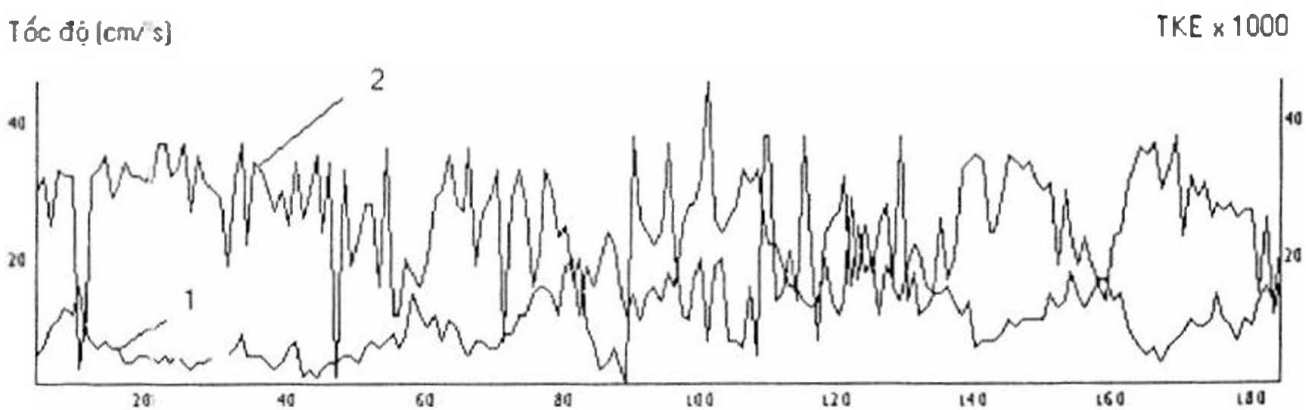
Chu kỳ, p (s)	Các phổ đơn			Các hiệp phổ		Các hợp phần sóng		Các hợp phần rời	
	$S_p(p)$	$S_{F_t}(p)$	$S_{V_s}(p)$	$C_{FV_E}(p)$	$C_{FV_N}(p)$	$W_E(p)$	$W_N(p)$	$T_E(p)$	$T_N(p)$
25,50	0,09819	0,00141	0,00099	0,01172	0,01312	0,37234	0,41679	-0,13723	-0,17272
12,75	0,05710	0,01283	0,00648	0,01146	0,00000	0,14242	0,00000	-0,00746	0,00648
8,50	0,10326	0,09037	0,07025	0,07541	0,05282	0,28453	0,19927	0,00942	0,03054
6,38	0,15125	0,20893	0,17445	0,15056	0,13382	0,36049	0,32040	0,07898	0,07179
5,10	0,14236	0,22963	0,21906	0,15408	0,15171	0,32922	0,32414	0,12125	0,11399
4,25	0,10409	0,17107	0,18914	0,11553	0,12472	0,26564	0,28678	0,10051	0,10690
3,64	0,06364	0,11407	0,12465	0,06761	0,07648	0,19150	0,21663	0,07740	0,07773
3,19	0,03941	0,06906	0,08061	0,03624	0,04431	0,12765	0,15607	0,05277	0,05626
2,83	0,02669	0,03812	0,05735	0,02266	0,03127	0,09464	0,13059	0,02917	0,04030
2,55	0,00625	0,01912	0,02729	0,00830	0,01235	0,05025	0,07473	0,01660	0,02171
2,32	0,00000	0,01248	0,00923	0,00298	0,00375	0,03099	0,03909	0,01152	0,00770
2,13	0,00053	0,00914	0,00385	0,00120	0,00120	0,01927	0,01928	0,00877	0,00348
1,96	0,00008	0,00481	0,00250	0,00001	0,00000	0,00023	0,00000	0,00481	0,00250
1,82	0,00039	0,00226	0,00217	0,00014	0,00000	0,00291	0,00000	0,00226	0,00217
1,70	0,00000	0,00138	0,00262	0,00010	0,00003	0,00205	0,00068	0,00138	0,00262
1,59	0,00000	0,00102	0,00228	0,00000	0,00001	0,00000	0,00027	0,00102	0,00228
1,50	0,00000	0,00081	0,00088	0,00000	0,00008	0,00000	0,00276	0,00081	0,00088
1,42	0,00000	0,00070	0,00058	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00070	0,00058
1,34	0,00000	0,00095	0,00090	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00095	0,00090
1,27	0,00000	0,00088	0,00097	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00088	0,00097
1,21	0,00000	0,00058	0,00113	0,00001	0,00000	0,00032	0,00000	0,00058	0,00113
1,16	0,00004	0,00065	0,00130	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00065	0,00130
1,11	0,00010	0,00072	0,00107	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00072	0,00107
1,06	0,00000	0,00065	0,00076	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00065	0,00076
1,02	0,00000	0,00057	0,00048	0,00002	0,00003	0,00109	0,00131	0,00056	0,00048
0,98	0,00000	0,00037	0,00031	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00037	0,00031
0,94	0,00000	0,00019	0,00025	0,00001	0,00000	0,00034	0,00000	0,00019	0,00025
0,91	0,00003	0,00023	0,00037	0,00003	0,00000	0,00154	0,00000	0,00023	0,00037
0,88	0,00010	0,00046	0,00069	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00046	0,00069
0,85	0,00006	0,00053	0,00092	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00053	0,00092
0,82	0,00006	0,00040	0,00090	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00040	0,00090
0,80	0,00000	0,00040	0,00075	0,00002	0,00000	0,00064	0,00000	0,00040	0,00075
0,77	0,00000	0,00039	0,00060	0,00007	0,00001	0,00266	0,00056	0,00038	0,00060
0,75	0,00000	0,00028	0,00050	0,00001	0,00005	0,00043	0,00213	0,00028	0,00050
0,73	0,00000	0,00025	0,00038	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00025	0,00038
0,71	0,00000	0,00031	0,00026	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00031	0,00026
0,69	0,00000	0,00030	0,00032	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00030	0,00032
0,67	0,00000	0,00023	0,00045	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00023	0,00045
0,65	0,00000	0,00013	0,00040	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00013	0,00040
0,64	0,00000	0,00011	0,00030	0,00000	0,00000	0,00020	0,00000	0,00011	0,00030
0,62	0,00000	0,00015	0,00032	0,00004	0,00000	0,00210	0,00000	0,00015	0,00032
0,61	0,00000	0,00018	0,00049	0,00011	0,00000	0,00513	0,00000	0,00016	0,00049
0,59	0,00000	0,00023	0,00066	0,00010	0,00000	0,00404	0,00000	0,00022	0,00066
0,58	0,00000	0,00024	0,00064	0,00003	0,00000	0,00112	0,00000	0,00024	0,00064
0,57	0,00000	0,00020	0,00052	0,00002	0,00000	0,00102	0,00000	0,00020	0,00052
0,55	0,00000	0,00015	0,00038	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00015	0,00038
0,54	0,00010	0,00007	0,00019	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00007	0,00019
0,53	0,00002	0,00007	0,00008	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00007	0,00008
0,52	0,00000	0,00011	0,00008	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00011	0,00008
0,51	0,00000	0,00005	0,00002	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00005	0,00002
0,50	0,00016	0,00014	0,00021	0,00009	0,00016	0,00638	0,01098	0,00010	0,00009

Biến thiên của *TKE* và tốc độ tổng cộng trung bình *burst* dẫn trên hình 3. Kết quả lấy trung bình 181 *burst*, đại lượng động năng rối tổng cộng trong thời kỳ quan trắc bằng 0,025 (g/cm^2).

Từ các hình 1 và 2 thấy rằng trên tất cả các đường cong phổ có mặt các đỉnh phổ ứng với chu kỳ sóng khoảng 5 và 7 giây. Sự trùng nhau của các đỉnh phổ áp suất với phổ các thành phần tốc độ tổng cộng tại các chu kỳ này chứng tỏ năng lượng dòng tổng cộng chủ yếu gây bởi năng lượng nhận từ sóng. Phần năng lượng rối, do đó có giá trị khá nhỏ.



Hình 2. Phổ vận tốc dòng tổng cộng



Hình 3. Biến thiên của tốc độ dòng tổng cộng trung bình *burst* (1) và *TKE* (2)

1. Documentation prepared for Woods Hole Instrument Systems, Limited: *Preliminary Assessment of Near-Bottom Measurements in Delaware Bay*, August 22, 1995
2. Documentation prepared for Woods Hole Instrument Systems, Limited: *Notes on the Analysis of Near-Bottom Measurements of Velocities, Pressure, Optical Backscatterance and Temperature*, August 22, 1995
3. J. Wolf, *The estimation of shear stresses from near-bed turbulent velocities for combined wave-current flows*, Coastal Engineering, 37, 529-543, Elsevier, 1999

VNU. JOURNAL OF SCIENCE, Nat., Sci., & Tech., T. XIX, N_o1, 2003

PARAMETERS OF TURBULENCE OF NEAR-BED BOUNDARY WAVE-FLOW LAYER IN NEAR-SHORE ZONE

Pham Van Huan, Dinh Van Uu, Nguyen Minh Huan, Doan Van Bo

*Department of Hydro Meteorology and Oceanology
College of Science, VNU*

The results of an experiment for the observation of hydrodynamical parameters of near-bed boundary wave-flow layer in near-shore zone by the new system SEAPAC 2300 STAR are presented. The principle and procedure calculation of the method of spectrum separation of the wave and turbulent components from observed combined flows due to J. Wolf are explained in detail. As an example, the results of analysis after derived procedure are presented to show the orders of turbulence parameters of the near-bed wave-curent flows boundary layer in the near-shore waters of Van Ly (provence Nam Dinh).