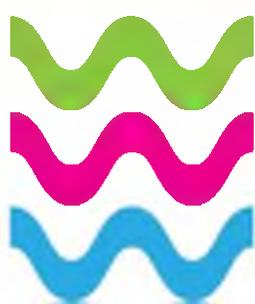


ISSN 2072-2710
2017/7 (115)

Производственно-технический
и научно-практический журнал



ВОДОЧИСТКА
ВОДОПОДГОТОВКА
ВОДОСНАБЖЕНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ

4

АКТУАЛЬНО

Научное обеспечение управления водными ресурсами
Исаева С.Д., Кизяев Б.М.

12

2017 – ГОД ЭКОЛОГИИ

18

НАУКА И ПРАКТИКА

Определение основных параметров кинетики адсорбции ионов марганца на активном угле и опоках Астраханской области
Шачнева Е.Ю.

24

ТЕХНОЛОГИИ

Математическое моделирование поверхностного полива хлопчатника
Ахмеджонов Д.Г., Хужамурадова Н.

28

Ремонт коллектора: быстро, качественно и без рытья траншеи
Леонидов А.

30

ВОДООЧИСТКА

Установки получения гипохлорита натрия электролизом морской воды
Фесенко Л.Н., Игнатенко С.И., Пчельников И.В., Териков А.С.

38

ВОДОПОДГОТОВКА И ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Диагностическое обеспечение при регенерации водозаборных скважин
Кармалов А.И., Климова Н.А.

44

ПЕРЕДОВОЙ ОПЫТ

Применение агрегированного индекса устойчивости для оперативного управления текущей деятельностью производственных подразделений филиала «Водоснабжение Санкт-Петербурга» ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»
Ильющенко О.Н., Кириллов В.С.

50

Жизнедеятельность водоканала в городе Алатыре
Шоронов В.И.

56

ПРОБЛЕМЫ И МНЕНИЯ

Проблемы охраны и использования подземных вод с позиций обеспечения экологической безопасности страны
Белоусова А.П., Джамалов Р.Г., Зекцер И.С., Руденко Е.Э., Четверикова А.В.

70

Пресс-релизы

74

Пост-релизы

76

Рефераты статей



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ПОЛИВА ХЛОПЧАТНИКА

Ахмеджонов Д.Г.
канд. техн. наук
доцент

Хужамурадова Н.
студентка

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, факультет "Гидромелиорация"

Данная статья посвящена актуальной на сегодняшний день научной проблеме. создания математической модели бороздкового полива хлопчатника.

Математическое моделирование бороздкового полива производится основываясь на уравнения Сен-Венана, которые получены из общего уравнения Навье-Стокса для несжимаемой жидкости. по которым получены уравнения, выражающие связь между расходом воды в борозду, инфильтрацией и скоростью инфильтрации почв, высотой слоя воды в борозде, а также с его уклоном, с помощью которых можно вычислить значения инфильтрации для различных значений глубины расчетного слоя, характеризующие параметры системы поливов.

Составлены таблицы расчетов полученные по результатам программного средства для компьютерной реализации математической модели поливов хлопчатника, где результаты полевых исследований подтверждаются расчетами программными средствами.

Ключевые слова: полив, математическое моделирование, борозда, оросительная норма, водопроницаемость.

Задачей данных исследований являлось проведением поливов различными технологиями и добиться равномерности увлажнения по длине борозды, исчерпая концевые сбросы оросительной воды. Необходимо при этом учесть расходы в борозду, уклон поверхности, водопроницаемость почвы и другие природные факторы.

Первые попытки описания процессов добегания воды по борозде, а затем стекания накопившегося объема после прекращения подачи воды, используемые для расчетов элементов техники полива показали, что решения, приводимые на балансовых уравнениях [6], не отражают специфики предлагаемого полива, что требуется создание математической модели.

Математическое моделирование поверхностного полива основывается на уравнения Сен-Венана [3]:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Qv)}{\partial x} + gF \frac{\partial h}{\partial t} + Iv_1 - gF(i_0 - i_1) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial F}{\partial t} = I \quad (2)$$

Расход воды в борозду

$$Q = vF \quad (3)$$

где x – расстояние от створа;

t – время;

v – скорость течения;

F – площадь сечения борозды;

v_1 – относительная скорость бокового притока (или оттока) инфильтрации I ;

g – ускорение силы тяжести;

i_0 – уклон борозды по течению;

i_1 – уклон трения.

Обычно для инженерных расчетов принимается эмпирическая формула:

$$i_1 = \frac{9^2}{c^2 h} \quad (4)$$

где c – коэффициент Шези.

Уравнения (1) и (2) получены из общего уравнения Навье-Стокса [5] для несжимаемой жидкости усреднением двумерных уравнений для течения конечной ширины, по вертикальной координате

$$z = z_0 + h(t, x) \quad (5)$$

где $h(t, x)$ - уравнение возмущенной поверхности, а в данном случае высоты наполнения борозды;

Зная « h » можно вычислить площадь сечения борозды: $F = hb$ (b - ширина потока). Если подставить выражение « F » в формулу (1) и разделить на « b », то приходим к уравнению, общепринятому в задачах по течению жидкостей в бороздах. В таком случае Q - расход на единицу ширины и I - количество оттока в единицу времени на единицу ширины.

Необходимо отметить, что интенсивность инфильтрации « I » в общем случае зависит от глубины борозды и описывается уравнением переноса[2]:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \alpha n h^{n-1} \frac{\partial h}{\partial x} = -I \quad (6)$$

где z - координата по глубине слоя почвы, функция $k(t, z)$ отражает фильтрационные свойства почвы.

Для многих практических задач « I » постоянна. Для суммарной инфильтрации на единицу длины борозды принимают эмпирическую формулу, например, уравнение Костякова [1]:

$$Z = k \tau^\alpha + U_j \tau \quad (7)$$

где τ - эффективное время впитывания; α и k - эмпирические параметры; U_j - скорость инфильтрации.

Таким образом, можно сказать, что уравнение (1) выражает зависимость между расходом подачи воды в борозду (Q), инфильтрацией (I) и скоростью инфильтрации (U_j), высотой наполнения борозды $h(t, x)$ а также уклоном борозды. Для упрощения решения уравнений (1) и (2), уравнения (1) эмпирически заменяют зависимостью

$$Q = \alpha h^n \quad (8)$$

Тогда уравнение (2) упрощается и принимает вид:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \alpha n h^{n-1} \frac{\partial h}{\partial x} = -I \quad (9)$$

Уравнение (2) фактически является уравнением неразрывности течения жидкости, усредненным по вертикальной координате. Поэтому под интенсивностью « I » понимается усредненная интенсивность, а не само значение « I », полученное как решение уравнения (6) для случая постоянного значения « I », т.е. эти два понятия одинаковы.

Решение « I » производится в виде суммы постоянной во времени составляющей « $V(z)$ » и возмущении « $W(z, t)$ »:

$$I(t, z) = V(z) + W(z, t) \quad (10)$$

При этом $V(z) = I_0 - \frac{z(n-1)}{z_0^n} I_0$, а « $W(z, t)$ » удовлетворяет уравнение (6) и следующие граничные условия:

$$\begin{cases} W(z, 0) = \frac{z(n-1)}{z_0^n} I_0 \\ W(0, t) = 0 \\ W(z_0, t) = 0 \end{cases} \quad (11)$$

Решение « W » можно выразить в виде [34]:

$$W(z, t) = -\frac{(n-1)}{z_0^n} I_0 \int_0^{z_0} G(z, \xi, t) \xi d\xi \quad (12)$$

где $G(z, \xi, t)$ - функция мгновенного точечного источника.

$$G(z, \xi, t) = \frac{2}{z_0} \sum_{m=1}^{\infty} e^{-\left(\frac{\pi m}{z_0}\right)^2 k^2 t} \sin \frac{\pi m}{z_0} z \sin \frac{\pi m}{z_0} \xi \quad (13)$$

Остается только усреднить полученное выражение для « $I(t, z)$ » по « z »:

$$I = \frac{1}{z_0} \int_0^{z_0} I(t, z) dz \quad (14)$$

Произведем интегрирование (3.2.14) учитывая уравнения (10)-(13):

$$I = I_0 - \frac{(n-1)}{2n} I_0 + \frac{(n-1)}{nz_0^2} I_0 \int_0^{z_0} \int_0^{z_0} G(z, \xi, t) \xi dz d\xi \quad (15)$$

Последовательно вычислим интегралы:

а) по z :

$$\int_0^{z_0} \sin \frac{\pi m}{z_0} z dz = \frac{2z_0}{n(2m+1)} \quad (16)$$



б) по ξ

$$\int_0^{z_0} \xi \sin \frac{\pi m}{z_0} \xi d\xi = -\frac{z_0}{\pi m} \int_0^{z_0} \xi d \cos \left(\frac{\pi m}{z_0} \xi \right) =$$

$$= -\frac{z_0}{\pi m} \left\{ t \cos \left(\frac{\pi m}{z_0} t \right) - \int_0^{z_0} \cos \left(\frac{\pi m}{z_0} \xi \right) d\xi \right\} = \quad (17)$$

$$= -\frac{z_0}{\pi m} \left[z_0 \cos \left(\frac{\pi m}{z_0} z_0 \right) \right] = -\frac{z_0^2}{\pi m} (-1)^n$$

Следовательно, подставляя на место, получим:

$$I = \left\{ 1 - \frac{(n-1)}{2n} + \frac{2(n-1)}{n} \frac{1}{\pi^2} \times \right.$$

$$\left. \times \sum_{m=1}^{\infty} e^{-\left(\frac{\pi m}{z_0}\right)^2 k^2 t} \left[\frac{1}{m^2} - \frac{(-1)^m}{m^2} \right] \right\} I_0 \quad (18)$$

Учитывая $\sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^2} = \frac{\pi^2}{6}$; $\sum_{m=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{m^2} = -\frac{\pi^2}{12}$

при $t=0$ из формулы (11) получим, как и следо-

Применительно к нашему случаю ($b=1$, $a=2ah$, $g=h$), выбирая в качестве $\bar{S} = t$, получим:

$$\frac{\partial x}{\partial t} = 2ah \quad (21)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} = -I \quad (22)$$

Здесь функции x , h понимаются как функции параметра t , т.е. $h=h[x(t), t]=h(t)$.

Проинтегрировав сначала (23), получим:

$$h(t) = h(t_0) \left(\sqrt{\frac{Q(t)}{2}} - \sqrt{\frac{Q_0}{2}} \right) = (t - t_0) \times$$

$$\times \left[1 - \frac{(n-1)}{2n} \right] I_0 - \frac{2I_0 z_0^2 (n-1)}{\pi^4 k^2 n} \times \quad (23)$$

$$\times \sum_{m=1}^{\infty} \frac{e^{-\frac{1\pi(2m+1)^2}{z_0^2} k^2 t} - e^{-\frac{1\pi(2m+1)^2}{z_0^2} k^2 t_0}}{(2m+1)^4}$$

ченные при различных условиях и различными методами подтверждаются программным средством вышеуказанного и численного методов для компьютерной реализации математической модели задачи [4]

Численный метод и программное средство для компьютерной реализации математической модели и расчета задачи бороздкового полива составлено на основе уравнений (23) – (25).

Получены следующие результаты по расчетам элементов техники и эксплуатационных характеристик поливов при различных условиях и различными методами бороздкового полива

Бороздковый полив по бороздам

1. Расход воды = 0,0006 м³/с; Уклон поля = 0,002; Длина борозды = 70 м; Коэффициент

Маннинга = 0,040; $I_0 = 0,0066$ м³/с/м; D – поливная норма, мм; Продолжительность полива ($t_{\text{по}}$) = 178,3 мин (Результаты расчетов приводятся в табличной форме).

Итоговый баланс: D = 101,9 мм; Погрешность расчета = 0,07%; Эффективность использования поливной нормы = 85,5%; Равномерность распределения увлажнения по бороздам = 82,2%.

2. Расход воды = 0,0008 м³/с; Уклон поля = 0,002; Длина борозды = 140 м; Коэффициент Маннинга = 0,040; $I_0 = 0,0066$ м³/с/м; D – поливная норма, мм; Продолжительность полива ($t_{\text{по}}$) = 278,5 мин.

Итоговый баланс: D = 106,1 мм; Погрешность расчета = 0,07%; Эффективность использования поливной нормы = 87,2%; Равномерность распределения увлажнения по бороздам = 85,3%.

