

# ИССЛЕДОВАНИЯ ТЭО ПРОЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА РОГУНСКОЙ ГЭС

## ФАЗА II: ВАРИАНТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЙ ПРОЕКТА

### Том 3: Инженерия и Проектирование

#### Глава 3: Проектирование вариантов

#### Приложение 6– Записка по надводному борту ввиду волн

Август, 2014 г.

Отчет № P002378.RP57 ред. В

В	13/08/2014	Финальный-август 2014 г.	О. Клав	Луи Буза	Луи Буза
Б	31/03/2014	Финальный	О.Клав	Николя Санс	Николя Санс
А	16/07/2013	Первое издание	О. Клав	Николя Санс	Николя Санс

---

## СОДЕРЖАНИЕ

---

<b>1</b>	<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Ссылки</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Определения и гипотезы</b>	<b>3</b>
3.1	<i>Нагон воды</i>	3
3.2	<i>Скорость ветра</i>	7
3.3	<i>Высота волн</i>	8
<b>4</b>	<b>Калькуляция</b>	<b>8</b>
4.1	<i>Высота волны</i>	8
4.2	<i>Угловой подход волн</i>	9
4.3	<i>Калькуляция нагона волны</i>	10
4.4	<i>Калькуляция ветрового нагона</i>	11
<b>5</b>	<b>Результаты</b>	<b>12</b>

## **РИСУНКИ**

---

Рисунок 3.1 : Калькуляция нагона воды - НПУ = 1290 мнум .....	5
Рисунок 4.1: Снижение высоты волны из-за углового подхода .....	10

## **ТАБЛИЦЫ**

---

Таблица 3.1: Калькуляция нагона воды для каждого направления ветра - НПУ = 1290 мнум.....	7
Таблица 3.2 : Ежемесячная скорость ветра (м/с) .....	7
Таблица 3.3 : Проектирование скорости ветра (м/с) .....	8
Таблица 4.1 : Подсчитанный нагон .....	11
Таблица 4.2 : Подсчитанный ветровой нагон.....	11

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Данная записка представляет калькуляцию, которая приводит к оценке надводного борта, чтобы защитить плотину от волн.

Надводный борт является мерой предосторожности, чтобы принять во внимание разницу между теоретическим максимумом уровня воды неподвижной воды и той, которая повышается воздействием волн и нагоном ветра.

## 2 ССЫЛКИ

[1] Критерии и руководства надводного борта для подсчета допусков надводного борта для водохранилищ, USBR, 1992.

[2] Отчет завершения Рогунской ГЭС, Гидрометеорологические условия, n°1861-2-2-2, Институт Гидропроект, 2009.

[3] Прибыльное исследование осуществимости для завершения строительства Стадии 1, Том3D “Гидрология”, Ламаер Интернешнал, январь 2006.

## 3 ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ГИПОТЕЗЫ

### 3.1 Нагон воды

Длина нагона воды является горизонтальным расстоянием открытой водной поверхности, над которой дует ветер. В прошлом, использование наибольшего расстояния прямой линии на открытой воде в расчетах волн отражалось в расчетах высоты волн, которые были слишком высокими, так как количество прилегающего открытого водоема, имеющего более короткие, но значимые нагоны воды влияет на волны.

В [1], говорится, что "рекомендуемая процедура для оценки нагона воды над внутренним водохранилищем, имеющая неправильную форму береговой линии состоит в строительстве девяти радиальных установок от точки интереса с интервалами в 3° и расширением этих радиальных установок, пока они не пересекут береговую линию снова на противоположной стороне водохранилища. Длина каждой радиальной установки измеряется и арифметически усреднена. [...] Эти расчеты должны быть выполнены для нескольких направлений (центральной радиальной) приближения к плотине, в том числе ту сторону, где центральная радиальная установка нормальная для оси плотины, а также направление, в котором 24° общего распространения результатов в максимально возможный набор радиальных установок.

“Для каждого подсчитанного нагона воды должен быть определен угол центрально радиальной установки по отношению к линии, нормальной для оси плотины. Этот угол будет использоваться в дальнейшем для регулировки высоты волны, учитывая, что волна может подойти к плотине с менее тяжелого направления.

Следовательно, согласно представленному методу нагон воды для Рогунского водохранилища был подсчитан для трех вариантов. На следующем рисунке показан метод и выделены основные радиальные установки в случае Рогуна. На следующей таблице показаны результаты.

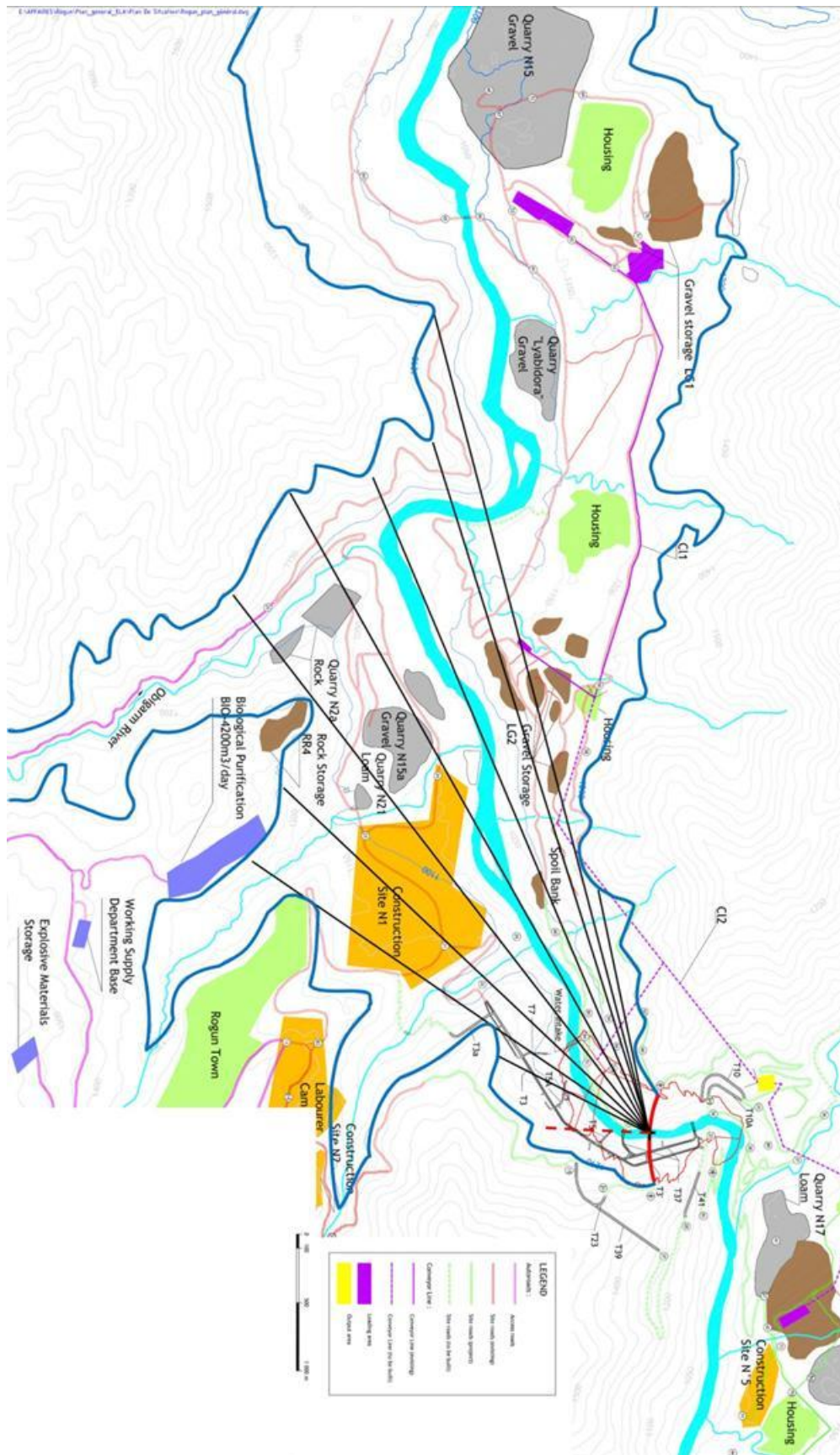


Рисунок 3.1 : Калькуляция нагона воды - НПУ = 1290 мнум

Направление ветра (°)	Нагон волны (км)		
	НПУ = 1290 мнум	НПУ = 1255 мнум	НПУ = 1220 мнум
0	0.389	0.347	0.306
3	0.608	0.558	0.508
6	1.266	1.208	1.149
9	1.882	1.816	1.749
12	2.467	2.392	2.317
15	3.021	2.946	2.871
18	3.567	3.492	3.417
21	4.104	4.029	3.954
24	4.622	4.547	4.472
27	4.978	4.903	4.828
30	5.188	5.113	5.038
33	4.960	4.885	4.810
36	4.761	4.686	4.611
39	4.572	4.497	4.422
42	4.367	4.292	4.217
45	4.172	4.097	4.022
48	3.732	3.657	3.582
51	3.296	3.221	3.146
54	2.876	2.801	2.726
57	2.581	2.506	2.431
60	2.287	2.212	2.137
63	2.004	1.929	1.854
66	1.733	1.658	1.583
69	1.461	1.386	1.311
72	1.173	1.098	1.023
75	1.121	1.046	0.971
78	1.079	1.004	0.929
81	1.041	0.966	0.891
84	1.003	0.928	0.853
87	0.961	0.886	0.811
90 (нормальный для оси плотины)	0.909	0.834	0.759
93	0.859	0.784	0.709
96	0.805	0.730	0.655
99	0.759	0.684	0.609
102	0.724	0.649	0.574
105	0.684	0.609	0.534
108	0.640	0.565	0.490
111	0.589	0.514	0.439
114	0.538	0.463	0.388
117	0.496	0.421	0.346
120	0.464	0.389	0.314
123	0.439	0.364	0.289
126	0.418	0.343	0.268
129	0.400	0.325	0.250
132	0.385	0.310	0.235
135	0.372	0.297	0.222
138	0.366	0.291	0.216
141	0.363	0.288	0.213
144	0.361	0.286	0.211
147	0.360	0.285	0.210

150	0.360	0.285	0.210
153	0.360	0.285	0.210
156	0.360	0.285	0.210
159	0.360	0.285	0.210
162	0.360	0.285	0.210
165	0.360	0.285	0.210
168	0.360	0.285	0.210
171	0.320	0.245	0.170
174	0.280	0.205	0.130
177	0.240	0.165	0.090
180	0.200	0.125	0.050
147	0.360	0.347	0.306
150	0.360	0.558	0.508
153	0.360	1.208	1.149
156	0.360	1.816	1.749
159	0.360	2.392	2.317
162	0.360	2.946	2.871
165	0.360	3.492	3.417
168	0.360	4.029	3.954
171	0.320	4.547	4.472
174	0.280	4.903	4.828
177	0.240	5.113	5.038
180	0.200	4.885	4.810

**Таблица 3.1: Калькуляция нагона волны для каждого направления ветра - НПУ = 1290 мнум**

### 3.2 Скорость ветра

Информация по скорости ветра была найдена в ссылке [2] и [3] и выводится из данных, записанных в метеорологических станциях Гарма, Комсомолобада и Обигарма.

Как средняя ежемесячная, так и годовая скорость ветра представлены в следующей таблице.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XI	An.
Garm (Rogun site)	3.6	3.5	3.1	2.3	1.9	2.0	1.9	2.1	2.2	1.8	2.8	3.2	2.5
Komsomolabad	1.5	1.6	1.8	1.9	1.4	1.6	1.6	1.5	1.6	1.4	1.7	1.6	1.6
Obigarm	0.6	0.6	0.8	1.2	1.1	1.0	1.3	1.6	1.6	1.2	0.8	0.5	1.0

**Таблица 3.2 : Ежемесячная скорость ветра (м/с)**

Подсчитанная скорость ветра, которая может возникнуть в нескольких временных периодах, представлена в следующей таблице.



Meteorological station	Wind speed (m/s) possible once every				
	1 year	5 years	10 years	15 years	20 years
Garm	18	22	24	25	26
Komsomolabad	12	14	15	16	17
Obigarm	18	25	28	30	32

**Таблица 3.3 : Проектирование скорости ветра (м/с)**

Зная эти данные, были определены два типа ветра, рассмотренных в критериях проектирования: сильный, который имеет скорость 18 м/с и экстремальный ветер имеет скорость 32 м/с.

### 3.3 Высота волн

Волны, вызванные ветром в крупных водоемах не являются одинаковыми по высоте, но состоят из спектра волн различной высоты. Существует четко определенная взаимосвязь между значимой высотой волны ( $H_s$ ) и высотой других волн в спектре. Из этой взаимосвязи можно увидеть, что  $H_s$  представляет собой среднюю высоту одной трети самых высоких волн в данном спектре. Также, средняя высота волны 10-ти процентов самых высоких волн в данном спектре составляет  $1.27H_s$  и средняя высота волны 1 процента самых высоких волн в данном спектре будет примерно  $1.67H_s$ .

С пригодностью гребня и склона, защищенных от эрозии (бетонный тротуар и асфальтовая дорога, например), высота волны 10-ти процентов самых высоких волн должна быть использована для вычисления набега и надводного борта т.е.  $1.27H_s$ .

## 4 КАЛЬКУЛЯЦИЯ

Методология для расчета общей достигнутой отметки плотины  $E$  по сравнению с уровнем воды в первую очередь основана на оценке значительной высоты волны  $H_s$ . Вводными данными является нагон воды и характеристика ветра.

Затем нагон  $R$  на плотине будет рассчитываться по отношению к расчетной высоте волны  $H_d$ . Будут учитываться несколько параметров плотины, такие как шероховатость, пористость, наклон и тип плотины.

Нагон ветра (установка  $S$ ) также должен быть принят во внимание как дополнительное влияние на волну, воздействующую на плотину.

Надводный борт определяется как нагон ветра ( $S$ ) плюс нагон воды ( $R$ ).

### 4.1 Высота волны

Значительная высота волны определяется как будучи средней высотой одной трети самых высоких волн.

В прогнозировании волны Бюро Мелиорации (USBR), значимые подсчеты высоты основаны на гипотезе глубокой воды. В приведенной ниже таблице напоминает классификация в соответствии с длиной волны  $L_w$  и глубиной водохранилища  $d$ :

Классификация	$d/L_w$
Глубокая вода	$>1/2$
переходная	$1/25$ to $1/2$
мелководье	$<1/25$

Таблица 4: Гипотеза глубокой воды

В глубокой воде:

$$H_s = 5.112 \cdot 10^{-4} \times U_A \times F_{eff}^{1/2} \quad T_w = 6.238 \cdot 10^{-2} \times (U_A \times F_{eff})^{1/3} \quad \text{и} \quad L_w = \frac{gT_w^2}{2\pi}$$

Определенный нагон воды с частью **Error! Reference source not found.** и:

- $U_A$  Показатель ветра определен следующим образом:  

$$U_A = 0.71 \times (V_w)^{1.23}$$
- $V_w$  Скорость ветра 10 метров над поверхностью воды (18 или 32 м/с согласно части 3.2).

Подсчитанная расчетная высота волн (1.27. $H_s$ ) является следующей:

Варианты плотины	$H_{дн}$ (сильный ветер)	$H_{дн}$ (экстремальный ветер)
НПУ = 1290 мнум	1.15 м	2.36 м
НПУ = 1255 мнум	1.15 м	2.34 м
НПУ = 1220 мнум	1.14 м	2.32 м

## 4.2 Угловой подход волн

Высота волн для волн, подсчитанных для нагона воды (или направления ветра), которые не являются нормальными для оси плотины, должна быть уменьшена в соответствии с коэффициентом, определенным на следующем рисунке. Угловое расхождение это угол между центральной радиальной установки эффективного расчета нагона воды и оси, которая является нормальной для оси плотины. Понижающий коэффициент, указанный как  $C_a$ , затем умножается на высоту волн.

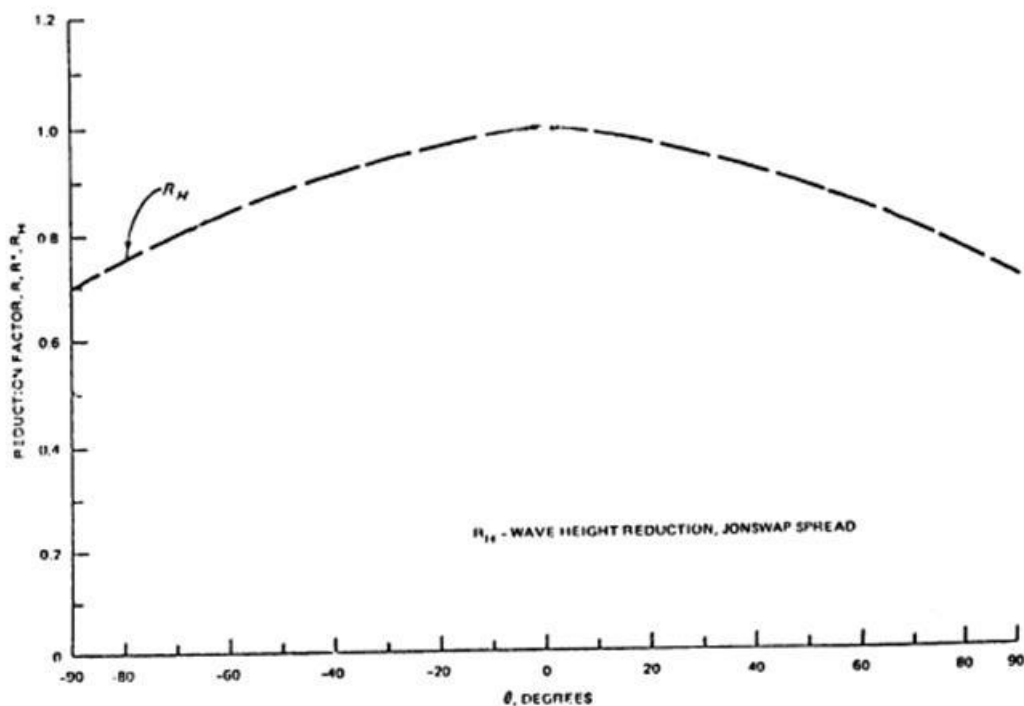


Рисунок 4.1: Снижение высоты волны из-за углового подхода

### 4.3 Калькуляция нагона волны

Волны, бегущие на верховой напорной грани плотины могут увеличивать или уменьшать необходимый надводный борт в функции из следующих параметров, которые будут таким образом изучены:

- Верхний наклон плотины,
- Шероховатость и пористость,
- Угловое расхождение волн по сравнению с нормальным к оси плотины.

Значительная высота волн  $H_{sn}$  и  $H_{su}$  должна быть скорректирована согласно соответствующим коэффициентам для определения нагона.

На вертикальной плотине, кинетическая энергия волн непосредственно преобразуется в потенциальную энергию вызывающую высокие волны. Затем, максимальная достигнутая вертикальная высота увеличивается.

Для склонов откосов насыпи равных или более наклонный, чем  $5H/1V$ , волна, в конечном счете бьется о набережную и увеличивает уклон на высоту, регулируемую углом уклона, шероховатостью и проницаемостью поверхности насыпи и характеристиками волн. На набережной с насыпной поверхностью, нагон определяется по формуле:

$$R = \frac{H}{0.4 + \sqrt{\frac{H}{L}} \cot \theta}$$

Где H является высотой волны, L это длина волны и  $\theta$  это угол грани плотины с горизонтали.

Подсчитанные нагоны представлены в следующей таблице.

	Нагон для сильного ветра	Нагон для экстремального ветра
НПУ = 1290 мнум	0.99 м	1.88 м
НПУ = 1255 мнум	0.98 м	1.86 м
НПУ = 1220 мнум	0.98 м	1.85 м

**Таблица 4.1 : Подсчитанный нагон**

#### 4.4 Калькуляция ветрового нагона

Ветровым нагоном является накопление воды на подветренном конце закрытого водоема, в результате горизонтального напряжения на воду, вызванного ветром. Величина ветрового нагона может быть выражена следующей представлено ниже формулой Зейдер Зи:

$$S = \frac{V_w^2 \cdot F}{4850 \cdot D}$$

С параметрами, соответствующими определенной части 3.1 и D Средняя глубина водохранилища вдоль line нагона воды. D принимается равной 2/3 максимальной глубины воды.

Подсчитанные ветровые нагоны представлены в следующей таблице.

	Нагон для сильного ветра	Нагон для экстремального ветра
НПУ = 1290 мнум	0.002 м	0.005 м
НПУ = 1255 мнум	0.003 м	0.004 м
НПУ = 1220 мнум	0.003 м	0.005 м

**Таблица 4.2 : Подсчитанный ветровой нагон**

## 5 РЕЗУЛЬТАТЫ

Надводный борт против волн является следующим:

	Сильный ветер (18 м/с)	Экстремальный ветер (32 м/с)
НПУ=1290 мнум	0.99	1.88
НПУ =1255 мнум	0.99	1.87
НПУ =1220 мнум	0.98	1.85