



**ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦИИ ГИДРОУЗЛА ХОРОБУТСКОЙ
СИСТЕМЫ**

**HYDROELECTRIC FACILITY RECONSTRUCTION PROJECT KHOROBUT
SYSTEM**

^{1,2}**Кокиева Галия Ергешевна**, доктор технических наук, декан Инженерного факультета ¹ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова» (670024, Республика Бурятия, город Улан-Удэ, ул. Пушкина, д.8), тел. 8-924-8-66-537, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3447-1911> , kokievagalia@mail.ru

²Профессор кафедры «Информационные и цифровые технологии» ФГБОУ ВО Арктический агротехнологический университет (677007, Республика Саха (Якутия), г.Якутск, шоссе Сергеляхское, 3 км., дом.3,), тел. 8-924-8-66-537, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3447-1911> , kokievagalia@mail.ru

²**Горбунов Е.А.**, студент Инженерного факультета ФГБОУ ВО Арктический агротехнологический университет (677007, Республика Саха (Якутия), г.Якутск, шоссе Сергеляхское, 3 км., дом.3,), тел. 8-924-8-66-537, ORCID: <http://orcid.org/> , GorEA@mail.ru

^{1,2} **Kokieva Galiya Ergeshevna**, Doctor of Technical Sciences, Dean of the Faculty of Engineering of the 1st Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

(670024, Republic of Buryatia, Ulan-Ude, Pushkin str., 8), tel. 8-924-8-66-537,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3447-1911> , kokievagalia@mail.ru

²Professor of the Department "Information and Digital Technologies" of the Arctic Agrotechnological University (677007, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Sergelyakhskoye highway, 3 km., house 3,), tel. 8-924-8-66-537, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3447-1911> , kokievagalia@mail.ru

²**Gorbunov E.A.**, student of the Engineering Faculty of the Arctic Agrotechnological University (677007, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Sergelyakhskoye highway, 3 km., house 3,), tel. 8-924-8-66-537, ORCID: <http://orcid.org/> , GorEA@mail.ru

Аннотация. В работе приведены гидрологические расчёты и оценка водности 37-летнего ряда наблюдений, вполне достаточный для получения надёжных параметров стока р. Суола.

Annotation. The paper presents hydrological calculations and an assessment of the water content of a 37-year series of observations, which is quite sufficient to obtain reliable parameters of the Suola River runoff.

Ключевые слова: гидрологические расчеты, наблюдения, амплитуда колебаний, паводки

Keywords: hydrological calculations, observations, oscillation amplitude, floods

Введение

В условиях Якутии сдерживающей причиной в развитии сельскохозяйственного производства является отсутствие надёжной кормовой базы. Главный источник кормов в Якутии- сено естественных лугов. Основную массу сенокосных угодий составляют луга недостаточного увлажнения (аласные и незаливаемые пойменные), занимающие около 70-80% площади сенокосов. В условиях засушливого климата в начале вегетации получение гарантированного урожая от естественных лугов и пастбищ может быть достигнуто только за счёт их орошения. Гидроузел Хоробутской обводнительной системы, является одним из первых деревянных сооружений свайно – обшивной и ряжевой конструкции

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

в Якутии. Основные сооружения Хоробутской системы были разрушены в весенний паводок, при максимальных расходах весеннего половодья $76 \text{ м}^3/\text{сек}$, что соответствует 25% обеспеченности. Необходимость реконструкции гидроузла Хоробутской системы в железобетонном варианте обусловлена решением ряда вопросов:

1. Переход из деревянных конструкций в долговечные железобетонные конструкции;
2. Обеспечение работы узлов сооружений в автоматическом режиме с целью простоты управления гидроузлом.

В работе представлена реконструкция гидроузла, состоящая из всех узлов, необходимых для данного класса сооружения. Проектирование велось на основе изучения и анализа гидрологических наблюдений 37-летнего ряда, с учетом природно-климатических особенностей региона и наиболее прогрессивных конструктивных решений и технологий. Была принята попытка упростить работу некоторых сооружений с целью упрощения обслуживания и безаварийной работы.

Мегино – Кангаласский район относится к территории центральной Якутии, расположенной на Лено – Амгинском междуречье. Основной особенностью климата данного региона является резкая его континентальность, проявляющаяся в больших годовых колебаниях температуры и в недостаточном количестве атмосферных осадков. Амплитуда колебания температур самого холодного и самого теплого месяцев (январь-июль), которую можно принять условной за меру континентальности климата, достигает $102^\circ\text{-}103^\circ$. В геоморфологическом отношении реконструируемый гидроузел находится в районе Лено – Амгинского междуречья на центральной якутской аллювиальной равнине. В геологическом строении равнины основное участие принимают образования четвертичного возраста. Четвертичные отложения представлены различными генетическими типами, однако, наибольшее развитие имеют аллювиальные, достигающие местами значительной мощности (100-120м). Равнины среднего и нижнего уровней характеризуются спокойной

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

поверхностью, сложены аллювиальными осадками с включением почвенных льдов, протаивание которых сопровождается развитием процессов термокарста с образованием замкнутых депрессий т.е аласных котловин. В формировании аласного рельефа, основную роль, кроме древнего термокарста, сыграла эрозия древней речной сети. Размеры аласов разные: протяжённость некоторых из них достигает нескольких километров, а глубина обычно составляет 3-7м, реже доходит до 20-40м. В прилегающих к реке Суола аласных образованиях развита бугристая морфоскульптура, представленная буграми различного типа и генезиса. Наиболее многочисленны и разнообразны бугры пучения, среди которых основными являются бугры с ледяным и минеральным ядром. Одна из особенностей исследуемого региона – наличие мощного слоя многолетне мёрзлых горных пород(150-600м). В различных точках региона температура этих пород неодинакова и в целом характеризуется довольно низкими значениями. Одной из важнейших в практическом отношении характеристик горных пород является мощность сезонно протаивающего слоя. В районе Лено-Амгинского междуречья на лугах глубина протаивания составляет 1,1 и 2,3м. По почвенно-мелиоративному районированию участок строительства гидроузла входит в центрально якутскую таёжно-аласную провинцию.

Гидрологические изыскания на реке Суола

Бассейн реки Суола расположен в Лено – Амгинском междуречье. Река протекает по территории двух административных районов Якутии. Река Суола (в верхнем течении носит название Биэкэнэ) является правым притоком реки Лены, впадает в протоку без названия в 17,5 км от устья протоки и в 1483 км от устья реки Лены. Общая длина реки равна 224 км. Площадь водосбора к устью 5350 км². Река имеет 8 притоков первого порядка длиной более 10 км, 25 притоков, длиной менее 10 км, общей длиной 64км. Количество озёр на водосборе 1593, общая площадь водного зеркала 56,3 км² (3,5% от площади водосбора). Река Суола, расположенная в Лено – Амгинском междуречье асимметричной формы, залесена на 65%. Средняя высота водосбора 260 м. Озёрность 3,5%, заболоченность менее 5%. Средневзвешенный уклон реки 1,3‰.

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

Основная фаза водного режима реки Суола – весеннее половодье. При естественном режиме начало половодья отмечается в первой декаде мая, а завершается в первой декаде июня. Средняя продолжительность половодья 33 дня. Наивысший уровень наблюдался 11 мая 1980 года и составил 165,3 м Балтийской системы. После половодья наступает летняя межень, прерываемая незначительными дождевыми паводками. В отдельные годы в межень река пересыхает на перекатах. В зимний период сток в реке отсутствует. Годовая амплитуда колебания уровня составляет 0,7-2,4 м. Средняя дата появления ледяных образований на реке Суола отмечается 30 сентября, начало ледостава – 14 октября. Ледостав на реке продолжается в течении 217 дней. Так как река перемерзает в зимний период, сток весной начинается поверх льда. При отрыве отдельных ледяных полей от дна отмечается ледоход.

Анализ многолетнего ряда средних годовых расходов воды в р. Суола у с. Бютейдях площадью водосбора $F=1270 \text{ км}^2$ приведен в табл. 1

Таблица 1– Статистический анализ многолетнего ряда средних годовых расходов воды в р. Суола у с. Бютейдях $F=1270 \text{ км}^2$

Год	M_0 л/с·км ²	В убывающем порядке			K_i	K_{i-1}	$(K_{i-1})^2$	$\lg K_i$	$K_i \lg K_i$
		Год	M_0 л/с·км ²	$P_i\%$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

1950	0,01	1967	2,69	2,6	4,64	3,64	13,25	0,666	3,09
1952	0,75	1980	2,5	5,3	4,31	3,31	10,95	0,634	2,73
1953	0,19	1962	2,86	7,9	3,21	2,21	4,88	0,506	1,62
1954	0,87	1979	1,77	10,5	3,05	2,05	4,20	0,484	1,48
1955	0,20	1976	1,54	13,2	2,7	1,70	2,89	0,431	1,16
1956	0,29	1983	1,24	15,0	2,24	1,20	1,44	0,342	0,75
1957	0,53	1982	1,2	18,4	2,1	1,10	1,21	0,322	0,68
1958	0,30	1971	0,92	21,0	1,59	0,59	0,35	0,201	0,32
1959	0,17	1954	0,87	23,7	1,5	0,5	0,25	0,176	0,264
1960	0,01	1952	0,75	26,3	1,29	0,29	0,08	0,110	0,142
1961	0,33	1970	0,75	29,0	1,29	0,29	0,08	0,110	0,142
1962	1,86	1984	0,68	31,6	1,17	0,17	0,028	0,068	0,079
1963	0,11	1957	0,53	34,2	0,91	-0,09	0,008	-0,041	-0,037
1964	0,15	1966	0,50	36,8	0,86	-0,14	0,019	-0,065	-0,056
1965	0,08	1968	0,39	39,5	0,67	-0,33	0,108	-0,174	-0,116
1966	0,5	1975	0,35	42,1	0,6	-0,40	0,160	-0,222	-0,133
1967	2,69	1961	0,33	44,7	0,57	-0,43	0,184	-0,244	-0,139
1968	0,39	1958	0,30	47,4	0,52	-0,48	0,270	-0,284	-0,147
1969	0,23	1956	0,29	50,0	0,5	-0,50	0,25	-0,301	-0,150
1970	0,75	1969	0,23	52,6	0,4	-0,60	0,36	-0,398	-0,159
1971	0,92	1955	0,20	55,3	0,84	-0,66	0,435	-0,468	-0,159
1972	0,16	1953	0,19	57,9	0,33	-0,67	0,449	-0,481	-0,159
1973	0	1959	0,17	60,5	0,29	-0,71	0,504	-0,537	-0,156
1974	0,16	1985	0,17	63,2	0,29	-0,71	0,504	-0,537	-0,156
1975	0,35	1972	0,16	65,8	0,28	-0,72	0,518	-0,553	-0,145
1976	1,54	1974	0,16	68,4	0,28	-0,72	0,518	-0,553	-0,145
1977	0,13	1964	0,15	71,0	0,26	-0,74	0,547	-0,585	-0,142
1978	0,02	1977	0,13	73,7	0,22	-0,78	0,608	-0,657	-0,134
1979	1,77	1963	0,11	76,3	0,19	-0,81	0,656	-0,721	-0,124
1980	2,5	1981	0,086	79,0	0,15	-0,85	0,722	-0,824	-0,123
1981	0,086	1965	0,080	81,6	0,14	-0,86	0,739	-0,854	-0,119
1982	1,20	1986	0,047	84,2	0,08	-0,92	0,846	-2,097	-0,088
1983	1,24	1978	0,020	86,8	0,03	-0,97	0,941	-1,523	-0,045
1984	0,68	1950	0,010	89,5	0,02	-0,98	0,960	-1,698	-0,034
1985	0,17	1960	0,010	92,1	0,02	-0,98	0,960	-1,698	-0,034
1986	0,047	1973	0	94,7	0	-1,0	1,0	-	-
1987	0	1987	0	97,4	0	-1,0	1,0	-	-
	$\Sigma=21,383$ $M_0=0,58\text{л/с}\cdot\text{км}^2$				37	+17,05 -17,05	52,86	-10,465	9,757

Находим коэффициент вариации, C_v :

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (k_i - 1)^2}{n}} = \sqrt{\frac{52,86}{37}} = \sqrt{1,42} = 1,19 \quad (1)$$

Так как $C_v > 0,5$ коэффициенты C_v и $\frac{C_s}{C_v}$ определены методом наибольшего

правдоподобия по равенствам: $\lambda_2 = \frac{\sum \lg K_i}{n-1}$;

$$\lambda_2 = \frac{\sum K_i \lg K_i}{n-1}.$$

отсюда $\lambda_2 = -0,29$, $\lambda_3 = 0,27$. Имея значение λ_2 и λ_3 по приложению 1 СНиП 2.01.14-83 стр.18 определены $C_v = 1,18$; $C_s = C_v$.

Эмпирические точки и теоретическая кривая обеспеченностей приведены на рис.1

Таблица 2 – Расчёт ординат теоретической кривой обеспеченности с параметрами $C_v=1,18, C_s=C_v$.

P, %	1	5	10	20	30	40	50	60	70	75	80	90	95	97
Ф	3,13	1,9	1,3 4	0,7 4	0,36	0,0 6	-0,18	-	-	-	-0,84	-1,09	-1,26	-1,36
Ф C_v	3.66	2.2	1.5	0.8	0.42	0.0	-0.21	-	-	-	-0.99	-1.28	-1.48	-1.60
К _p	4.66	3.2 2	8	7	1.42	7	0.79	0.49	0.73	0.87	0.01	-0.28	-0.48	-0.60
		2.5 8	1.8 7			1.0 7		0.51	0.27	0.13				

Внутригодовое распределение стока

На реке Суоле, как и на всех реках Якутии со снеговым питанием весна является основной фазой водного режима. За этот период проходит от 95% до 100% всего годового стока. В весеннее время р. Суола зарегулирована оросительными системами, перераспределившими сток с мая на июнь, тогда как при естественном режиме реки основная доля весеннего стока проходит в мае. Особенно это заметно в маловодные годы, когда сток в июне резко возрастает по сравнению с маем, за счёт сброса отработанных вод системами лиманного орошения. Расчёт внутригодового распределения стока реки Суола произведён по распределению реального года. (Рис.2.5.). Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что большая часть стока проходит в июне. С июля наступает резкое уменьшение стока и в начале зимнего сезона он прекращается. Этому способствует наличие сплошной многолетней мерзлоты мощностью до 500м в сочетании с глубоким залеганием водоносных комплексов. Максимальные расходы в створе Хоробутской системы всех обеспеченностей рассчитаны по региональной эмпирической формуле по распределению реального года:

$$Q_p = \frac{K_0 \cdot h_p \cdot F}{(F + 1)^{0.17}} \quad (2)$$

где, K_0 - коэффициент, зависящий от дружности половодья;

h_p - весенний слой стока, мм;

F - площадь водосбора к замыкающему створу;

0,17 – показатель степени, характеризующей уменьшение коэффициента дружности для зоны тундры и лесной зоны.

$$K_0 = 0,0054, F = 3080 \text{ км}^2.$$

Для получения максимальных расходов весеннего половодья других обеспеченностей использованы слои весеннего стока соответствующих обеспеченностей. Данные расчётов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Максимальные расходы весеннего половодья р. Суола- створ гидроузла Хоробутской системы

$$F = 3080 \text{ км}^2$$

Характеристика	Обеспеченность(P), в %						
	1	5	10	25	50	75	85
Объём W, млн. м ³	306,5	174	117,4	55,4	16,6	2,93	1,09
Слой стока, мм	99,4	56	38,1	18,0	5,4	1,0	0,4
Q_p , м ³ /с	421	238	161	76,3	22,9	4,24	1,69

Гидрографы весеннего половодья различных обеспеченностей построены в соответствии со СП 33-101-2003 (Рис. 2.5.-2.6.)

Ординаты расчётного гидрографа определены по формуле:

$$Q_i = y Q_{p\%} \quad (3)$$

а абсциссы по формуле:

$$t_i = x t_n \quad (4)$$

где, x, y - относительные ординаты расчётного гидрографа стока воды, по таблице СП 33-101-2003

$Q_{p\%}$ - расчётный максимальный средний суточный расход воды весеннего половодья, м³/с

T_n - продолжительность подъёма весеннего половодья, определяется по формуле:

$$t_n = 0.0116 \lambda h_p / g_{p\%}, \text{сут} \quad (5)$$

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

где λ_n - коэффициент формы гидрографа;

h_p - слой стока весеннего половодья расчётной обеспеченности (Табл. 2. б), мм;

$g_{p\%}$ - расчётный модуль максимального среднего суточного расхода воды весеннего половодья, $m^3/сек \cdot км^2$.

$\lambda=0$

Максимальный расход 1% обеспеченности дождевого паводка по реке Суола рассчитан по региональной формуле:

$$Q_{1\%} = \frac{B_{1\%}}{(F + 1)^{0.35}} \cdot F \quad (6)$$

где, $B_{\%}$ - районный параметр принят по в/п Бютейдях 0,46 (Ресурсы поверхностных вод. Том 17)

F - площадь водосбора к створу

$$Q_{1\%} = \frac{0.46 \cdot 3080}{16.64} = 85.1 m^3 / c$$

$$Q_{10\%} = 0.64 \cdot 85.1 = 54.6 m^3 / c$$

$$Q_{25\%} = 0.46 \cdot 85.1 = 39.1 m^3 / c$$

Так как река Суола протекает в засушливом районе Центральной Якутии, на реке, в отдельные годы, может наблюдаться полное отсутствие стока в летний период вследствие пересыхания.

В годы, когда пересыхание не наблюдается в качестве основной расчётной характеристики минимального стока принят сток за наиболее маловодный непрерывный период, продолжительностью 30 дней. По водопосту Бютейдях многолетний минимальный 30 дневный расход воды составляет $0,027 m^3/c$, для створа Хоробутской системы это будет соответствовать расходу $0,065 m^3/c$. Основным водоисточником для обводнения и орошения сельскохозяйственных угодий Хоробутской обводнительной системы и лиманного орошения является сток весеннего половодья реки Суола. По уточнённым расчётам стока максимальный расход весеннего половодья 1% обеспеченности равен $421 m^3/c$, при отметке 142,35м. Гидравлическая кривая зависимости расходов воды от

уровней приведена на рис.4.2. С учётом приведённых параметров рассмотрено 3 варианта выбора компоновки гидроузла:

Таблица 4 – Координаты расчётных гидрографов весеннего половодья р.Суола различной обеспеченности

X	Y	P=1%		P=5%		P=25%		P=50%	
		Q=421м ³ /с t _n =6		Q=288 м ³ /с t _n =6		Q=76.3 м ³ /с t _n =5		Q=22.9 м ³ /с t _n =4.8	
		t _i	Q _i	t _i	Q _i	t _i	Q _i	t _i	Q _i
0.1	0	0.6	0	0.6	0	0.5	0	0.48	0
0.2	0.003	1.2	1.26	1.2	0.71	1.0	0.23	0.96	0.07
0.3	0.05	1.8	21.05	1.8	11.9	1.5	3.82	1.44	1.14
0.4	0.19	2.4	79.9	2.4	45.2	2.0	14.5	1.92	4.35
0.5	0.40	3.0	168.4	3.0	95.2	2.5	30.5	2.4	9.16
0.6	0.61	3.6	256.8	3.6	145.2	3.0	46.5	2.9	13.9
0.7	0.79	4.2	332.6	4.2	188.0	3.5	60.3	3.36	18.1
0.8	0.91	4.8	383.1	4.8	216.6	4.0	69.4	3.84	20.8
0.9	0.98	5.4	412.6	5.4	233.2	4.5	74.7	4.32	22.4
1.0	2.00	6.0	421.0	6.0	238.0	5.0	76.3	4.8	22.9
1.1	0.98	6.6	412.6	6.6	233.2	5.5	74.7	5.3	22.4
1.2	0.94	7.2	395.7	7.2	223.7	6.0	71.7	5.7	21.5
1.3	0.88	7.8	370.5	7.8	209.4	6.5	67.1	6.2	20.1
1.4	0.81	8.4	341.0	8.4	192.8	7.0	61.8	6.7	18.5
1.5	0.74	9.0	311.5	9.0	176.1	7.5	56.5	7.2	16.9
1.6	0.66	9.6	277.8	9.6	157.1	8.0	50.3	7.7	15.1
1.7	0.59	10.2	278.3	10.2	140.4	8.5	45.0	8.2	13.5
1.8	0.52	10.8	218.9	10.8	123.7	9.0	39.7	8.6	11.9
1.9	0.46	11.4	193.6	11.4	109.5	9.5	35.09	9.1	10.5
2.0	0.40	12.0	168.4	12.0	95.2	10.0	30.5	9.6	9.16
2.2	0.30	13.2	126.3	13.2	71.4	11.0	22.9	10.5	6.8
2.4	0.22	14.4	92.63	14.4	52.4	12.0	16.8	11.5	5.0
2.6	0.16	15.6	67.36	15.6	38.08	13.0	12.2	12.5	3.6
2.8	0.12	16.8	50.5	16.8	28.6	14.0	9.15	13.4	2.75
3.0	0.086	18.0	36.2	18.0	20.47	15.0	6.56	14.4	1.97
3.5	0.037	21.0	15.58	21.0	8.8	17.5	2.82	16.8	0.84
4.0	0.016	24.0	6.74	24.0	3.8	20.0	1.22	19.2	0.36
5.0	0.003	30.0	1.26	30.0	0.7	25.0	0.23	24	0.07

Таблица 5 – Сведения о пересыхании р.Суола.

Пункт	Площадь водосбора км ²	Период наблюдений	Число лет		Продолжительность периода пересыхания			Наибольшее число случаев пересыхания за год
			Наблюдений	В которые отмечалось пересыхание	Среднее за годы с явлением пересыхания	Наибольшая (год)	Наименьшая (год)	
Водоноситель Бютейдах	1270 1270	1950 1967	18	9	219	322 (1950г)	3 (1952г)	1

Основная часть

Основное назначение гидроузла – это создание лиманов, путём подпора весенних паводковых вод реки Суола для обеспечения последовательного затопления водой нижележащие лиманы. Кроме того, создаются лиманы в весенний период, в остальное время р. Суола служит источником водообеспечения населённых пунктов, расположенных в районе системы. Основное водоснабжение населённых пунктов осуществляется в летнее время вывозкой воды из специально отведённых водозаборов и заготовкой льда в зимнее время. К промышленному сектору отнесены маслозаводы, ремонтные мастерские, гаражи в каждом населённом пункте. Так как, основное направление совхоза – мясо-молочное производство в каждом населённом пункте расположены 3-4 молочно-товарные фермы. Объёмы водопотребления приведены в таблице 3.1. Суммарный объём водопотребления равен 340,8м³/сут или 0,12млн. м³/год. Водоисточником для орошения сельскохозяйственных угодий Хоробутской системы лиманного орошения является сток весеннего половодья реки Суолы. Заполнение лиманов совпадает с половодьем реки, оросительная норма принята 1850м³/га. Так как система состоит из пяти последовательно расположенных лиманов, то происходит затягивание сроков опорожнения лиманов и сокращения и без того короткого вегетационного периода. Поэтому для ускорения сроков опорожнения лиманов, целесообразно головной шлюз-регулятор принят с расходом 30-40 м³с. В таблице 3.3. представлен график орошения лиманов при средней, 50% обеспеченности. При

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

этом из реки забирается в систему 5899тыс. м³, повторный оборот составляет 4799тыс. м³ и тройной оборот 3702тыс.м³.

Расчёты водохозяйственного баланса показали, что в расчётный 50% обеспеченности год объём водопотребления полностью удовлетворяется стоком реки Суола. Всё заявленное водопотребление – на сельскохозяйственный сектор водоотведение канала и лиманное орошение полностью удовлетворяется. В маловодный год требования орошаемого земледелия могут быть удовлетворены только за счёт снижения санитарного стока. Для полного удовлетворения требований сельского хозяйства в воде в данном бассейне необходимо регулирование стока р. Суола с целью перераспределения его внутри года. Таким регулирующим сооружением в весеннее время является реконструируемый гидроузел. Также целесообразно проектирование и сооружение в примыкающем к р. Суола аласе регулирующее водохранилище. В зависимости от состояния и условий эксплуатации сооружений ежегодно после пропуска весеннего паводка проводят текущий или капитальный ремонт. За счет средств, предусмотренных на текущий, ремонт, исправляют незначительные повреждения и дефекты, не связанные с изменением конструкций сооружений. В состав работ по текущему ремонту обычно входят:

- исправление небольших повреждений откосов плотин и дамб;
- восстановление креплений откосов;
- устранение оползней, вызванных фильтрацией воды и другими причинами;
- частичная подсыпка плотин и дамб в местах их просадок;
- исправление повреждений гребня и откосов дамб и плотин, причиненных движением транспорта и прогоном скота;
- исправление повреждений бетонных и железобетонных сооружений;
- восстановление вымытой загрузки под флутбетом и за стенами сооружений; восстановление крепления у водосбросных и

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

водорегулирующих сооружений (водосбросов, шлюзов, водоспусков и др.);

- мелкий ремонт проезжих мостов, дорог, подъемных механизмов и др.

При капитальном ремонте восстанавливают отдельные части сооружения, устраняют повреждения, связанные с изменением конструкции сооружения. При капитальном ремонте должны быть устранены все дефекты, которые препятствуют нормальной эксплуатации сооружения, а также дефекты, вызывающие перенапряжение в отдельных его частях. Капитальный и текущий ремонт, связанный с конструктивными изменениями сооружений и изменением существующих отверстий водопропускных сооружений, можно выполнять только по заключению проектной организации. По проекту были построены гидроузел на реке Суола, магистральный и сбросные каналы, четыре подпорных сооружения с земляными плотинами. Схема лиманов и расположение сооружений приведены на чертеже генплан. Одним из основных сооружений первого Хоробутского гидроузла является головной регулятор с ряжевой конструкцией. Толщина ряжевого флютбета, заполненного суглинистым грунтом, равна 2м. Ширина водопропускного отверстия 6м. Напор на пороге регулятора 1м. Расчётный нормальный расход воды, подаваемый в магистральный канал, равен 9,8 м³/с. Второй разновидностью деревянных сооружений Хоробутского гидроузла является водосброс свайно- обшивной конструкции, размещённый в русле реки на подруловом талике. Сопряжение с нижним бьефом осуществляется при помощи лотка с консольным сбросом. В нижнем бьефе под консолью в русле реки по длине 10м отсыпан крупногабаритный камень. Разрушение обоих сооружений гидроузла произошло из-за больших деформаций отдельных его частей и несвоевременного проведения ремонтных работ. На рис.1 представлен водосбросной шлюз регулятор



Рисунок 1. Водосбросной шлюз регулятор

В табличной форме приведено сопоставление вариантов компоновки гидроузла (таблица 6).

Таблица 6 – Сопоставление вариантов компоновки гидроузла по расходам, м³/с.

№ п/п	Варианты			
	Наименование узлов	I	II	III
1.	Обводнительный шлюз-регулятор, м ³ /с	20	20	40
	Естественный водообход, м ³ /с			
2.	Плавкая вставка, м ³ /с	40	18	-
3.	Паводковый водосброс, м ³ /с	183	-	181
4.		178	383	200

При компоновке сооружений гидроузла учтены мерзлотно-геологические условия и принцип размещения водосброса в зоне наименьших возможных осадков в основании. Земляная плотина длиной около 240м вытянут по направлению с юга на север. На северной части земляной плотины расположен обводнительный шлюз-регулятор, подающий воду через магистральный канал в нижние лиманы. Шлюз-регулятор запроектирован в тело плотины, в 30м левее от деревянного шлюза-регулятора. В русле р. Суола расположена плавкая вставка, которая служит для пропуска расхода 1% обеспеченности.

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

В южной части, в теле плотины запроектировано головной шлюз-регулятор, с подводящим и отводящим каналами, ледозащитным сооружением. Головной шлюз-регулятор запроектирован на максимальный пропускной расход $421 \text{ м}^3/\text{сек}$, железобетонной конструкции, закрытого типа на свайном основании.

$\Delta 137,70$ - отметка дна

$\Delta 142,35$ -отметка форсированного уровня

$h_{1\%} = 142,35 - 137,70 = 4,65$ м высота шлюза

$$v = \frac{Q}{w} = \frac{421}{21,65 \cdot 4,65} = 4,18 \text{ м/с} \quad (7)$$

$$H_0 = h_{1\%} + \frac{v^2}{2g} = 4,65 + \frac{4,18^2}{19,62} = 5,5 \text{ м/с} \quad (8)$$

$$q = m \sqrt{2g} H_0^{3/2} = 0,36 \cdot 4,43 \cdot 5,5^{1,5} = 20,55 \text{ м}^3/\text{с} \quad (9)$$

m -коэффициент расхода (0,36)

$$Q = q \cdot b = 20,55 \cdot 21,65 = 445,06 \text{ м}^3/\text{с} \quad (10)$$

b -ширина канала 21,65 м

$$\mathcal{E} = 1 - 0,1 \cdot n \cdot E \frac{H_0}{\Sigma B} = 1 - 0,1 \cdot 6 \cdot 0,7 \frac{5,5}{20} = 0,88 \quad (11)$$

n -число боковых сжатий

E =Коэффициент формы боковых или прямых условий (0,7)

$$Q_m = 0,88 \cdot 0,36 \cdot 20 \sqrt{2 \cdot 9,81} \cdot 5,5^{3/2} = 362,04$$

Вычисленный размер ширины водосливного фронта составляет $B = 20,0$ м. Ширина отверстий равна 4 м, ширина быка равна 1 м. При уровне воды водохранилища равном НПУ, сооружение работает как с истечением из-под щита. При определении расчётной высоты поднятия затворов использована зависимость, определяющая условие пропуска расчётного расхода $Q = 421 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Гашение энергии нижнем бьефе выполняется по рекомендациям кафедры природообустройства, водопользования и охраны водных ресурсов. Основным вариантом реконструкции сооружения рекомендуется установка трех пассивных водобойных стенок высотой соответственно по потоку 0,6; 0,6 и 0,3 м с интервалом 4; 6 и 6 м. показана на чертеже 7 шлюз-регулятор. Образующую в конце за участком крепления воронка размыва (рис. 5.1) необходимо заполнить

обломочным материалом (щебень, гравий), и избегать появления в отводящем канале поворотных зон путем выпрямления канала (чистка участков заиления).



Рисунок 2. Внешний вид построенного сооружения со стороны нижнего бьефа

На малых реках Центральной Якутии, не имеющих зимнего стока, ледоход весной не наблюдается. Происходит только частичный сброс льда при наличии на реке выше створа плотины пойменных озёр или водохранилищ, что упрощает ледозащиту сооружений. Для защиты шлюза-регулятора, водосброса от давления льда, мусора, плавающих предметов запроектировано сооружение в виде стенок с железобетонными вертикальными сваями с деревянными решётками. Длина такого сооружения в подводящем канале шлюза-регулятора равна 30м, в водосбросе 50м. Конструкция ледозащитного сооружения принята из типовых проектных решений 820-0-4 “Ледозащитные устройства для водосбросных сооружений”. Для сельскохозяйственных животных необходимо провести водопровод от речки Суола в виде поилки.

Каждая из поилок рассчитана на несколько животных. Соединения между поилками делают из досок, кирпича или бетона. Регулирование уровня воды во всех поилках производится при помощи одного общего клапана. Корпус клапана

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

делается из газовой четырехдюймовой трубы длиной 170 мм. Внутри корпуса приварена шайба с впускным отверстием диаметром 20—30 мм, а чуть выше нее — впускной патрубок из дюймовой трубы. Снизу впускное отверстие перекрывается тарельчатым клапаном, снабженным для герметичности резиновой прокладкой. Выходной патрубок делается из обрезка двухдюймовой трубы. Поплавок центрального клапана можно сделать любой формы. В описанной конструкции использован коробчатый поплавок из листового железа размером 160x200x300 мм.

На рисунке 3 показана и кирпичная кормушка с поилками. Она строится на бетонном основании толщиной 10 см, что предохраняет ее от осадки. По передней стенке над вторым рядом кирпичной кладки устанавливается опалубка, в которую укладывается металлический стержень диаметром 50 мм, слегка смазанный отработанным маслом. На месте будущих отверстий, соединяющих водопровод с поилками, закладывают деревянные пробки диаметром 25 мм. Чтобы впоследствии эти отверстия не засорились, попадающим в поилку кормом, их размещают в верхней части поилки, на 5 см ниже постоянного уровня воды. После этого опалубка заполняется цементно-песчаным раствором (три части цемента на одну часть песка), который хорошо утрамбовывается. Стержень аккуратно вынимают и переносят на следующий участок работы. Затем вынимают пробки, снимают опалубку (это делается после схватывания раствора) и наращивают переднюю стенку до нужной высоты. Инженерно-геологические условия по створу плотины удовлетворительные. Существующая плотина, мёрзлого типа была частично разрушена паводком 1979-1980гг. В связи с этим проектом предусмотрена досыпка существующей плотины, а местами засыпка новой плотины. Земляная плотина подобрана по типу мёрзлая, при эксплуатации которой не допускается оттаивание вечномёрзлых грунтов основания и оттаивание тела плотины.

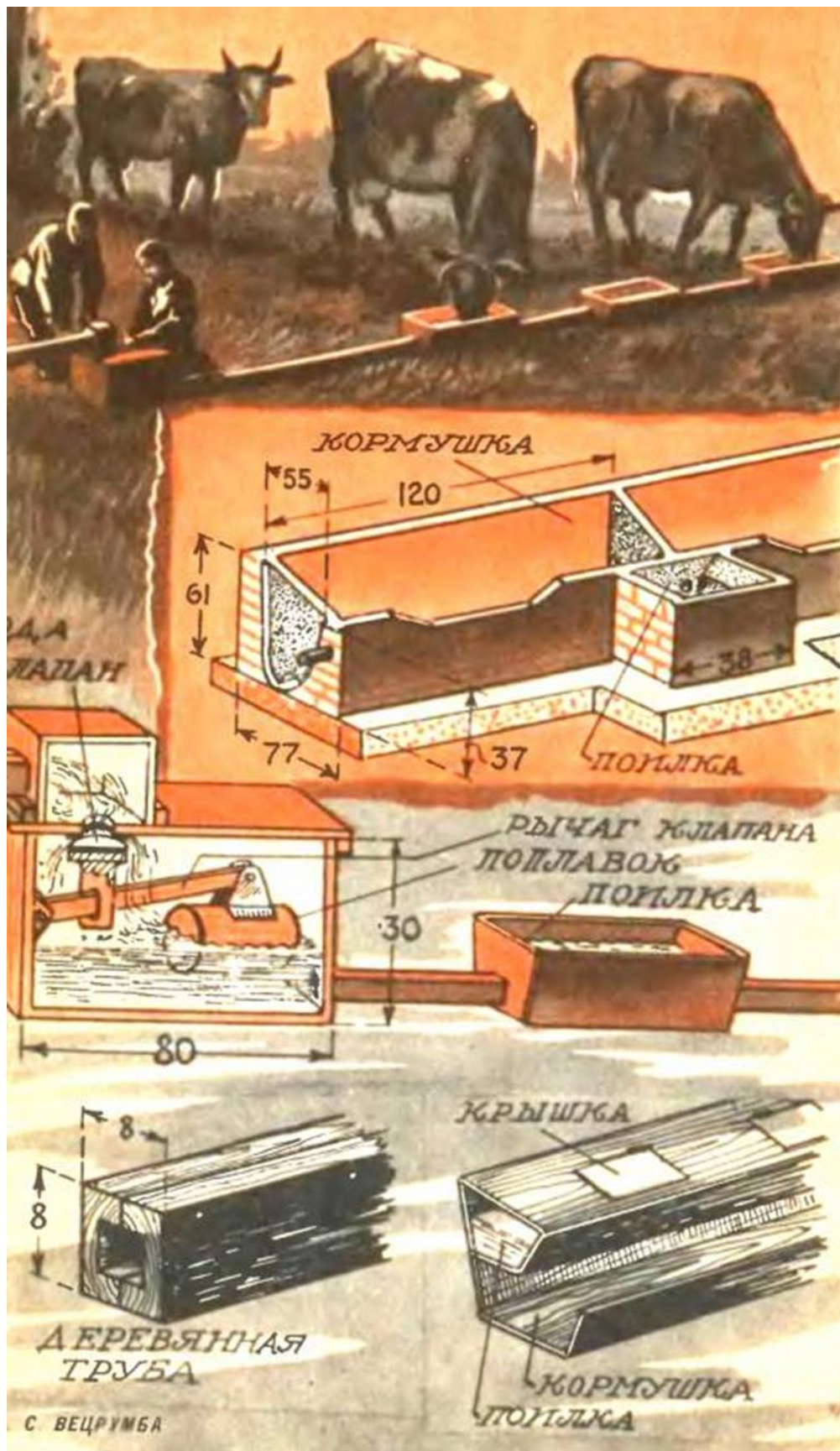


Рисунок 3. Поилки для коров

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

Водонепроницаемость плотины обеспечивается ядром, с допущением фильтрации в расчётных пределах. Основным критерием применения этого типа являются величины осадков при оттаивании вечномерзлых грунтов основания. В основании центральной части плотины на глубине 5-10м образуется зона переохлаждённого постоянно мерзлого грунта, наиболее низкая температура которого, в зависимости от высоты плотины имеет значение от -5° до -12°C . Плотина проезжая. Ширина гребня плотины 8,0м по СНиП 2.06.05-84 для IV класса надёжности плотины. Заложение откосов на основании обобщения опыта проектирования и строительства принято: для верхового откоса -3, низового -2. Крепление откосов производится растительным грунтом слоем 30см. Проезжая часть плотины, шириной 4,5м, крепится гравийно-песчанной смесью. По гребню плотины устанавливаются деревянные надолбы. Высота плотины назначается с превышением d над расчётным уровнем воды в водохранилище, гарантирующем отсутствие перелива воды через гребень плотины и равным:

$$D = \Delta h + h_n + a, \text{ м} \quad (12)$$

где, Δh – высота ветрового нагона воды, м;

h_n – высота наката волн на откос плотины, м;

a – конструктивный запас, м

Расчёты по формуле проведены для двух расчётных случаев:

- уровень воды на отметке НПУ (основное сочетание нагрузок и воздействий);

- уровень воды на отметке ФПУ (форсированный подпорный уровень) при пропуске максимального поверочного расхода воды (особое сочетание нагрузок и воздействий)

Расчётная скорость ветра в первом случае принята 4%-ной вероятности превышения, наблюдаемая в течении года $W_{4\%} = 25\text{ м/с}$, а во втором случае 50%-ной вероятности превышения, наблюдаемая во время форсирования уровня $W_{50\%} = 20\text{ м/с}$.

Расчёты по определению отметки гребня плотины выполнены в соответствии со СНиП II-57-75.

Высота ветрового нагона определена по формуле:

$$\Delta h = K_{\alpha} \frac{W^2 D}{g(H + \Delta h)} \cdot \cos \alpha_{\alpha}, м \quad (13)$$

где, K_{α} – коэффициент, зависящий от скорости ветра, определяется по пособию.

W – расчётная скорость ветра на высоте 10м над уровнем воды, м/с;

D – длина разгона волны, м

g – ускорение свободного падения, м²/с

H – условная расчётная глубина воды в водохранилище, м

α_{α} – угол между продольной осью водоёма и направлением господствующих ветров, $\alpha_{\alpha}=15^{\circ}$, $D=800$ м, $g=9,81$ м/с².

Высота наката ветровой волны для 4% - й вероятности превышения расчётного шторма (для IV класса сооружений по СНиП II-57-75) вычислена по формуле:

$$H_{н4\%}=h_{1\%} \cdot K_{\Delta} \cdot K_{нп} \cdot K_c \cdot K_{\beta} \cdot K_{нг} \cdot K_{н4\%}, м \quad (14)$$

где, $h_{1\%}$ - высота волны 1% вероятности превышения, м;

K_{Δ} , $K_{нп}$ – коэффициенты, зависящие от типа и относительной шероховатости крепление откоса, по табл. 3.5 (14);

K_c – коэффициент, зависящий от скорости ветра ($W=20$ м/с) и коэффициента заложения откоса $m=3$;

K_{β} – коэффициент, зависящий от угла подхода фронта волны к плотине, по (14., стр 112.);

$K_{нг}$ – коэффициент, зависящий от пологости волны $\lambda/h_{1\%}$ и заложения откоса $m=3$ по (14), рис. 3.4;

$K_{н4\%}$ - коэффициент, учитывающий вероятность превышения $i=4\%$, по(14), стр. 112;

$$K_c=1.5; K_{\beta}=0.92; K_{н4\%}=0.93;$$

Высота волны 1% - ной вероятности превышения определена в следующей последовательности:

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

- вычислены безразмерные комплексы $g\tau/W$ и gD/W^2 , где $t=21600c=6ч.$ - продолжительность действия ветра;

- по графику (14), рис.3.2 для каждого из найденных комплексов определены значения относительных параметров $g\tau/W$ и gh/W^2 ;

- из найденных двух пар значений параметров выбраны наименьшие и из них установлены средняя высота волны h и средний период волны τ ;

- вычислены средняя длина волны по формуле:

$$\lambda = g\tau^2 / (2\pi), \text{ м} \quad (15)$$

- высота волны 1%-ной вероятности превышения определена по формуле:

$$h_{1\%} = h, \text{ м} \quad (16)$$

где, K_i – коэффициент при 1% обеспеченности превышения в зависимости от значения безразмерного комплекса gD/W^2 .

Отметка ФПУ водохранилища установлена при условии пропуска максимального расхода 1%-ной обеспеченности, $Q=421\text{м}^3/\text{сек}$ через гидроузел и составляет 142,35м, при этом $Q=44\text{м}^3/\text{сек}$ пропускает головной шлюз-регулятор, $Q=200\text{м}^3/\text{сек}$ через паводковый водосброс, $Q=181\text{м}^3/\text{сек}$ проходит через плавкую вставку.

Расчёты отметки гребня плотины сведены в табл. 7

Таблица 7 – Определение отметки гребня плотины

Определяемые параметры	Расчётный уровень	
	НПУ=141,50	ФПУ=142,35
Расчётная скорость ветра W , м/с	25,0	20,0
Условная расчётная глубина воды H , м	4,3	4,6
Коэффициент K_b , зависящий от скорости ветра	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$
Высота ветрового нагона Δh , м	0,08	0,01

Безразмерные комплексы gt/W и gD/W^2	8476 и 12,5	10595 и 19,6
Относительные параметры gt/W и gh/W^2	0,52 и 0,0027	0,87 и 0,0075
Средняя высота волны, h , м	0,17	0,30
Средний период волны, τ , м	1,32	1,77
Средняя длина волны, λ , м	2,72	4,89
Высота волны $P=1\%$, $h_{1\%}$, м	0,35	0,63
Коэффициент K_{Δ}	0,8	0,8
Коэффициент $K_{нп}$	0,7	0,7
Коэффициент K_c	1,45	1,45
Коэффициент K_{β}	0,99	0,99
Коэффициент $K_{нг}$	1,15	1,15
Коэффициент $K_{нi}$	0,93	0,93
Высота наката ветровой волны $h_{нi,м}$	0,30	0,54
Превышение d над расчётным уровнем воды, м	0,41	0,61
Отметка гребня плотины ДГП, м	141,90	143,00

Принята отметка гребня плотины ДГП = 143,00м.

Организация, принятие и реализация решений по осуществлению организационных, технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе строительства гидроузла осуществляется на основании СНиП III-A.11.70. Техника безопасности в строительстве. К выполнению строительно-монтажных работ допускаются лица не моложе 18 лет, имеющие профессиональные навыки, прошедшие обучение безопасным методам и приёмам этих работ и получившие соответствующие удостоверения.

До прохождения обучения такие лица к самостоятельной работе не допускаются. Линейные инженерно-технические работники и другие работники по списку должностей, утверждённые вышестоящей организацией не реже одного раза в год обязаны проходить проверку знания по технике безопасности и производственной санитарии с учётом характера выполняемых работ. Перед допуском к работе вновь зачисленных в штат организации рабочих, а так же в

процессе выполнения ими работ, руководители организаций обязаны обеспечить обучение и проведение инструктажа по безопасности труда.

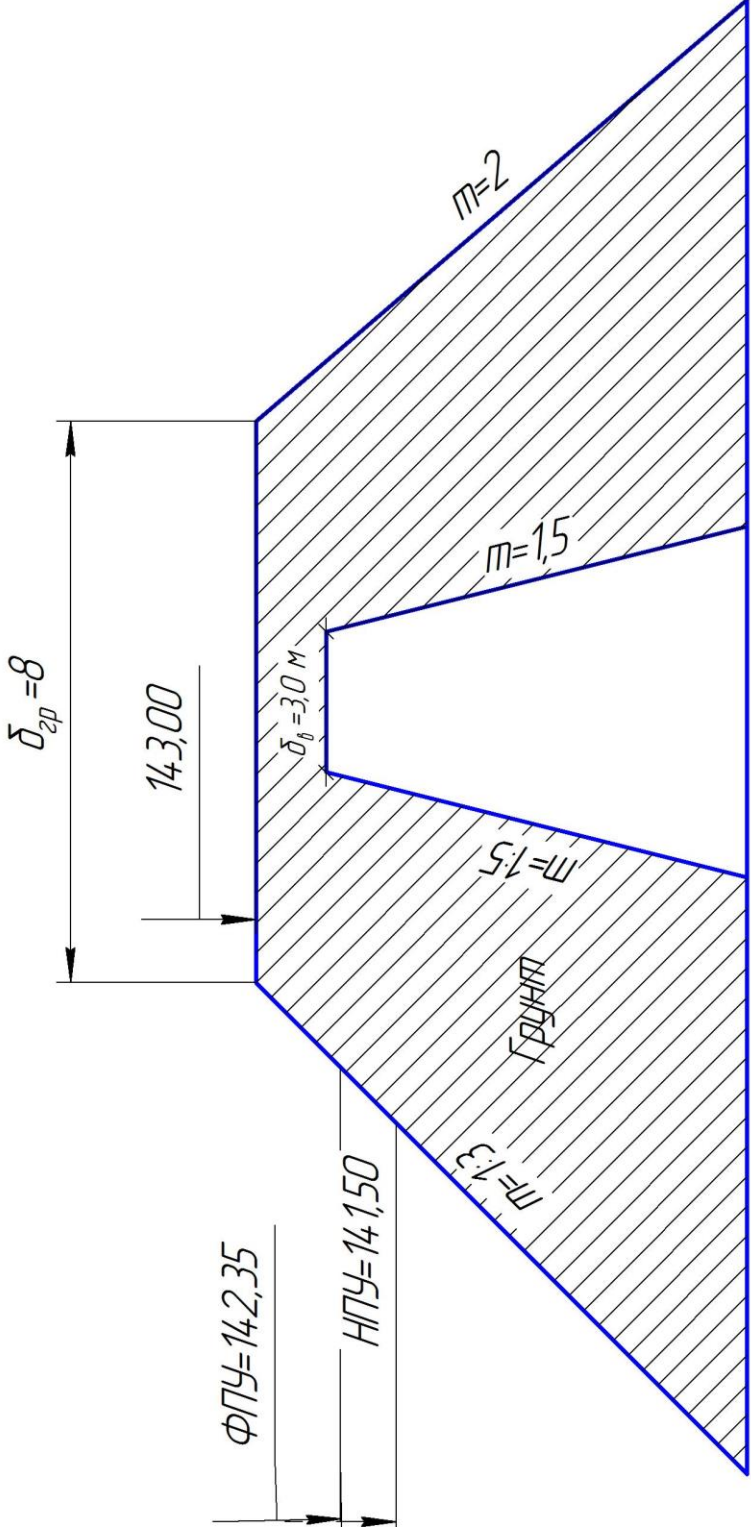


Рисунок 3. Схема к конструированию поперечного профиля плотины

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

Повторный инструктаж необходимо проводить для всех рабочих не ранее одного раза в три месяца. Обучение рабочих, к которым предъявляются дополнительные требования по безопасности труда, следует осуществлять по 18-часовой программе, а остальных рабочих по 14-часовой программе. После окончательного обучения и в дальнейшем, ежегодно должна проводиться проверка знания рабочими безопасных методов производства работ. Служба по технике безопасности подрядной организации должна организовать проведение вводного, первичного, повторного, внепланового, текущего инструктажей. Площадка строительства размещается в 32км от районного центра – пос. Майя, в 2км от пос. Хоробут. Организация строительной площадки в самом объекте должна обеспечивать безопасность труда, работающих на всех этапах выполнения работ. Перевозка людей производится специально оборудованным автобусом. У въезда на строительную площадку должна быть установлена схема движения средств транспорта, дорожные знаки. Движение транспорта вблизи мест производства работ не должно превышать 10км/ч. Из передвижных вагонов устраивается прорабский, медицинский вагоны и столовая. Предусматривается душевая, умывальный уголок. К основным санитарно-гигиеническим мерам относятся устранение возможных очагов загрязнения и заражения водисточников, питающих строительство, уборка отдельных загрязнённых участков территории. Складирование материалов, конструкций и оборудования должно осуществляться в соответствии с требованиями стандартов или технических условий на материалы, изделия и оборудования. Все работающие на строительной площадке должны быть обеспечены питьевой водой, качество которой соответствует санитарным требованиям, а так же бесплатной спецодеждой, спецобувью. При необходимости строительную площадку обеспечить телефонной связью или радиосвязью.

Одним из основных видов строительно-монтажных работ по гидроузлу – являются земляные работы, выполняемые с участием механизмов. До начала работ по строй-генплану устанавливаются объёмы земляных работ. При разработке котлованов, каналов экскаватором запрещается:

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

1. Поднимать ковшом негабаритные куски пород, брёвна, доски и т.д.
2. Находиться людям между экскаватором и транспортным средством, на которые грузится грунт, а так же под стрелой и ковшом экскаватора;
3. Находиться в зоне работы экскаватора, устанавливая экскаватор ближе 2 метров от края траншеи во время перерывов в работе или ремонте;
4. Производить очистку ковша, находящегося на весу при перерывах в работе или ремонтах, независимо от продолжительности;
5. Использовать в качестве подкладок для предупреждения самопроизвольного перемещения экскаватора, доски.

Грунт, извлечённый из котлована или канала следует размещать на расстоянии не менее 0,5м от бровки выемки. Перед допуском рабочих в котлованы или траншеи глубиной более 1,3м должна быть проверена устойчивость откосов или крепления стен. При транспортировании, разгрузке, планировке и уплотнении грунта двумя и более самоходными или прицепными машинами (скреперы, грейдеры, бульдозеры ит.д.), идущими одна за другой, расстояние между ними должно быть не менее 10м. В строительстве гидроузла предусмотрено 140м³ арматурных, бетонных работ. При выполнении работ по заготовке арматуры необходимо:

- ограждать места, предназначенные для разматывания бухт и выпрямления арматуры;
- складывать заготовленную арматуру в специально отведённые для этого места;
- закрывать щитами торцовые части стержней арматуры в местах общих проходов, имеющих ширину менее 1м.

Разработка опалубки должна производиться с разрешения производителя работ, а особо ответственных конструкций – с разрешения главного инженера. При приготовлении бетонной смеси с использованием химических добавок необходимо применять меры к предупреждению ожогов кожи и повреждению глаз работающих. Ежедневно перед началом укладки бетона в опалубку необходимо проверять состояние тары, опалубки и средств подмащивания.

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

Рабочие, укладывающие бетонную смесь на поверхности, имеющие уклон более 20° , должны пользоваться предохранительными поясами. Запрещается подъем сборных железобетонных конструкций, не имеющих монтажных петель или меток, обеспечивающих их правильную строповку и монтаж. Не допускается пребывание людей на элементах конструкций и оборудования во время их подъема или перемещения, нахождение людей под монтируемыми элементами конструкций и оборудования до установки их в проектное положение и закрепление. В целях ускорения ввода объекта в эксплуатацию проектом предусмотрено производство взрывных работ на канале. Под взрывные работы по объекту предусмотрены следующие сооружения: котлован водосброс, шлюз-регулятор и подводящий, отводящий каналы.

Взрывание на объекте производится по графику, согласованному с заказчиком. Все люди заказчика, работающие на объекте, должны быть оповещены о времени проведения взрывов и значении подаваемых сигналов. Приказами подрядчика и заказчика назначаются лица, ответственные за выставление вдоль границы опасной зоны, предупредительных знаков и живого оцепления. До начала монтажа взрывной сети и её проверки, при зарядке и забойке скважин все люди, не занятые взрыванием скважин, выводятся за пределы опасной зоны, механизмы убираются на безопасное расстояние. Оцепление организуется так, чтобы обеспечить видимость постов между собой и хороший обзор охраняемой площадки.

При реконструкции Хоробутской системы лиманного орошения окружающей среде может быть нанесён экологический вред: загрязнение воздуха выхлопными газами при работе строительных машин; загрязнение почвы строительным мусором; при авариях, во время испытания может произойти обрушение берегов, затопление территории, уплотнение почвы в процессе строительства подъездных путей. Большинство из всех вышеперечисленных ущербов будут временными и их возмещение последует сразу после окончания реконструкции. В состав сооружений системы входят следующие: водозаборный узел на р. Суола, четыре шлюза регулятора,

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

магистральный канал и каналы второго порядка, осуществляющие подачу воды на аласы и сброс с них после орошения.

При эксплуатации гидроузла возможны общие и местные деформации русел ниже гидротехнических сооружений, особенно ниже плотин с водохранилищами. Так, если на выходе из водосбросов, плотин вода имеет меньшую концентрацию наносов, чем в бытовых условиях, то это сказывается на изменении русловых процессов в нижних бьефах гидротехнических сооружений. Происходят плановые переформирования русел, изменяются очертания берегов. Всё это должно учитываться при проектировании тех или иных объектов в зонах, прилегающих к отводящему от гидротехнического сооружения руслу и др. На состояние речных долин сильно влияют паводки, их пропуск по пойме, в том числе при прохождении части расхода воды по руслу, а части расхода по пойме в обход водопропускных гидротехнических сооружений, расположенных в русле. Деформация поймы и русла, возможные нарушения работы сооружения на пойме приводят к необходимости учёта русловых процессов и выполнения гидравлических расчётов.

Для определения экономической величины ущерба от загрязнения атмосферы выхлопными газами, следует определить вид применяемой техники, срок работы и объём сжигаемого горючего. Водоохранная зона установлена для р. Суолы на протяжении 224км, шириной в среднем 300м. По притокам водоохранная зона установлена шириной 100-200м. Граница ВЗ проходит в основном по естественным контурам лесных массивов и угодий. В зоне затопления лимана Хоробутского гидроузла попадают 3 фермы, старой постройки, которые подлежат сносу.

Вывод

Своевременное восстановление и реконструкция обводнительных объектов, переход к наиболее надёжным конструктивным решениям – это залог получения гарантированного урожая и обеспечение водой всего необходимого хозяйства. Разработан вариант реконструкции гидроузла Хоробутской обводнительной системы и лиманного орошения, проведена реконструкция водосбросного

сооружения с заменой его на каменно- набросной водосброс свободного профиля.

Литература

1. Авакян, А. Б. Взгляд на каскад / А. Б. Авакян // Экология и жизнь. – 2000. – № 1. – С. 48–51.
2. Афанасьев, П. Ю. Наводнения верхнего Приамурья / П. Ю. Афанасьев. — Талакан : Бурейская ГЭС, 2012.
3. Волков, Э. П. Г.М. Кржижановский и его роль в развитии электроэнергетики страны [Электронный ресурс] / Э. П. Волков. – Режим доступа: http://www.situation.ru/app/j_artrp_334.htm, свободный.
4. Жариков, В. В. Региональная экономика : учеб. пособие / В. В. Жариков. – Тамбов : Изд-во Тамбов. гос. техн. ун-та, 2003. – 96 с
5. Золотухин, В. От реки до водохранилища / В. Золотухин, Н. Раков // Мономах. – 2002. – № 3. – С. 26–27.
6. Колобковский, Е. Ю. Экология для любознательных / Е. Ю. Колобковский. – Ярославль : Академия развития : Академия Холдинг, 2003. – 256 с. : ил.
7. Крутов, Д. А. Ремонт дренажных систем грунтовых плотин / Д. А. Крутов // Вестник МГСУ — 2019 — Т. 14. — Вып. 7. — С. 901—911.
8. Радченко, С. В. Причины повреждений и аварий грунтовых плотин (по данным СИГБ) / С. В. Радченко // Известия ВНИИГ им. Веденеева — 2010. — Т. 258. — С. 99—113.
9. Савкин, А В. Гидрология. / А. В. Савкин, С. В. Фёдоров. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2010.
10. Золотухин, В. От реки до водохранилища / В. Золотухин, Н. Раков // Мономах. – 2002. – № 3. – С. 26–27.

References

1. Avakian, A. B. A look at the cascade / A. B. Avakian // Ecology and life. – 2000. – No. 1. – pp. 48-51.

2. Afanasyev, P. Yu. Floods of the Upper Amur region / P. Yu. Afanasyev. — Talakan : Bureyskaya HPP, 2012.
3. Volkov, E. P. G.M. Krzhizhanovsky and his role in the development of the country's electric power industry [Electronic resource] / E. P. Volkov. — Access mode: [http :// www.situation.ru/app/j_artp_334.htm](http://www.situation.ru/app/j_artp_334.htm) , free.
4. Zharikov, V. V. Regional economics : textbook. manual / V. V. Zharikov. — Tambov : Publishing House of Tambov. state Technical University. un-ta, 2003. — 96 p.
5. Zolotukhin, V. From the river to the reservoir / V. Zolotukhin, N. Rakov // Monomakh. - 2002. — No. 3. — pp. 26-27.
6. Kolobkovsky, E. Y. Ecology for the curious / E. Y. Kolobkovsky. — Yaroslavl : Academy of Development : Academy Holding, 2003. — 256 p. : il.
7. Krutov, D. A. Repair of drainage systems of ground dams / D. A. Krutov // Bulletin of MGSU — 2019 — Vol. 14. — Issue 7. — pp. 901-911.
8. Radchenko, S. V. Causes of damage and accidents of ground dams (according to SIGB) / S. V. Radchenko // Izvestiya VNIIG im. Vedeneeva — 2010. — T. 258. — pp. 99-113.
9. Savkin, A. V. Hydrologiya. / A.V. Savkin, S. V. Fedorov. — Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 2010
10. Zolotukhin, V. From the river to the reservoir / V. Zolotukhin, N. Rakov // Monomakh. - 2002. — No. 3. — pp. 26-27.

© Кокиева Г.Е., Горбунов Е.А. 2023 Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №3/2023

Для цитирования: Кокиева Г.Е. Горбунов Е.А. ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦИИ ГИДРОУЗЛА ХОРОБУТСКОЙ СИСТЕМЫ//Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №3/2023