

При наличии на тяжелых почвах сплошной засыпки дренажных траншей хорошо фильтрующими материалами (гравием, крупнозернистым песком и т.д.) в формулу (1) следует вводить поправочный коэффициент: для весеннего периода 1,9; осеннего — 2,2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брусиловский Ш.И., Рудой А.У. Исследование стока с дренированных почв тяжелого механического состава. — В кн.: Конструкции и расчеты осушительно-увлажнительных систем. Минск, 1978, с. 109—119. 2. Рудой А.У. Исследования действия дренажа в легких почвах разной степени заболоченности. — Там же. Минск, 1979, с. 201—211. 3. Брусиловский Ш.И. Мелиорация минеральных почв тяжелого механического состава. — Минск, 1981. — 160 с. 4. Брусиловский Ш.И., Козлов Е.М. Влияние глубины и расстояний между дренами на водный режим супесчаных почв. — В кн.: Мелиорация переувлажненных земель. Минск, 1976, с. 79—90.

УДК 626.83.001.2

А.П.РУСЕЦКИЙ, В.П.КОВАЛЕНКО,
канд-ты техн. наук (БелНИИМВХ)

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЯМИ ГРУНТОВЫХ ВОД

В БелНИИМВХ в течение ряда лет осуществляются разработки способов и средств автоматического управления водным режимом мелиорируемых земель. Исследования ведутся по созданию автоматизированных систем с использованием: 1) средства регулирования электрического действия; 2) регуляторов гидравлического действия.

В основе регулирования водного режима почвы лежит управление уровнями грунтовых вод путем изменения положения уровней воды в мелиоративной сети. Возможности управления с использованием электрических и гидравлических средств автоматизации неоднозначны. Во-первых, обеспечивается любой алгоритм управляющего действия в пределах физических ресурсов (глубины каналов, водоисточника и др.), во-вторых, алгоритм управляющего воздействия ограничен и определяется конструкцией регуляторов. Применительно к использованию электрических регуляторов в настоящее время имеется теория управления уровнями грунтовых вод при создании в регулирующей сети управляющих воздействий релейного типа, т.е. принимающих нулевое или крайние значения [1—6]. Переходные процессы, возникающие в почве в межканальной полосе при переводе УГВ из одного положения в другое, описываются зависимостями с различными краевыми условиями из уравнения Буссинеска.

Для определения области применения алгоритма фиксированного управления В.П.Сельченком и Б.Ш.Мордуховичем [6] предложена следующая зависимость: $t\beta_0/2 \leq \epsilon$, где ϵ — заданная точность поддержания необходимого УГВ, $\beta_0 = q/\mu$ — начальная (максимальная) скорость движения УГВ под дейст-

вием возмущений расчетной интенсивности; τ – время стабилизации; q – интенсивность суммарного возмущения (осадки, испарение, приток и т.д.); μ – коэффициент водоотдачи.

Здесь отождествляется устройство, обеспечивающее алгоритм фиксированного управления с гидроавтоматами, и на этом основании делается заключение, что при соблюдении условия $\tau > 2\epsilon/\beta_0$ “объект неуправляем с помощью гидроавтомата” [6].

Такое заключение можно отнести только к той части, которая обеспечивает алгоритм “фиксированного” управления. Для обеспечения алгоритма “форсированного” управления в БелНИИМиВХ разработан и испытывается двусторонний регулятор уровней в каналах гидравлического действия [7]. Для регулятора получена зависимость между вертикальным перемещением грузов регулирующего элемента и изменением уровня в крайних и средней камерах кожуха:

$$\Delta h = \frac{\omega_1}{\omega_1 + \omega_2} \Delta h_1 + \frac{\omega_2}{\omega_1 + \omega_2} \Delta h_2, \quad (1)$$

где Δh – вертикальное перемещение грузов регулирующего элемента по отношению к положению, занимаемому им при закрытом затворе; Δh_1 , Δh_2 – изменение уровня в крайних и средней камерах кожуха относительно горизонта стабилизации; ω_1 , ω_2 – суммарная площадь поперечного сечения грузов в крайних и средней камерах регулирующего элемента.

В случае, когда крайние камеры регулирующего элемента сообщаются с уровнем грунтовых вод (УГВ), а средняя – с уровнем в канале, Δh_1 выражает изменение УГВ, Δh_2 – изменение уровня в канале по отношению к уровню стабилизации.

Если в начальный момент уровни грунтовых вод и в канале соответствовали уровню стабилизации, а затем повысились на Δh_1 , а в канале сохранились на прежнем уровне стабилизации $\Delta h_2 = 0$, то произойдет перемещение грузов регулирующего элемента на Δh , определяемое уравнением (1). Это перемещение вызовет открытие затвора, через который начнется отток воды с верхнего бьефа сооружения в нижний. Если УГВ продолжаящимися осадками будет постоянно поддерживаться выше горизонта стабилизации на Δh_1 , то отток воды с канала вызовет снижение в нем горизонта. Это снижение будет продолжаться до тех пор, пока затвор вновь не закроется, т.е. Δh не станет равным 0. На основании уравнения (1) получим изменение уровня воды в канале по зависимости

$$\Delta h_2 = -\omega_1/\omega_2 \Delta h_1$$

или

$$\Delta h_2 = -k \Delta h_1, \quad (2)$$

где $k = \omega_1/\omega_2$ – коэффициент усиления; Δh_2 есть величина, ниже которой при заданном Δh_1 уровень не может “опуститься”. Используя максимальный подъем УГВ, по уравнению (2) можно рассчитать предельное снижение уровня воды, или, если заданы максимальные Δh_1 и Δh_2 , – коэффициент усиления и затем подобрать требуемое соотношение размеров грузов (ω_1 и ω_2).

При изменяющемся во времени положении УГВ $\Delta h_1(t)$ (уравнение (2)) изменение уровня в канале также подвержено колебаниям.

Открытие и закрытие затвора при помощи регулирующего элемента способствуют возврату УГВ к горизонту стабилизации при его отклонении под действием внешних факторов. Для форсированного управляющего воздействия с обратной связью обеспечивается снижение уровня воды в канале, которое зависит от положения УГВ по (2).

Для двустороннего регулятора уровней в каналах [7] функция управляющего воздействия ($u(t)$), являясь граничным условием, в общем случае вместо (2) записывается в виде:

$$u(t) = h_c(1 + k) - kh_T(L, t), \quad (3)$$

где h_c – уровень стабилизации; $h_T(L, t)$ – уровень грунтовых вод посередине межканальной полосы; $u(t)$, h_c и $h_T(L, t)$ отсчитываются от общей горизонтальной плоскости сравнения. Если она совпадает с горизонтом стабилизации, уравнение (3) переходит в (2).

Уравнение Буссинеска с граничным условием (3) решает задачи о переходных процессах при форсированном управляющем воздействии с обратной связью.

Представляют определенный научный и практический интерес различия в переходных процессах, возникающие при нормированном, форсированном релейном и форсированном с обратной связью управлениях. Так как для гидравлического регулятора теоретическое решение уравнения Буссинеска с условием (3) для форсированного управления с обратной связью отсутствует, поставленную задачу попытались решить путем моделирования процесса на электроинтеграторе БУСЭ-70. Моделирование выполнялось для примера со следующими исходными данными: расстояние между открытыми каналами $L = 150$ м; расстояние от начального уровня воды до водоупора $T = 20$ м; коэффициент фильтрации грунта $k_\phi = 2$ м/сут (грунт однородный); коэффициент водоотдачи $\mu = 0,075$. (В данном случае задача относится к моделированию профильной безнапорной фильтрации в однородном грунте.) Вся область фильтрации была разбита на 24 блока горизонтальными и вертикальными сечениями.

Рассмотрим случай перевода УГВ с первоначального положения на более низкое (на 0,3 м) при нормированном a_0abc (рис. 1), форсированном релейном a_0abdfc и форсированном с обратной связью $a_0abdmnc$ управляющем воздействии.

Во всех случаях время транспортного запаздывания принято равным нулю. Время переключения при форсированном релейном управлении определено следующим образом [2]:

$$\tau_0 = \left(-\frac{4}{\pi^2} \ln \frac{H}{H - \Delta h} \right) \tau, \quad (4)$$

где $\tau = \mu L^2 / k_\phi T\alpha$ – время стабилизации по С.Ф.Аверьянову; L – половина расстояния между каналами; H – максимально допустимое снижение уровня

воды в канале (0,75 м); Δh — заданное снижение УГВ посередине межканальной полосы (0,3 м). По формуле (4), $\tau = 3,7$ сут.

Алгоритм форсированного управления с обратной связью (см. рис. 1) определялся по формуле (3) на конец каждого шага времени. В формуле (3) принималось $h = u\Delta H_{\max} + H_{\min}$. Здесь u определялась измерением на электрической модели на свободной поверхности посередине межканальной полосы на конец каждого шага времени; $\Delta H_{\max} = 0,9$ м, $H_{\min} = 19,1$ м.

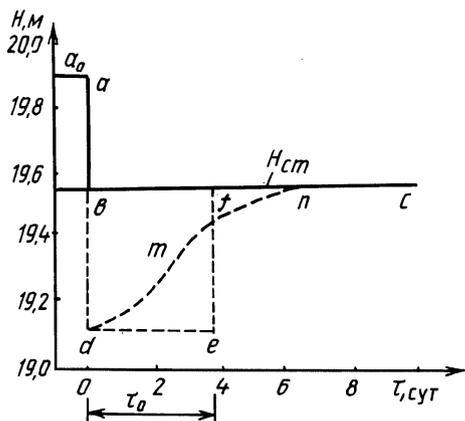


Рис. 1. Структура управляющих воздействий.

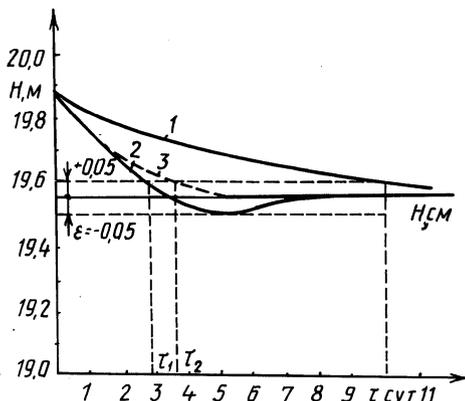


Рис. 2. График хода УГВ в середине межканальной полосы:

1 — при нормированном управлении;
2 — при форсированном релейном управлении;
3 — при форсированном с обратной связью управлении.

В результате моделирования получены графики хода уровней грунтовых вод посередине межканальной полосы для трех алгоритмов управления (рис. 2). График 1 характеризует переходный процесс для нормированного управления, свойственного автоматическим регуляторам верхнего и нижнего бьефа. При отсутствии инфильтрации переходный процесс характеризуется асимптотическим приближением УГВ к горизонту стабилизации. Однако при заданной точности регулирования, например при $\epsilon = \pm 0,05$ м, продолжительность переходного процесса составляет конечное время $\tau_3 = 10$ сут. На графике 2, описывающем форсированное релейное управление, свойственное регуляторам электрического действия, эта продолжительность составляет $\tau_1 = 2,8$ сут при $\epsilon = \pm 0,05$ м.

На графике 3 (форсированное управление с обратной связью, создаваемой двусторонним регулятором гидравлического действия) УГВ асимптотически приближаются к уровню стабилизации. Переходный процесс здесь протекает значительно интенсивнее, чем при нормированном управлении, и несколько медленнее, чем при форсированном релейном. Время переходного процесса в этом случае $\tau_2 = 3,5$ сут при $\epsilon = \pm 0,05$ м.

Установлено, что при нормированном управлении перевод УГВ в новое положение происходил в 3,6 раза, а при форсированном с обратной связью —

в 1,25 раза дольше, чем при форсированном релейном управлении. Следует заметить, что второй показатель относится к принятым условиям фильтрации. Для других условий он может изменяться в сторону как увеличения, так и уменьшения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сельченко В.П., Мордухович Б.Ш. Оптимальное по быстродействию управление уровнями грунтовых вод при шлюзовании. — В кн.: Мелиорация переувлажненных земель. Минск, 1977, т. XXV, с. 29—36.
2. Зубец В.М., Сельченко В.П., Мордухович Б.Ш. Автоматизация управления водным режимом на осушительно-увлажнительных системах. М., 1978, т. XXVI, с. 3—10.
3. Сельченко В.П., Мордухович Б.Ш. Расчет оптимального по быстродействию управления УГВ в автоматизированных осушительно-увлажнительных системах. — В кн.: Конструкции и расчет осушительно-увлажнительных систем. Минск, 1978, вып. 3, с. 12—18.
4. Мордухович Б.Ш., Сельченко В.П. Оптимальная нейтрализация осадков и испарения в автоматизированных осушительно-увлажнительных системах. — Там же, 1979, вып. 4, с. 6—15.
5. Сельченко В.П., Мордухович Б.Ш. Расчет алгоритмов управления УГВ и параметров осушительно-увлажнительных систем с учетом переходных процессов в мелиоративной сети. — В кн.: Мелиорация переувлажненных земель. Минск, 1980, т. XXVIII, с. 229—240.
6. Сельченко В.П., Мордухович Б.Ш. Оптимальная стабилизация УГВ в автоматизированных осушительно-увлажнительных системах. — В кн.: Научные основы проектирования и строительства гидромелиоративных систем. Минск, 1984, с. 12—24.

УДК 626.8:624.131.6

Г.В.ЩЕРБАКОВ, канд. техн. наук (БПИ),
К.К.ЖИБУРTOBИЧ (БелНИИМВХ)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОВМЕСТИМОСТИ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ ПО ДАННЫМ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Эффективность принимаемых проектных решений в области водохозяйственного строительства в значительной мере определяется точностью и надежностью прогнозных фильтрационных расчетов. Внедрение ЭЦВМ позволяет успешно реализовывать в расчетах математические модели оптимальной сложности.

По мнению С.Ф.Аверьянова, допустимая погрешность в определении расчетных значений емкостных и фильтрационных параметров не должна превышать 10% [1].

Одним из основных факторов, характеризующих способность дренируемых грунтов отдавать или вмещать воду при колебаниях УГВ, является коэффициент водоотдачи. Обобщающие исследования по данному вопросу, к сожалению, отсутствуют, а имеющиеся предложения зачастую противоречивы и недостаточно обоснованы. В частности, расчетные значения коэффициента водоотдачи предлагается принимать в зависимости от глубины стояния УГВ и водопроницаемости грунтов [2], характерного диаметра [3], скорости изменения УГВ [4] и других факторов [5, 6]. Приводимое описание грунтов в большинстве случаев недостаточно характеризует их текстуру, гранулометрический состав, плотность сложения, содержание глинистых частиц и т.д.