

С 01.07.2006 введен в действие Технический кодекс установившейся практики «Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования» (ТКП 45-3.04-8-2005 (02250)) [1], который содержит рекомендации по расчету междренних расстояний, отличные от рассмотренных, например, в [2]. Эти факторы привели к необходимости доработки программы «Дренаж» для приведения ее в соответствие с современными требованиями.

Методика и результаты исследований

Расстояние между дренами определяется по балансовому уравнению [1]

$$E = \frac{\alpha \cdot (H_{\text{ГР}} - h_{\text{ДР}})}{q_{\text{ДР}}}, \quad (1)$$

где E – междреннее расстояние, м; α – коэффициент водообмена дрены, м/с; $H_{\text{ГР}}$ – расчетный напор уровня грунтовых вод над дренаем, м; $h_{\text{ДР}}$ – избыточный напор в полости дрены, м; $q_{\text{ДР}}$ – модуль стока, м/с, подлежащий обеспечению дренажем, определяемый по формуле:

$$q_{\text{ДР}} = \frac{W}{t}, \quad (2)$$

где W – слой воды, подлежащий отводу, для создания необходимых условий осушения, м; t – время, за которое необходимо отвести избыточную воду, сут.

Коэффициент водообмена (α □, используемый в формуле(1), вычисляется по зависимостям, имеющим определенную область применения [1] (таблица 1).

В таблице 1 приняты следующие обозначения: $K_{\text{ГР}}$ – коэффициент фильтрации, м/с; $M_{\text{ДР}}$ – расстояние от дрены до водоупора, м; d – наружный диаметр дрены, м; T – водопроводимость пласта, м²/с; $\Phi_0, \Phi_1, L_{\text{НД}}, A$ – соответственно, фильтрационные сопротивления по степени и характеру вскрытия пласта, общие фильтрационные сопротивления, коэффициент всиачести.

Таблица 1 – Коэффициент водообмена для различных фильтрационных схем

Коэффициенты водообмена	Область применения
$\alpha = \frac{\pi K_{\text{ГР}}}{(2 \lg E / d) - 1}, \quad (3)$	$\frac{E}{M_{\text{ДР}}} < 3$
$\alpha = \frac{8TA}{E}, \quad (4)$	$\frac{E}{M_{\text{ДР}}} > 3$
$\alpha = \frac{8T}{E}, \quad (5)$	$M_{\text{ДР}} = 0$
$\alpha = \frac{8T}{E + 8L_{\text{НД}}}, \quad (6)$	$M_{\text{ДР}}$ – любое значение
$\alpha = \frac{2\pi K_{\text{ГР}}}{\hat{O}_1 + \hat{O}_2}, \quad (7)$	Подрусловая дрена

При подстановке значений параметра (α □ из выражений(3), (4), (5) и(6) в правую часть формулы (1), видно, что и в левой, и правой части уравнения (1) содержится параметр E – междреннее расстояние. Правая часть выражения (7) не содержит параметра (E), следовательно, нет смысла анализировать это выражение, так как при подстановке в формулу величины (α □ сразу же получается искомое значение (E).

После преобразования выражений, полученных в результате подстановки значения (α из выражений (3), (4), (5) и (6) в выражение (1) получим следующие соотношения:

$$E = E \left(2 \lg \left(\frac{E}{d} \right) - 3 \right) q_{\text{ДР}} - 3\pi K_{\text{ГР}} (H_{\text{ГР}} - h_{\text{ДР}}), \quad E/M_{\text{ДР}} < 3; \quad (8)$$

$$E = E^2 q_{ГР} - 8TA(H_{ГР} - h_{др}) , \quad E/M_{др} > 3; \quad (9)$$

$$E = E^2 q_{ГР} - 8T(H_{ГР} - h_{др}) , \quad M_{др} = 0; \quad (10)$$

$$E = E q_{ГР} (E + 8L_{нд}) - 8T(H_{ГР} - h_{др}) , \quad M_{др} - \text{любое значение.} \quad (11)$$

Формула (5) имеет ограниченное применение, так как представляет собой частный расчетный случай (дренаж совершенный). Обычно это имеет место в однородных грунтах. Поэтому выражение (5) следует анализировать отдельно.

В таблице 2 приведены исходные данные, принятые для расчетного примера. Результаты табулирования функций (8), (9), (11) приведены в таблице 3.

Таблица 2 – Исходные данные, принятые для расчетного примера

Расчетный напор $H_{ГР}$, м	0,7
Избыточный напор в полости дрены $h_{др}$, м	0,35
Модуль стока $q_{ГР}$, м/с	0,118
Коэффициент фильтрации $K_{ГР}$, м/с	1
Фильтрационное сопротивление A	3,096
Водопроницаемость пласта T , м ² /с	1,5
Диаметр дрены d , м	0,072
Расстояние от дрены до водоупора $M_{др}$, м	1,15

Оптимальным является значение междренного расстояния, при котором функция обращается в ноль. В таблице 3 этот момент отражен сменой знака функции и цвета заливки. Из таблицы 3 видно, что оптимумы имеют место для различных функций при различных междренных расстояниях. Шаг табулирования функций в примере принят равным 1 м. Формула (8) дает оптимальное значение $E=16$ м, формула (9) – $E=10$ м, формула (11) – $E=1$ м.

Таблица 3 – Результаты табулирования функций (8), (9), (11)

Междреннее расстояние E , м	Расчетная формула и область ее применения		
	(8) при $E/M_{др} < 3$	(9) при $E/M_{др} > 3$	(11) при $M_{др}$ – любое значение
0,1	-3,33071	-13,002	-3,79007
1	-3,383	-12,8852	0,00552
2	-3,32525	-12,5312	4,44704
3	-3,21386	-11,9412	9,12456
4	-3,06765	-11,1152	14,03808
5	-2,89554	-10,0532	19,1876
6	-2,70279	-8,7552	24,57312
7	-2,49288	-7,2212	30,19464
8	-2,26828	-5,4512	36,05216
9	-2,03084	-3,4452	42,14568
10	-1,78198	-1,2032	48,4752
11	-1,52285	1,2748	55,04072
12	-1,2544	3,9888	61,84224
13	-0,97739	6,9388	68,87976
14	-0,69249	10,1248	76,15328
15	-0,40027	13,5468	83,6628
16	-0,1012	17,2048	91,40832
17	0,204271	21,0988	99,38984
18	0,515777	25,2288	107,6074

Условиям применения, определяемым выражениями (8), (9), (11), удовлетворяют две функции: (9) – для условия $E/M_{др} > 3$, и (11) – для условия $M_{др}$ – любое значение. Поэтому итоговое решение неоднозначное и будет зависеть от субъективных оценок исследователя. Однако, учитывая, что уравнение (9) имеет более жесткое ограничение в области определения функции, в качестве оптимального можно рекомендовать междреннее расстояние $E=10$ м. Подобным образом поступают при исходных данных, отличных от принятых в таблице 2.

В таблице 4 приведены результаты оценки междренных расстояний при различных исходных данных и расчетных схемах, где приняты следующие обозначения расчетных схем: 1 – установившаяся фильтрация, 2 – неустановившаяся фильтрация, 3 – весенний период, 4 – летне-осенний период, 5 – без затопления поверхности почвы, 6 – при затоплении поверхности почвы, 7 – по норме осушения (по заданному понижению УГВ), 8 – по скорости освобождения пахотного слоя (по допустимому подъему УГВ).

Проведенные расчеты показали, что выражение (8) не обеспечивает получения решения ни по одной расчетной схеме, выражения (9) и (11) дают подобные результаты, так как имеют одну и ту же область определения при $E/M_{др} > 3$, причем выражение (11) всегда дает меньшие значения междренных расстояний. При автоматизированном анализе результатов оптимальное значение междренного расстояния будет зависеть от последовательности рассмотрения ограничений на область применения функций. Поэтому с математической точки зрения недостаточно ясно, в каких случаях целесообразно применять выражение (11).

Таблица 4 – Результаты оценки междренных расстояний при различных расчетных схемах

N п/п	$M_{др}$, м	$H_{гр}$, м	$h_{др}$, м	$q_{гр}$, м/с	$K_{гр}$, м/с	A	T, м ² /с	d, м	Расчетная схема	E, м
1	0,15	1	0,25	0,018	1	2,29	0,5	0,072	1-3-5	19,5
2	0	0,85	0,425	0,003	1	-	0,425	0,072	1-3-5	21,5
3	0	1,15	0,325	0,023	1	-	0,325	0,072	2-3-5-7	9,5
4	1,15	0,7	0,35	0,118	1	3,09	1,5	0,072	1-3-5	10
5	1,15	0,95	0,475	0,122	1	3,54	1,63	0,072	1-4-6	13
6	2,15	0,7	0,35	0,223	1	6,35	2,5	0,072	1-3-5	14
7	2,15	0,74	0,37	0,22	1	6,44	2,52	0,072	1-3-6	14,5
8	2,15	1	0,25	0,243	1	5,91	2,4	0,072	2-3-5-7	18,5
9	2,15	1,1	0,425	0,231	1	6,7	2,58	0,072	2-4-6-7	20
10	2,15	0,5	0,25	0,001	1	5,91	2,4	0,072	2-4-5-8	168

Проведенный анализ позволяет оптимизировать алгоритм поиска корректного решения: протабулировать все функции на заданном интервале возможного изменения междренного расстояния с заданным шагом; определить область смены знака функции или вычислить минимальное значение функций по модулю; выбрать вариант, удовлетворяющий требованиям, указанным в таблице 1 «Область применения». Диапазон табулирования функции можно выбрать от 0,1 м до 200 м.

Выводы

В настоящей работе исследованы функции для расчета междренних расстояний, указанные в [1] на предмет наличия корня, и определен общий алгоритм поиска оптимального значения междренного расстояния в зависимости от его отношения к расстоянию от дрены до водоупора. Данный алгоритм использован при доработке программы «Дренаж» с целью приведения ее к современным нормативно-техническим требованиям. Установлено, что коэффициент водообмена (3) (таблица 1) не находит применения в области допустимых значений. Коэффициент водообмена (6) дает результаты, подобные коэффициенту водообмена (4), но смещенные в область меньших значений междренных расстояний. Область применения коэффициента водообмена (6) перекрывается областью применения коэффициента водообмена (4), и поэтому использование зависимости (6) на практике нерационально. Из проведенных исследований видно, что область применения коэффициентов водообмена, представленных в [1], требует дополнительного анализа и уточнения.

Список использованных источников

1. Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования: ТКП 45-3.04-8-2005 (02250). – Введ. 01.07.2006. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2006. – 106 с.
2. Мелиорация и водное хозяйство. Осушение: справочник / Редкол.: Б.С. Маслов [и др.]. – Москва: Агропромиздат, 1985. – Т. 3. – 447 с.

УДК 551.578.46

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ И ЕГО ОЦЕНКИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ФАКТОРОВ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ РЕК БЕЛАРУСИ

Валуев В.Е., Мешик О.П.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, top@bstu.by

In article the problems of influencing of a snow overlying strata on a high water of the rivers are esteemed.

Введение

Систематические наблюдения над снежным покровом в Беларуси начаты в 1891 году (по постоянным рейкам и в 30-х годах двадцатого столетия, дополнительно, по снегомерным съемкам). В результате снегосъемок получают: во-первых – средние значения высоты, плотности и запаса воды в снеге; во-вторых – характеристики распределения снежного покрова на различных формах рельефа и угодьях (в районе действия метеостанции); в-третьих – показатели временной динамики снегонакопления и снеготаяния. Пространственно-временное распределение снежного покрова, как правило, отражается на специальных картах, разрабатываемых на материалах многолетних наблюдений.