

УДК 627.824.2

UDC 627.824.2

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОШЕНИЯ НА МЕСТНОМ СТОКЕ, АККУМУЛИРОВАННОМ В БАЛКАХ НИЗКОНАПОРНЫМИ ПЛОТИНАМИ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF IRRIGATION AT THE LOCAL RUNOFF, ASSEMBLED IN BEAMS OF LOW-HEAD DAMS WITH IMPROVED PERFORMANCE CHARACTERISTICS**

Васильева Елена Викторовна  
 младший научный сотрудник  
 Федеральное государственной бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», Новочеркасск, Россия

Vasilyeva Elena Viktorovna  
 Junior researcher  
 Federal state scientific institution "All-Russian scientific-research Institute of land reclamation, Novocherkassk, Russia

В статье приведены данные по обследованию балочных прудов и плотин на балках Берестовая, Щербакова и Грузская на территории Ростовской области, установлено их неудовлетворительное состояние. С целью использования прудов в качестве источника воды для орошения прилегающих сельскохозяйственных угодий, необходимо проведение ремонтно-восстановительных работ на обследованных водных объектах. В статье, для повышения эффективности орошения на местном стоке, задержанном в балках низконапорными плотинами, предложены усовершенствованные конструкции креплений (покрытий) верховых откосов грунтовых водоподпорных сооружений, включающие ряды волногасящих элементов. Рекомендовано симметричное и асимметричное размещение полуовальных и клиновидных деталей. Предложено и более простое решение волногасящих элементов – в виде деталей треугольной формы (равнобедренной и равносторонней), взаимное размещение которых также образует водопроводящие каналы для взаимного соударения потоков

The article presents data on the survey of beamed ponds and dams on the beams of Berestova, Shcherbakova and Gruzskoe on the territory of the Rostov region and establishes their poor condition. To use the ponds as a water source for irrigation of surrounding agricultural land, it is necessary to conduct repairing work on water ponds. In the article, to improve the efficiency of irrigation on local runoff, delayed in beams of low head dams we have proposed an improved design of fastenings (coatings) of upland slopes of groundwater retaining structures, including the ranks of absorbing wave elements. We have recommended symmetric and asymmetric placement of the semi-oval and tapered parts. We have also proposed a simple solution of wave absorbing elements as parts of a triangular shape (isosceles and equilateral), mutual accommodation of which also forms a water conveyance channels for mutual collision of threads

Ключевые слова: МЕЛИОРАТИВНАЯ СИСТЕМА, МЕСТНЫЙ СТОК, ПРУД, РЕМОНТ, РЕМОТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ УГОДЬЯ, ВОЛНОГАСЯЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Keywords: RECLAMATION SYSTEM, LOCAL RUNOFF, POND, REPAIR, REPAIR WORK, AGRICULTURAL LANDS, ABSORBING WAVE ELEMENTS

Сокращение инвестиций в строительство, реконструкцию и переустройство мелиоративных систем привело к интенсивному списанию орошаемых земель и распаду крупных хозяйств, производивших сельскохозяйственную продукцию на поливных землях. Появилось множество мелких сельхозпроизводителей, включая и фермерские хозяйства, для которых решение проблемы водообеспечения, с целью регулярного ороше-

ния имеющихся сельхозугодий, стало настоящей необходимостью. Поэтому, проявление интереса к оросительным системам на местном стоке, использующих воды овражно-балочных прудов и подобных им водоёмов, сформированных низконапорными грунтовыми плотинами, весьма своевременно. Остановимся на результатах обследований некоторых прудов и прудообразующих плотин, их техническом состоянии и способах его улучшения. Ведь состояние этих объектов напрямую влияет на возможность эффективного использования местного стока для регулярного орошения прилегающих сельхозугодий [1,2] и получения мелкими сельхозпроизводителями гарантированных урожаев различных культур.

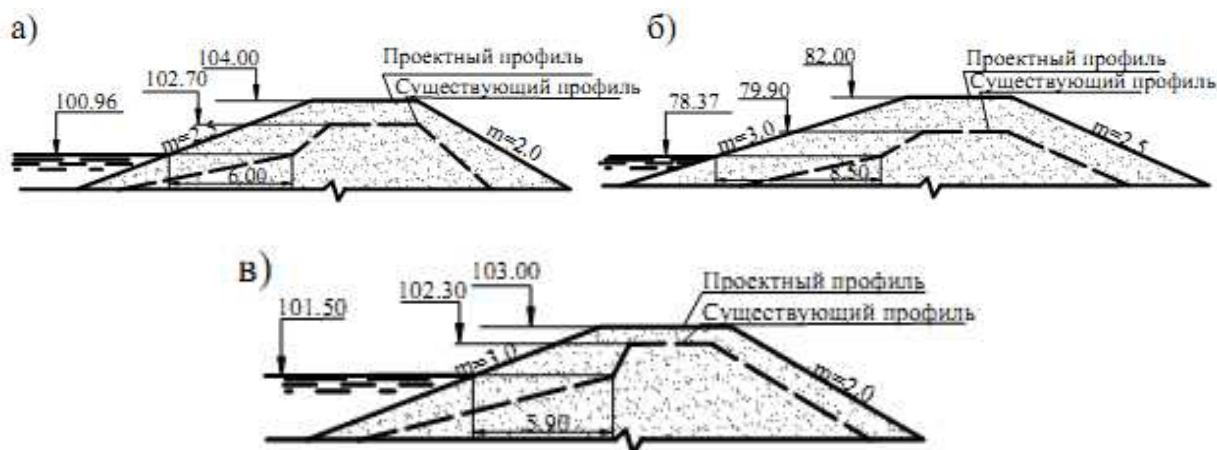
Пруд на балке Берестовая (Ростовская область, Чертковский район) и сформировавшая его плотина (рисунок 1,а) были построены хозяйственным способом для водопоя животных, рыбозаведения и рекреации. По действующей классификации пруд относится к малым балочным водоёмам, а по характеру регулирования местного стока – к водоёмам сезонного регулирования. В акватории пруда можно выделить три характерные зоны: приплотинную – относительно широкую и глубокую, срединную и вершинную (мелководную). В пределах приплотинной части акватории пруда глубина воды изменялась от 2,0 до 4,3 м, срединной – от 1,0 до 2,0 м, вершинной – от 0,5 до 1,0 м. Несоблюдение надлежащих водоохранных требований на припрудовых склонах привело к тому, что наряду с поверхностным (склоновым) стоком в пруд поступал и смытый мелкозём.

Заилению пруда и уменьшению водоёмкостных показателей прудовой чащи способствовали размывы и просадки гребня и тела плотины, а также деформации верхового откоса в виде оползаний, обрушений и появления трещин. Выявленные разуплотнения грунта тела плотины, трещины, линзы воды и заболоченность в нижнем бьефе также ухудшали эксплуатационные качества и возможности пруда. При таком состоянии водных объектов эффективное орошение на задержанном в балке стоке, затруднено.

После обхода, наблюдений и инструментальных обмеров еще более сомнительным выглядит использование для орошения прилегающих сельхозугодий пруда на балке Щербакова в Кашарском районе Ростовской области. При площади акватории пруда 46 тысяч м<sup>2</sup>, средняя глубина воды в чаше пруда составляет 0,80 м. Резервами увеличения емкости прудовой чаши могли бы стать заросшие части балки, где целесообразно провести расчистку дна и склонов от отложений и зарослей и дноуглубление. Учитывая удаленность лесных полос от береговой линии пруда на 100 м и более, увеличение водоёмкостных показателей прудовой чаши может быть обеспечено досыпкой прудообразующей плотины (рисунок 1,б) до (или сверх) проектных отметок и обвалованием отдельных участков. Ремонтно-восстановительные работы должны быть проведены и на откосах плотины. Верховой откос зарос камышом, кустарником и дикорастущими деревьями, на отдельных участках имеют место оползания и обрушения. Низовой откос покрыт древесно-кустарниковой растительностью, а у левого сопряжения со склоном балки зарос камышом, что указывает на близкое расположение фильтрующих через прудообразующую плотину вод.

Образованной подковообразной в плане плотиной пруд (рисунок 1,в) на балке Грузская (Ростовская область, Чертковский район) также относится к малым балочным водоёмам с сезонным регулированием водного стока. На период натурных обследований прудовая чаша и акватория водоёма имели неудовлетворительное состояние. Чаша пруда была опорожнена до отметки мёртвого объёма, безводная прибрежная зона покрыта иловыми отложениями, а вершинная – поросла влаголюбивой растительностью. Вода в чаше пруда оказалась загрязнённой водорослями и взвесями, а средняя её глубина составляла 0,72 м. Использовать такой пруд в качестве источника воды для орошения прилегающих сельскохозяйственных угодий, без предварительного проведения рекультивационных и ремонтных работ, невозможно. Необходимы как расчистка и дноуглубление пруда, так и сроч-

ный ремонт отсыпанной из некачественного почвогрунта прудоформирующей плотины, которая при длине 538,0 м имеет недопустимые деформации верхового откоса (оползни, обрушения) по всему напорному фронту, включая обрыв высотой до 1,5 м, а также просадки и обрушения на ряде участков гребня, признаки переувлажнённости и заболоченности за плотинной в нижнем бьефе.



а) – б. Берестовая; б) – б. Щербакова; в) – б. Грузская

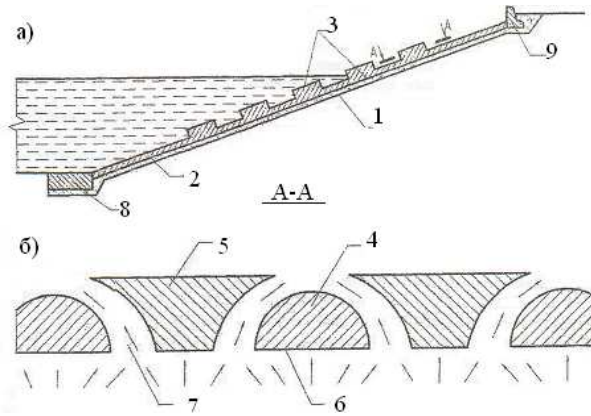
Рисунок 1 – Схемы элементов поперечных сечений в срединных частях прудовых плотин на балках

Ниже предложены способы (приёмы) повышения эксплуатационных качеств прудообразующих плотин, направленные на сохранение (или увеличение, при необходимости) объёма воды в прудовой чаше, а значит на эффективное использование местного стока для регулярного орошения имеющих сельскохозяйственных угодий.

Предлагаемые конструкции покрытий верховых откосов грунтовых плотин (дамб) приведены на рисунках 3-6 и являются усовершенствованными конструктивными решениями, развивающими и усиливающими «технический результат» и эффективность конструкции по патенту 2320808 [3] (рисунок 2).

Высокий волногасящий эффект в конструкции покрытия достигается тем, что, размещаемые в ряду волногасящие элементы, выполнены из поочерёдно расположенных полукруглых (полуовальных) элементов,

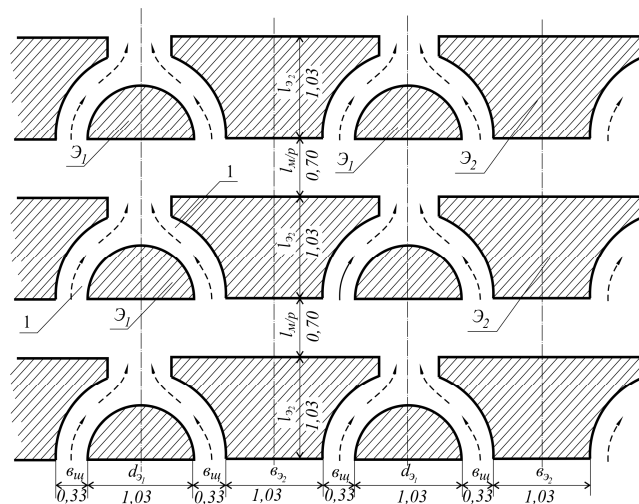
формирующих криволинейные в плане потокоударяющие каналы. Однако, концентрация напряжения в остроугольных зонах клиновидных деталей, снижает качество и надёжность последних.



а) – профиль покрытия; б) – сечение волногасящих элементов; 1 – верховой откос; 2 – монолитное железобетонное покрытие; 3 – ряды волногасящих элементов; 4 – полуовальные детали; 5 – клиновидные детали; 6 – основание полуовальных деталей; 7 – потокоударяющие каналы; 8 – упорная плита; 9 – волнобойная стенка

Рисунок 2 – Покрытие верхового откоса по патенту 2320808

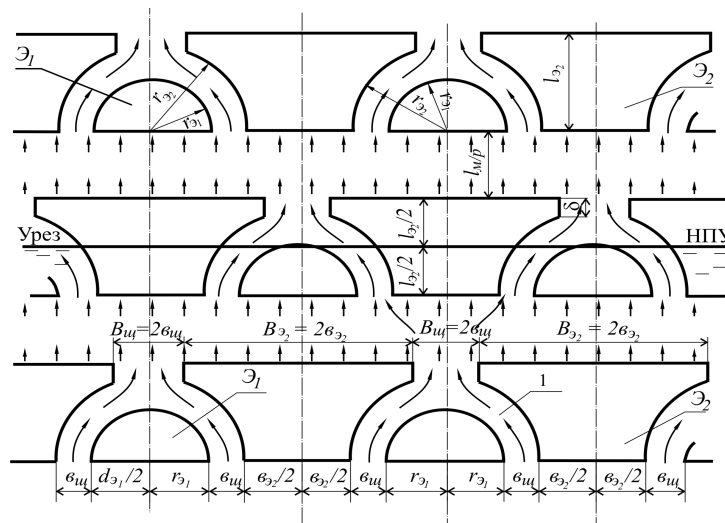
На рисунке 3 приведено конструктивное решение волногасящих элементов с клиновидными деталями без указанного недостатка.



$\mathcal{E}_1$  – (первый) полукруглый (в плане) и призматический (по форме) волногасящий элемент крепления;  $\mathcal{E}_2$  – профильный (в плане) и призматический (по форме) волногасящий элемент крепления; — —  $\rightarrow$  – направление течений в потокоформирующих щелях; 1 – потокоформирующие щели;  $v_{щ}/0,33$ ;  $d_{\mathcal{E}1}/1,03$  и др. – буквенные обозначения и размеры ( $b_m$ ) элементов волногасящего крепления для высоты волны  $h_g = 1,0$  м

Рисунок 3 – Схема симметричного размещения криволинейных в плане и призматических по форме волногасящих элементов на креплении верхового (напорного) откоса грунтовой плотины

В отличие от прямолинейных, перпендикулярно к направлению движения волны, расположенных по откосу балочных выступов, где гасящий эффект проявляется только за счёт «лобового» удара волны о преграду, в предложенной и разработанной ранее (патент № 2320808) конструкции, кроме «лобового» сопротивления волне, используется эффект взаимного соударения, формируемых на покрытии, водных потоков. Такое конструктивное решение снижает интенсивность «лобового» давления на выступающий над поверхностью покрытия волногасящий элемент (конструкцию) при общем увеличении эффекта гашения кинетической энергии набегающего на откос волнового течения. Предлагаемое решение может быть реализовано как по симметричной (см. рисунок 3), так и по асимметричной схемам их размещения (рисунок 4).



$\mathcal{E}_1$  – (первый) полукруглый в плане и призматический по форме волногасящий элемент крепления;  $\mathcal{E}_2$  – (второй) профильный волногасящий призматический элемент крепления;  $\rightarrow$  – направление течений; 1 – криволинейные потокоформирующие щели

Рисунок 4 – Схема асимметричного размещения криволинейных в плане волногасящих призматических (по форме) элементов на креплении верхового откоса грунтовой плотины

Рекомендуются нижеприведённые размеры волногасящих элементов.

1. Высоту волногасящих элементов, в форме криволинейных в

плане призм, над поверхностью покрытия ( $h_3$ ) рекомендуется принимать в пределах (25-30) % от расчётной высоты волны ( $h_g$ ), то есть  $h_3 = (0,25 \div 0,30) h_g$ .

2. Диаметр первого, полукруглого в плане (см. рисунок 3), призматического волногасящего элемента ( $d_{э1}$ ) рекомендуется принимать в пределах  $d_{э1} = (3,5 \div 4,0) h_3$  его высоты (высоты выступающей призмы –  $h_3$ ).

3. Лобовая или напорная (воспринимающая удар волны) грань второго (см. рисунок 3) сложнопрофильного (в плане) волногасящего элемента ( $e_{э2}$ ) по аналогии с первым элементом назначается равной  $e_{э2} = (3,5 \div 4,0) h_3$ .

4. Ширина, формируемой двумя смежными волногасящими элементами (1) и (2) (см. рисунки 3 и 4), щели ( $e_{щ}$ ) с направленным течением в ней рекомендуется принимать равной  $e_{щ} = (1,15 \div 1,25) h_3$ .

5. Ширину тыловой (заволновой) части второго, сложнопрофильного в плане, волногасящего элемента принимают равной  $B_{э2} = 2e_{э2}$ .

6. Длина второго элемента по направлению движения волны определяется из геометрических размеров конструкции –  $l_{э2} = r_{э1} + e_{щ} + 0,2$ .

7. Межрядовое расстояние (расстояние между соседствующими рядами волногасящих элементов) назначается равным  $l_{м/р} = (3,0 \div 3,5) h_3$ .

Более простое конструктивное решение волногасящего устройства для железобетонного покрытия (в части формы гасителей), основанное на использовании вышеотмеченного принципа (комплексного подхода) гашения избыточной энергии ветровых волн, приведено на рисунках 5 и 6.

В данном конструктивном решении волногасящие элементы выполнены из гасителей треугольной в плане формы, взаимное размещение которых позволяет формировать на поверхности покрытия водопроводящие

каналы, создающие условия для взаимного соударения восходящих и нисходящих водных потоков. Гасители в предлагаемой конструкции выполняются в виде треугольных призм соответствующим образом размещённых в ряду. Ряды гасителей размещаются перпендикулярно направлению откоса в прибойной зоне. Рекомендуется устраивать 3-4 ряда волногасящих устройств. Из них один ряд располагается на откосе по линии НПУ, один ряд ниже линии НПУ и 1-2 ряда выше линии соответствующей нормальному подпорному уровню (см. рисунки 5 и 6).

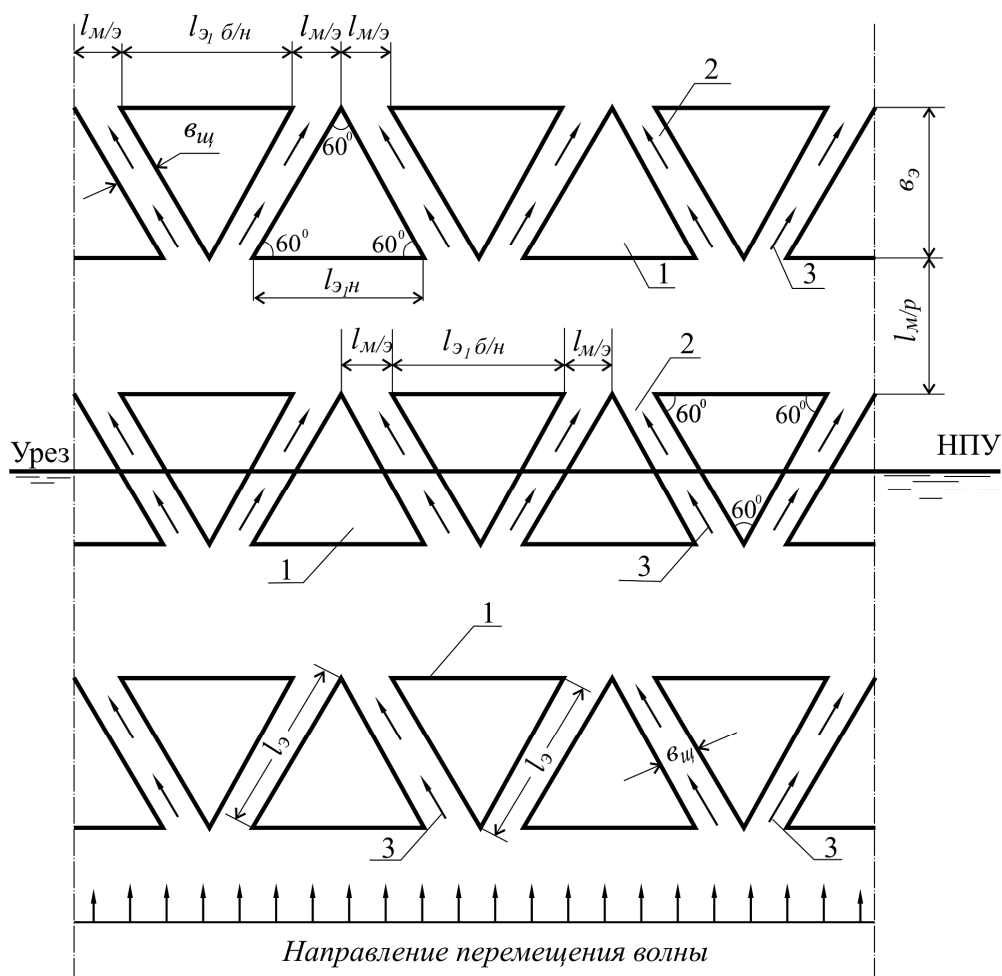
В качестве волногасящих элементов на напорных откосах дамб (плотин) рекомендуется использовать треугольные призмы с равносторонними треугольниками в плане (см. рис. 5) и с равнобедренными треугольниками в основании призмы (см. рис. 6). Схема по рисунку 5 рекомендуется при соотношении длины ветровой (накатывающейся) волны ( $l_в$ ) к её глубине ( $h_в$ ) равном  $10 < l_в/h_в < 12$ , а схема по рисунку 6 при  $l_в/h_в \geq 12$ .

Рекомендуемые параметры волногасящих элементов треугольного планового очертания приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры треугольных волногасящих элементов

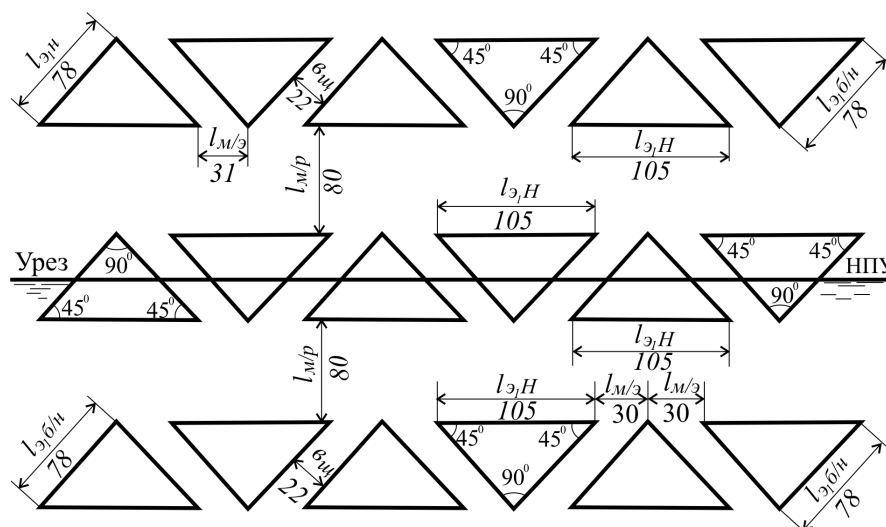
№	Наименование параметров системы волногасящих элементов	Значения параметров элементов для схем	
		равносторонних треугольных элементов	равнобедренных треугольных элементов
1.	Высота треугольных призм ( $h_э$ )	$h_э = (0,25 \div 0,3) h_в$	$h_э = (0,25 \div 0,3) h_в$
2.	Длина напорной стороны треугольника ( $l_{эН}$ )	$l_{эН} = (3,5 \div 4,0) h_э$	$l_{эН} = (3,75 \div 4,0) h_э$
3.	Длина безнапорной стороны треугольника ( $l_{эб/н}$ )	$l_{эб/н} = l_{эН}$	$1,41 l_{эН}$
4.	Ширина межэлементной щели ( $e_{щ}$ )	$e_{щ} = h_э$	$e_{щ} = 0,8 h_э$
5.	Расстояние между элементами по линии уреза ( $l_{м/э}$ )	$l_{м/э} = e_{щ} / \cos 30^\circ$	$l_{м/э} = 1,41 e_{щ}$
6.	Расстояние между рядами элементов ( $l_{м/р}$ )	$l_{м/р} = (3,0 \div 3,3) h_э$	$l_{м/р} = (2,8 \div 3,0) h_э$





1 – волногасящие элементы из треугольных призм; 2 – межэлементные щели;  
3 – направление течений в межэлементных щелях

Рисунок 5 – Схема планового размещения волногасящих элементов на основе шероховатости из треугольных равносторонних призм («шашек») на креплении верхового откоса плотины



- 1 – волногасящие элементы из треугольных равнобедренных призм;  
 2 – потокоформирующие межэлементные щели

$$\frac{L_{э,б/н}}{78}; \frac{v_{щ}}{22}; \frac{L_{э,н}}{105} \text{ — буквенные обозначения параметров}$$

размеры параметров в см для  $h_g = 1,0 \text{ м}$

Рисунок 6 – Схема планового размещения волногасящих элементов из равнобедренных треугольных призм на креплении верхового откоса плотины мелиоративного пруда

### Литература

1. Ачкасов, Г.П. Технология и организация ремонта мелиоративных гидротехнических сооружений / Г.П. Ачкасов, Е.С. Иванов. – М.: Колос, 1984. – 174 с.
2. Ясинецкий, В.Г. Организация и технология гидромелиоративных работ / В.Г. Ясинецкий, Н.К. Фенин. – 3-е изд. – М.: Агропромиздат, 1986. – 352 с.
3. Патент 2320808, РФ. Крепление верхового откоса плотины / В.Н. Шкура, В.М. Федоров, В.И. Перепелицин; 2006110806/03; заявл. 03.04.06; опубл. 27.03.08. – Бюл. № 9.

### References

1. Achkasov, G.P. Tehnologija i organizacija remonta meliorativnyh gidrotehničkih sooruzhenij / G.P. Achkasov, E.S. Ivanov. – M.: Kolos, 1984. – 174 s.
2. Jasineckij, V.G. Organizacija i tehnologija gidromeliorativnyh rabot / V.G. Jasineckij, N.K. Fenin. – 3-e izd. – M.: Agropromizdat, 1986. – 352 s.
3. Patent 2320808, RF. Kreplenie verhovogo otkosa plotiny / V.N. Shkura, V.M. Fedorov, V.I. Perepelicin; 2006110806/03; zajavl. 03.04.06; opubl. 27.03.08. – Bjul. № 9.