

Л и т е р а т у р а

1. Фальковский Я.И. Санитарно-техническое оборудование зданий. - М., 1938. 2. Лазарчик И.К. К вопросу о зонном водоснабжении жилых зданий. - В сб.: Водное хозяйство Белоруссии и гидротехническое строительство. - Минск, 1979. 3. Глезер А.Л. Зонные системы водоснабжения микрорайонов с застройкой зданиями разной этажности. - В сб.: Борьба с потерями в промышленности и коммунальном хозяйстве. - М., 1969. 4. СНиП II-30-76. Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Внутренний водопровод и канализация зданий. - М., 1977. 5. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных и пластмассовых водопроводных труб. - М., 1970. 6. Укрупненные сметные нормы на конструкции и виды работ. Здания и сооружения жилищно-гражданского назначения: Сб. № 9. 6. Внутренние канализация, холодное и горячее водоснабжение, газоснабжение и водосток в жилых зданиях. - М., 1977. 7. Укрупненные сметные нормы на сооружения водоснабжения и канализации: Сб. 10-1. Внешние сети. - М., 1971. 8. Абрамов Н.Н. Обоснование и методы зонирования водопроводных систем. - М., 1949. 9. Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительстве. - М., 1972.

УДК 626.862

И.В.Минаев, канд. техн. наук, доц. (БелНИИМиВХ)

СТОИМОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ ДРЕНАЖА

Коллектор с односторонним или двусторонним примыканием к нему дрен является элементарной подсистемой, входящей в более развитую мелиоративную систему. Зависимость стоимости устройства дренажа от основных его параметров - глубины закладки (h), расстояний между дренами (B), длины дрены ($l_{др}$), диаметра трубок ($d_{др}$) - различны. Заранее известен характер такой зависимости только от $l_{др}$; она линейна, поскольку вычисляется обычно удельная стоимость дрены (на 1 или 10 пог. м).

Существуют экспериментально проверенные постоянные параметры систем. Однако иногда предлагаются иные параметры, отличные от принятых. Так, переход от дренажных трубок диаметром 5 см к трубкам $7,5$ см и даже 10 см обосновыва-

ется улучшением работы дренажа при возможных сдвигах одной трубки относительно другой во время их укладки. Стоимостные характеристики, однако, позволяют оценить темпы возрастания затрат (рис. 1) и рассматривать альтернативу — повышения качества работ по укладке дрен. Для количественной оценки возрастания стоимости приводится удобный алгоритм вычисления коэффициентов эмпирических зависимостей.

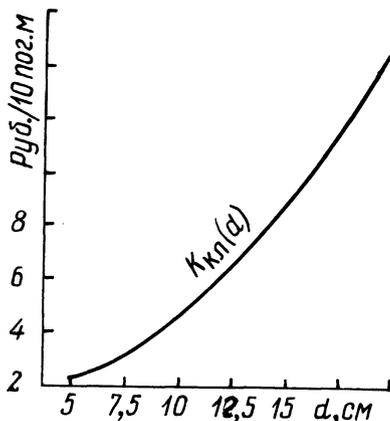


Рис. 1. Зависимость стоимости труб коллектора от их диаметров.

Действующие расценки на строительные работы по закладке дренажа не определяют изменения затрат в зависимости от глубины заложения дрен [1]. В работе [2] приведены графики (для экскаватора ЭТН-171), таблица (для экскаватора ЭТЦ-202) зависимости скорости движения этих экскаваторов от глубины траншеи для укладки дрен, а также данные о затратах времени на различные операции, в том числе и на экскавацию. Сменный коэффициент использования экскаваторов, по данным РНИС Минводхоза БССР, составляет 0,53 – 0,63; наиболее вероятное его значение 0,55.

Для установления зависимости стоимости устройства удельной длины (10 пог. м) дрена ($k_{др}$) от глубины ее заложения представим стоимость следующей формулой:

$$K_{др} = K_{д} [(K_{h}^I + K_{h}^{II}) + (K_{м}^I + K_{м}^{II})], \quad (1)$$

где K_{h}^I – строительная стоимость отрывки траншеи и укладки трубок; K_{h}^{II} – стоимость обратной засыпки грунта (бульдозером); $K_{м}^I$ – стоимость гончарных трубок (для дрена: $d_{др} = 5$ см); $K_{м}^{II}$ – стоимость стеклохолста для обертки стыков; $K_{д}$ – коэффициент, учитывающий стоимость работ, не вошедших в пе-

Таблица 1. Стоимость устройства дрены в зависимости от глубины траншеи (II группа грунтов), руб. на 10 пог. м

Глубина траншеи h , м	0,7	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9
Относительная глубина x	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
Отрывка траншеи и укладка труб K_h^I , руб.	0,782	0,845	0,872	0,895	0,926	0,951	1,005	1,056	1,100
Засыпка траншеи K_h^{II} , руб.	0,082	0,115	0,131	0,148	0,163	0,180	0,212	0,245	0,279
Стоимость материалов K_M^+ + K_M^{II} , руб.	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26
Стоимость учтенных работ и материалов, руб.	3,12	3,22	3,26	3,30	3,35	3,39	3,48	3,56	3,64
Стоимость дрены в деле ($K = 1,485$) $K_{др}^D$, руб./10 пог. м (y_i)	4,63	4,78	4,84	4,90	4,97	5,03	5,17	5,29	5,40
$K_{др}^D$ по формуле (2) (y_i)	4,64	4,76	4,85	4,91	4,98	5,04	5,16	5,28	5,38

речень учтенных при калькуляции машино-смен экскаватора и бульдозера, а также нормативные начисления.

Сумма $(K_h^I + K_h^{II})$ учитывает стоимость, которая зависит от глубины траншеи. Сумма $(K_M^I + K_M^{II})$ учитывает стоимость материалов. В стоимость машино-смены экскаватора входят не только выработка траншеи, но и другие операции: устройство включения дрены в коллектор (без стоимости соединительной фасонной детали), присыпка уложенных трубок растительным грунтом слоем 20 см, контроль проектного уклона дрены и др. В табл. 1 приведена удельная стоимость устройства дрены в зависимости от глубины траншеи.

Плановые накопления, накладные расходы, прочие работы (не зависящие от глубины закладки дренажа), коэффициенты удорожания работ (по различным причинам) учитываются коэффициентом K_d (предпоследняя строка табл. 1).

Расчетные значения, приведенные в таблице, показывают, что стоимость строительства дренажа в конечном счете определяется скоростью разработки грунта экскаватором и производительностью бульдозера, однако в стоимости устройства дрены значительна доля постоянных затрат. Это хорошо видно из значений эмпирических коэффициентов аппроксимирующей зависимости. В качестве таковой используем квадратичную функцию

$$K_{др} = a_2 h^2 + a_1 h + a_0, \quad (2)$$

где h - глубина траншеи, м; a_2, a_1, a_0 - эмпирические коэффициенты, которые удобно вычислять с помощью нулевых комбинаций ординат (НКО) [3].

Так, для линейной зависимости ($y_{1i} = a_1 x_i + a_0$) существует нулевая комбинация равноотстоящих ординат (НКО):

$$\Delta y_{1i} = \alpha_1 y_{11} + \alpha_2 y_{12} + \alpha_3 y_{13} + \dots + \alpha_m y_{1m} = 0,$$

где коэффициенты $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$ находятся по методу, изложенному в [3].

Из квадратичной функции ($y_{2i} = a_2 x_i^2 + a_1 x_i + a_0$) можно образовать разности: $y_{2i} = y_{2i} - a_2 x_i^2$ и подставить в НКО. Тогда получим

$$(\alpha_1 y_{21} + \alpha_2 y_{22} + \dots + \alpha_m y_{2m}) - a_2 (x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_m^2) = 0, \quad (3)$$

откуда находится коэффициент a_2 . Для неравноотстоящих абсцисс получены разделенные НКО (РНКО) на девяти ординатах, с помощью которых вычисляются коэффициенты a_2, a_1, a_0 :

$$\Delta_{1-9}^{(2)} y_{1i} X_{1i} = 7y_{11} X_{11} + y_{12} X_{13} + y_{14} X_{14} + y_{15} X_{15} + y_{16} X_{16} + y_{17} X_{17} + y_{18} X_{18} + y_{19} X_{19} = 0;$$

$$\Delta_{1-9}^{(1)} y_{0i} X_{0i} = (y_{02} - y_{01}) X_{01} + (y_{04} - y_{03}) X_{02} + (y_{06} - y_{05}) X_{03} + (y_{18} - y_{17}) X_{04} + (y_{19} - y_{18}) X_{05} = 0;$$

$$\Delta_{1-9}^{(0)} y_{0i} x_i = \frac{\sum_{i=1}^9 y_{0i} x_i}{\sum_{i=1}^9 x_i},$$

где $X_{11} = (x_9 - x_8) = 0,2$; $X_{12} = X_{13} = X_{14} = X_{15} = X_{16} = X_{17} = (-x_9 + x_8) = -0,2$;

$$X_{18} = (-7x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_9) = -4,0;$$

$$X_{19} = (-7x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8) = 3,8;$$

$$X_{01} = (x_4 - x_3)(x_6 - x_5)(x_8 - x_7)(x_9 - x_8) = 0,0004;$$

$$X_{02} = (x_2 - x_1)(x_6 - x_5)(x_8 - x_7)(x_9 - x_8) = 0,0008;$$

$$X_{03} = (x_2 - x_1)(x_4 - x_3)(x_8 - x_7)(x_9 - x_8) = 0,0008;$$

$$X_{04} = (x_2 - x_1)(x_4 - x_3)(x_6 - x_5)(x_9 - x_8) = 0,0004;$$

$$X_{05} = (x_2 - x_1)(x_4 - x_3)(x_6 - x_5)(x_8 - x_7) = 0,0004;$$

$$\sum_{i=1}^9 x_i = (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9) = 11,3.$$

Для вычисления коэффициента a_2 по (3) используется РНКО

$$\Delta_{1-9}^{(2)} y_{1i} X_{1i} :$$

$$a_2 = \frac{7y_{21}X_{11} + y_{22}X_{12} + y_{23}X_{13} + y_{24}X_{14} + y_{25}X_{15} + y_{26}X_{16} + y_{27}X_{17} + y_{28}X_{18} + y_{29}X_{19}}{7x_1^2 X_{11} + x_2^2 X_{12} + x_3^2 X_{13} + x_4^2 X_{14} + x_5^2 X_{15} + x_6^2 X_{16} + x_7^2 X_{17} + x_8^2 X_{18} + x_9^2 X_{19}} = \frac{0,096}{1,164} = -0,08247.$$

Вычисляются значения $y_{1i} = (y_{2i} - a_2 x_i^2)$; $y_{11} = 4,6704$; $y_{12} = 4,8468$; $y_{13} = 4,9225$; $y_{14} = 5,0$; $y_{15} = 5,0888$; $y_{16} = 5,1694$; $y_{17} = 5,3556$; $y_{18} = 5,5283$; $y_{19} = 5,6977$. Затем записываются разности $y_{1i} - a_1 x_i = y_{0i}$ и подставляются в РНКО $\Delta_{1-9}^{(0)} y_{0i} X_{0i}$, откуда находится формула вычисления коэффициента a_1 :

$$a_1 = \frac{(y_{12} - y_{11})X_{01} + (y_{14} - y_{13})X_{02} + (y_{16} - y_{15})X_{03} + (y_{18} - y_{17})X_{04} + (y_{19} - y_{18})X_{05}}{(x_2 - x_1)X_{01} + (x_4 - x_3)X_{02} + (x_6 - x_5)X_{03} + (x_8 - x_7)X_{04} + (x_9 - x_8)X_{05}} = \frac{0,8343}{1,0} = 0,8343.$$

Далее находятся разности (при известном коэффициенте $a_1 = 0,8343$); $(y_{1i} - a_1 x_i) = y_{0i}$ и вычисляется коэффициент a_0 с использованием РНКО $\Delta_{1-9}^{(0)} y_{0i} x_i$:

$$a_0 = \frac{46,2977}{11,3} = 4,0971.$$

В табл. 1 (последняя строка) приведены значения $K_{др}$, вычисленные по зависимости

$$K_{др} = -0,08247h^2 + 0,8343h + 4,0971. \quad (2')$$

Эту зависимость представим в виде

$$y = 4,0971(-0,02013h^2 + 0,20363h + 1).$$

При изменении от 0,7 до 1,9 м сумма $(-0,02013 h^2 + 0,20363 h + 1)$ положительна. Поэтому свободный член ($a_0 = 4,0971$) определяет базовый уровень стоимости дрены, который оказывается высоким по отношению к стоимости дрены при всех глубинах заложения.

Стоимость устройства коллектора состоит из стоимости трубок разного диаметра по его длине, оголовка, работ по отрывке траншеи, укладке трубок (и сопутствующих работ), засыпке траншеи и стоимости смотровых колодцев (если они предусматриваются). Минимальный диаметр коллектора 7,5 см. На рис. 1 приведена зависимость стоимости трубок коллектора от их диаметров. Коллекторы, выполняемые с трубками диаметрами 7,5 и 10 см, будут отличаться по стоимости от дрен только по материалу: стоимостью трубок и стеклохолста. При укладке трубок диаметром более 10 см (12,5; 15,0; 17,5; 20,0 см) производительность многоковшового экскаватора ниже. На рис. 2 приведен график зависимости стоимости устройства коллектора от глубины траншеи (без стоимости трубок). Эта зависимость аппроксимируется линейной функцией с высокой точностью (коэффициент корреляции 0,98):

$$K_{\text{кл}}^I(h) = b_1 h + b_0, \quad (3)$$

где h - глубина траншеи, м; b_1 и b_0 - эмпирические коэффициенты ($b_1 = 0,718$; $b_0 = 0,514$). Из значений коэффициентов b_1 и b_0 вытекает, что стоимость устройства коллекторной линии (без стоимости трубок) зависит в основном от глубины траншеи. Стоимость устройства коллектора с трубками вычисляется в зависимости от модуля дренажного стока (так как диаметр трубок зависит от модуля) и длины коллектора (а также от наибольшего диаметра трубок в устье). Следовательно, стоимость устройства коллектора (в эксплуатации) будет индивидуальной в каждом проекте. Поскольку расход воды в коллекторе зависит от уклона, набор диаметров трубок по длине каждого коллектора будет зависеть и от уклона дна траншеи.

На рис. 3 приведены зависимости стоимости коллектора от значений модуля дренажного стока и уклона дна траншеи (K , руб/га) при максимальной длине его 1500 м и одностороннем примыкании дрен 200 м. Набор диаметров трубок вошел в стоимость коллектора при расчете по номограмме (неизбежные неточности снятия значений скоростей воды и уклона с номограммы привели к небольшому разбросу точек). Как видно из

рис. 3, стоимость коллектора в значительной степени зависит от модуля дренажного стока и поэтому его экспериментальное определение или расчет по формулам должен быть достаточно точным.

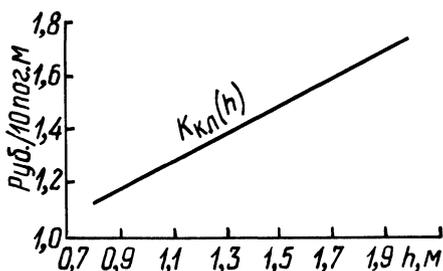


Рис. 2. Зависимость стоимости устройства коллектора от глубины траншеи

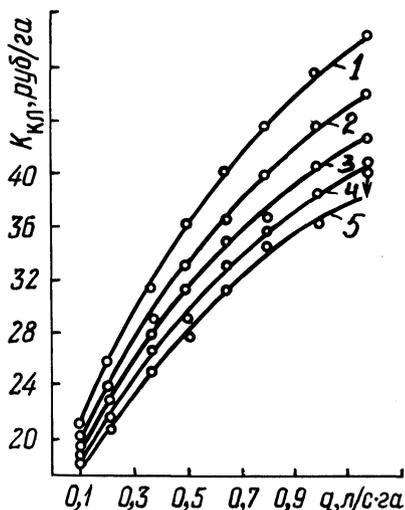


Рис. 3. Зависимость стоимости устройства коллектора от модуля дренажного стока и уклона дна траншеи: $i_k = 0,3\%$ (1), $0,5\%$ (2), $0,7\%$ (3), $0,9\%$ (4), $1,1\%$ (5).

Поскольку элементарная подсистема многократно повторяется в каждой развитой мелиоративной системе, от ее стоимостных характеристик в значительной степени зависит стоимость всей системы. Приведенные зависимости (см. рис. 1, 2, 3) характеризуют стоимости элементов дренажной системы как возрастающие от рассмотренных параметров (для уклона коллектора – обратная зависимость). Поэтому при проектировании дренажных систем необходимо стремиться (без нарушения функциональных свойств и назначения) к минимальным значениям указанных параметров или рассматривать математические модели оптимизации, которые могут привести не только к минимальным, но и к иным параметрам. При этом зависимости стоимости элементов мелиоративной системы от ее параметров будут служить частными функциями для функции цели в моделях.

Л и т е р а т у р а

1. Ценник №2 машино-смен строительных машин и оборудования. Госстрой СССР. - М., 1968. 2. Карловский В.Ф.

НОТ в строительстве гончарного дренажа. - М., 1975. З.Минаев И.В. Формулы для вычисления коэффициентов некоторых функций, применяемых в мелиорации. - В сб.: Водное хозяйство Белоруссии. - Минск, 1976, вып.6.

УДК 626.335

Н.М.Кунцевич, канд. техн. наук, доц. (БПИ)

О КОНСТРУКЦИИ РЕГУЛЯТОРОВ НА ОТКРЫТЫХ КАНАЛАХ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Широкое применение регулирующих сооружений на открытых мелиоративных (осушительно-увлажнительных) системах для поддержания в засушливые периоды года требуемой влажности, а в периоды с избытком воды - беспрепятственного прохождения ее без подпора уровней и затопления окружающей территории требует решения ряда задач по удешевлению и увеличению пропускной способности этих сооружений.

В настоящее время в основном применяются трубы и шлюзы-регуляторы. При устройстве таких регуляторов площадь поперечного сечения труб и шлюзов оказывается меньше площади поперечного сечения канала, заполненного водой. Поэтому регуляторы, сужая поперечное сечение, вызывают сжатие потока и уменьшают пропускную способность канала, несмотря на его размеры. Это приводит к созданию перепада уровней перед и за регулятором, ухудшению гидравлических режимов; требуется большая длина крепления рисбермы. В трубах-регуляторах, кроме того, могут возникать пониженные давления и вибрация, сбойность потока в нижнем бьефе [1]. Расширение канала перед сооружениями и увеличение размеров их не ликвидирует этих недостатков.

Применяемые трубы-регуляторы устраиваются с входным оголовком, оборудованным сдвоенными плоскими затворами и с корбчатым затвором без входного оголовка, располагающимися непосредственно у входа в отводящую трубу прямоугольного или круглого поперечного сечения [2]. Ширина труб и оголовка равна примерно ширине подводящего канала по дну. В зависимости от расходов и размеров канала трубы могут быть одно- и многоочковые. Для сопряжения регулятора с каналом устраиваются открылки.

Трубы-регуляторы применяются при сравнительно небольших расходах и размерах канала, а затем переходят к открытым шлюзам-регуляторам, которые устраиваются по аналогичному