

сов. Минск, 1969. 5. Великевич П.А. Экспериментальное изучение поперечной циркуляции при неравномерном прямолинейном движении жидкости. – Мат. конф. молодых ученых АН БССР. – Минск, 1962. 6. Жулаев Р.Ж. Поперечная циркуляция в открытом русле, возбуждаемая перераспределением расхода. – Изв. АН Каз. ССР. Сер. Энергетика. – 1960, вып. 2 (16). 7. Русских Л.П. Некоторые результаты исследований поперечной циркуляции, возбуждаемой перераспределением расхода в прямолинейном русле. – Изв. АН Каз. ССР. Сер. Энергетика. Алма-Ата, 1960, вып.2 (18).

УДК 628.113.1

Д.А.Козлов, В.Ф.Бубнов, канд. техн. наук,
доценты (БПИ)

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОЧЕРТАНИЯ ФИЛЬТРА

Для рыбозащиты и осветления воды при водозаборе широко применяются сетчатые фильтры, выполненные в виде плоской сетки, устанавливаемой под некоторым углом к потоку [1], или конической формы [2]. В последние годы разработан целый ряд новых рыбозащитных устройств, отличающихся в основном способом очистки фильтра. В связи с все расширяющимся строительством крупных водозаборов габариты фильтров увеличиваются: например, диаметры конических фильтров достигают $6 \div 10$ м, а длина плоских сеток $100 \div 200$ м.

Поэтому становится актуальной проблема оптимального, с гидравлической точки зрения, очертания фильтра. Применяемое в настоящее время прямолинейное очертание не обеспечивает постоянной скорости по длине фильтра, вследствие чего на отдельных участках рыба прижимается к сетке и травмируется, очистка поверхности затруднена, а другие участки фильтра, где скорость меньше расчетной, не обеспечивают заданную пропускную способность.

В.В.Петрашкевич применительно к разработанному им многосекционному рыбозаградителю [3] рассчитал оптимальное очертание фильтра исходя из уравнения движения жидкости с переменным расходом. Однако его результаты не применимы для других типов фильтров и, кроме того, решение содержит значительное количество коэффициентов, принимаемых достаточно произвольно.

В данной работе ставится цель получить гидромеханическое решение задачи оптимального очертания фильтра из условия постоянства скорости по его длине и результаты представить в виде, удобном для практического использования. Для получения решения применяются математические методы, основанные на конформных преобразованиях [4].

Схема течения представлена на рис. 1, а; l – длина, a – ширина фильтра BC или его половины (если A_1C – ось симметрии). Форма фильтра находится из условия постоянства скорости v_c по его поверхности.

Данному течению, происходящему в плоскости $z = x + iy$, соответствует в плоскости комплексного потенциала $W = \varphi + i\psi$ полуплоскость шириной q – удельный расход фильтра (рис. 1, б). Рассматривая область W как треугольник с вершиной A в бесконечности и углами $\alpha\pi$ при вершине C и $(1 - \alpha)\pi$ при вершине B , с помощью интеграла Шварца – Кристоффеля [5] находим функцию, реализующую отображение W на верхнюю полуплоскость вспомогательно-

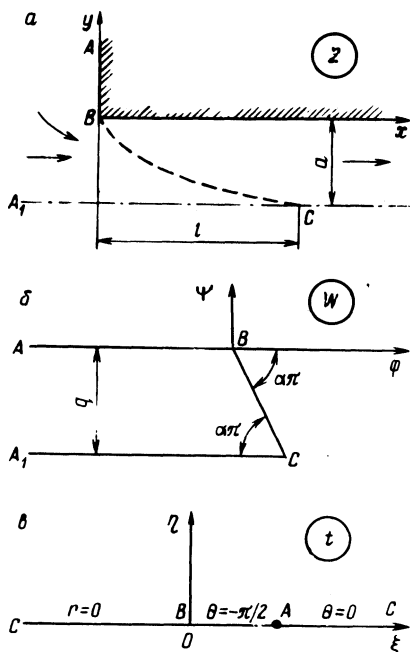


Рис. 1. Расчетные схемы: а – область течения через фильтр; б – область комплексного потенциала течения W ; в – вспомогательная область переменного t .

го переменного t (рис. 1, в):

$$W = \frac{q}{\pi} \int_0^t \frac{dt}{t^\alpha(t-1)} \quad (1)$$

Функция Н.Е.Жуковского $\omega = \ln \frac{1}{v_c} \cdot \frac{dW}{dz} = \ln \frac{v}{v_c} -$

$- i\theta$ (где θ – угол наклона вектора скорости v к оси Ox) находится после решения смешанной краевой задачи для верхней полуплоскости, $\text{Im}t > 0$ с помощью формулы Келдыша – Седова [5]:

$$\omega = -\frac{1}{2}\sqrt{t} \int_0^1 \frac{d\xi}{\sqrt{\xi}(\xi-t)} = \ln \frac{\sqrt{t-1}}{\sqrt{t+1}}. \quad (2)$$

При наличии функций (1) и (2) геометрические параметры, характеризующие течение в плоскости z , могут быть найдены из выражения

$$z = \frac{1}{v_c} \int e^{-\omega} \frac{dW}{dt} dt = \frac{q}{\pi v_c} \int e^{-\omega} \frac{dt}{(t-1)t^\alpha}. \quad (3)$$

Таблица 1. Оптимальные координаты фильтра $(\frac{x}{a}, \frac{y}{a})$

$\frac{y}{a} \backslash \frac{x}{a}$	-1,0	-0,5	0,0	0,5	1	1,5	2,0
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,05	-0,320	-0,140	-0,065	-0,030	-0,012	-0,005	0,003
0,10	-0,442	-0,220	-0,100	-0,040	-0,020	0,000	0,020
0,15	-0,527	-0,270	-0,125	-0,051	-0,010	0,020	0,040
0,20	-0,604	-0,323	-0,150	-0,051	-0,018	0,042	0,080
0,30	-0,715	-0,402	-0,175	-0,031	0,070	0,120	0,168
0,40	-0,820	-0,453	-0,187	0,000	0,140	0,222	0,289
0,50	-0,864	-0,489	-0,182	0,050	0,240	0,355	0,455
0,60	-0,917	-0,512	-0,160	0,122	0,382	0,560	0,740
0,70	-0,950	-0,521	-0,131	0,200	0,530	0,800	1,053
0,80	-0,975	-0,523	-0,095	0,290	0,680	1,030	1,370
0,90	-0,988	-0,516	-0,046	0,390	0,830	1,260	1,690
1,0	-1,000	-0,500	0,000	0,500	1,000	1,500	2,000

На поверхности фильтра ВС ($-\infty < t < 0$) скорость постоянна ($v = V_c$), и функция Н.Е. Жуковского принимает вид $\omega = -i\theta$, где

$$\theta = \arctg \sqrt{-t} - \frac{\pi}{2}, \quad (4)$$

а выражение (3)

$$z = x + iy = \frac{q}{v_c \pi} \int (\cos \theta + i \sin \theta) \frac{dt}{(t-1)t^\alpha}. \quad (5)$$

Интегрируя (5) на участке ВС и разделяя действительную и мнимую части, получим координаты фильтра

$$x = \frac{q}{v_c \pi} \left(\sin \alpha \pi \int_0^t A dt - \cos \alpha \pi \int_0^t B dt \right);$$

	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,010	0,015	0,017	0,020	0,022	0,024	0,026	0,027	0,027
0,025	0,030	0,036	0,040	0,043	0,050	0,053	0,055	0,055
0,050	0,060	0,075	0,082	0,086	0,091	0,100	0,110	0,110
0,092	0,110	0,125	0,150	0,157	0,160	0,170	0,180	0,180
0,198	0,226	0,255	0,305	0,034	0,380	0,400	0,420	0,420
0,345	0,390	0,477	0,600	0,071	0,830	0,900	0,990	0,990
0,565	0,670	0,830	1,095	1,299	1,560	1,630	1,825	1,825
0,905	1,091	1,400	1,705	1,990	2,310	2,440	2,680	2,680
1,290	1,550	1,915	2,268	2,610	3,000	3,220	3,520	3,520
1,690	2,025	2,440	2,846	3,250	3,690	4,000	4,285	4,285
2,085	2,500	2,970	3,430	3,900	4,385	4,750	5,210	5,210
2,500	3,000	3,500	4,000	4,500	5,000	5,500	6,000	6,000

$$y = \frac{q}{v_c \pi} \left(\cos \alpha \pi \int_0^t A dt + \sin \alpha \pi \int_0^t B dt \right); \quad (6)$$

где

$$A = \frac{1}{(1-t)^{3/2} (-t)^\alpha};$$

$$B = \frac{1}{(1-t)^{3/2} (-t)^{\alpha-1/2}};$$

Длина и ширина фильтра находятся из (6):

$$l = \frac{q}{v_c \pi} \left(\sin \alpha \pi \int_0^{-\infty} A dt - \cos \alpha \pi \int_0^{-\infty} B dt \right); \quad (7)$$

$$a = \frac{q}{v_c \pi} \left(\cos \alpha \pi \int_0^{-\infty} A dt + \sin \alpha \pi \int_0^{-\infty} B dt \right).$$

В решение вошел параметр α , задавшись которым, по формулам (7) вычисляется соответствующая ему относительная длина фильтра $\frac{l}{a}$, а по формулам (6) и оптимальное очертание. Причем, чем меньше относительная скорость на фильтре, тем больше следует назначать $\frac{l}{a}$. На ЭВМ ЕС-1020 выполнены расчеты, результаты которых приведены в табл. 1, где для l от $6a$ до $-a$ даны безразмерные координаты фильтра $\frac{x}{a}$ для различных $\frac{y}{a}$ (направление осей x и y принято, как на рис. 2).

По полученным данным на рис. 2 построено очертание фильтра ВС для $\frac{l}{a}$, равного 2; 1; 0; -0,5; -1. Анализ данных табл. 1 и рис. 2 показывает, что принятое в настоящее время линейное очертание фильтра весьма далеко от оптимальной, с гидравлической точки зрения, формы. В случае необходимости для простоты изготовления очертание фильтра может быть аппроксимировано тремя прямыми, вписанными в рекомендуемые координаты. Для случая, рассмотренного В.В.Петрашкевичем, результаты согласуются с приведенными в табл. 1.

Таким образом, рассмотрена краевая задача в оригинальной постановке, позволившей вычислить гидравлически оптимальную

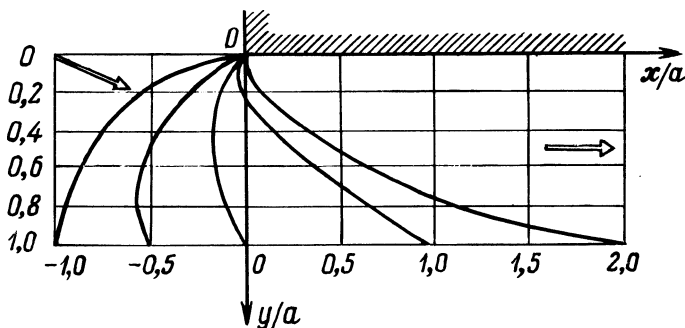


Рис. 2. Оптимальные очертания фильтра.

форму фильтра, и результаты представить в виде, удобном для практического использования.

Л и т е р а т у р а

1. Цыпляев А.С. Рыбозащитные сетчатые установки с рыбоотводом. — М., 1973.
2. Химицкий К.Ф. Новая водоочистная сетка. — Водоснабжение и санитарная техника, 1965, № 8.
3. Петрашкевич В.В. Конический многосекционный рыбозаградитель. — Рыбное хозяйство, 1976, №10, с.23–25.
4. Гуревич М.И. Теория струй идеальной жидкости. — М., 1961.
5. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного. — М., 1965.

УДК 532.537:626.17

В.К.Свистунов, канд. техн. наук, доц. (БПИ)

ДЕФОРМАЦИЯ ОТКОСА МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ ПРИ ВЫКЛИНИВАНИИ ГРУНТОВЫХ ВОД

Наибольшей деформации подвергаются откосы мелиоративных каналов в пределах зоны выклинивания грунтовых вод. Особенно неустойчивы сложенные слабосвязными и несвязными грунтами. В этой зоне идет процесс переформирования откоса. Часть грунтовой массы уносится к подошве откоса, уполаживая его. В отдельных случаях в верхней зоне выклинивания он оползает отдельными глыбами. Граница оползня не постоянна и по мере насыщения грунта водой перемещается вверх по откосу. При установившейся высоте выклинивания процесс деформации откоса не бесконечен, на определенной стадии он стабилизируется.