



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)

На тему **Современные методы учета**
стока

Исполнитель

Замурагина Варвара Николаевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель

К.Т.Н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Векшина Татьяна Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

«За защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

К.Г.Н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

15.06 2020г.

Санкт-Петербург
2020

	.....	2
1.	-	4
1.1	.....	4
1.2	-	7
1.3	-	8
1.4	-	9
2.	.....	11
2.1	.....	12
2.2	.....	18
2.3	.....	25
3.	.....	27
3.1	-	28
3.2	.....	44
4.	.....	45
	.....	51
	.....	53

.

,

[6].

,

,

,

,

.

,

.

,

,

,

,

.

,

.

,

,

.

,

,

,

.

—

.

,

[5] -

.

,

1.

2.

« - »

1. — .
 ,
 . — . , . — . , .
 — . .

1.1

-
 ,
 .
 15,1 . ²,
 , 48
 —
 , 65 .
 — 15,1 . . , — 13,3 . . .

, , ,
 , , ,
 .

600 2500 / ³.

50)

- . -
 . - - ,
 . ,
 - . -
 . ,
 - . -
 . -
 - . -
 . -
 . ,
 ,
 .
 20-21° .
 +8° , ,
 .
 () -2...-4° , () +17° .

, - , ,
 , ,
 17 %.
 , (7 %), - (24 %)
 (37 %) , ()
 - 70 80% .
 ,
 - . 100
 , , : , , , , ,
 , , , , .
 , , 57%
 , 9%
 , .
 , 4620
 12859 . 4 .
 70 ² 239 821 ² .
 , 35% - 25% (40% -

).

(-), - (-)

(-) , .

· ,

·

,

·

-

,

·

·

XIX

15

« ».

1.2 - .

-

,

,

·

·

-

·

- 123 .

,

- 15500 ². 1,0-1,5 ,

20 80 , 2-3 , 9-16 .

,

(3%, 1%). 60%

,

·

,

40 %, — 35 %, — 25 %.

85,8 3 / , — 2,70 3 / .
- (61,3%).
- 15% .
- (4,8%).

418
3 / (), 742 3 / (), 31,7 3 / () 11,4 3
/ ().

- .

(26°) - (0°).

, 24 () 2
(). 3 ,
14 - 22 . - 30 -40 .

() .

37 : - 56 - .

,
 .
 - 289 , 65
 - 7130 ² , - 40,4 ^{3/} ,
 - 0,66 / . 2 - 3 ,
 , 7
 : - , -
 . , -
 . 4
 , ,
 , ,
 1.4 - .
 5 -
 . 1250 ² . 8,8 ^{3/} ,
 - 0,35 / . 101 ,
 , 20 - 40 .
 .
 : -
 , - .

, . ,
 - .
 32 % ,
 , .
 , .
 - 2% , - 1 % .
 , 2 - .
 (3 - 8) ,
 20 - 30 ,
 . .
 , .
 25 (60
) .
 , 1 - 5 .

2.

—

· , : ,
 , · ,
 · / (3 /) 3 .

· ,
 , «
 , ,
 ».

() ,

()

()

Q H
 ()
 Q(H).

2.1

-
-
-
-

2.1.

2.1

*

1		2	3	4
1.	=f(t)	=f(t)		
2.		=f()		

* 1 - (- , -); 2
 - ; 3 - ; 4 -

(Q, t)

).

,
.
.
,
:
—

(3);

— (4

);

— (1 ,);

— ;

— .

,

.

.

,

,

:

(2.1)

Q — ;

$Q_0 -$,

.

,

(, t).

= f(t)

.

,

,

,

.

,

-

.

,

,

.

.

-

,

,

,

.

,

,

-

,

,

.

,

,

(

)

.

(. . .).

. . . [31].

=f(), -

,

,

,

:

$$\omega_{\text{Полн}} = \frac{\omega_{\text{Полн}} - \omega_{\text{Пл}}}{\omega_{\text{Полн}}}$$

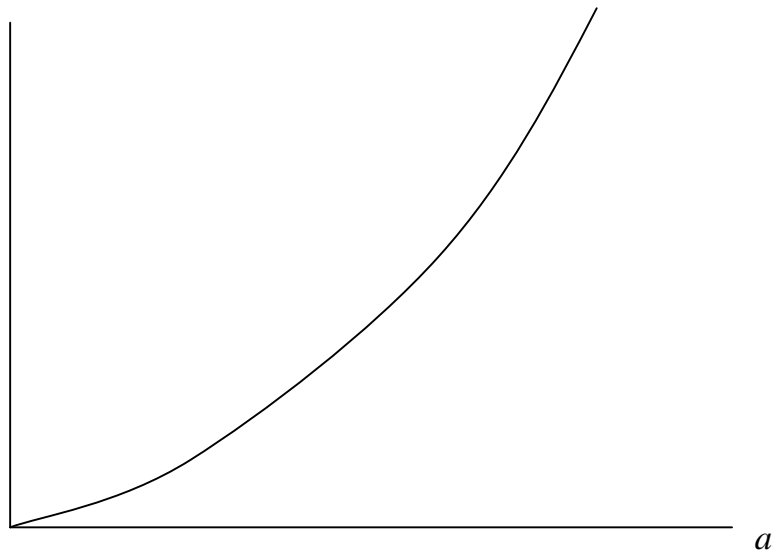
(2.2),

-

,

-

.



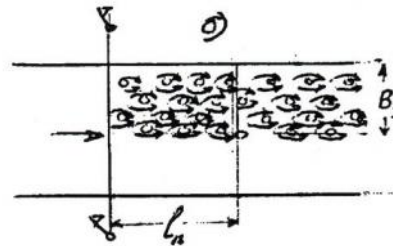
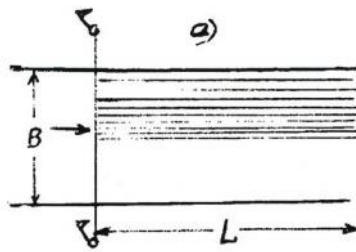
. 2.1. =f ()

(,)

±15-20%

=f()

2.2



.2.2

) ...

) .

(.2.2):

)

)

,

.

,

,

,

,

,

,

,

,

.

,

,

,

,

.

.

,

.

,

,

.

.

,

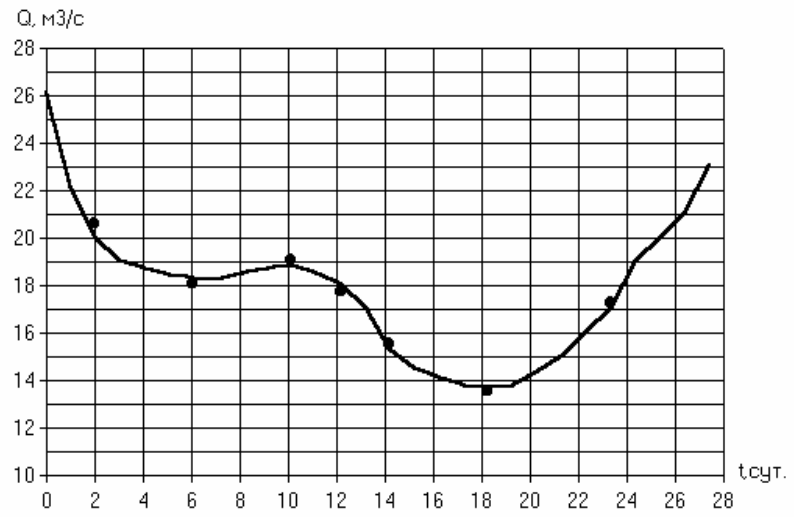
,

.

.

(Q, t)

(2.3)



.2.3

$Q_0,$

$Q,$
 $Q_0(H)$

(2.2.1)

$=f(T).$

Q_0

$Q=Q_0^*$

0,15 – 0,20

$=f(H)$

$=f(H)$

$Q_0(H)$

(...)

Q_0H

Q_0H

$Q(H)$

[20],

Q(H),

)

)

(Q, H)

2.3

$$Q=f().$$

- « » ();

- « » ();

-

;

- ;

-

;

- ;

-

,

$$Q=F ,$$

$$Q=f(), \\ = f().$$

$$F= f()$$

3.

«

1958

20

3.1

—

/15/.

1. () ()
 () ()
 () ,

2. ()
 \bar{q} ,
 ,
 ,
 : ,
 ,
 () .

3. \bar{q} ,
 ,
 ,
 \bar{q} ,
 .
 , . . .
 (Q) (H) $Q(H)$,

:

1. :

$$Q(H) = a(H - H_0)^b \quad (3.1)$$

a b .

2.

:

$$Q = a_0 + a_1 H + a_2 H^2 + \sigma + a_m H^m, \quad (3.2)$$

(3.2)

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\sum_1^n (Q - Q(H))^2}{n-p}}, \quad (3.3)$$

$Q -$

$Q \{H\}$ -

H ,

$n -$

, $p -$

(3.2).

$$S(a) = \sum_1^n w_i [Q_i - f(H_i) a]^2. \quad (3.4)$$

(3.4), . . .

$$w_i = 1/\sigma_{Q_i}^2 \quad (3.5)$$

σ ,

V_i ,

σ_{Q_i} .

$$\sigma = 0.015 + 0.002(5/V - 1) \quad (3.6)$$

Q(H)

) Q(H),

$$Q(H) = \mu(H) + v(H) g(H) \quad (3.7)$$

$\mu(H)$ -

$v(H)$ -

$g(H)$ -

$$\mu(H) = Q(\quad) = \text{const} ; \quad (3.8)$$

$$v(H) = (H - H \quad) . \quad (3.9)$$

$g(H)$,

$$Y_i = \frac{Q_i - Q(H)}{H_i - H}, \quad (3.10)$$

$$Q_i - H_i - Y_i$$

$$Q(H) \quad (3.10)$$

$$g(H), \dots$$

$$g(H)$$

$$Q(H) = Q(H) + (H - H)(a_0 + a_1 H + a_2 H^2 + \dots + a_m H^m). \quad (3.11)$$

$$Q(H)$$

/6/.

$$Q(H) ($$

):

$$\bar{q} = \frac{Q - Q(H)}{Q(H)} \quad (3.12)$$

/30/.

Q(H)

Q(H)

Q(H).

/30/

Q(H)

\bar{q} ,

\bar{q}_t

$$Q = Q (1+ \bar{q}_t). \tag{3.13}$$

$\bar{q}(t)$

() ,

T ,

- .

, ,

.

-

, , ,

\bar{q}_i .

,

,

.

- , -

,

.

... /21/,

B h, - ,

H

S- :

$$B = \beta h^S_{\max}; h = \varphi h_{\max}; h_{\max} = H - H_0 \quad (3.14)$$

β - , 1-S ,

H_0 - .

S φ :

$$S=(1-\varphi)/\varphi$$

(3.15)

i /21/ :

$$Q=\sqrt{I/n_0}[\beta\varphi^{5/3}(x_1-a_1x_2+a_2x_3)-a_3x_4+a_4x_5-a_5x_6]$$

(3.16)

:

$$x_1=(H-H_0)^{5/3+S}; x_2=x_1\tau; x_3=x_1\tau^{4/3};$$

$$x_4=(H-H_0)^S u^{0,025}; x_5=x_4\tau; x_6=x_4\tau^{4/3}$$

(3.17)

$\tau -$,

$v -$ t

;

$$v=\sum t/\sum T_3 t (-)$$

-

,

.

-

:

$$Q = \frac{\omega^{5/3} \sqrt{I}}{B^{2/3} n_0} (1 + k_1 \tau + k_2 \tau^{4/3}), \quad (3.19)$$

ω - , B - , I -

Q t, , , I H,
n n₀.

() , ,

(3.19)

-

:

$$m_3 = \sqrt{I}/n_3 = \frac{\sqrt{I}}{n_0(1 + k_1 \tau + k_2 \tau^{4/3})} = \frac{QB^{2/3}}{\omega^{5/3}} \quad (3.20)$$

$$m = \frac{\sqrt{I}}{n}$$

(3.20)

$$m_3 = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2, \tag{3.21}$$

$$x_1 = \tau; x_2 = \tau^{4/3}.$$

, 0, a₁, a₂

$$Q = (\pi^{5/3} / B^{2/3})(a_0 + a_1 \tau + a_2 \tau^{4/3}) \tag{3.22}$$

π

$\pi(H) \quad B(H).$

(ω)

()

ω(H) B(H).

$$= m_1 \left(1 - \frac{\omega}{\omega_0} \right)^{5/3} \frac{n_0}{n} \left(\frac{I}{I_0} \right)^{0,5}$$

(3.23)

ω - ;
 ω - ();
 n n -
 ;
 I I -

$$: R = \omega / 2B ; m_1 = 0,63$$

(3.23),

, ()
 ,)

$$\left(1 - \frac{\omega}{\omega_0}\right)^{5/3}$$

(3.10)

$$= m_1 \left(1 - \frac{5\omega}{3\omega_0} + \frac{5\omega^2}{9\omega_0^2}\right) \frac{n_0}{n}$$

(3.24)

ω

h :

$$\omega = B h$$

$$= \sqrt{0,5 \left(\frac{\omega}{\omega_0} + \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \right)}$$

(3.25)

$n \quad 2-2,5$

n_0 .

n

:

$$= 0^{0,85h_k}$$

(3.26)

0,008 0,012)

(3.23),

n_0/n .

$n_0/n = 1$.

:

0,4-0,6,

$n_0/n = 1$.

n_0/n

:

$$\frac{n_0}{n} = 1 - m_2 \frac{T}{T} \quad -5-$$

(3.27)

—

;

—

.

,

,

—

$$Q = \frac{\omega R^{2/3}}{n} \sqrt{I}$$

(3.28)

n

(3.25)

(3.26)

(3.27),

:

$$Q = \frac{1,41\omega R^{2/3}}{n_0 \sqrt{1 + e^{1,7h}}} \sqrt{I}$$

(3.29)

(3.29)

:

$$y = \lg Q = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_4 x_4$$

(3.30)

$$x_1 = \lg \omega \quad ; \quad x_2 = \lg R \quad ; \quad x_3 = \lg n_0 \sqrt{1 + e^{1.7h}} \quad ; \quad x_4 = \lg \sqrt{I}$$

(3.29).

$\sqrt{\Sigma t^0}$,

$$x_3 = \sqrt{\left| \sum t^0 \right|}$$

(3.31)

()

(m)

3.2

(m),

m

4.

4.1

4.1

	—		F, ²	Q, ^{3/}
1	— .	1953	15500	64,8
		1963		36,1

		1973		65
2	-	1953	7130	47,5
		1963		20,4
		1973		44,8
3	-	1953	2250	3,29
		1963		1,63
		1973		6,29

m ,

,

$$m = \frac{QB^2}{\omega^5}$$

(Q) 1953, 1963, 1973 .

:

- , m;

- m

- , (H)

B(H) ()

- (B) ;

- , :

$$Q = \frac{m\omega^{\frac{5}{3}}}{B^{\frac{2}{3}}}$$

4.2

4.2

	–			Q	Q _m	S%
1	– .	1953	29	64,8	65,1	0,5
		1963	29	36,1	36,3	0,4
		1973	48	65	61,6	-5,3
2	– .	1953	31	47,5	47,8	0,6
		1963	25	20,4	19,08	-6,5
		1973	23	44,8	42,9	-4,3
3	– .	1953	23	3,29	3,58	8,8
		1963	13	2,05	1,51	-7,6
		1973	52	5,29	6,7	6,5

4.2,

(Q)

m (Q_m),

m

1,7%)

(

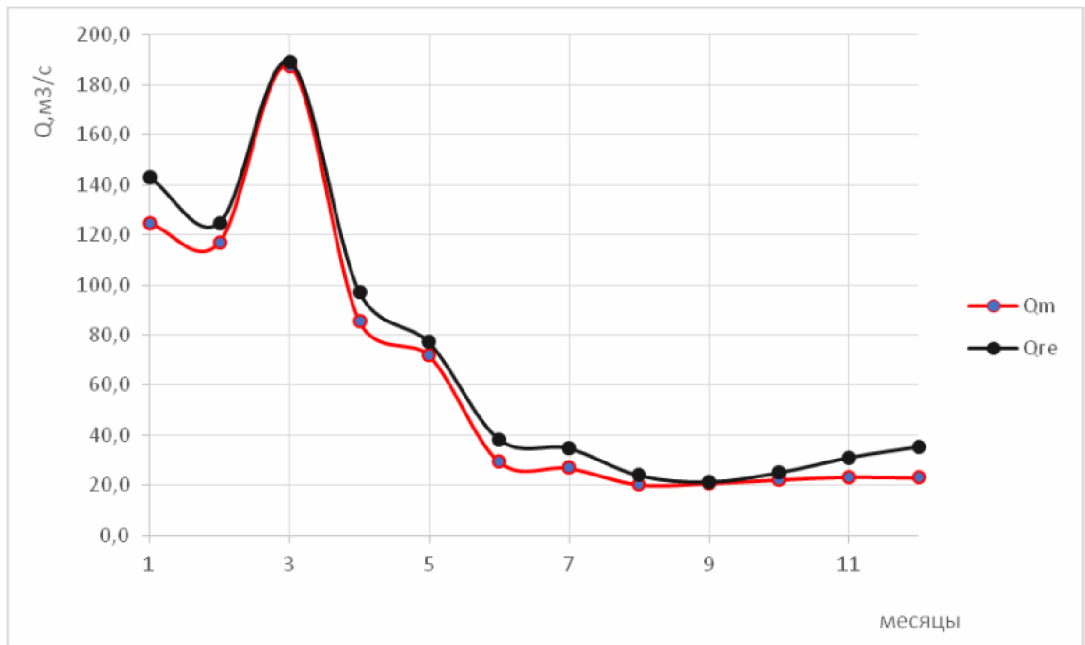
S

1963

(S%),

4.1, 4.2, 4.3

1973

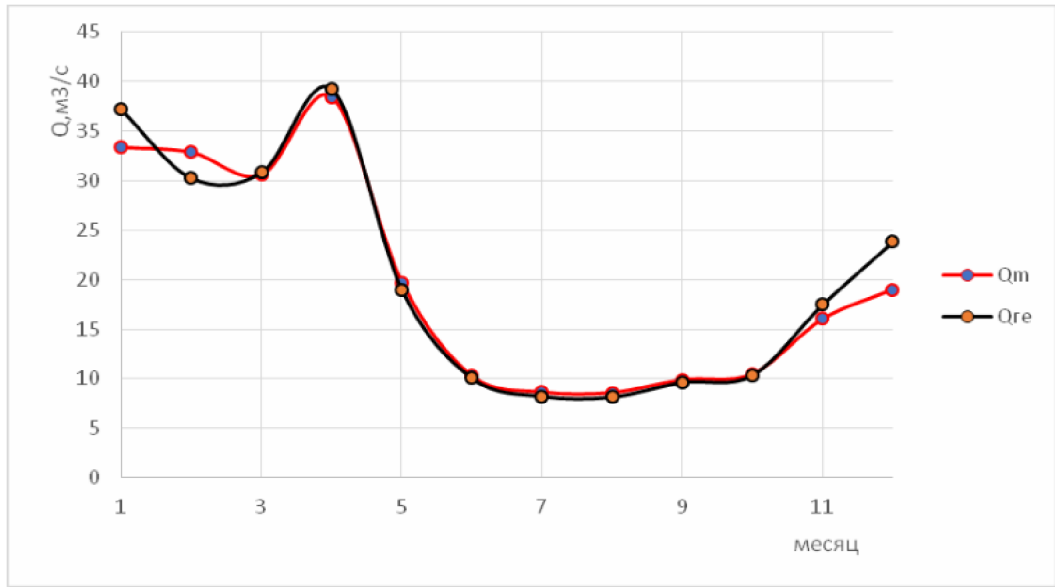


.4.1

1973 .

4.1

1973 .

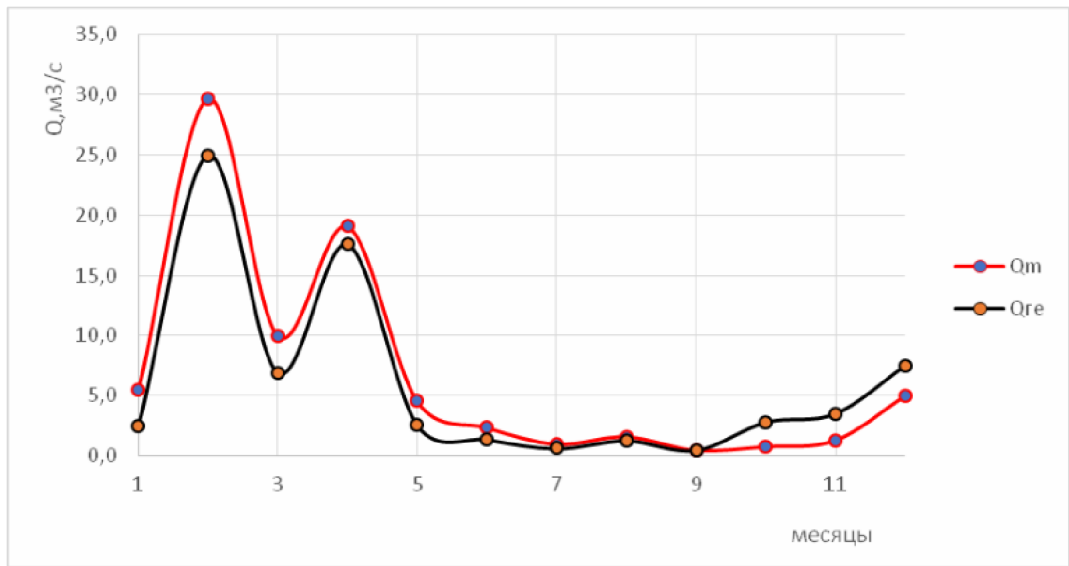


.4.2

— . 1963 .

4.2

1963 .



.4.3

— . 1973 .

4.3

1973 .

.
 .
 :
 —
 ;
 —
 ;
 —
 ,
 —
 ,
 (m),
 ;
 —
 ,
 .

1. . . . - ,, , 1948.
2. . . .
- :: . . . ,, 1963.
3. . . . ,,

//
22. - . -
:: . . . , 2011. - . 7-12.
4. . . . ,,
: , 2000.
5. . . .
// :

XXVII
/ - :
2018. 231– 233.
6. . . . ,,

//
: 31 2016 .
III - / .
. . . . - : ,, 2016 – . 217-219
7. . . .
- :: , 1989.
8. . . . ,, - :: , 1972.
9. . . . ,
//

15. - . -

∴ . , 2010. - . 19-26.

10. . .

//

:

XXVII

-

/

. . . . - : . ., 2018. 234–236.

11. . ., . .

//

: , , , / . 3 (21) /

. . . ., . . - ∴ «

» – 2017. – . 145-147

12. . ., . .

/

. . 9. . - ∴ . , 2003. – 220 . - . 112-122

13. . . - ∴ ,

1954. 1, ∴ 1955, 2.

14. . .

- ∴ . ., 1963.

15. . .

:

() . «

» .13, . , 2001, .94 -119.

16. . ., . . ,

- ∴ -

, 1961.

17. . . - ∴

, 1980.

18. . . . ,
// /
.245. – 2006. – . 101-108
19. . . . ,
. . . . , .9
« » . – , 2003, .112-122.
20. . . . ,
. – : , 1994
21. . . . ,
. . . . « » , 1, 2001.
22. – : , 1986.
23. , .6, .1 -3
- : , 1978.
24. . . . ,
. – , 2002.
25.
– , 1951
26.
.- : , 1981
27. 1953 .
1, 4 – 6
28. 1963 .
1, 4 – 6
29. 1973 .
1, 4 – 6

30. . .

. - , 2003, 26, .58-69.)

31. . . . - .

∴ , 1950.