



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра водно-технических изысканий

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)

**Ошибки измерения скоростей  
течения воды поверхностными  
поплавками**

Маняйкин Михаил Владимирович  
(фамилия, имя, отчество)

кандидат физ.-мат. наук  
(ученая степень, ученое звание)

Сапоцкая Надежда Александровна  
(фамилия, имя, отчество)

«Согласно допуску»  
кафедрой

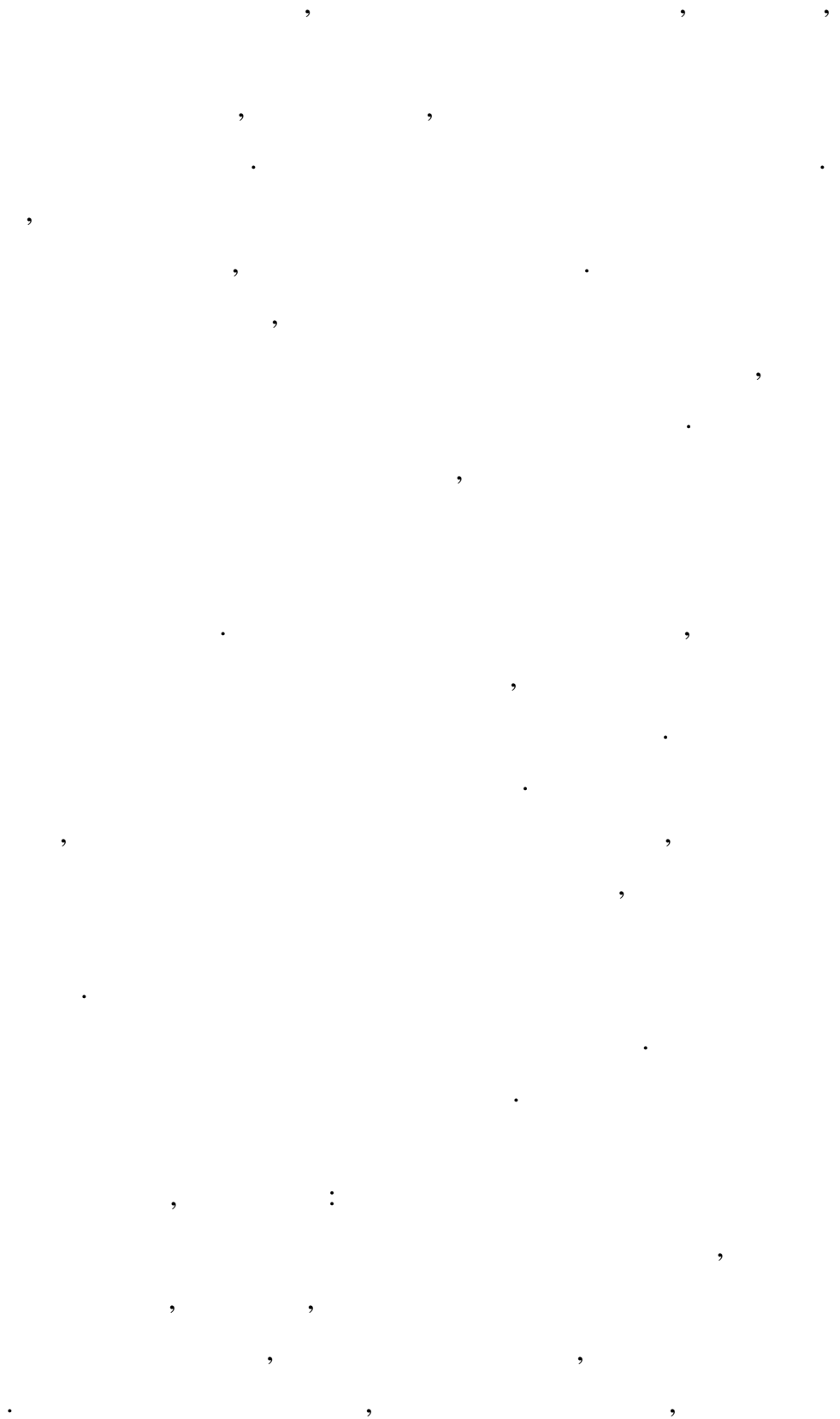
кандидат географических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич  
(фамилия, имя, отчество)

Большин 2020г.

Санкт-Петербург  
2020

		3
1		5
2		13
2.1	-	13
2.2		14
3		18
3.1	-	18
3.2.		18
		23
		26



•  
,  
•  
-  
,  
•  
,  
,  
,  
•  
,  
•

1

$L$

$L$

$t$

$$U_n = \frac{L}{t_n}$$

$U$

$L$

$t$

:

$$\frac{\Delta U_n}{U_n} = \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta t_n}{t_n}$$

$L$

$t$

20 ;

2 /

$t = 10$  .

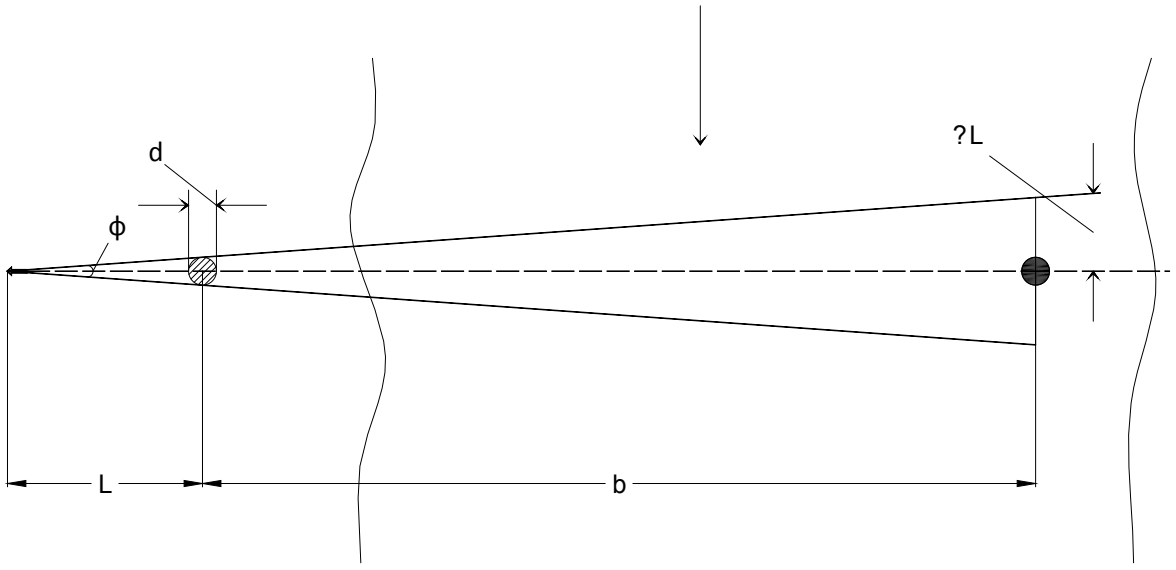
$t$

$t = 0,1$  ,

$$\frac{\Delta t_n}{t_n}$$

$$\frac{0,1}{20} * 100 = 0,5\%$$

$$\frac{0,1}{10} * 100 = 1\%$$



1.1 -

L

;

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{1}{2000} = 0,05\%$$

d

l

$$\varphi = \frac{dp}{l}$$

p -

$$d = 0,03, l = 5$$

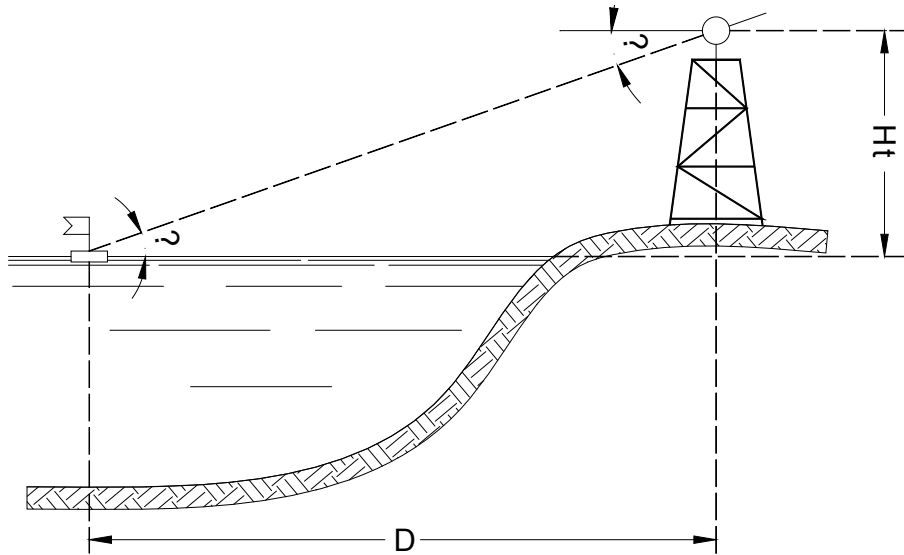
$$\varphi = \frac{0,03 \cdot 3438}{5} \simeq 20^\circ.$$

$$b = 100$$

$$\Delta L = \frac{\varphi b}{2p'} = \frac{20 \cdot 100}{2 \cdot 3438} \simeq 0,3 \text{ м.}$$

$$V_{\max} = 2 \text{ / , } t = 10 \text{ , } L = 2 \cdot 10 = 20 \text{ v}$$

$$\Delta L = \frac{0,3}{20} \cdot 100 = 1,5 \text{ \%}.$$



1.2 -

$$\frac{\Delta U_{\Pi}}{U_{\Pi}} = 1,5 + 1,0 = 2,5 \%$$

$$D = \frac{Hr}{\text{tg}\alpha + I \sin\varphi}$$

$$\ln D = \ln Hr - \ln(\text{tg}\alpha + I \sin\varphi)$$



$$\frac{dD}{D} = \frac{dHr}{Hr} - \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha + I \sin \varphi} \left( \frac{d\alpha}{p \cos \alpha} + dI \sin \varphi + \frac{I \cos \varphi d\varphi}{p} \right)$$

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{\Delta Hr}{Hr} - \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha + I \sin \varphi} \left( \frac{\Delta \alpha}{p \cos^2 \alpha} + \Delta I \sin \varphi + \frac{I \cos \varphi \Delta \varphi}{p} \right)$$

(2-4)

$$\Delta \alpha = \Delta \varphi = 1' ; \quad I = 0,001.$$

$$\frac{\Delta I}{I} = 5\%$$

$$= 30^\circ$$

$$\frac{1' * 1 * 0,001}{3438} = 0,0000003.$$

$$= 45^\circ, \cos = \sin = 0,71,$$

$$0,000036,$$

tg

I sin

( I),

$$\frac{\Delta D}{D}$$

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{\Delta Hr}{Hr} + \frac{2\Delta \alpha}{p \sin 2\alpha}$$

$$\frac{\Delta D}{D}$$

, , , Hr= 10 ,  
 =2°00'. (2-5)  $\Delta\alpha = 1'$  H = 5 ,

$$\frac{\Delta D}{D} = 0, \frac{005}{10} + \frac{2}{3438 * 0,07} = 0,005 + 0,0083 = 0,9\%$$

D ,

H

(2-

5). , =30° H = 40 ,

$$\frac{\Delta D}{D} = 0, \frac{005}{40} + \frac{2}{3438 * 0,5} = 0,0001 + 0,001 = 0,1\%$$

$$\frac{\Delta D}{D} = 0,9 \%$$

L

$$\frac{\Delta L}{L} = 2 \frac{\Delta D}{D} = 1,8\% \approx 2\%$$

U t = 20

$$\frac{\Delta U_n}{U_n} = 0,02 + 0,01 = 0,03, \quad 3\%.$$

t  
U

$$U_n = \frac{iH}{\Delta t F_K}$$

H – , Fk – .

1 : 10000,

f = 100

H = 1000

4,5 %.

0,5 ,

– 0,9 .

2 .

U

5 %

1

2 – 3 %.

$U -$  ,  
 $U -$  ,  
 $-$  ,  
 $Y -$  ,  
 $g -$  ,  
 $V -$  ,  
 $-$  ,  
 $F -$  .

$$\frac{\Delta u}{u} = \frac{u_{\Pi} - u}{u} = \sqrt{\frac{Y_{\Pi} g V I}{Y_{\xi} F_M \square^2}}$$

2.

2.1 -

- ,  
- ,

74 , 5 . 2. —

, : , , , -

, -

, ,  
3-6 , - 2-3 .

: , - ( )

4,27 .

, (210 ).

0,8—1,1

1973 —

1978

85 160 ,

- 400-600 .

(1000-1250 ) -

. 8-11 ; (24 ) –

, (4,0-4,5 ) – .

5 .

2, – 281 . 2.

: 37,7 %,

– 62,3 %.

, 6—7

2.2

,

,

,

,

,

,

.

.

.

,

.

,

,

,

,

.

,

.

2.1 –

	V /	H,	, <sup>2</sup> <sub>2</sub>	Q, <sup>3</sup> /c
1	1,2	4,91	5151	649
2	1,0	10,21		519
3	0,7	12,40		389
4	0,5	10,51		259
5	0,2	7,06		129

2.2 –

2

	°	°		I /	tg	sin	D,	t,	L,	U , /c	D/D, %	L/L, %
2	1°19'5"	6°53'27"	9,99	0,0014	0,023	0,118	434,234	60	63,307	1,055	20,80	30,00
	1°24'15"	6°57'39"	9,99	0,0014	0,025	0,121	407,562	60	58,678	0,978	20,80	30,00
	1°26'1"	8°52'42"	9,99	0,0014	0,025	0,154	399,157	60	63,010	1,050	20,80	30,00
	1°30'32"	8°1'47"	9,99	0,0014	0,026	0,139	379,270	60	58,000	0,967	20,80	30,00
	1°29'2"	9°52'27"	9,99	0,0014	0,026	0,171	385,670	60	66,141	1,102	20,80	30,00

2.3 –

3

	°	°		I /	tg	sin	D,	t,	L,	U , /c	D/D, %	L/L, %
3	1°41'8"	9°26'11"	9,99	0,0014	0,029	0,164	339,467	60	72,109	1,202	20,80	30,00
	1°54'55"	9°33'44"	9,99	0,0014	0,033	0,166	298,756	60	66,913	1,115	20,80	30,00
	2°3'28"	12°59'10"	9,99	0,0014	0,036	0,225	278,023	60	68,407	1,140	20,80	30,00
	2°3'56"	12°42'26"	9,99	0,0014	0,036	0,220	277,000	60	61,437	1,024	20,80	30,00
	2°3'22"	12°26'55"	9,99	0,0014	0,036	0,215	278,297	60	60,222	1,004	20,80	30,00

2.4 –

4

4	°	°		I /	tg	sin	D,	t,	L,	U , /c	D/D, %	L/L, %



	2°9'23"	6°32'60"	9,99	0,0014	0,038	0,111	265,320	60	59,319	0,989	20,80	30,00
	2°38'1"	7°34'2"	9,99	0,0014	0,046	0,131	217,192	60	58,400	0,973	20,80	30,00
	3°24'49"	10°14'25"	9,99	0,0014	0,06	0,177	167,480	60	60,255	1,004	20,80	30,00
	4°21'46"	20°0'39"	9,99	0,0014	0,076	0,342	130,944	60	63,110	1,052	20,80	30,00
	4°13'54"	25°57'36"	9,99	0,0014	0,074	0,438	135,020	60	59,870	0,998	20,80	30,00

2.5 –

	V, /	, <sup>2</sup>	Q, <sup>3/</sup>
2	1,00	5151	519
3	0,70		389
4	0,50		259

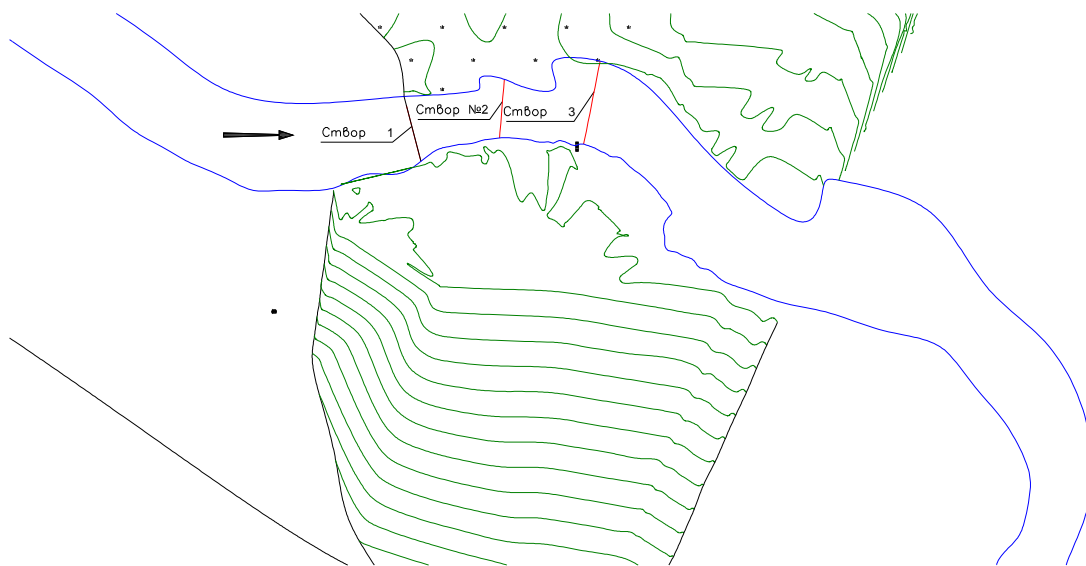
2.6 –

	V /	<sup>2</sup>	Q <sup>3/</sup>
2	1,03	5151,00	530

3	1,10		565
4	1,00		517



« - »



3.1 -

3.1 –

	$V$ /c	$\omega, m^2$	$Q, \text{ }^3/$
1	0,210	40,550	8,790
2	0,217	33,440	7,440
3	0,241	44,100	10,990

3.2 –

1

1	°	°		$I$ /	tg	sin	D,	t,	L,	$U$ /c	D/D, %	L/L, %
	3°58'16"	22°21'28"	1,71	0,001	0,069	0,381	24,632	60	12,180	0,203	1,30	1,50
	3°51'8"	56°59'31"	1,71	0,001	0,067	0,838	25,395	60	14,909	0,248	1,30	1,50

	2°47'39"	78°52'47"	1,71	0,001	0,057	0,981	35,035	60	14,873	0,248	1,30	1,50
--	----------	-----------	------	-------	-------	-------	--------	----	--------	-------	------	------

3.3 –

2

	°	°		I /	tg	sin	D,	t,	L,	U , /c	D/D, %	L/L, %
2	3°31'12"	25°54'47"	1,71	0,001	0,061	0,437	27,798	60	14,656	0,244	1,30	1,50
	3°10'0"	54°29'10"	1,71	0,001	0,055	0,814	30,909	60	14,798	0,247	1,30	1,50
	2°24'39"	72°59'18"	1,71	0,001	0,042	0,956	40,616	60	14,966	0,249	1,30	1,50

3.4 –

3

	°	°		I /	tg	sin	D,	t,	L,	U , /c	D/D, %	L/L, %
3	3°5'13"	22°33'10"	1,71	0,001	0,054	0,383	31,707	60	13,987	0,233	1,30	1,50
	2°50'20"	47°6'0"	1,71	0,001	0,049	0,732	34,483	60	14,331	0,239	1,30	1,50
	2°16'51"	64°5'5"	1,71	0,001	0,041	0,899	42,931	60	14,166	0,236	1,30	1,50

3.5 –

		V . /c	ω, m <sup>2</sup>	Q, з/
,	1	0,210	40,550	8,790
	2	0,217	33,440	7,440
	3	0,241	44,100	10,990
,	1	0,227	40,550	9,197

		$V$ /с	$\omega$ , м <sup>2</sup>	$Q$ , з/
	2	0,245	33,440	8,181
	3	0,244	44,100	10,781

· , · , , ,

· 3 – « » ,

· ,

,

· ,

,

·

40-50 / ,



400

20 <sup>3/</sup> ,

· , ,

,

,

,

·

,

,

,

·

1. 19179-73. .
2. . . , . .  
. - ∴
3. , 1966. - 240 .  
. . , . .  
. : . - ∴ ,  
1989. - 215 .
4. . .  
. - ∴ , 1961. - 124 .