

кандидат технических наук, доцент кафедры природоохранного и гидротехнического строительства Самарский государственный архитектурно-строительный университет

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПЛОТИНАХ ПРОЛИВКОЙ БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ

RESULTS OF RESEARCH ON TECHNOLOGY OF MAKING ANTI - FILTRATION ELEMENTS OF DAMS BY POURING FAST HARDENING MATERIALS

Представлены результаты исследования технологии создания противофильтрационных элементов в плотинах с использованием быстротвердеющих материалов. Определен технологический параметр – объем расходуемого материала. Получена зависимость определения объема расходуемого материала в зависимости от толщины слоя. На основании полученной зависимости произведено технико-экономическое сравнение вариантов, установлена эффективность применения предлагаемой технологии.

**Ключевые слова:** технология, проникновение быстротвердеющих материалов, противофильтрационные элементы плотин.

Снижение затрат на строительство плотин в настоящее время является актуальной задачей. В теле плотины можно выделить наиболее трудоемкую и затратную часть, которой является противофильтрационный элемент плотины (ПФЭ). Проанализировав существующие способы создания ПФЭ, нами предложена новая технология – проливка возводимого слоя быстротвердеющими материалами [1].

Предлагаемая технология создания противофильтрационного элемента проливкой предполагает выполнение следующих операций: подача жидкого быстротвердеющего материала в зону формирования ПФЭ – его проникновение за счет сил гравитации с последующим затвердеванием в пористой среде. При этом процесс проникновения материала представляет собой гравитационное движение.

В качестве быстротвердеющих материалов могут быть рекомендованы синтетические материалы – быстротвердеющие пластмассы, бетонные смеси типа EMACO Nanocrete R4 Fluid. Нами был выбран наиболее доступный и относительно дешевый материал – битум.

Для оценки эффективности предлагаемого способа по сравнению с другими необходимо найти зависимость, позволяющую определить объем расходуемого материала. В связи с этим была по-

The results of research on creation of anti-filtration elements in dams with use of fast-hardening materials are presented. The amount of material consumed is defined as a technological parameter. Dependence of consumed material determining on the thickness of a layer is obtained. On the basis of the received dependence technical and economic comparison of options is made, the efficiency of the given technology is established.

**Key words:** technology, fast hardening materials penetration, impervious elements of dams.

ставлена следующая задача исследования – выявить связь между объемом расходуемого материала технологическими и конструктивными параметрами формируемого ПФЭ по новой технологии.

Исследования проводились на песчаной, щелевой модели и модели из щебенистого материала. Фотографии опытов приведены на рис. 1.

В результате проведенных исследований [2] было установлено, что форма растекания описывается частью круга (рис. 2) радиуса R. Согласно технологии [3], радиус подбирается таким образом, чтобы в зависимости от материала тела плотины битум смог гарантированно проникнуть на заданную высоту. Радиус круга R с учетом описанных выше граничных условий численно принимается равным высоте слоя.

Таким образом, можно определить площадь растекания в пределах первого слоя, которая составляет:

$$s_1 = H_{\text{слоя}}^2 \left( \pi - \frac{1}{4} \right) \cdot \left( \frac{\varphi_1 \cdot \pi}{180} - \sin \varphi_1 \right) \cdot \left( \frac{\varphi_2 \cdot \pi}{180} - \sin \varphi_2 \right); \quad (1)$$

в пределах последующих слоев:

$$s_2 = H_{\text{слоя}}^2 \left( \pi - \frac{1}{2} \right) \cdot \left( \frac{\varphi_3 \cdot \pi}{180} - \sin \varphi_3 \right), \quad (2)$$

где  $\varphi_1, \varphi_2$  и  $\varphi_3$  – некоторые углы, определяющие смещение центра окружности относительно середины слоя.

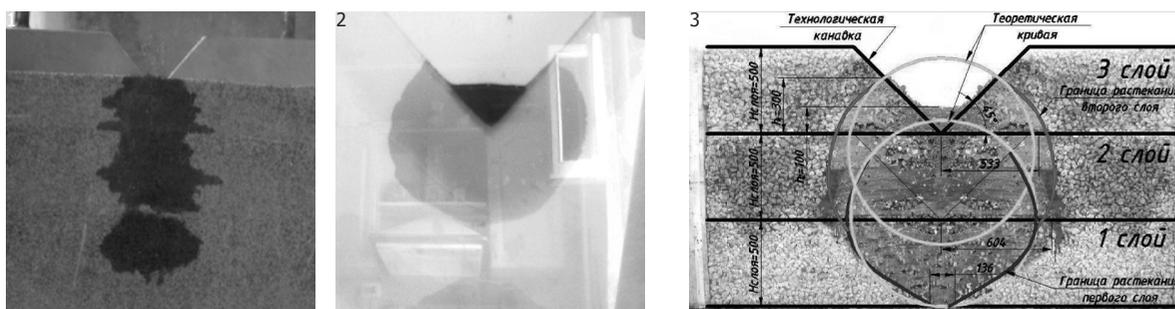


Рис. 1. Результаты исследования растекания на песчаной (1), щелевой (2) и модели из щебня (3)

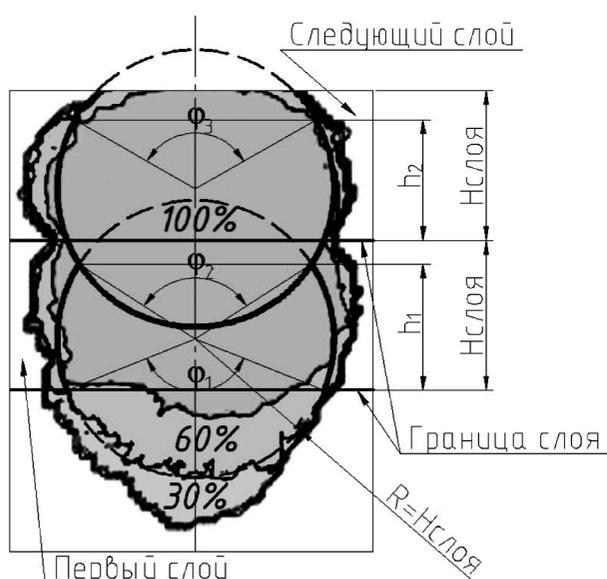


Рис. 2. Форма растекания битума в пределах нескольких слоев (опытные данные)

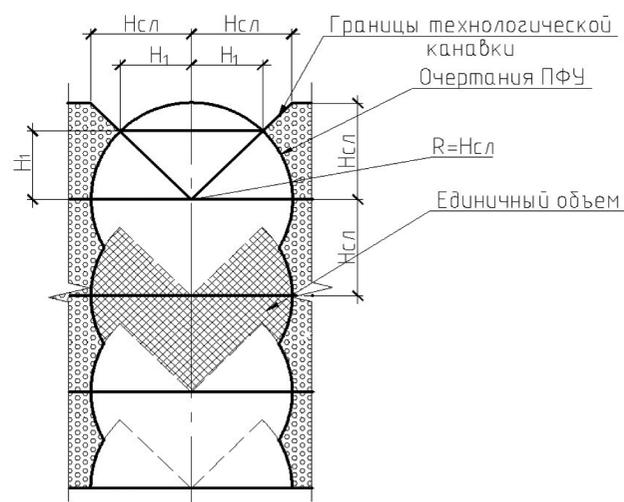


Рис. 3. Конструкция противодиффузионного устройства:

$H_1$  – высота заполнения битумом технологической канавки;  
 $H_{слоя}$  – высота слоя

Дальнейший анализ показывает, что необходимо установить связь между толщиной возводимого противодиффузионного устройства, глубиной заливки битума в канавку и зоной растекания. Для этого геометрически опишем конструкцию противодиффузионного устройства (рисунок 3).

При глубине заливки битума в технологическую канавку  $0,7H_{сл}$  обеспечивается перекрытие слоев противодиффузионного элемента. При увеличении глубины заливки происходит смещение центра радиуса растекания выше границы слоя, в пределах которого производится заливка, при уменьшении глубины заливки смещение радиуса происходит в обратном направлении. Указанное изменение глубины заливки битума в технологическую канавку предполагает дополнительные технологические операции устройства противодиффузионного устройства.

Объем расходуемого материала на один погонный метр определится по геометрическим размерам формируемого противодиффузионного устройства в соответствии с рис. 4.

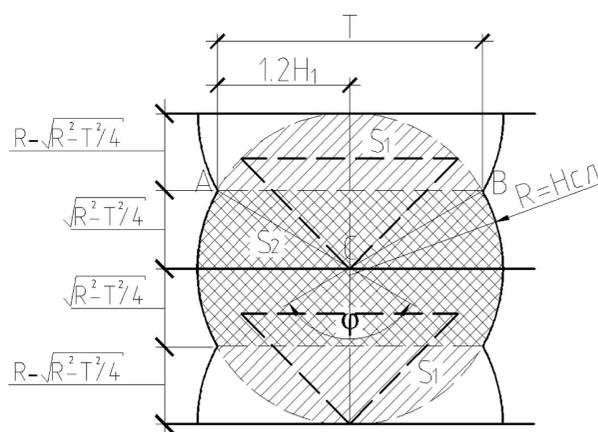


Рис. 4. Схема к определению объема расходуемого материала на один погонный метр.

$$V = (\pi \cdot R^2 - 2S_1) \cdot m, \text{ м}^3, \tag{3}$$

где  $m$  – коэффициент пористости;

Площадь  $S_1$  вычисляем из площади кругового сегмента:

$$S_1 = \frac{R(s-l) + l \cdot f}{2}, \text{ м}^3, \tag{4}$$

где  $R$  – радиус окружности;  $s$  – длина дуги,  
 $s = \frac{\varphi \cdot \pi}{180} R$ ;  $l$  – длина хорды,  $l=T$ ;

$f$  – высота стрелки,  $f = R - \sqrt{R^2 - \frac{T^2}{4}}$ .

$$S_1 = \frac{R \left( \frac{\varphi \cdot \pi}{180} \cdot R - T \right) + T \cdot \left( R - \sqrt{R^2 - \frac{T^2}{4}} \right)}{2} \quad (5)$$

Значение угла  $\varphi$  определяем из треугольника (рис. 3):

$$\frac{\varphi \cdot \pi}{180} = \arctg \frac{\sqrt{R^2 - \frac{T^2}{4}}}{T/2} \quad (6)$$

Подставляя (6) в (5), получим:

$$S_1 = \frac{R \left( \arctg \left( \frac{\sqrt{R^2 - T^2/4}}{T/2} \right) \cdot R - T \right) + T \cdot \left( R - \sqrt{R^2 - T^2/4} \right)}{2} \quad (7)$$

Подставляя (7) в (3), найдем формулу для определения объема расходуемого материала для создания противофильтрационного устройства:

$$V = \left( \pi \cdot R^2 - \arctg \left( \frac{\sqrt{R^2 - T^2/4}}{T/2} \right) \cdot R^2 + T \cdot \sqrt{R^2 - T^2/4} \right) \cdot m \quad (8)$$

Полученная зависимость позволила произвести технико-экономическое сравнение существующих технологий с предлагаемой. Результаты сравнения приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Затраты по вариантам в рублях**

Наименование затрат	Стоимость единицы	Затраты работ по вариантам	
		Ядро проливкой битумом	Асфальтобетонное ядро в опалубке
<b>1. Материалы (с учетом их изготовления)</b>			
1. Битум БН-III	350	52.5 (0.15)	19.6 (0.056)
2. Металлическая опалубка	15.6	-	13.26 (0.85)
3. Песок	270	-	3.78 (0.014)
<b>2. Машины и механизмы</b>			
4. Автомобильный кран 10 т	101.2	-	6.33
5. Битумовоз	134.5	0.4	-
6. Транспорт материалов	67.47	-	4.73
<b>3. Фонд оплаты труда</b>			
7. Затраты труда	29.39	0.34	22.74
8. Затраты труда машинистов	40.26	0.12	7.85
Итого затрат		53.37	78.29

Примечание. В скобках указан объем работ в кубометрах.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- на основании исследований получена численная зависимость для определения объема расходуемого материала для создания ПФУ по предлагаемой технологии;
- на основании технико-экономических расчетов по полученной зависимости выявлена экономическая целесообразность использования технологии создания ПФУ проливкой твердеющими материалами, эффективность за счет уменьшения трудоемкости процесса стала на 30 % меньше по сравнению с известными технологиями.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Пат. 2330140 РФ, В 09 В 7/00. Способ возведения плотины [Текст] / М.И. Бальзанников, В.А. Шабанов, А.А. Михасек. Заявл. 03.02.06; опубл. 27.07.08.
2. Шабанов, В.А. Экспериментальное исследование проникновения вязкой жидкости в пористую среду [Текст] / В.А. Шабанов, А.А. Михасек // Известия вузов. Строительство. – 2006. - №11-12. – С.52-56.
3. Шабанов, В.А. Технология создания противофильтрационного устройства в «жестких насыпях» [Текст] / В.А. Шабанов, А.А. Михасек // Монтажные и специальные работы. – 2006. - №11. – С. 11-13.

© Михасек А.А., 2011