

К вопросу о расчете дренажа и скважин

Гасанов Сабир Техранхан оглы,

кандидат технических наук, зав. лабораторией НПО АзНИИГиМ.

Современные дренажные трубы имеют очень малую водоприемную поверхность и их скважность изменяется от 0,001 до 0,17, а фильтров скважин - от 0,01 до 0,65. В Японии фирмой «Иточу» созданы навитые пластмассовые дренажные трубы со скважностью до 0,63 [3, 5, 6]. Пористость почвогрунтов, где размещаются дрены (скважины) варьируется от 0,30 до 0,96 [8].

Для улучшения условия работы и повышения эффективности дренажа (скважин), а также с целью предохранения дренажных труб (фильтров) от заиливания, предотвращения процессов суффозии, контактного выпора и размыва и т.д., применяют защитно-фильтрующие материалы. Вокруг труб обсыпают песчано-гравийные смеси, щебень и т.д. или обвёртывают трубы структурными материалами, например стеклохолстом, стекловолоком, волокном, мхом и т.д. [3, 5, 6]. Защитно-фильтрующие материалы, имея высокую водопроницаемость, водоприемную поверхность и пористость, не оказывают сопротивление на движение воды. Однако дренажные трубы, имея незначительные водоприемные отверстия, щели и т. д., создают существенные сопротивления поступлению воды в дрены. Например, гончарные трубы не имеют водоприемную поверхность, поэтому вода в дренах поступает через их стыки.

В связи с изменением среды и несовершенством конструкции дренажных труб (фильтров), создаётся дополнительное сопротивление на выход воды в дрены, происходит потеря рабочего напора и над ними образуется высота нависания, величина которой по данным ряда авторов составляет 0,01-1,02 м [1, 2, 4]. Эти факторы, существенно влияя на работу дренажа (скважин), снижают их эффективность. Поэтому при выводе расчетных зависимостей для проектирования дренажа в основные расчетные формулы вводятся дополнительные параметры, учитывающие высоту нависания или фильтрационное сопротивление, обусловленное несовершенством конструкции труб и фильтров [1, 2, 3, 5]. В результате полученные расчетные формулы приобретают очень сложный вид, что их использование при практических работах вызывает затруднение. В ряде случаев определение многочисленных дополнительных параметров (иногда число их доходит до 15 и более) приводит к неверным результатам [3, стр. 118-124].

Исследования показывают, что точность расчета дренажа (скважин) можно обеспечить, разрешая фильтрационную задачу с учетом пористости грунта и дренажных труб более простым методом [7, 8].

Рассмотрим механизм поступления воды в дренаж (скважину) в элементарном сечении потока (рис. 1).

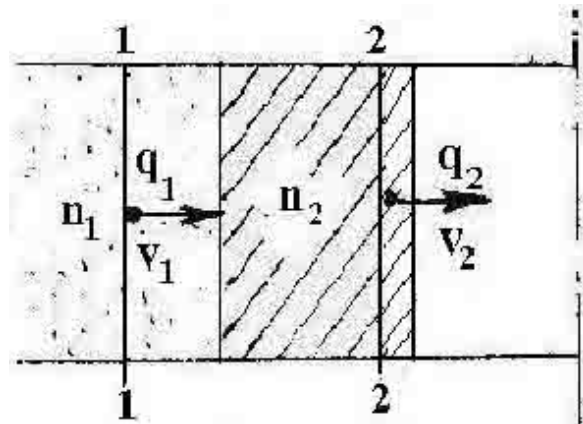


Рис. 1. Схема поступления воды в дрена (скважину) в элементарном потоке.

Вода, выходя из грунта с пористостью n_1 (сечение 1-1), проходя через отверстия труб (фильтра) со скважностью n_2 (сечение 2-2), поступает в дренажную линию. Согласно закону неразрывности расходы воды в этих сечениях

$$q_1 = q_2 = \omega_1 U_1 = \omega_2 U_2, \quad (1)$$

где U_1 и U_2 — соответственно действительные скорости воды в грунте и фильтре; ω_1 и ω_2 — площади живых сечений потока.

Связь между действительной скоростью (U) и скоростью фильтрации (v)

$$U_1 = v_1 / n_1; \quad U_2 = v_1 / n_2, \quad (2)$$

где n_1 и n_2 — соответственно коэффициенты пористости грунта и скважности дренажной трубы (фильтра).

Значение U_1 и U_2 из (2) подставив в равенство (1) получим

$$\omega_1 v_1 / n_1 = \omega_2 v_2 / n_2 \quad (3)$$

Принимая во внимание, что приток к дрене (скважине) $q = \omega_2 v_2$, то из (3) получим

$$q = \omega_1 v_1 (n_2 / n_1). \quad (4)$$

Согласно закону Дарси скорость фильтрации

$$v_1 = k \frac{dh}{dr}, \quad (5)$$

где k — коэффициент фильтрации; dh/dr — градиент напора.

Площадь (ω_1) живого сечения потока:

для горизонтального дренажа $\omega_1 = 2\pi r \ell$;

для скважины $\omega_1 = 2\pi r H$, (6)

где r — радиус потока или дрены (скважины); ℓ — длина фронта потока или дрены, H — мощность потока.

Подставив (5) и (6) в (4), обозначив $\mu = n_2 / n_1$, получим исходное уравнение для притока воды

$$\begin{aligned} \text{к дрене} \quad q &= 2\pi r \mu \ell k \frac{dh}{dr}; \quad \text{к скважине} \quad q = 2\pi r \mu H k \frac{dh}{dr}, \end{aligned} \quad (7)$$

где μ — гидравлическое сопротивление дренажных труб и фильтра скважин.

Уравнения (7) являются исходными, в тоже время основными уравнениями для вывода расчетных зависимостей горизонтального трубчатого дренажа и скважин [7, 8]. Из них вытекает ряд ценных выводов.

1. Значение μ изменяется от 0 до 1 и максимальная величина его отмечается в том случае, когда скважность дренажных труб (фильтров) соответствует пористости грунта, в котором размешено сооружение. Например, открытые дрены считаются «идеальными», поскольку движение воды происходит в идентичной среде.

2. Сопротивление, обусловленное несовершенством конструкции дренажных труб и фильтра, возникает в том случае, когда их скважность не соответствует пористости грунта. Для ликвидации этого сопротивления, скважность дренажных труб и фильтра следует принять равным или больше пористости данного грунта. Опыты показывают, что во время строительства и при длительной эксплуатации водоприемные отверстия (щели или стыки) дренажных труб и фильтров закупориваются и заиливаются. Поэтому скважность труб и фильтров следует выполнять больше пористости грунта.

Литература

1. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. М.: Колос, 1978, 288 с.
2. Ведерников В.В. Теория фильтрации и её применение в области ирригации и дренажа. М.-Л.: Госстройиздат, 248 с.
3. Мурашко А.И., Сапожников Е.Г. Защита дренажа от заиления. Мн.: Ураджай, 1978, 168 с.
4. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. М.: Наука, 1977, 664 с.
5. Щкиннис Ц.Н. Гидрологическое действие дренажа. Л.: Гидрометеиздат, 1981, 311 с.
6. Эггельсманн Р. Руководство по дренажу / Пер с нем. В.Н.Горинского; Под ред. и с предисл. Ф.Р.Зайдельмана М.: Колос, 1978, 256 с.
7. Гасанов С.Т. О расчете и проектировании горизонтального дренажа // Экология и водное хозяйство, 2008, № 2, с. 44-55.
8. Гасанов С.Т. Дренаж, расчеты, проектирование и эксплуатация. Баку, Элм, 2009, 236 с.