

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТЫ НАВИСАНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ НАД ДРЕНОЙ И РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ДРЕНАМИ

Для определения расстояний между дренами наиболее часто применяется расчет для условий установившейся фильтрации с использованием метода фильтрационных сопротивлений [1]. Четкое физическое представление введенных в зависимости параметров предопределяет правильность использования метода. При работе дренажа в режиме осушения земель над дренаем часто формируется нависание уровня воды. Оно может быть вызвано высоким уровнем воды в принимающем канале, большими градиентами гидравлического уклона при движении потока по коллектору и недостаточной водопримной способностью дрены в связи с кольматацией зазоров или фильтрующих защитных материалов. В этой связи представляет определенный интерес рассмотрение расчетной зависимости и соответствия используемых параметров физическим характеристикам, в частности способа определения высоты нависания уровня воды над дренаем.

При постоянном инфильтрационном питании между дренами формируется стационарный фильтрационный поток. Кривая депрессии в таком потоке описывается зависимостью $H = H_n + \frac{qx}{2T} (B - x)$, где H — уровень в любом сечении на расстоянии x от дрены; H_n — уровень грунтовых вод на линии дрены; q — интенсивность инфильтрационного питания; T — проводимость насыщенной зоны, $T = K_\phi m$; K_ϕ — коэффициент фильтрации; m — мощность насыщенной зоны; B — междреннее расстояние.

Уклон грунтовых вод по кривой депрессии между дренами равен

$$dH/dx = q/2T (B - x) - qx/T$$

и в сечении на линии дрены

$$\left. \frac{dH}{dx} \right|_{x=0} = \frac{qB}{2T} \quad (1)$$

В методе фильтрационных сопротивлений потери напора, обусловленные заменой совершенного канала несовершенной дренаем, выражают зависимость [1]

$$H_n - H_d = \bar{\Phi} \frac{Q_d}{mK_\phi} \quad (2)$$

где Q_d — односторонний приток к совершенному каналу (дрене); H_d — уровень в дренае (совершенном канале); $(H_n - H_d)$ — высота нависания при безнапорном движении дренажного стока в дренае, а при напорном — разность напоров над дренаем и в ней; $\bar{\Phi}$ — длина пути фильтрации постоянного расхода

$Q = qB/2$ в слое проводимостью $T = mK_{\phi}$, на котором потери напора составят $(H_n - H_d)$.

С учетом одностороннего притока к дрене $Q = qB/2$ и $I = mK_{\phi}$ из (1) следует, что $I = Q/mK_{\phi}$ является уклоном кривой депрессии на линии дрены.

Представляет интерес рассмотрение соотношения между уклоном, с которым кривая депрессии подходит к дрене, проводимостью насыщенной зоны на линии дрены и эквивалентной длиной пути фильтрации. Пусть при постоянных расходе и высоте нависания изменяется проводимость насыщенной зоны. При увеличении проводимости $T = K_m$ уклон кривой депрессии у дрены уменьшается. В связи с постоянством высоты нависания эквивалентная длина $\bar{\Phi}$ возрастает, причем пропорционально проводимости.

Теперь посмотрим, как входит эквивалентная длина фильтрации в формулу для определения расстояния между дренами при стационарной фильтрации.

Уровень на середине междреннего расстояния при равномерной инфильтрации определяется зависимостью $H = H_n + qB^2/8T = H_d + \bar{\Phi}Bq/2T + B^2q/8T$. Тогда $B^2 + 4\bar{\Phi}B - 8T/q(H - H_d) = 0$.

Отсюда

$$B = 2\left(\sqrt{\bar{\Phi}^2 + \frac{2T(H - H_d)}{q}} - \bar{\Phi}\right). \quad (3)$$

С целью определения эквивалентной длины для дрены на водоупоре воспользуемся решением П.Я.Полубариновой-Кочинной [2]:

$$Q'_d = \frac{\pi K(H - H_d)}{\ln \operatorname{th} \pi/2 \cdot r/m} \approx \frac{\pi K(H_n - H_d)}{\ln 4m/\pi D},$$

где r, D – соответственно радиус и диаметр дрены. С учетом несовершенства водопримной поверхности дренажной трубы [1]

$$Q'_d = \frac{\pi K(H_n - H_d)}{\ln 4m/\pi D + \bar{\Phi}},$$

где $\bar{\Phi}$ – дополнительное фильтрационное сопротивление, обусловленное несовершенством дрены.

Учитывая, что $Q_d = 0,5Q'_d$,

$$Q_d = \frac{\pi K_{\phi}(H_n - H_d)}{2 \ln 4m/\pi D + 2\bar{\Phi}}. \quad (4)$$

Подставив выражение (4) в (2), получим

$$\bar{\Phi} = 2m/\pi \ln 4m/\pi D + 2m/\pi \bar{\Phi}. \quad (5)$$

Выражение (5) полностью соответствует зависимости, приведенной в работе [1] для дрены на водоупоре; $\bar{\Phi} = L_{нд}^0$, по А.И.Мурашко. При переходе от дрены на водоупоре к дрене над водоупором возникают вопросы о способах схематизации расчета: возможно ли разделение водоносного слоя на два подслоя выше и ниже дрены, как при разделении определять параметр $\bar{\Phi}$, допустимо ли суммирование для выделяемых подслоев?

Запишем зависимость (2) в виде

$$\Delta H = \bar{\Phi} l = \bar{\Phi} Q/T = \bar{\Phi} Q/(T_1 + T_2), \quad (6)$$

где Q — односторонний приток к дрене (каналу); T — общая проводимость пласта; T_1 и T_2 — проводимости верхнего и нижнего подслоев соответственно.

Преобразуем зависимость (6) следующим образом:

$$\Delta H/Q(T_1 + T_2) = \bar{\Phi}. \quad (7)$$

Для стационарного режима отношение $\Delta H/Q = C_1 = \text{const}$. Поскольку $\bar{\Phi} = \frac{\Delta H}{Q} T$, то из (7) следует $\bar{\Phi} = \bar{\Phi}_1 + \bar{\Phi}_2$, где параметр $\bar{\Phi}$ определяется для соответствующего подслоя. В связи с изложенным при расположении дрены выше водоупора эквивалентную длину можно рассматривать как сумму двух длин: для зоны выше плоскости закладки дрены и для зоны ниже плоскости закладки дрены [1].

Как же влияет высота нависания над дренаем на эквивалентную длину $L_{нд}$, если это обусловлено ухудшением водопримной способности дрены? Для ответа на этот вопрос вначале рассчитаем расстояние между дренами по полученной формуле (3). Исходные данные примем согласно работе [1]: грунт однородный $K_{ф} = 1$ м/сут; $H = 0,8$ м; $m_d = 1,0$ м; $q = 0,003$ м/сут; $C_1 = 4,31$; $D = 0,072$ м; $S_1 = 0,33$ м; $\tau = 0,002$ м; $T = 1,4$ м²/сут; $L_{нд} = 3,65$ м (S_1 — длина дренажной трубки; τ — зазор в стыке между дренами).

$$B = 2(\sqrt{3,65^2 + 2 \cdot 1,4 \cdot 0,8/0,003} - 3,65) = 48 \text{ м.}$$

Уклон на линии дрены $dH/dx = qB/2T = \frac{0,003 \cdot 48}{2 \cdot 1,4} = 0,0515$. Высота нависания над дренаем $H_n - H_d = \bar{\Phi} \frac{dH}{dx} = 3,65 \cdot 0,0515 = 0,19$ м. Глубина воды на линии дрены $m_n = 1,0 + 0,19 = 1,19$ м. Глубина воды на середине междренья $m_c = m_n + \frac{qB^2}{8T} = 1,19 + \frac{0,003 \cdot 48^2}{8 \cdot 1,4} = 1,19 + 0,62 = 1,81$ м.

Допустим, что вследствие кольматации защитной обкладки нависание над дренаем возросло еще на 0,11 м, и уровень над дренаем стал $1,19 + 0,11 =$

Таблица 1. Влияние высоты нависания на характеристики грунтового потока и расстояния между дренами

Высота нависания, м	$l = dH/dx \Big _{x=0}$	H_d	H_n на линии дрены	H_c между дренами	T на линии дрены	$L_{нд} = \Delta H/l$	$B, \text{ м}$
0,19	0,0515	1,0	1,19	1,81	1,19	3,65	43,9
0,30	0,0460	1,0	1,30	1,85	1,30	6,50	43,0
0,40	0,0435	1,0	1,40	1,92	1,40	9,20	42,8

= 1,3 м. В этом случае глубину воды на середине междренья определим по зависимости

$$m_c = \sqrt{\frac{qB^2}{4K_\phi} + (m_n + \Delta H_n)^2} = \sqrt{\frac{0,003 \cdot 48^2}{4 \cdot 1,0} + (1,19 + 0,11)^2} = 1,85 \text{ м.}$$

Результаты последующих расчетов сведены в табл. 1.

Приведенный анализ подтверждает, что в расчеты расстояния между дренами следует включать данные по проводимости водоносного комплекса на линии дрены, и в первую очередь при расположении дрены на водоупоре. Высота нависания над дренаем применительно к открытым каналам является высотой высачивания и может определяться подобным образом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мурашко А.И., Сапожников Е.Г. Защита дренажа от заиливания. — Минск, 1978. — 168 с. 2. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. — М., 1952. — 676 с.

УДК 631.6:626:86

Ш.И.БРУСИЛОВСКИЙ, П.П.ЕВЧИК,
А.У.РУДОЙ, канд-ты техн. наук
(БелНИИМивХ)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДРЕНАЖНОГО СТОКА ИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ ГРУНТОВ

При проектировании для определения параметров мелиоративных систем важно знать расчетные периоды, объемы и модули дренажного стока. Многолетние исследования, проведенные на дренированных минеральных землях различного механического состава, показали, что основной объем стока в условиях атмосферного водного питания приходится на весну и осень — в тяжелых и средних почвах севера республики и на осенне-зимне-весенний период — в легких почвах полесской зоны. Летом же, как правило, независимо от механического состава сток незначителен [1, 2]. Не велика доля зимнего стока в общем объеме отводимой воды на почвах среднего и тяжелого механического состава в северной части Белорусской ССР. Поэтому в водобалансовых расчетах этой составляющей стока без особого ущерба можно пренебречь.

В результате обобщения и анализа данных многолетних наблюдений (7–12 лет) за дренажным стоком с минеральных почв республики выявлено, что слой (объем) стока существенно зависит от междренних расстояний. В функции междренних расстояний слой стока для весны и осени имеет криволинейную зависимость:

$$h = \alpha/E^\beta, \quad (1)$$

где h — слой стока за соответствующий период; E — расстояние между дренами; α и β — эмпирические коэффициенты. Коэффициенты α и β определяются различным способом в зависимости от расчетного периода. Так, в весенний