

вод. На реках с меженным расходом, превышающим дебит водозабора при условии хорошей взаимосвязи поверхностных и подземных вод, ширина реки, форма поперечного сечения русла практически не влияют на производительность водозабора. Влияние несовершенства реки по врезу на дебит водозабора также незначительно. В то же время ширина, степень несовершенства и форма поперечного сечения русла оказывают существенное влияние как на суммарную фильтрацию из реки, так и на фильтрацию через элементы ее русла (дно и берега).

Проведенные опыты позволяют также определить, какая часть русла будет подвержена наибольшей кольматации на реках с различной формой и шириной поперечного сечения, и следовательно, при каком размещении водозабора относительно реки эти процессы будут происходить наиболее интенсивно.

Резюме. С помощью электроаналогового моделирования оценено влияние размеров русла, его формы и глубины вреза в водоносный пласт на фильтрацию из реки и производительность береговых водозаборов подземных вод.

Л и т е р а т у р а

1. Антос Э.Р., Асланян Э.А., Завилейский С.В. Исследование взаимосвязи речных и поверхностных вод. - "Труды ГИ", 1972, вып. 188.
2. Вевиоровская М.А. К вопросу о дренировании грунтовых вод руслами рек. - "Бюл. Моск. об-ва испытателей природы. Стд. геол.", 1958, т. 33, вып. 3.
3. Зекцер И.С. Естественные ресурсы подземных вод Прибалтики. М., 1968.
4. Проектирование водозаборов подземных вод. Под ред. Ф.М.Бочевера. М., 1976.
5. Хохлатов Э.М. Методы расчета береговых водозаборов в сложных гидрогеологических условиях. Автореф. канд.дис. М., 1976.

УДК 624.131.52

Н.Д.Банников, Ю.А.Соболевский, докт.техн.наук,
П.И.Харитonenko, канд.физ.-мат.наук

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В АНИЗОТРОПНЫХ ПО ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ ОСНОВАНИЯХ КОНЕЧНОЙ ТОЛЩИНЫ ПРИ БЫСТРОМ ПРИЛОЖЕНИИ ПОЛОСОВОЙ НАГРУЗКИ

Задача распределения фильтрационных напряжений в грунтовом массиве имеет большое практическое значение. При расчетах устойчивости и несущей способности таких основа-

ний необходимо учитывать действие объемных фильтрационных сил и напоров, возникающих при быстром приложении нагрузки.

Вопросы влияния анизотропии по водопроницаемости на распределение фильтрационных сил были рассмотрены в работах [6, 7]. Здесь исследовался слой безграничной мощности. Для практики более интересен случай водонасыщенного слоя, например, торфа толщиной h , подстилаемого малосжимаемой глиной.

Рассмотрим водопроницаемое основание конечной глубины в момент приложения равномерно распределенной полосовой нагрузки на участке $-b < x < +b$ (рис. 1). Определение фильтрационных напряжений и функции начального напора сводится

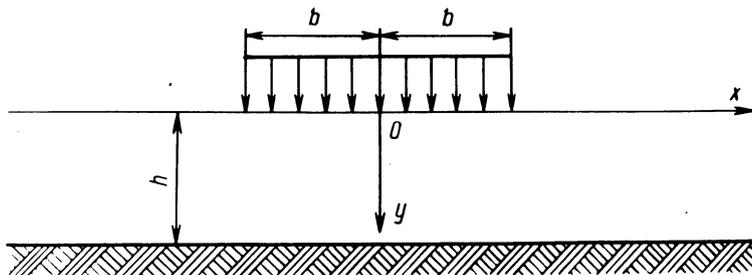


Рис. 1. Расчетная схема.

к решению следующих уравнений анизотропной по водопроницаемости грунтовой среды, включающих условия на поверхности, а также равновесия и неразрывности в начальный момент загрузки:

$$\sqrt{K_x} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \sqrt{K_y} \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \gamma_o \sqrt{K_x} \frac{\partial H}{\partial x} = 0, \quad (1)$$

$$\sqrt{K_y} \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \sqrt{K_x} \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \gamma_o \sqrt{K_y} \frac{\partial H}{\partial y} = 0, \quad (2)$$

$$K_x \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} = 0, \quad (3)$$

$$\sigma_x + \sigma_y = 0, \quad (4)$$

где K_x - коэффициент фильтрации в горизонтальном направлении; K_y - коэффициент фильтрации в вертикальном направлении; γ_o - объемная масса воды. Однако уравнений (1) - (4)

недостаточно для определения напряжений в скелете грунта и давлений в воде, так как вид функции H пока неизвестен.

Определение функции начального напора сводится к решению дифференциального уравнения (3) [6]. Преобразуем дифференциальное уравнение (3) к уравнению Лапласа путем замены анизотропной среды эквивалентной ей изотропной по А.Самшио [6]:

$$x = x_1, \quad y_1 = \sqrt{\frac{K_x}{K_y}} y.$$

Получаем в новых координатах (x, y_1) обычное уравнение Лапласа:

$$\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y_1^2} = 0. \quad (5)$$

Область изменения переменных для напорной функции $-\infty < x < \infty$, $0 \leq y \leq h$ при следующих граничных условиях:

$$1) \frac{\partial H}{\partial y} = 0 \quad \text{при} \quad y=h,$$

$$2) H = \frac{P}{\gamma_0} \quad \text{при} \quad y = 0 \quad \text{и} \quad y = -b < x < +b,$$

$$3) H = 0 \quad \text{при} \quad y = 0 \quad \text{и} \quad |x| > b,$$

$$4) H = 0 \quad \text{при} \quad 0 \leq y \leq h \quad x \rightarrow \infty.$$

Используя метод Я.А.Мачерета [3], разработанный для решения уравнения Лапласа с перечисленными граничными условиями, можно записать комплексный потенциал от действия полосообразной равномерно распределенной нагрузки в виде

$$W = \frac{2p}{\gamma_0 \pi} \arctg \frac{\frac{sh \, 2h \sqrt{K_x/K_y}}{\pi z}}{ch \, \frac{2h \sqrt{K_x/K_y}}{\pi z}}, \quad (6)$$

где комплексная переменная $z = x + i \sqrt{\frac{K_x}{K_y}} (h - y)$. Разлагая

эту функцию на действительную и мнимую части, найдем

$$\begin{aligned}
 W = & \frac{p}{\gamma_0 \pi} \left[\operatorname{arctg} \frac{2 \operatorname{sh} \frac{\pi b}{2h \sqrt{K_x/K_y}} \operatorname{ch} \frac{\pi x}{2h \sqrt{K_x/K_y}} \sin \frac{\pi y}{2h}}{\operatorname{sh}^2 \frac{\pi x}{2h \sqrt{K_x/K_y}} + \sin^2 \frac{\pi y}{2h} - \operatorname{sh}^2 \frac{\pi b}{\sqrt{K_x/K_y} 2h}} \right] \\
 & - \frac{ip}{\gamma_0 \pi} \left[\ln \sqrt{\frac{\left(\frac{\pi x}{\operatorname{sh} 2h \sqrt{K_x/K_y}} \cos \frac{\pi y}{2h} + \operatorname{sh} \frac{\pi b}{2h \sqrt{K_x/K_y}} \right)^2 +}{\left(\operatorname{sh} \frac{\pi x}{2h \sqrt{K_x/K_y}} \cos \frac{\pi y}{2h} - \operatorname{sh} \frac{\pi b}{2h \sqrt{K_x/K_y}} \right)^2 +}} \right] \\
 & + \frac{\operatorname{ch}^2 \frac{\pi x}{2h \sqrt{K_x/K_y}} \sin^2 \frac{\pi y}{2h}}{\operatorname{ch}^2 \frac{\pi x}{2h \sqrt{K_x/K_y}} \sin^2 \frac{\pi y}{2h}} \quad \cdot \quad (7)
 \end{aligned}$$

Действительная часть комплексного потенциала является функцией напора и удовлетворяет уравнению Лапласа:

$$H = \frac{p}{\gamma_0 \pi} \operatorname{arctg} \frac{2 \operatorname{sh} m b \operatorname{ch} m x \sin n y}{\operatorname{sh}^2 m x + \sin^2 n y - \operatorname{sh}^2 m b}, \quad (8)$$

$$\text{где } m = \frac{\pi}{2h \sqrt{K_x/K_y}}; \quad n = \frac{\pi}{2h}.$$

Приравняв мнимую часть потенциала постоянной C , получим уравнение семейства линий фильтрации:

$$C = - \frac{p}{\gamma_0 \pi} \left[\ln \sqrt{\frac{(\operatorname{sh} m x \cos n y + \operatorname{sh} m b)^2 \operatorname{ch}^2 m x \sin^2 n y}{(\operatorname{sh} m x \cos n y + \operatorname{sh} m b)^2 + \operatorname{ch}^2 m x \sin^2 n y}} \right], \quad (9)$$

Градиент напора может быть найден из выражения

$$|\operatorname{grad} H| = \sqrt{\left(\frac{\partial H}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial H}{\partial y_1} \right)^2}. \quad (10)$$

Положив в выражениях (8) - (10) $K_x = K_y$ получим решения для изотропной среды. Сравнение гидродинамических напоров (рис. 2) при установившейся фильтрации для изотропного и анизотропного оснований в момент приложения нагрузки позволяет вывести, что при $K_x/K_y > 1$ область фильтрации уменьшается, а линии равных напоров вытягиваются вдоль оси x , оказывая неблагоприятный распирающий эффект.

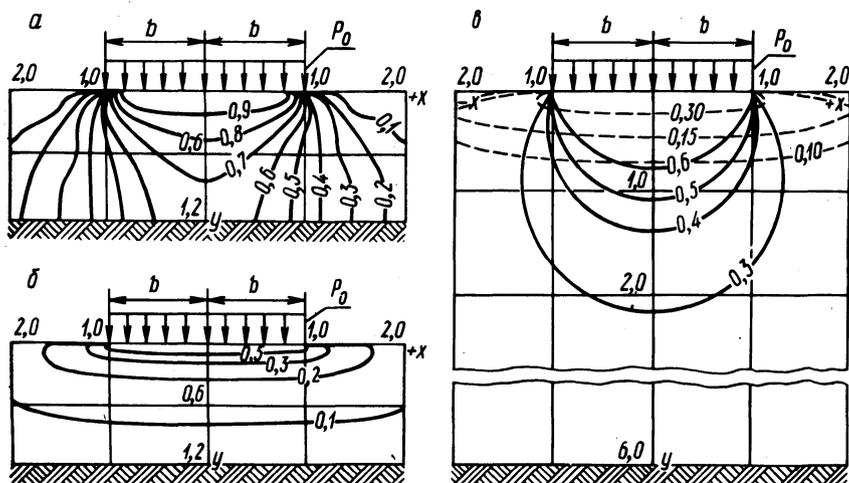


Рис. 2. Гидродинамические картины фильтрации для слоя конечной толщины: а, б - соответственно для изотропного и анизотропного по водопроницаемости грунтов, $K_x/K_y = 100$ (при толщине слоя $h = 1,2b$); в - для изотропного грунта (сплошные линии) и для грунтовой среды с преобладанием горизонтальной водопроницаемости, $K_x/K_y = 100$ (при толщине слоя $h = 6b$).

Получив выражение напорной функции (8), приступим к определению фильтрационных напряжений в анизотропном по водопроницаемости основании в момент приложения нагрузки. При наличии фильтрационной анизотропии у грунтов полагаем, что механическая анизотропия отсутствует. Грунт рассматриваем как среду, обладающую одинаковыми значениями модуля общей деформации и коэффициента бокового расширения во всех направлениях.

Общее решение неоднородных дифференциальных уравнений (1) и (2) будет суммой общего решения однородных уравнений

$$\text{когда } \gamma_0 \frac{\partial H}{\partial x} = \gamma_0 \frac{\partial H}{\sqrt{K_x/K_y} \partial y} = 0 \text{ и частного решения}$$

неоднородных уравнений.

Для решения системы уравнений (1), (2), (4) используем метод комплексного переменного [2, 5]. Для этой цели вместо действительных переменных x и y введем комплексные переменные $z = x + i\sqrt{K_x/K_y} y$; $\bar{z} = x - i\sqrt{K_x/K_y} y$.

Принимая во внимание следующие преобразования:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \left(\frac{\partial}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial \bar{z}} \right) u; \quad \frac{\partial u}{\partial y} = -i \sqrt{\frac{K_x}{K_y}} \left(\frac{\partial}{\partial \bar{z}} - \frac{\partial}{\partial z} \right) u \quad (11)$$

и считая, что $\sigma_x = -\sigma_y$, перепишем уравнения (1) и (2) в виде

$$-\frac{\partial \sigma_y}{\partial z} - \frac{\partial \sigma_y}{\partial \bar{z}} - i \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial \bar{z}} + i \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial z} = -\delta_0 \frac{\partial H}{\partial x}; \quad (1')$$

$$-i \frac{\partial \sigma_y}{\partial z} + i \frac{\partial \sigma_y}{\partial \bar{z}} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial \bar{z}} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial z} = -\delta_0 \frac{\partial H}{\sqrt{K_x/K_y} \partial y}. \quad (2')$$

Умножив уравнение (2') на i и сложив с уравнением (1'), получим

$$\frac{\partial}{\partial z} (\tau_{xy} + i\sigma_y) = -\frac{i}{2} \delta_0 \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\delta_0}{2} \frac{\partial H}{\sqrt{K_x/K_y} \partial y}, \quad (12)$$

т.е. частное решение уравнений (1) и (2)

$$\tau_{xy} + i\sigma_y = \int \left(-\frac{\delta_0}{2} \frac{\partial H}{\sqrt{K_x/K_y} \partial y} + \frac{i}{2} \delta_0 \frac{\partial H}{\partial x} \right) dz. \quad (13)$$

Общее решение уравнения (13) имеет вид

$$F(x, y) = F_0(x, y) + \overline{\Omega(z)}, \quad (14)$$

где $F_0(x, y)$ - частное решение уравнения (13); $\overline{\Omega(z)}$ - произвольная аналитическая функция комплексного переменного, удовлетворяющая граничным условиям (в нашем случае она будет соответствовать общему решению однородных дифференциальных уравнений (1) и (2)); $\overline{\Omega(z)} = \varphi(x, y) - i\psi(x, y)$. Функции $\varphi(x, y)$ и $\psi(x, y)$ связаны условиями Коши-Римана и удовлетворяют уравнению Лапласа, т.е.

$$K_x \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0, \quad K_x \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = 0.$$

Производя соответствующие преобразования в выражении (13) и вычислив интеграл, получаем

$$\begin{aligned} \sigma_y = -\psi(x, y) - \frac{py \operatorname{sh} mb}{2h} \operatorname{ch} mx \cos ny \times \\ \times \frac{(\operatorname{sh}^2 mx + \cos^2 ny - \operatorname{ch}^2 mb)}{[(\operatorname{sh}^2 mx + \sin^2 ny - \operatorname{sh}^2 mb)^2 + 4 \operatorname{sh}^2 mb \operatorname{ch}^2 mx \sin^2 ny]} + \\ + \frac{p m \operatorname{sh} mb x \operatorname{sh} mx \sin ny (\operatorname{sh}^2 mx + \cos^2 ny + \operatorname{ch}^2 mb)}{[(\operatorname{sh}^2 mx + \sin^2 ny - \operatorname{sh}^2 mb)^2 + 4 \operatorname{sh}^2 mb \operatorname{ch}^2 mx \sin^2 ny]}; \quad (15) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_{xy} = \varphi(x, y) + \frac{py \operatorname{sh} mb \operatorname{sh} mx \sin ny (\operatorname{sh}^2 mx + \cos^2 ny)}{2h (\operatorname{sh}^2 mx + \sin^2 ny - \operatorname{sh}^2 mb)^2 + 4 \operatorname{sh}^2 mb \operatorname{ch}^2 mx \sin^2 ny} \times \\ \times \frac{\cos^2 ny + \operatorname{ch}^2 mb}{4 \operatorname{sh}^2 mb \operatorname{ch}^2 mx \sin^2 ny} - \frac{p m \operatorname{sh} mb x \operatorname{ch} mx \cos ny (\operatorname{sh}^2 mx + \cos^2 ny)}{\pi [(\operatorname{sh}^2 mx + \sin^2 ny - \operatorname{sh}^2 mb)^2 + 4 \operatorname{sh}^2 mb \operatorname{ch}^2 mx \sin^2 ny]} \times \\ \times \frac{\cos^2 ny - \operatorname{ch}^2 mb}{4 \operatorname{sh}^2 mb \operatorname{ch}^2 mx \sin^2 ny}. \quad (16) \end{aligned}$$

Определим компоненты напряжения в начальный момент загрузки водонасыщенного основания исходя из условий на контуре [1, 8, 9]: 1) при $y=0$ компоненты напряжения σ_x и $\sigma_y=0$, так как в начальный момент загрузки нагрузка воспринимается водой; 2) при $y = \sqrt{x^2 + y^2} \rightarrow \infty$ все компоненты напряжения стремятся к нулю.

Функция $\psi(x, y)$ из (15) находится путем удовлетворения следующих граничных условий: 1) при $y=0$ $\psi(x, y)=0$; 2) при

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \rightarrow \infty \quad \psi(x, y) = 0, \text{ т.е.}$$

$$\varphi(x,y) = - \frac{p \operatorname{sh} mbx \operatorname{sh} mx \sin ny (\operatorname{sh}^2 mx + \operatorname{ch}^2 ny - \operatorname{ch}^2 mb)}{2h \sqrt{\frac{K_x}{K_y}} [(\operatorname{sh}^2 mx + \sin^2 ny) + \operatorname{ch}^2 mb]} \cdot \frac{p \operatorname{sh} mby \operatorname{ch} mx \cos ny}{2h [(\operatorname{sh}^2 mx + \sin^2 ny) - \operatorname{ch}^2 mb]} \cdot \frac{(\operatorname{sh}^2 mx + \cos^2 ny - \operatorname{ch}^2 mb)}{[\operatorname{sh}^2 mb + 4 \operatorname{sh}^2 mb \operatorname{ch}^2 mx \sin^2 ny]} \quad (17)$$

Тогда

$$\sigma_y = - \frac{p y \operatorname{sh} mb \operatorname{ch} mx \cos ny (\operatorname{sh}^2 mx + \operatorname{ch}^2 ny - \operatorname{ch}^2 mb)}{h [(\operatorname{sh}^2 mx + \sin^2 ny) - \operatorname{sh}^2 mb]} \cdot \frac{(\operatorname{sh}^2 mx + \cos^2 ny - \operatorname{ch}^2 mb)}{[4 \operatorname{sh}^2 mb \operatorname{ch}^2 mx \sin^2 ny]} \quad (18)$$

$$\sigma_x = \frac{p y \operatorname{sh} mb \operatorname{ch} mx \cos ny (\operatorname{sh}^2 mx + \operatorname{ch}^2 ny - \operatorname{ch}^2 mb)}{h [(\operatorname{sh}^2 mx + \sin^2 ny) - \operatorname{sh}^2 mb]} \cdot \frac{(\operatorname{sh}^2 mx + \cos^2 ny - \operatorname{ch}^2 mb)}{[4 \operatorname{sh}^2 mb \operatorname{ch}^2 mx \sin^2 ny]} \quad (19)$$

Найдем выражение для τ_{xy} . Для этого определим аналитическую функцию комплексного переменного $\Omega(z)$ по известной мнимой части $\psi(x, y)$, используя формулу Мильне-Томпсона [4]:

$$\Omega(z) = \int \sqrt{\frac{K_y}{K_x}} \left[\frac{\partial \psi}{\partial y}(\bar{z}, 0) + i \frac{\partial \psi}{\partial x}(\bar{z}, 0) \right] d\bar{z} \quad (20)$$

Путем соответствующих подстановок и замен получим

$$\overline{\Omega(z)} = \frac{p m \operatorname{sh} m b \bar{z} \operatorname{ch} m \bar{z}}{\pi (\operatorname{sh}^2 m \bar{z} - \operatorname{sh}^2 m b)} \quad (21)$$

Затем найдем сопряженную функцию из $\overline{\Omega(z)}$

$$\begin{aligned} \varphi(x, y) = & \frac{p y \operatorname{sh} m b \operatorname{sh} m x \sin n y (\operatorname{sh}^2 m x + \\ & 2 h [(\operatorname{sh}^2 m x + \sin^2 n y - \operatorname{sh}^2 m b)^2 + \\ & x \frac{+\cos^2 n y + \operatorname{ch}^2 m b}{+4 \operatorname{sh}^2 m b \operatorname{ch}^2 m x \sin^2 n y} + \frac{p m \operatorname{sh} m b x \operatorname{ch} m x \cos n y (\operatorname{sh}^2 m x + \\ & \pi [(\operatorname{sh}^2 m x + \sin^2 n y - \operatorname{sh}^2 m b)^2 + \\ & x \frac{+\cos^2 n y - \operatorname{ch}^2 m b}{+4 \operatorname{sh}^2 m b \operatorname{ch}^2 m x \sin^2 n y}] \quad (22) \end{aligned}$$

Подставляя $\varphi(x, y)$ в выражение (16), получим выражение для касательных напряжений τ_{xy} в окончательной форме:

$$\tau_{xy} = \frac{p y \operatorname{sh} m b \operatorname{sh} m x \sin n y (\operatorname{sh}^2 m x + \cos^2 n y + \operatorname{ch}^2 m b)}{h [(\operatorname{sh}^2 m x + \sin^2 n y - \operatorname{sh}^2 m b)^2 + 4 \operatorname{sh}^2 m b \operatorname{ch}^2 m x \sin^2 n y]} \quad (23)$$

Подставляя значения $\bar{\sigma}_x$, $\bar{\sigma}_y$, τ_{xy} , определяемые (18), (19), (23), в уравнения (1) и (2), убеждаемся, что они обращаются в тождество. Положив в (18), (19), (23) $K_x = K_y$, получим выражения нормальных и касательных напряжений для изотропного случая.

На рис. 3, 4 изображены линии равных нормальных и касательных напряжений. При изотропном основании в начальный момент загрузения касательные напряжения достигают своей конечной величины. Область возможных нарушений устойчивости основания лежит под краем нагрузки в зоне подстилающего слоя (рис. 5).

Когда $\frac{K_x}{K_y} > 1$, касательные напряжения не равны конечным значениям (рис. 4). По мере передачи нагрузки с грунтовой воды на скелет грунта они увеличиваются, достигая в момент завершения максимальной величины. Область возмож-

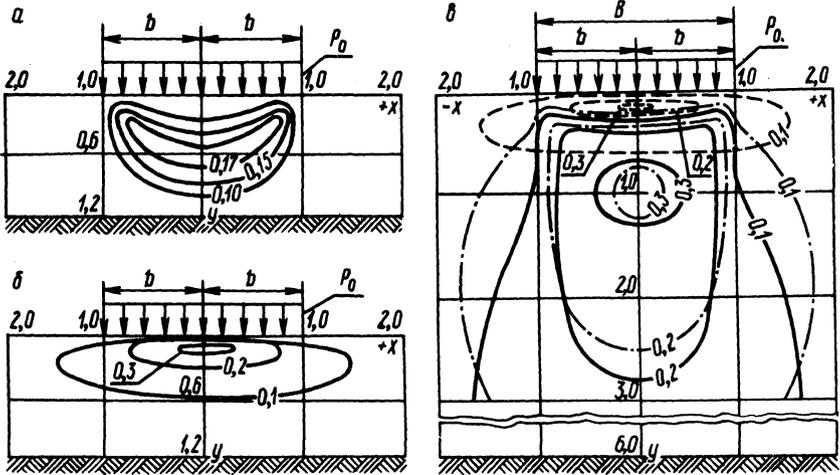


Рис. 3. Линии равных начальных напряжений $\sigma_x = \sigma_y$: а, б - соответственно для изотропного и анизотропного по водопроницаемости грунтов, $K_x/K_y = 100$ (при толщине слоя $h = 1,2b$); в - для изотропного, $K_x/K_y = 100$ (штриховые линии) изотропного, $K_x/K_y = 1$, грунтов (штрих-пунктирные) (при толщине слоя $h = 6b$) и изотропного водонасыщенного основания бесконечной толщины (сплошные).

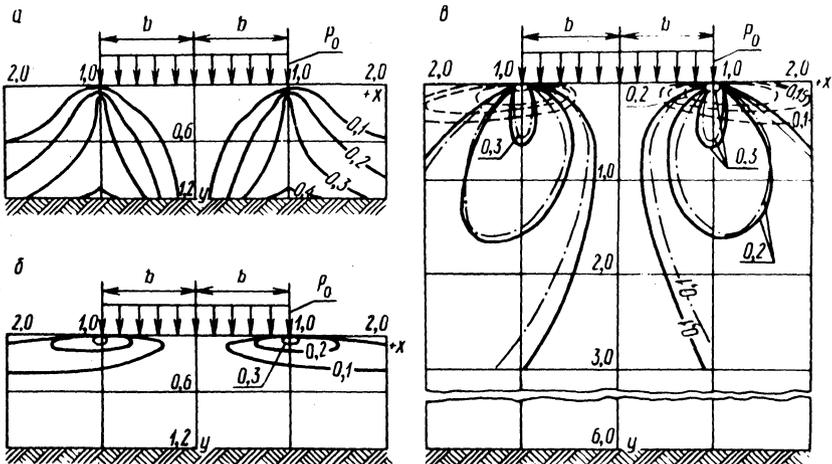


Рис. 4. Линии равных начальных касательных напряжений τ_{xy} : а, б - соответственно для изотропного и анизотропного грунтов, $K_x/K_y = 100$ (при толщине слоя $h = 1,2b$); в - для изотропного, $K_x/K_y = 100$ (штриховые линии), изотропного, $K_x/K_y = 1$ грунтов (штрих-пунктирные) (при толщине слоя $h = 6b$) и изотропного водонасыщенного основания бесконечной толщины (сплошные).

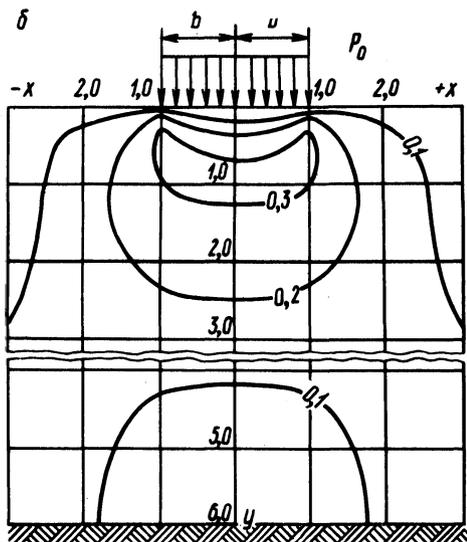
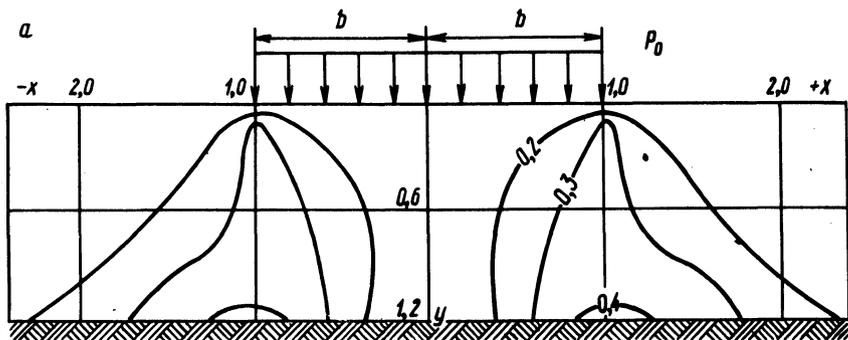


Рис. 5. Линии равных максимальных касательных напряжений для изотропного водонасыщенного основания конечной толщины: а - $h=1,2b$; б - $h=6b$.

ных нарушений устойчивости основания (рис. 6) смещена к его поверхности. Для сопоставления формул (18), (19), (23) с известными формулами для безграничного слоя рассматривался слой грунта толщиной $6b$.

Как видно из рис. 3,б, 4,б, 5,б, 6,б, линии нормальных и касательных напряжений практически совпадают с напряжениями, полученными для слоя грунта безграничной мощности. Таким образом, толщина слоя $6b$ и более может быть отнесена к полуплоскости.

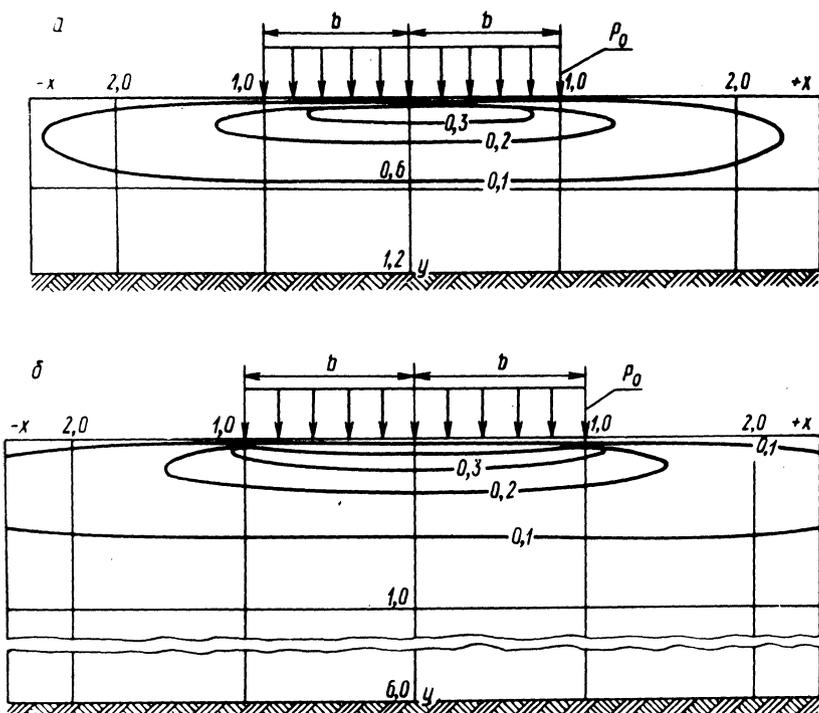


Рис. 6. Линии равных максимальных касательных напряжений для анизотропного по водопроницаемости основания ($K_x/K_y=100$) конечной толщины: а - $h = 1,2 b$; б - $h = 6 b$.

Резюме. Определяются фильтрационные напряжения в анизотропных по водопроницаемости основаниях конечной толщины при быстром приложении полосовой нагрузки.

Л и т е р а т у р а

1. Герсеванов Н.М. Основы динамики грунтовой массы. М., 1937.
2. Колосов Г.В. Применение комплексных диаграмм и теорий функций комплексной переменной в теории упругости. М., 1935.
3. Мачерет Я.А. Распределение мгновенных напоров и давлений в грунтовой массе. - "Труды Всесоюз. ин-та оснований сооружений", 1934, №4.
4. Мильне-Томпсон Л.М. Теоретическая гидродинамика. М., 1965.
5. Мухенишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М., 1966.
6. Соболевский Ю.А. Водонасыщенные откосы и основания. Минск, 1975.
7. Со-

болеватский Ю.А. Деформации откосов и мероприятия по их предотвращению. — В сб.: Устойчивость фильтрующих откосов. Минск, 1969. 8. Флорин В.А. Основы механики грунтов. Т. 1. М., 1959. Т. П. М., 1961. 9. Флорин В.А. К вопросу о гидродинамических напряжениях в грунтовой массе. М., 1938.

УДК 624.137.2:624.131.6

Н.Н.Баранов, канд.техн. наук

ОЦЕНКА ОБЩЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ ФИЛЬТРУЮЩИХ ОТКОСОВ

В настоящей работе рассматривается вопрос оценки общей устойчивости фильтрующего откоса, исходя из условия взвешивания, на основе допущения плоских поверхностей скольжения, проходящих через подошву. Схема фильтрации по всей высоте справедлива при разработке выемок и котлованов ниже уровня грунтовых вод, для плотин, дамб и каналов при быстрых работах уровней воды, при возведении упорных призм специальных гидротехнических сооружений и т.п. Под фильтрующим подразумевается такой откос, в порах которого вода передвигается под действием сил тяжести (гравитационная).

В предлагаемой схеме используется прием поворота откоса, и решение задачи устойчивости основано на построении математической модели фильтрующей откосной области. Модель строится с помощью конформного преобразования откосного поля фильтрационных сил (физической области) в полуплоскость (вспомогательная область). В каждой точке массива, ограниченного сверху горизонтальной линией, напряженное состояние точно оценивается действием веса слоя грунта, т.е. $\sigma_1 = \gamma h$. Архимедовы силы W как на модели, так и в физической области направлены вверх, а их действие в обоих случаях проявляется во взвешивании частиц грунта.

Примем способ учета фильтрационных сил по уравнению Н.Н. Павловского [2], которое является гармоническим. т.е. удовлетворяет уравнению Лапласа. Исследуемую откосную область сводим к простейшей канонической — полуплоскости. Свойство инвариантности, т.е. неизменности преобразований, осуществляемых аналитическими функциями комплексного переменного, и является математическим обоснованием спра-