

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 519.673:532.543

Алибеков Г.А.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ ТРАНСПОРТИРУЮЩЕГО КАНАЛА ПОЛИГОНАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСА ПРОГРАММ

Alibekov G.A.

ROUTE SIMULATION TRANSPORTS POLYGONAL SECTION CANAL WITH COMPLEX PROGRAM

В статье рассмотрена задача моделирования оптимальной трассы транспортирующей части канала полигональной формы сечения, которая проходит в выемке без искусственного крепления. Разработана прикладная программа проектирования таких каналов, даны примеры расчета и графические зависимости.

Ключевые слова: *моделирование канала, оптимизация параметров канала, полигональное сечение, холостая часть канала, моделирование водохозяйственных объектов.*

The paper considers the problem of modeling the optimal route of the canal conveying polygonal cross-sectional shape, which extends into the recess without artificially mount. Designed application planning such canals, are examples of calculation and graphical dependencies.

Key words: *channel modeling, optimization of the parameters of the channel, polygonal cross-section, empty part of the channel, simulation of water facilities.*

Введение. Достаточно большие территории нашей страны не в полной мере используются для выращивания различных сельскохозяйственных культур. При этом в южных регионах страны необходимо проводить оросительные мелиорации, в северных осушительные, а где-то комбинированные. Основными водотоками в звене таких систем являются каналы в земляном русле. Однако на моделирование и возведение таких наиболее экономичных способов доставки воды необходимы значительные средства. Поэтому решение вопроса даже незначительной экономии средств на единице длины канала позволит весьма существенно уменьшить затраты по всей протяженности системы. В этом заключается актуальность данной публикации. Также актуальность исследования заключается в том, что ручным счетом сделать

подобные вычисления крайне сложно, а порой и невозможно, по этой причине разработан комплекс программ для многосложных расчетов.

Участок канала от точки забора воды из источника до места распределения на поля или другие цели принято называть холостой или транспортирующей частью.

Цель настоящей исследовательской публикации заключается в разработке комплекса программ, для нахождения оптимальной трассы прокладки транспортирующей части канала полигональной формы сечения, проходящая в выемке без искусственного крепления. В качестве критерия оптимальности принят минимум объема выемки грунта по трассе при условии обеспечения заданной пропускной способности канала.

Достижению поставленной цели предшествовал достаточно полный обзор работ ученых по рассматриваемой проблеме [1,2,4 и др.]. На этой основе был сделан вывод о необходимости продолжения исследований по исследуемому вопросу. Доказательством этому явились следующие соображения.

Стоимость возведения канала полигональной формы сечения c или объем выемки грунта W_B в общем случае зависит от факторов:

$$c \text{ или } W_B = f(h_1, h_2, b, m_1, m_2, n, i, \text{ группа грунта, технология разработки и др.}), \quad (1)$$

где h_1, h_2 – соответственно глубины воды в нижней и верхней частях канала (рисунок 1),

b – ширина по дну, которая должна быть кратной ширине ковша экскаватора или другой строительной машины [3],

m_1, m_2 – коэффициенты заложения откосов соответственно нижней и верхней частей полигональной формы,

n – коэффициент шероховатости ложа русла, определяемый по справочнику в зависимости от вида грунта и состояния ложа канала,

i – продольный уклон дна канала (в работе принят равным уклону поверхности земли),

Главный фактор, характеризующий пропускную способность канала и определяющий его стоимость, - это расход Q , учтен в (1) неявным образом. Между указанными в (1) факторами и расходом существует явная связь, выражаемая в случае равномерного движения жидкости формулой Шези [3, 5]:

$$Q = \omega C \sqrt{Ri}, \quad (2)$$

где ω - площадь живого сечения,

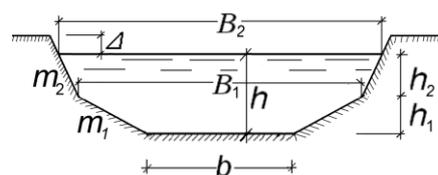


Рисунок 1 – Полигональное сечение канала в выемке

C - коэффициент Шези;

R - гидравлический радиус,

χ - смоченный периметр канала.

Еще один фактор- превышение бровки бермы над уровнем воды в канале Δ , от которого также зависит объем выемки грунта, - не вошел в (1) в виду наличия явной связи с расходом Q в соответствии с [3]. Для его количественного учета при разработке программы для выполнения расчетов на ЭВМ, воспользуемся его аналитической зависимостью, полученной в [1]:

$$\Delta = 0,2 + 0,008Q - 0,00002Q^2 . \quad (3)$$

На сегодня практически не встречается учет не менее важного фактора – расценок на отдельные виды работ, зависящие в условиях рыночной экономики от территориальной расположенности объекта строительства, сезона, близости дорог, коммуникаций и т.д. Это позволяет, в частности, утверждать:

- экономичные в одних условиях решения нельзя распространять на все регионы,

- результаты исследований, включая графические зависимости, лучше представить не в стоимостных, а объемных физических показателях (в данной работе в виде объемов выемки грунта W_B).

Таким образом, искомая целевая функция (1) зависит от более 9 факторов. Некоторые исследователи выполняли расчеты классическим способом, варьируя по очереди отдельные факторы. В результате получали оптимальные значения по отдельным факторам в случае их существования. При таком способе исследования и варьировании каждого фактора, например, на четырех уровнях, необходимое число вариантов $N = 4^9 = 262144$. Поскольку при фактически ручном счете физически было не реально рассчитать столько вариантов, определяемых всевозможными сочетаниями уровней варьирования отдельных факторов, то явление оставалось недостаточно исследованным. Указанные затруднения снимаются, используя альтернативные пути решения известных задач и внедряя комплексы программ для расчетов трудно решаемых вопросов.

Кроме технического и общесистемного программного видов обеспечения для решения поставленной задачи необходимо прикладное программное обеспечение, представляющее собой реализацию расчетных зависимостей и данных на том или ином языке программирования. В исследовании приняты в качестве языка программирования QBasic и следующие расчетные зависимости [4,5]:

- ширина по урезу воды

$$B_2 = B_1 + 2m_2h_2, B_1 = b + 2m_1h_1, \quad (4)$$

- площадь живого сечения

$$\omega = (b + m_1 h_1) h_1 + (B_1 + m_2 h_2) h_2, \quad (5)$$

- смоченный периметр

$$\chi = b + 2h_1 \sqrt{1 + m_1^2} + 2h_2 \sqrt{1 + m_2^2}, \quad (6)$$

- гидравлический радиус

$$R = \omega / \chi \quad (7)$$

- коэффициент Шези из формулы Павловского

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad (8)$$

где y - показатель степени,

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1). \quad (9)$$

- пропускная способность канала: определяют по (2),

- объем выемки грунта между урезом воды и линией, соединяющей бровки, на длине канала l

$$\Delta W = (B_2 + m_2 \Delta) \cdot \Delta \cdot l, \quad (10)$$

- полный объем выемки грунта на длине l

$$W_b = W \cdot l + \Delta W, \quad (11)$$

- полная глубина потока

$$h = h_1 + h_2. \quad (12)$$

Для удобства анализа результатов расчетов было введено обозначение $k = h_1/h_2$ (рисунок 1).

Рассмотрим пример поиска оптимальной трассы холостой части магистрального канала. Для этого на рисунке 2 в качестве источника забора воды рассмотрим реку с возможными началами водозабора в виде точек N_1, N_2, N_3, N_4, N_5 . Из этих надо подавать воду в точку O . Высотные

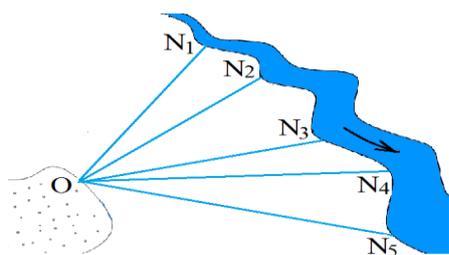


Рисунок 2 – План реки с водозаборными точками

отметки всех точек и длины участков $ON_1, ON_2, ON_3, ON_4, ON_5$ определяем с плана местности, зная которые можно определить уклоны каждой из намеченных пяти трасс, например, уклон трассы ON_2 равен: $i_2 = (\text{отметка}_{N_2} - \text{отметка}_O) / ON_2$.

Исходными данными для расчета являются: необходимый расход Q , для конкретных грунтов местности по [5]

принимаемые коэффициенты заложения откосов m_1 , m_2 и коэффициент шероховатости n , определенные с плана местности уклоны i и длины l транспортирующих линий трасс, а также задаваемые значения относительных глубин k (таблица 1). Эти же данные являются входными для выполнения расчетов на ЭВМ.

В соответствии с перечисленными выше требованиями разработана программа «poligon1», в начале которой для большей наглядности даны непосредственные исходные значения входных параметров. В программе полная глубина наполнения канала h определяется по алгоритму метода последовательных приближений с заданной точностью 0,001 м.

Программа «poligon1» для поиска оптимальной трассы полигонального канала:

```

CLS
Q = 10
b = 2
m1 = 2
m2 = 1.5
n = .025
i = .0005
l = 1200
FOR k = .5 TO 3 STEP .5
h = 0
12 h = h + .001
h2 = h / (1 + k)
h1 = k * h2
w1 = (b + m1 * h1) * h1
B1 = b + 2 * m1 * h1
w2 = (B1 + m2 * h2) * h2
w = w1 + w2
x1 = b + 2 * h1 * (1 + m1 ^ 2) ^ .5
x2 = 2 * h2 * (1 + m2 ^ 2) ^ .5
x = x1 + x2
R = w / x
y = 2.5 * n ^ .5 - .13 - .75 * R ^ .5 * (n ^ .5 - .1)
C = R ^ y / n
Q1 = w * C * (R * i) ^ .5
IF Q1 < Q THEN GOTO 12
dlt = .2 + .008 * Q - .00002 * Q ^ 2
B2 = B1 + 2 * m2 * h2
dw = (B2 + m2 * dlt) * dlt * 1
wv = (w + dw) * 1
PRINT "k="; k; "wv="; wv; " dw / wv ="; dw / wv; " h="; h; "dw="; dw
NEXT k
    
```

STOP
END

Выходными данными данной программы являются: объем выемки грунта по возведению канала по выбранной трассе W_B , доля бесполезной выемки грунта от полной выемки $\Delta W/W_B$, глубина потока h , объем бесполезной выемки ΔW . Исходные данные и результаты расчетов представим в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные и результаты расчетов по программе «polygon1»

№ опыта	Q , м ³ /с	m_1	m_2	b , м	$n \cdot 10^3$	$i \cdot 10^4$	l , м	$k = h_1/h_2$	W_B , млн.м ³	$\Delta W/W_B$ $\cdot 10^{-4}$	h , м	ΔW , тыс.м ³
1	10	1,5	1,0	4,0	25	4	2000	1	9,645	5,0	1,75	4,81
2	10	1,5	1,0	4,0	25	4	2000	2	9,928	5,0	1,74	4,95
3	10	1,5	1,0	4,0	25	4	2000	3	10,08	5,0	1,73	5,03
4	10	1,5	1,0	4,0	25	14	2100	1	9,125	4,8	2,26	4,34
5	10	1,5	1,0	4,0	25	14	2100	2	9,356	4,8	2,25	4,45
6	10	1,5	1,0	4,0	25	14	2100	3	9,481	4,8	2,25	4,51
7	10	1,5	1,0	4,0	25	20	2280	1	10,34	4,4	1,15	4,53
8	10	1,5	1,0	4,0	25	20	2280	2	10,59	4,4	1,14	4,64
9	10	1,5	1,0	4,0	25	20	2280	3	10,72	4,4	1,14	4,70
10	10	1,5	1,0	4,0	25	25	2360	1	10,82	4,2	1,08	4,58
11	10	1,5	1,0	4,0	25	25	2360	2	11,07	4,2	1,07	4,69
12	10	1,5	1,0	4,0	25	25	2360	3	11,21	4,2	1,07	4,74
13	10	1,5	1,0	4,0	25	32	3160	1	18,97	3,2	1,02	6,00
14	10	1,5	1,0	4,0	25	32	3160	2	19,40	3,2	1,01	6,13
15	10	1,5	1,0	4,0	25	32	3160	3	19,63	3,2	1,01	6,21
16	20	1,5	1,0	4,0	25	4	2000	1	14,91	5	2,49	7,43
17	20	1,5	1,0	4,0	25	4	2000	2	15,40	5	2,46	7,68
18	20	1,5	1,0	4,0	25	4	2000	3	15,67	5	2,45	7,81
19	20	1,5	1,0	4,0	25	14	2100	1	13,81	4,8	1,81	6,56
20	20	1,5	1,0	4,0	25	14	2100	2	14,22	4,8	1,80	6,76
21	20	1,5	1,0	4,0	25	14	2100	3	14,44	4,8	1,80	6,86
22	20	1,5	1,0	4,0	25	20	2280	1	15,54	4,4	1,65	6,81
23	20	1,5	1,0	4,0	25	20	2280	2	15,99	4,4	1,64	7,00
24	20	1,5	1,0	4,0	25	20	2280	3	16,23	4,4	1,64	7,10
25	20	1,5	1,0	4,0	25	25	2360	1	16,20	4,2	1,56	6,85
26	20	1,5	1,0	4,0	25	25	2360	2	16,65	4,2	1,55	7,04
27	20	1,5	1,0	4,0	25	25	2360	3	16,89	4,2	1,55	7,15

Для каждой группы исходных данных расчеты проведены для трех значений относительных глубин $k = 1, k = 2, k = 3$.

Для большей наглядности результаты расчетов представлены на рисунках 3 и 4.

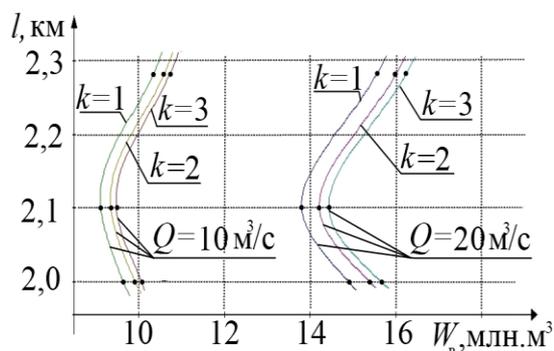


Рисунок 3 - Зависимость объема выемки грунта $W_{в}$ от протяженности трассы канала l

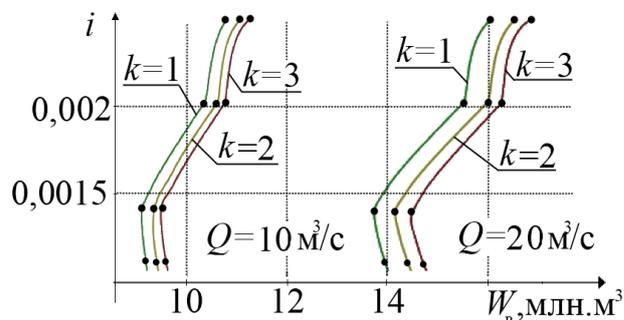


Рисунок 4 – Зависимость объема выемки $W_{в}$ от продольного уклона дна канала i

Выводы:

1. По результатам рассчитанных вариантов каналов полигональной формы сечения, представленных в таблице 1 и на рисунках 3 и 4, видно:

- при принятых исходных данных оптимальной следует считать длину транспортирующей части канала $l_{\text{опт}} = 2090 \dots 2150$ м и соответствующий уклон $i_{\text{опт}} = 0,0014$,

- при больших значениях расхода Q получаются большие размеры канала и соответствующий объем выемки грунта, чего следовало ожидать, но при этом имеем и большую экономию в выемке грунта,

- меньшим значениям относительной глубины k соответствуют меньшие значения выемки грунта при прочих равных условиях,

- доля бесполезной выемки грунта $\Delta W/W_{в}$ является небольшой величиной – менее 1%.

2. В случае монотонных (возрастающих или убывающих) графических зависимостей оптимальными следует считать крайние значения, соответствующие условию $W_{в} = \min$.

3. Изменчивость значений целевой функции при разных значениях факторов указывает на многомерность исследуемой задачи. Тогда оптимальный вариант трассы следует принять по результатам дополнительных расчетов по предлагаемой программе.

4. Разработанную программу следует считать, как элемент САПР водохозяйственных объектов.

Библиографический список:

1. Алтуниев В.С. Мелиоративные каналы в земляных руслах. – М.: Колос, 1979. – 256 с.

2. Алибеков А.К., Горшков В. В. К вопросу оптимизации параметров каналов. Обеспечение охраны, улучшения и восстановления поверхностных водных объектов в Западно-Каспийском бассейновом округе: Сб.статеймежрегион. науч.-практ.конференции. – Пятигорск: Западно-Каспийское бассейновое водное управление, 2011. – С. 179 – 182.
3. СНиП 2.06.03-85 Мелиоративные системы и сооружения. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 65 с.
4. Учинчус А.А. Гидравлические и технико-экономические расчеты каналов. М.: Изд-во лит-ры по строит-ву, 1965. -274 с.
5. Чугаев Р. Р. Гидравлика. – Л.: Энергия, 1982. – 672 с.

УДК 528.854.2/ ББК 32.813

Бутенков С.А, Бесланев З.О., Нагоров А.Л.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ МОДЕЛЕЙ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ГРАНУЛЯЦИИ

Butenkov S.A., Beslaneev Z.O., Nagorov A.L.

GEOMETRICAL APPROACH TO THE DATA MODELS DESIGN, BASED ON THE GRANULATION THEORY

В настоящее время широко используются базы данных (БД), основанные на логических моделях реляционной алгебры. Однако в случае графических БД такие модели приводят к необходимости использования значительных ресурсов хранения. Развиваемый в работе геометрический подход, в сочетании с идеологией грануляции многомерных данных, предлагает методологию построения графических БД со сжатием данных за счет грануляции, примененную в работе к графическим БД изображений объектов сложной формы.

Ключевые слова: *графическая база данных, информационная грануляция, информационная оптимизация.*

A different kinds of databases, based on the relational algebra models, are used at present time. In case of graphical databases the known models are need of very large information resources for the data store and data management. In this paper a geometrical approach to the data granulation presented. As a practical result of granulation very sufficient data compression is obtained. The practical application of the new kind of data models is the image databases for the complicated form objects.