

and isomeric cross-section ratios for  $(n, 2n)$  reactions in the energy region 12—18 MeV.—Nucl. Phys., 1970, A157, p. 481—496. [6] Huizenga J. R., Vandenbosch R. Interpretation of isomeric cross-section ratios for  $(n, \gamma)$  and  $(\gamma, n)$  reactions.—Phys. Rev., 1960, 120, p. 1305—1312. [7] Vandenbosch R., Huizenga J. R. Isomeric cross-section ratios for reactions producing the isomeric pair  $Hg^{197, 197m}$ .—Phys. Rev., 1960, 120, p. 1313—1318. [8] Lederer C. M., Shirley V. S. Table of isotopes. N. Y., 1973, 1523 p. [9] Auble R. L., Todd R. R., Samuelson L. E., Kelly W. H., McHarris W. C. A—102.—Nucl. Data Sheets, 1976, 19, p. 9—11, 23—29. [10] Samuelson L. E., Kelly W. H., Auble R. L., McHarris W. C. A—104.—Nucl. Data Sheets, 1976, 18, p. 133—139, 153—160. [11] Krien K., Spejewski E. H., Naumann R. A., Hübel H. Electron-capture decay of  $^{105m}Ag$ .—Phys. Rev., 1972, C6, p. 1847—1854. [12] Скакун Е. А., Ключарев А. П., Ракивненко Ю. Н., Романий И. А. Возбуждение изомерных активностей в изотопах индия в  $(p, n)$ -реакциях.—Укр. физ. журн., 1975, 20, с. 732—738. [13] Скакун Е. А., Ключарев А. П., Ракивненко Ю. Н., Романий И. А. Отношения сечений образования изомерных пар Sb в  $(p, n)$ - и  $(p, 2n)$ -реакциях.—Ядерная физика, 1971, 14, с. 261—268. [14] Vandenbosch R., Hasikin L., Norman J. C. Isomer ratios for  $Y^{87, 87m}$  and the spin dependence of the nuclear level density.—Phys. Rev., 1965, 137, p. 1134—1144. [15] Vonach H. K., Vandenbosch R., Huizenga J. R. Interpretation of isomer ratios in nuclear reactions with fermi-gas and super-conductor models.—Nucl. Phys., 1964, 60, p. 70—96.

Поступила в редакцию  
30.07.79

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1981, Т. 22, № 5

УДК 532.517.4.627.157

## О КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ТУРБУЛЕНТНОГО ПОТОКА И ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ В УСЛОВИЯХ СКАЧКООБРАЗНОГО ДВИЖЕНИЯ

Н. А. Михайлова, Г. С. Фоменко

(кафедра физики моря и вод суши)

Описываемые опыты, поставленные с целью дальнейшего развития вероятностных схем скачкообразного движения твердых частиц в потоке жидкости, были проведены в открытом потоке прямоугольного сечения с закрепленной шероховатостью на дне. В качестве наносов использовались частицы, форма которых близка к эллипсоидальной. Исследования проводились методом кино съемки со скоростью 40 кадров в секунду. Поток имел следующие характеристики: средняя скорость 65 см/с, глубина 8,3 см, уклон 0,0063, число Рейнольдса  $4,5 \cdot 10^4$ , число Фруда 0,8, посчитанное по формуле  $V^2_{\text{пов}}/gh$ . Характеристики твердых частиц приведены в табл. 1. Коэффициент формы определялся по формуле  $\psi = \pi D^2/4\omega$ , где  $D$  — диаметр равнообъемного шара,  $\omega$  — максимальная площадь сечения частицы.

Ранее [1, 2, 3] была предложена трехслойная модель турбулентного взвесенесущего потока, позволяющая объяснить наличие максимума концентрации твердых частиц на некотором расстоянии от дна потока. Однако вопрос об устойчивости трехслойной модели при увеличении концентрации твердых частиц в указанных работах не рас-

считывался. Аналогичный вопрос не решен также и для пульсационных характеристик скорости твердых частиц. В теоретических схемах

Таблица 1

Характеристики наносов и твердого расхода

№ опыта	Плотность наносов, г/см <sup>3</sup>	Диаметр наносов (минимальный), см	Коэффициент формы	Расходная концентрация, %
1	1,23	0,75	1,06	0,46
2	1,25	0,65	0,97	1,08
3	1,31	0,55	1,24	1,53

предполагается отсутствие такого влияния. В создании слоя повышенной концентрации существенную роль играют придонные вихри, возникающие в области больших градиентов скорости и проникающие вместе с захватываемыми ими твердыми частицами в толщу потока. Соображения о роли вихрей в механизме отрыва твердых частиц содержатся также в работах [4, 5].

Таким образом, отрыв твердых частиц от дна может быть обусловлен не только подъемной силой Жуковского, возникающей вследствие несимметричного обтекания твердых частиц и определяемой горизонтальной компонентой скорости (как это принимается в различных вероятностных схемах), но и подъемной силой, связанной с восходящими придонными вихрями. При преобладании одного из указанных факторов будет иметь место определенная форма траектории частицы: пологий подъем и крутой спуск (доминирует подъемная сила Жуковского), крутой подъем и значительно более пологий спуск (преобладает подъемная сила, связанная с придонными вихрями). В рассматриваемых опытах большинство траекторий относилось ко второму типу.

Для потока и твердых частиц были определены среднеквадратические отклонения мгновенных значений скорости от среднего, которые вычислялись по формуле

$$\sigma_V = \frac{k}{\Delta t} \sqrt{\overline{\Delta y^2} - \overline{\Delta y}^2},$$

где  $\Delta y$  — вертикальные смещения индикаторов или твердых частиц,  $\Delta t$  — время между двумя последовательными положениями,  $k$  — масштаб изображения. Для вертикальных составляющих скорости полученные значения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Распределение по относительной высоте потока  $\eta$  среднеквадратических отклонений вертикальной составляющей скорости потока  $\sigma_V$  и твердых частиц  $\sigma_{V_s}$  (см/с)

Опыт 1				Опыт 2				Опыт 3			
$\eta$	$\sigma_V$	$\eta$	$\sigma_{V_s}$	$\eta$	$\sigma_V$	$\eta$	$\sigma_{V_s}$	$\eta$	$\sigma_V$	$\eta$	$\sigma_{V_s}$
0,14	8,81	0,02	19,15	0,28	5,43	0,08	6,55	0,34	5,23	0,01	8,11
0,28	9,61	0,07	9,05	0,42	6,77	0,05	8,11	0,46	5,87	0,05	6,99
0,42	7,71	0,11	8,56	0,56	6,22	0,10	7,87	0,58	4,82	0,09	7,26
0,56	6,44	0,17	9,25	0,70	7,64	0,15	6,95	0,70	5,82	0,12	7,29
0,70	7,03	0,22	21,36	0,84	5,32	0,20	6,79	0,82	5,32	0,16	6,72
0,84	6,29	0,26	17,33	0,96	5,25	0,24	6,65	0,94	4,06	0,20	6,78
0,98	5,76	0,30	5,66			0,27	6,15			0,23	6,47
		0,34	6,95			0,33	4,67			0,25	5,01
		0,39	5,69							0,30	4,40

На рис. 1, 2 приведено распределение по высоте среднеквадратических отклонений вертикальной составляющей скорости потока  $\sigma_V$  (1 — на рис. 1) и твердых частиц  $\sigma_{V_s}$  (2 — на рис. 1 при  $s=0,46\%$ , 1 — на рис. 2 при  $s=1,08$  и 2 — на рис. 2 при  $s=1,53$ ). При увеличении насыщения потока наносами уменьшаются среднеквадратические отклонения вертикальной соответствующей скорости твердых частиц. На кривой распределения  $\sigma_{V_s}$  по высоте потока (рис. 1) имеются два максимума: один в непосредственной близости от дна

потока, второй — при  $\eta=0,2$ . На кривых, представленных на рис. 2 и соответствующих случаям увеличенной концентрации твердых частиц, первый максимум выражен четко, а второй только намечается. На кривой распределения  $\sigma_V$  для потока максимумов не имеется.

Интересен тот факт, что среднеквадратические отклонения вертикальных составляющих скоростей для твердых частиц могут быть несколько больше, чем для потока (рис. 1). Этот, на первый взгляд, парадоксальный результат объясняется различными кинематическими условиями при выборе индикаторов, имитирующих движение жидкости и твердых частиц. Рассматриваемые твердые частицы (особенно на восходящих участках траекторий) с гораздо большей вероятностью находились в зоне восходящих вихрей, что определяло не только повышенное значение  $\sigma_{V_s}$ , но, по-видимому, и  $\sigma_V$ .

Приведенные результаты подтверждают трехслойную модель турбулентного потока, в придонной области которого движутся твердые частицы. Слой, максимально насыщенный твердыми частицами, влияет на кинематику вышележащей части потока. С увеличением концентрации твердых частиц их кинематические характеристики претерпевают меньшие изменения по глубине потока. При одинаковых средних характеристиках потока с увеличением насыщения потока пульсацион-

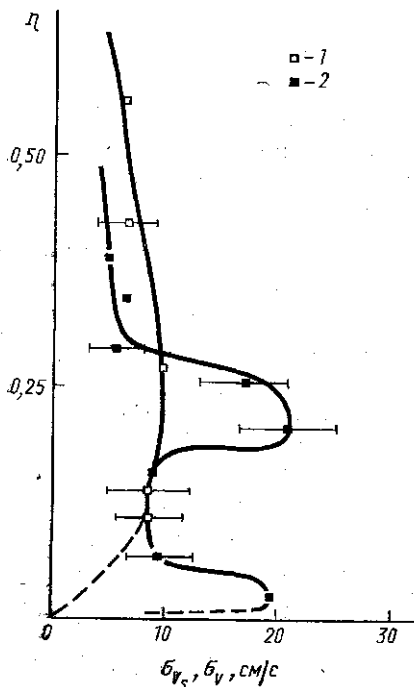


Рис. 1. Распределение по высоте среднеквадратических отклонений вертикальной составляющей скорости потока (1) и твердых частиц (2) в условиях скачкообразного движения ( $s=0,46\%$ )

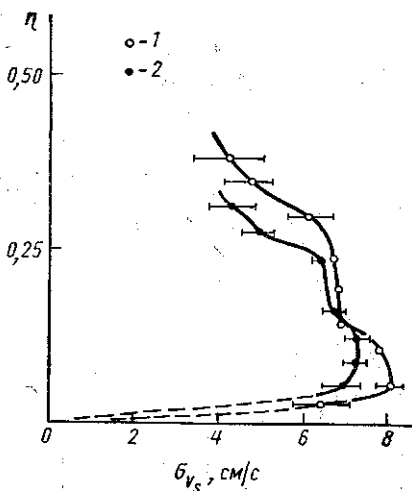


Рис. 2. Распределение по высоте потока среднеквадратических отклонений вертикальной составляющей скорости твердых частиц:  $s=1,08\%$  (1) и  $1,53\%$  (2)

ные характеристики твердых частиц уменьшаются. Условия перехода твердых частиц из слоя, максимально насыщенного наносами, в вышележащие слои, по-видимому, должны отличаться от условий отрыва частиц от дна потока и требуют дальнейших исследований.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Михайлова Н. А., Фоменко Г. С. Исследование кинематической структуры потока и движения твердых частиц в его придонной области.—Деп. ВИНТИ, № 972—75. Деп. [2] Михайлова Н. А., Фоменко Г. С. Исследования распределения концентрации тяжелых частиц в придонном слое турбулентного потока.—Водные ресурсы, 1975, № 4, с. 145—151. [3] Михайлова Н. А., Фоменко Г. С. Исследование кинематической структуры потока и движения тяжелых частиц в его придонной области.—Вести. Моск. ун-та. Сер. Физ. Астрон., 1975, 16. № 6, с. 670—678. [4] Гришанин К. В. Динамика русловых потоков.—Л.: Гидрометеоздат, 1969, 428 с. [5] Ибад-Заде Ю. А. Движение наносов в открытых руслах.—М.: Стройиздат, 1974, 352 с.

Поступила в редакцию  
11.05.79

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1981, Т. 22, № 5

УДК 538.24; 550.380.8

### УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕОБРАТИМЫХ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД И МИНЕРАЛОВ В ПЕРЕМЕННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

**В. И. Максимочкин, К. А. Валеев**

*(кафедра физики Земли)*

В настоящее время имеется небольшое число работ, посвященных описанию установок для измерения необратимых магнитных свойств горных пород и минералов [1—5]. Между тем развитие представлений о магнетизме горных пород и палеомагнетизме требует разработки все новых и новых приборов и установок, отвечающих требованиям настоящего времени.

Горные породы по своим магнитным характеристикам можно отнести к слабомагнитным веществам. Начальная магнитная восприимчивость их изменяется в пределах  $10^{-2}$ — $10^{-7}$  ед. СГСМ, остаточная намагниченность —  $10^1$ — $10^{-8}$  Гс и менее. Для измерения таких малых магнитных величин требуются приборы, обладающие высокой чувствительностью.

Для определения остаточной намагниченности горных пород наибольшее распространение получили следующие три метода: индукционный, магнитомодуляционный и магнитометрический. Магниточувствительными элементами, регистрирующими намагниченность образца, являются соответственно катушка [1, 2], феррозондовый датчик [3] и аstaticкий магнитометр [4, 5].

Применением индукционного метода по принципу рок-генератора была достигнута чувствительность по остаточной намагниченности порядка  $10^8$  делений на гаусс [2]. Приборы, основанные на магнитомодуляционном методе измерения, оказались более стабильными в работе [3], однако достигнутая при этом чувствительность оказалась на порядок ниже ( $10^7$  дел./Гс). Приборы, основанные на индукционном и магнитомодуляционном методах, довольно сложны. Это связано с жесткими требованиями, предъявляемыми к их электронной части. Дополнительная трудность заключается в необходимости экранировки магниточувствительных датчиков. Магнитометрический метод в основном лишен этих недостатков. Магнитометры по своей конструкции очень просты, но чувствительность их по магнитному моменту на два порядка ниже и составляет  $10^5$  дел./ед. СГСМ. В настоящее время появились аstaticкие магнитометры с электронной обратной связью,