

Сравнивая (4) и (6), имеем:

$$a = \frac{1 - 1,26m^{2/3}}{\epsilon^2},$$

где m — коэффициент расхода.

Проведенные исследования подтверждают справедливость гипотезы о линейном изменении уклонов свободной поверхности потока для случая размыва однородных плотин из песчаных грунтов, что вносит гидравлическую определенность и позволяет получить однозначные решения полученных ранее уравнений [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Чертоусов М.Д. Гидравлика. Специальный курс. — М. — Л., 1962. — 630 с.
2. Чугаев Р.Р. Гидравлика. Л., 1982. — 672 с.
3. Ляпин А.Н. О построении кривых свободной поверхности на участках водопада // Гидротехн. стр-во, 1975. — № 11. — С. 22...
24. 4. Ляпин А.Н. Приближенное построение некоторых кривых свободной поверхности неплавно изменяющихся течений // Тр. ГГИ. Л., 1966. — Вып. 136. — С. 18..22.
5. Серопян К.Г. Результаты исследований размыва моделей дамб из несвязных грунтов в условиях плоской задачи // Водозаборные и водопропускные сооружения. Тр. ин-та ВОДГЕО. М. — С. 88..98.
6. Богославчик П.М., Филиппович И.В. К расчету размыва однородной плотины из песчаных грунтов при переливе воды через гребень // Известия вузов СССР. — 1983. — № 2. — С. 100...105.

УДК 626.823

С.П.ГАТИЛЛО (БПИ)

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЙ ПО ДНУ СБОРНОГО ТРУБЧАТОГО СООРУЖЕНИЯ

При изучении гидравлических характеристик трубчатых водопропускных сооружений определенным интерес представляет рассмотрение закономерностей распределения давлений в потоке, протекающем через сооружение.

Результаты исследований распределения давлений по дну и стенкам трубчатых сооружений различного поперечного сечения (в основном прямоугольного и круглого) и пульсаций давления изложены в [1–3].

При изучении пропускной способности трубчатых сооружений полукруглого и треугольного поперечных сечений [4] по оси их дна были установлены пьезометры. Опыты проводились в лотке шириной 1 м. В нем был смоделирован участок канала с заложением откосов $m = 1,5$.

Модель треугольной трубы изготовлена из оргстекла шириной по дну в свету $b_{\text{п}} = 10$ см, высотой $a = 8,1$ см, длиной $l_{\text{тр}} = 70$ см.

Отверстия пьезометров находились в дне трубы. Они позволяли фиксировать гидродинамическое давление у дна $p/\gamma \cdot \gamma$.

При использовании сборных трубчатых сооружений на мелиоративных системах особое значение имеет наличие большого числа стыков в соо-

ружении, при нарушении целостности которых возможно проникновение воды в трубу или из нее. Поэтому установление величины и направления силы давления воды, действующей в стыках в момент их раскрытия, даст возможность определить характер деформации грунта в непосредственной близости от стыков и оценить фильтрационную устойчивость сооружения. Необходимо учитывать также давление фильтрационного потока вне трубы, образующегося в насыпи от напора на сооружение.

Таким образом, для решения поставленной задачи целесообразно оценить взаимодействие обоих потоков и выявить места, в которых опасно размещать стыки.

На рис. 1 показано распределение давлений $p/\gamma \cdot \gamma$ по всем пьезометрам 1—8 по оси трубы в зависимости от глубины воды перед трубой H (выходное сечение трубы не подтапливалось).

По показаниям пьезометров можно установить изменение видов движения потока в трубе. При увеличении глубины воды (H) перед трубой (0—0,8) a , т.е. при безнапорном движении, показания всех пьезометров равномерно возрастают, но с разной интенсивностью. При $H > 0,8a$ начинается изменение эпюр давления, вызванное появлением и передвижением к выходному сечению гидравлического прыжка. Движение по-прежнему безнапорное. При $H = 1,12a$ величина p/γ достигает максимума во всех сечениях при безнапорном движении, затем при H , равном $1,12a—1,22a$ завершается переход к полунаторному движению (вход в трубу затоплен, по всей ее длине — свободная поверхность потока), который характеризуется падением давления, особенно резким в средней части трубы. Во входной части (пьезометры 1 и 2) и в выходной (пьезометры 7 и 8) давление незначительно возрастает.

После установления полунаторного движения давление во всех сечениях стабилизируется. Резкое увеличение давления фиксируется только на входе

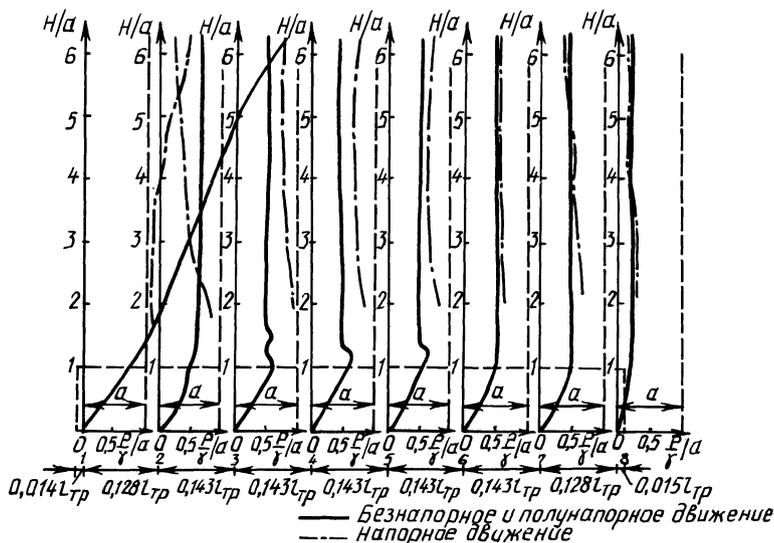


Рис. 1. Распределение давлений по оси дна трубчатого сооружения

(пьезометр 1 и в меньшей степени — 2), а в остальных сечениях его можно принять постоянным.

Распределение давлений при напорном движении значительно отличается.

В треугольной трубе самопроизвольного (без влияния воды нижнего бьефа) перехода к напорному движению не происходит. Последнее наблюдается в результате кратковременного подтопления. Диапазоны существования различных видов движения в треугольной трубе указаны в [4]. При изучении распределения давлений они подтвердились. Кроме того, были выявлены новые переходные области. Переход к напорному движению, как видно из рис. 1, может происходить при уровне воды в ВБ $H > 1,56 a$. При этом происходит резкое повышение давлений, что отмечено во всех рассматриваемых сечениях, кроме сечения на входе (пьезометр 1). Труба работает всем сечением не на всей своей длине — на выходе происходит отделение струи от потолка. При увеличении H длина отделения струи уменьшается и соответственно уменьшается давление во всех сечениях, исключая первое (пьезометр 1), где вначале оно остается постоянным, а затем начинает расти, но гораздо медленнее, чем при полунапорном движении. Самое значительное понижение давления происходит в сечении 2, где оно, как и в сечении 1, становится ниже давления при таком же значении H и полунапорном движении.

При $H = 4,2a$ давление достигает своей наименьшей величины в сечениях 3–8, причем в пьезометрах 6–8 равно значению $p/\gamma \cdot \gamma$ для полунапорного движения. При этом труба начинает работать полным сечением по всей длине.

При $H > 4,2a$ давление в сечениях 3–6 незначительно растет, а в сечениях 7 и 8 — остается постоянным и совпадает с давлением $p/\gamma \cdot \gamma$ при полунапорном движении. В сечении 1 давление по-прежнему возрастает, а в сечении 2 — уменьшается.

Самое высокое давление наблюдалось при переходе к работе полным сечением. Значения p/γ нигде, кроме входного сечения, не превышают высоты трубы и никогда не бывают отрицательными.

Теперь рассмотрим, какое давление будет оказывать на дно сооружения фильтрационный поток. Трубчатые сооружения на мелиоративных системах, как правило, имеют длину, превышающую их ширину, поэтому используем рекомендации по расчету фильтрации под сооружениями в пространственных условиях [5]. Так как у нас $\varphi = b_n/l_0 = 0,143 < 2,5$, то сооружение работает в пространственных условиях фильтрации. Здесь b_n — ширина водопропускного отверстия сооружения в свету, l_0 — длина подземного контура, $\varphi = 2,5$ — критерий пространственности.

Если провести гидротехнический расчет подземного контура сооружения, пользуясь рекомендациями [5], и привести результаты к размерам модели, то в местах установки пьезометров (сечения 1–8) давление на дно будет равно: $P_1 = 0,92\gamma H$; $P_2 = 0,71\gamma H$; $P_3 = 0,641\gamma H$; $P_4 = 0,582\gamma H$; $P_5 = 0,524\gamma H$; $P_6 = 0,465\gamma H$; $P_7 = 0,40\gamma H$; $P_8 = 0,09\gamma H$.

Здесь H — напор на сооружение, то есть разность уровней воды в верхнем и нижнем бьефах сооружения (в условиях опыта в нижнем бьефе уровень воды был равен 0).

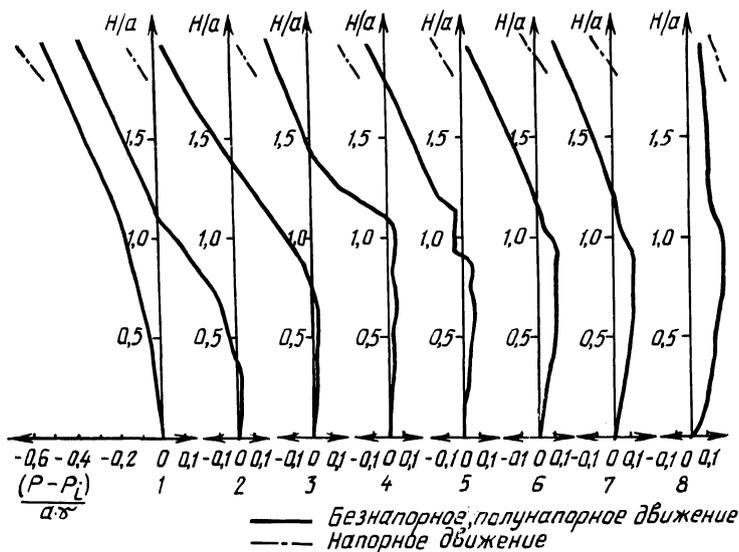


Рис. 2. Распределение результирующей силы гидродинамического и фильтрационного давлений в стыках сборного трубчатого сооружения

Если стыки сооружения открыты, то поток внутри трубы и фильтрационный будут сообщаться, так как они направлены навстречу друг другу. Поэтому сложение сил давлений в каждой точке стыка даст величину и направление силы суммарного давления (рис. 2) в момент раскрытия стыков.

На входном участке трубы (пьезометры 1 и 2) сила давления воды практически всегда будет направлена внутрь трубы (на рис. 2 — отрицательная), причем при полунапорном движении она будет меньше, чем при напорном.

В сечениях 3—6 при безнапорном движении сила давления в стыках приближается к нулю (но все же она есть, направленная наружу с величиной порядка $(0,01-0,08) a$).

В момент перехода к полунапорному движению в трубе (в сечении 3 — раньше) суммарная сила давления становится равной нулю, а в дальнейшем резко увеличивается внутрь. При напорном движении сила давления также направлена внутрь, причем она наименьшая в момент перехода к напорному движению.

На выходном участке (сечения 7 и 8) при безнапорном движении сила давления на стыке направлена наружу (поток поступает из трубы). Она может достигать значений порядка $(0,1-0,15) a$. При полунапорном и напорном движениях сила давления всегда направлена внутрь трубы (исключая сечение 8, где противодействие практически снято). При этом в момент перехода к напорному и полунапорному движениям суммарная сила давления практически равна нулю.

Исходя из рассмотренной картины, можно сказать, что при расчетных напорном и полунапорном видах движения воды в трубе стыки дна работают в условиях знакопостоянной нагрузки, направленной внутрь трубы (особенно это относится к входному участку). Сила давления другого знака воз-

можно лишь при малых напорах (перепадах) и в момент перехода к напорному движению. При этом суммарная сила давления, направленная наружу, возникает в основном на выходном участке и достаточно мала.

При проектировании конструкции стыков необходимо учесть указанное распределение сил давления и подобрать наиболее эффективные решения, учитывающие, что стыки в разных местах по длине трубы будут выполнять разные функции в зависимости от величины и направления потока через стыки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтунин В.И. Гидравлические исследования сооружений с гладкими и гофрированными трубами. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1977. — 24 с. 2. Кунцевич Н.М. Гидравлические исследования башенных водосбросов рыбоводных прудов. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Минск, 1970. — 25 с. 3. Обухов А.Г. Работа строительных туннелей с переменным режимом течения. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Л., 1984. — 16 с. 4. Гатилло С.П., Филиппович И.В. О целесообразности применения треугольной и полукруглой геометрических форм трубчатых водосбросов // Докл. ВАСХНИЛ. 1981. — № 1. — С. 38—40. 5. Руководство по проектированию и гидротехническому расчету регулирующих мелиоративных сооружений. Минск, 1984. — 96 с.

УДК 627.83:627.421

В.М.ЛАРЬКОВ, канд. техн. наук (БСХА)

О ГИДРАВЛИКЕ РЕШЕТЧАТЫХ ВОДОСЛИВОВ

Решетчатые (щелевые) конструкции широко применяются в гидротехнических сооружениях в качестве водозаборных, наносо- и сороудерживающих устройств, а также в качестве гасителей энергии потока [1*, 2].

Гидравлика этих устройств зависит от их конструкции, условий работы, назначения. Задачи расчета могут иметь прямые и обратные решения. Например, для принятой конструкции и заданных размеров решетки необходимо определить: расход, пропускаемый через решетку; свободную поверхность, глубину и скорость транзитного потока в расчетном створе.

В ряде случаев необходимо по заданным параметрам потока подобрать размеры и конструкцию решетки.

В данной работе рассматривается гидравлика решетчатых водосливов с большим уклоном при безнапорной работе камеры и неподтопленном режиме работы со стороны нижнего бьефа.

Рассматривая гидравлическую работу решетки как систему с переменной массой (рис. 1, а) и исходя из условия неразрывности плоского потока, можно записать

$$dq_p + dq_T = 0, \quad (1)$$

где q_p и q_T — соответственно часть расхода, протекающая через решетку и проходящая по ней сверху (транзитом).

Поскольку

$$q_p = f(x; t) \text{ и } q_T = f(x; t),$$

* А. с. СССР № 1019050.