

УДК 627.152.153

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАЩИТЫ БЛИЗЛЕЖАЩИХ ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЗАТОПЛЕНИЙ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ ДЕЙСТВИИ ПАВОДКОВ

Волосухин В. А., д-р техн. наук, профессор¹,

Винокуров А. А., канд. техн. наук, доцент¹,

¹*Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова
ФГБОУ ВО «Донской ГАУ», г. Новочеркасск, Россия*

Аннотация. Разработано устройство автоматического действия для защиты близлежащих территорий от затоплений при кратковременном действии паводков. Также разработана методика численного расчёта конструкции методом конечных элементов для закрытия проранов из анизотропного высокопрочного материала.

Ключевые слова: паводки, ёмкости водохранилища, защита территорий, устройство, защитные сооружения.

DEVICE FOR PROTECTION OF NEARBY AREAS AGAINST FLOODING IN CASE OF SHORT-TERM FLOOD ACTION

Volosuhin V. A., Doctor of Technical Sciences, Professor¹,

Vinokurov A. A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor¹,

¹*Novocherkassk Engineering Meliorative Institute after A.K. Kortunov,
FSBEI HE Donskoy State Agrarian University, Novocherkassk, Russia*

Abstract. An automatic device has been developed to protect nearby territories from flooding during short-term floods, and a method for the numerical calculation of the structure by the finite element method has been developed to close holes made of anisotropic high-strength material.

Keywords: floods, reservoirs of reservoir, protection of territories, arrangement, protective structures.

Весной 2020 года сразу в нескольких российских регионах начались серьёзные паводки. В Коми подтопило более 300 домов, из-за паводка в четырёх районах ввели режим чрезвычайной ситуации. Схожая ситуация наблюдалась в Пермском крае. Вода разлилась в посёлке Палатка в Магаданской области, там подтопило дорогу и несколько садовых участков. Угроза разлива воды сохранялась в нескольких районах Северной Осетии, где уровень воды поднялся до критической отметки из-за ливней. В Вологодской области в зоне подтопления находились восемь районов.

По данным ГИС-центра, в большинстве районов количество осадков превышало норму шесть месяцев подряд: с октября 2019 года по март 2020 года [1]. Это способствовало тому, что все ёмкости водохранилища были переполнены, почва была переувлажнена [2].

Для защиты уходящих под воду населённых пунктов вдоль береговой линии, на самых опасных участках возводят дамбы. Материал для устройства защитных сооружений, как и сто лет назад, применяется самый простой – мешки, наполненные песком (рис. 1).

Нами разработано устройство автоматического действия для защиты близлежащих территорий от затоплений при кратковременном действии паводков (рис. 2), представляющее собой модульную конструкцию из композитного материала 1, оснащённую поплавком 3, направляющей 2, и двумя железобетонными стойками 4 [3]. Эта конструкция защищена патентом на

полезную модель RU 2385382 (зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей РФ 04.07.2008 г.) Также разработана методика численного расчёта конструкции методом конечных элементов для закрытия проранов из анизотропного высокопрочного материала, позволяющая определять напряжения по основе и по утку и геометрические параметры с учётом жёсткости (EJ) при наличии пластических шарниров.



Рисунок 1 – Строительство защитных сооружений из песка 1920-2020 годы

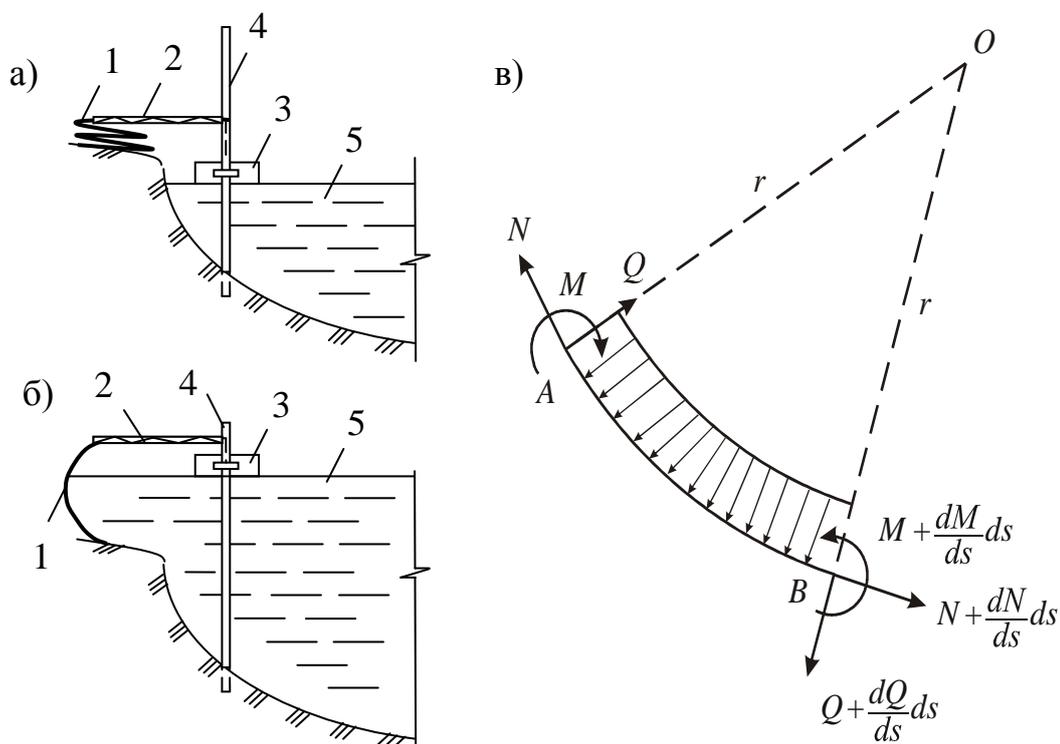


Рисунок 2 – Устройство для защиты близлежащих территорий от затоплений при кратковременном действии паводков и расчётная схема элемента (пат. RU 2385382): а – устройство при нормальном уровне воды; б – устройство при повышенном уровне воды; в – расчётная схема элемента конструкции

Численная методика расчёта заключается в:

- 1) определении формы бесконечно-малого элемента (рис. 2 в) (параметров деформированного состояния);
- 2) определении напряжений в каждой точке;
- 3) определении перемещений в каждой точке.

Для определения максимальных кольцевых напряжений в композитном материале с учётом жёсткости, раскройного периметра, высоты и массы материала получены следующие зависимости:

$$\begin{cases} x_1 = k \sqrt{\frac{EJ}{F}} \cdot \left[\left(1 - \frac{2}{k^2} \right) \left[F\left(k, \frac{\alpha}{2}\right) - F\left(k, \frac{\alpha_0}{2}\right) \right] - \frac{2}{k^2} \left[E\left(k, \frac{\alpha}{2}\right) - E\left(k, \frac{\alpha_0}{2}\right) \right] \right]; \\ y_1 = \sqrt{\frac{EJ}{F \cdot L \cdot k}} \cdot \left[\sqrt{1 - k^2 \sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)} - \sqrt{1 - k^2 \sin^2\left(\frac{\alpha_0}{2}\right)} \right]; \\ \ell = k \sqrt{\frac{EJ}{F}} \cdot \left[F\left(k, \frac{\alpha}{2}\right) - F\left(k, \frac{\alpha_0}{2}\right) \right], \end{cases} \quad (1)$$

где EJ – жёсткость гибкого устройства при изгибе, $\text{кН} \cdot \text{м}^2$;

F – сила, приложенная на границе гибкого устройства, кН ;

L – характерный линейный размер гибкого устройства, м ;

k – модуль эллиптических интегралов;

α_0 – начальный угол наклона касательной;

α – угол наклона касательной в точке A с координатами $(x; y)$;

x_1 и y_1 – координаты элемента конструкции;

ℓ – длина элемента компенсатора высоты дамб;

$F\left(k, \frac{\alpha}{2}\right), E\left(k, \frac{\alpha}{2}\right)$ – эллиптические интегралы первого и второго рода.

В результате решения системы уравнений (1) находят N, Q, M и по известным формулам сопротивления материалов вычисляют напряжения $\sigma, \tau_{\max}, \sigma_{\text{экв}}$, которые сопоставляют с нормативным напряжением [4].

Нормальные напряжения от растягивающих усилий:

$$\sigma_{\max}^{(N)} = \frac{N}{1 \cdot t} = \frac{25}{1 \cdot 10^{-2}} = 2,5 \cdot 10^3 \text{ кПа} = 2,5 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\min}^{(N)} = \frac{18,7}{1 \cdot 10^{-2}} = 1,87 \cdot 10^3 \text{ кПа} = 1,87 \text{ МПа}.$$

Нормальные напряжения от изгиба составляют:

$$\sigma_{\max}^{(M)} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{6M_{\max}}{1 \cdot t^2} = \frac{6 \cdot 4,375 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot (1 \cdot 10^{-2})^2} = 262,4 \text{ кПа}.$$

Касательные напряжения равны:

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max}}{A} = \frac{9,38}{1 \cdot 10^{-2}} = 938 \text{ кПа}.$$

Эквивалентные напряжения вычисляем по IV энергетической теории:

$$\sigma_{\text{экв}}^{IV} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{(2,76 \cdot 10^3)^2 + 3(938)^2} = 3205 \text{ кПа} = 3,21 \text{ МПа};$$

$$\sigma = \sigma^{(N)} + \sigma^{(M)} = 2,5 \cdot 10^3 + 262,4 = 2762,4 \text{ кПа}.$$

Эквивалентные напряжения во всех сечениях устройства меньше допускаемых $R = \frac{100}{1 \cdot 10^{-2}} = 10 \cdot 10^3 \text{ кПа} = 10 \text{ МПа}$. Условие предельного состояния

$$\left(\gamma_{ec} \cdot F \leq \frac{R}{\gamma_n} \right) \text{ выполняется во всех сечениях устройства } \left(3,21 < \frac{10}{1,1 \cdot 1,0} = 9,09 \right).$$

Анизотропия композитного материала устройства ухудшает его эксплуатационные показатели в связи с тем, что максимальные напряжения в деформированном состоянии находятся не по направлению основы композитного материала, а под углом к ней. Вместе с тем для рекомендуемых параметров устройства ($H \leq 2,0$) условие прочности выполняется (для анизотропного материала ТК-100) для всех расчётных сечений.

В таблице 1 и на рисунке 3 приведены результаты численного расчёта методом конечных элементов конструкции устройства для защиты близлежащих территорий от затоплений при кратковременном действии паводков из анизотропного высокопрочного материала ТК-100.

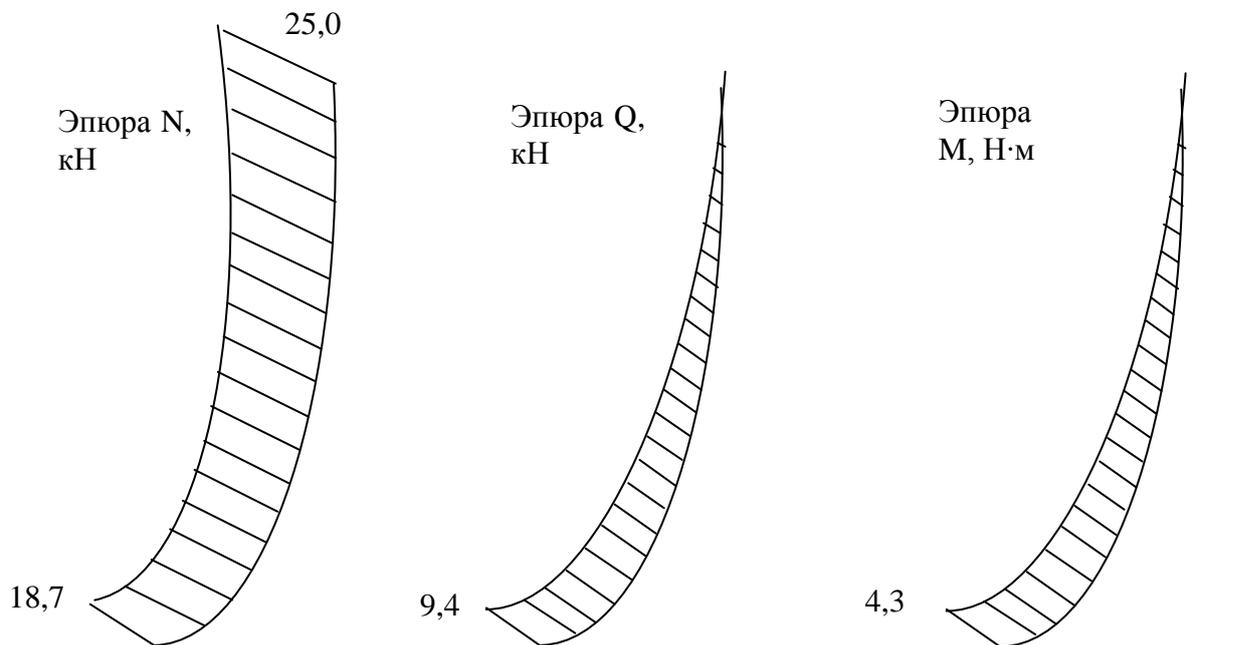


Рисунок 3 – Эпюры продольных сил N , кН; поперечных сил Q , кН; изгибающих моментов M , Н·м

Численный эксперимент показал, что доля растягивающих напряжений в устройстве из анизотропного материала в доле эквивалентных напряжений определённых по энергетической теории составляет 78,0 %, а доля напряжений изгиба – 8,2 %.

Таблица 1 – Результаты расчёта конструкции устройства для защиты близлежащих территорий от затоплений при кратковременном действии паводков из анизотропного высокопрочного материала ТК-100

Расчётные точки	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
x, м	0	0,29	0,56	0,77	0,95	1,08	1,176	1,246	1,286	1,316
y, м	0	0,09	0,25	0,46	0,7	0,97	1,26	1,56	1,86	2,2
N, кН	18,7	19,5	20,3	21,03	21,88	22,6	23,2	23,9	24,45	25,0
Q, кН	9,4	8,35	7,26	6,42	5,37	4,32	3,28	2,18	1,09	0
M, Н·м	4,3	3,91	3,45	3,21	2,67	2,13	1,6	1,05	0,53	0
σ, МПа	1,87	1,95	2,03	2,1	2,18	2,26	2,32	2,39	2,45	2,5

Список использованных источников

1. Постучалась в дом вода: реки в регионах начали выходить из берегов [Электронный ресурс] // Известия. – 2020. – № 51. – 21 мая. – URL: <https://iz.ru/1013408/anastasiia-cherovskaia/postuchalas-v-dom-voda-reki-v-regionakh-nachali-vykhodit-iz-beregov>.
2. Волосухин, В.А. Совершенствование технологии оценки параметров быстроформирующихся паводков и наводнений на горных и предгорных реках на примере Краснодарского края / В.А. Волосухин, Ю.Ю. Ткаченко // Мониторинг. Наука и безопасность. – 2014. – № 2.
3. Устройство для предотвращения начальных разрушений от паводков: пат. RU 2385382 С1 Рос. Федерация: МПК E02B 3/04 (2006.01) / В.А. Волосухин, А.И. Тищенко, А.А. Винокуров.; заявитель и патентообладатель Новочерк. гос. мелиор. акад. – № 2008127433/03; заявл. 04.07.2008; опубл. 27.03.2010, Бюл. № 9. – 2 с.
4. Тимошенко, С.П. Соппротивление материалов. Т. 2. – М. : Наука, Гостехиздат, 1946. – С. 63-67.
5. Водохозяйственная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года (распоряжение от 27 августа 2009 г. №1235-р).

УДК 628.16

ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ С ПОМОЩЬЮ МОДИФИЦИРОВАННОГО ТОНКОСЛОЙНОГО ОТСТОЙНИКА С ЕРШОВОЙ ЗАГРУЗКОЙ

*Дровозова Т. И., д-р техн. наук, доцент¹,
Марьяш С. А., вед. инженер, начальник отдела¹,
Мильченкова Д. В., студент магистратуры¹,
Картузова Т. Д., канд. техн. наук, доцент¹,*

¹*Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова
ФГБОУ ВО «Донской ГАУ», г. Новочеркасск, Россия*

Аннотация. В работе рассмотрена модернизированная конструкция тонкослойного отстойника с ершовой загрузкой, предназначенного для удаления взвешенных веществ из природных вод. Основной целью работы являлось определение местоположения ершовой загрузки в тонкослойных модулях. Изучена кинетика осаждения взвеси, определена зависимость концентрации взвешенных частиц от скорости движения обрабатываемой воды.

Ключевые слова: водоснабжение, водоподготовка, ершовой загрузка, тонкослойный отстойник, сельские поселения.