

ст. 112 / Документ 2918-14, остання редакція від 20.06.2007.

5. Дымченко Е.В. Учет социально-экономических и экологических последствий строительства как путь к сбалансированному развитию городских территорий // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «За безопасную окружающую среду для устойчивого развития». – Дубна (Российская Федерация): Междунар. ун-т природы, общества и человека «Дубна», 2007. – С.283–289.

6. Богданов А.А. Тектология. Всеобщая организация науки. Т.1. – М.: Экономика, 1989. – 304 с.

7. Василенко С.Л. Принцип синергетического действия питьевой воды // Материалы Міжнар. наук.-практ. конф. «Вода і здоров'я» IV Міжнародного Водного Форуму «Аква – Україна 2006». – К.: Укр. Водна асоціація, 2006. – С.296-297.

8. Гончарук В.В. Вода: проблемы устойчивого развития цивилизации в XXI веке. – К.: ИКХХВ НАН Украины, 2003. – 47 с.

9. Василенко С.Л. Принцип водной энтропии // Материалы Всеукр. науково-практ. інтернет-конф. «Простір і час сучасної науки». – К.: ТК Меганом, 2006. – С.1-2. – Режим доступу: [http://socium.sitcity.ru/ltxt\\_2104195627.phtml](http://socium.sitcity.ru/ltxt_2104195627.phtml).

*Отримано 26.03.2009*

УДК 628.2 : 658.5

О.В.СТАРКОВА, Е.А.ШАПОВАЛОВА, Л.А.ГНУЧИХ, кандидаты техн. наук  
*Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры*

## **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ**

Предлагается научно обоснованный подход к выбору оптимального метода ремонтно-восстановительных работ на канализационных коллекторах. В качестве критериев оптимальности выступает стоимость и продолжительность восстановления участка водоотводящей сети.

В настоящее время применение научно-обоснованных моделей и методов повышения эффективности безаварийной эксплуатации городских водоотводящих и других коммунальных сетей приобретает особую актуальность. Комплексное рассмотрение проблемы эффективного управления восстановлением городских инженерных инфраструктур включает анализ состояния участков трубопроводов, оперативное реагирование на любые изменения, избежание аварийных ситуаций, составление приоритетных списков восстановления и осуществление ремонтно-восстановительных работ наиболее приемлемым методом.

Настоящая статья является продолжением работы [1]. В мировой практике накоплен значительный опыт ремонта и восстановления канализационных сетей различными методами. Выбор этих методов в каждом конкретном случае должен сопровождаться глубоким анализом состояния сети, зависеть от состояния коллектора и имеющихся

денежных средств. Существует большое многообразие методов ремонта и восстановления сетей [2, 3]. В настоящей статье для исследования выбраны те, которые наиболее часто встречаются в мировой практике и которые применяются для восстановления сетей водоотведения в Украине. Название и суть методов ремонта не приводились, поскольку для настоящей статьи это не является важным.

Автором работы [4] предложены корректировка стоимости ремонтно-восстановительных работ и методика определения применимости методов ремонта к заданным классам состояния коллектора. В настоящем исследовании стоимостные аспекты ремонтно-восстановительных работ и их продолжительность взяты из работы [4].

Целью настоящей статьи является научное обоснование и разработка модели выбора оптимальных параметров ремонтно-восстановительных работ, применение которых позволит обеспечить безаварийную эксплуатацию участков водоотводящих систем.

Критериями оптимальности при выборе метода восстановления могут выступать стоимость ремонта и продолжительность ремонта. Выбор критерия обусловлен наличием финансовых и ресурсных возможностей эксплуатационной организации. В работе [1] предложен вариант выбора одного метода восстановления для участка сети. Если эксплуатационная организация имеет достаточное количество ресурсов и протяженность участка велика, то предлагается осуществлять ремонт участков коллектора различными методами. Из представленного набора методов необходимо выбрать такие, которые в зависимости от класса бьефов (участков между смежными колодцами) можно применить на всей протяженности участка и их стоимость будет минимальной.

Если на рассматриваемом участке невозможно применить базовый метод, то из набора методов, которыми проводится ремонт данного участка в зависимости от класса состояния, выбирается такой, стоимость которого максимально соответствует стоимости базового метода.

Расчет варианта выбора оптимального метода ремонта по критерию минимальной стоимости комплекса работ при условии производства ремонтно-восстановительных работ на участке разными методами представлен на рис.1. Номер возле маркера соответствует номеру метода, который можно применить.

Например, базовый метод 1 можно применить на участках 2 и 3, на остальных участках предлагается применение метода 20, который максимально приближен по стоимости к базовому методу 1 и применим в соответствии с классами состояния бьефов. Базовый метод 10

Параметры исследуемого участка коллектора

№ участка	1	2	3	4	5	6	7
Протяженность, м	50,8	52,9	51	32,9	21	15,9	11,1
Класс состояния	2	3	4	2	2	1	2
Возможный метод ремонта	8-23	1-23	1-23	8-23	8-23	15-23	8-23

Оценка выбранного метода ремонта при условии возможности производства восстановительных работ на участке различными методами

Стоимость, грн	Метод ремонта																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Длительность, рабочих смен	115	129	110	126	90	177	103	93	115	144	122	119	152	86	111	158	87	141	160	101	134	210	283

Суммарная минимальная стоимость, грн  
№ метода

163140  
8

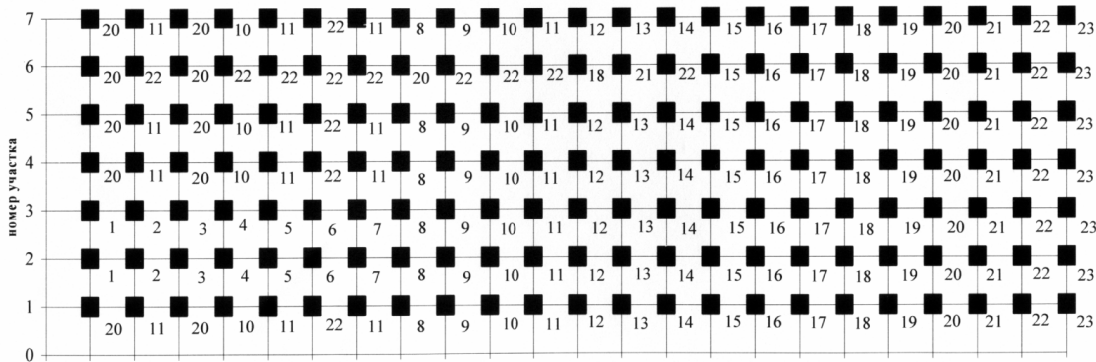


Рис.1 – Выбор метода восстановительных работ на участке при условии производства работ различными методами по критерию минимальной суммарной стоимости работ

можно применить на всех бьефах, кроме участка 6. На этом участке предлагается применение метода 22, максимально соответствующего по стоимости базовому методу. Указанным образом произведен подбор соответствующих методов ремонта, если применение базового метода на участке невозможно.

После этого рассчитывается суммарная стоимость комплекса ремонтных работ для участка по возможным методам производства работ (последняя строка множества  $\Omega_1$ ) по формуле

$$C_{\Sigma}(i) = \sum_{i=1}^{23} \sum_{j=1}^7 C_{i,j} \cdot l_j,$$

где  $C_{\Sigma}(i)$  – суммарная стоимость комплекса ремонтно-восстановительных работ на участке  $i$ -м базовым методом ремонта, грн.;  $i$  – номер базового метода ремонта,  $i = \overline{1, 23}$ ;  $j$  – номер бьефа,  $j = \overline{1, 7}$ ;  $C_{i,j}$  – стоимость  $i$ -го метода ремонта 1 м трубопровода, подобранного для  $j$ -го бьефа, грн.;  $l_j$  – протяженность  $j$ -го бьефа, м.

В этом случае множество методов  $\Omega_1$  имеет вид, представленный на рис.2, а. Первая строка множества отображает номер метода ремонта, вторая – стоимость ремонтно-восстановительных работ соответствующим методом на первом бьефе, третья – то же, но для второго бьефа, четвертая – для третьего и так далее. Последняя строка множества показывает суммарную стоимость комплекса восстановительных работ соответствующим методом для участка из семи бьефов в целом.

Таким образом, по базовому методу 1 с применением на отдельных бьефах метода 20 стоимость комплекса работ будет составлять 201021 грн., по базовому методу 10 с применением метода 22 на участке 6 – 254271 грн.

Для выбора оптимального варианта определена минимальная суммарная стоимость комплекса работ. Таким образом, предлагается применение базового метода 8 с применением на отдельных бьефах метода 20, суммарная стоимость ремонтно-восстановительных работ для всего участка по которому составляет 163140 грн.

Рассмотрим вариант выбора в качестве критерия оптимальности продолжительности восстановительных работ.

Если на участке целесообразно применение нескольких методов (рис.3), то выбор возможного множества  $\Omega_2$  осуществляется способом, описанным выше с той разницей, что варианты выбираются не по стоимости, а по максимально приближенной продолжительности работ к базовому варианту.

$$\Omega_1 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 18 & 19 & 20 & 21 & 22 & 23 \\ 43343 & 50170 & 43343 & 53818 & 50170 & 58308 & 50170 & 32812 & 44511 & 53818 & 50170 & 43495 & 64430 & 34925 & 99863 & 100853 & 110023 & 43658 & 104612 & 43343 & 79670 & 58308 & 64135 \\ 45134 & 60719 & 45134 & 60719 & 60719 & 60719 & 60719 & 45134 & 60719 & 60719 & 60719 & 45462 & 82963 & 60719 & 103991 & 105022 & 114571 & 45462 & 108937 & 45134 & 82963 & 60719 & 66786 \\ 43513 & 50368 & 43513 & 54029 & 50368 & 58538 & 50368 & 32941 & 44686 & 54029 & 50368 & 43666 & 64683 & 35063 & 100256 & 101250 & 110456 & 43829 & 105024 & 43513 & 79983 & 58538 & 64388 \\ 28070 & 32492 & 28070 & 34854 & 32492 & 37763 & 32492 & 21250 & 28827 & 34854 & 32492 & 28169 & 41727 & 22619 & 64675 & 65316 & 71255 & 28274 & 67751 & 28070 & 51597 & 37763 & 41536 \\ 17921 & 20030 & 16456 & 22126 & 20084 & 23591 & 18824 & 13564 & 18400 & 22247 & 20740 & 17980 & 26634 & 14438 & 41282 & 41691 & 45482 & 18047 & 43245 & 17917 & 32934 & 24104 & 26513 \\ 13569 & 15165 & 12459 & 16752 & 15207 & 17862 & 14253 & 10270 & 13932 & 16844 & 15703 & 13614 & 20166 & 10931 & 31256 & 31566 & 34436 & 13664 & 32743 & 13566 & 24936 & 18250 & 20074 \\ 9471 & 10962 & 9471 & 11759 & 10962 & 12741 & 10962 & 7169 & 9726 & 11759 & 10962 & 9504 & 14078 & 7631 & 21820 & 22037 & 24040 & 9539 & 22858 & 9471 & 17408 & 12741 & 14014 \\ 201021 & 239906 & 198446 & 254057 & 240002 & 269521 & 237788 & 163140 & 220800 & 254271 & 241153 & 201890 & 314681 & 186325 & 463142 & 467737 & 510262 & 202475 & 485171 & 201014 & 369491 & 270422 & 297445 \end{pmatrix}$$

а

$$\Omega_2 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 18 & 19 & 20 & 21 & 22 & 23 \\ 18,8 & 29,0 & 25,4 & 21,8 & 18,3 & 30,0 & 23,4 & 19,8 & 23,4 & 30,0 & 24,9 & 25,4 & 33,0 & 18,3 & 23,9 & 34,0 & 18,8 & 30,5 & 34,5 & 21,8 & 29,0 & 45,2 & 61,0 \\ 19,6 & 30,2 & 30,2 & 22,7 & 19,6 & 31,7 & 24,9 & 22,7 & 24,9 & 31,7 & 30,2 & 30,2 & 35,4 & 19,6 & 24,9 & 35,4 & 19,6 & 31,7 & 36,0 & 22,7 & 30,2 & 47,1 & 63,5 \\ 18,9 & 29,1 & 25,5 & 21,9 & 18,4 & 30,1 & 23,5 & 19,9 & 23,5 & 30,1 & 25,0 & 25,5 & 33,2 & 18,4 & 24,0 & 34,2 & 18,9 & 30,6 & 34,7 & 21,9 & 29,1 & 45,4 & 61,2 \\ 12,2 & 18,8 & 16,5 & 14,1 & 11,8 & 19,4 & 15,1 & 12,8 & 15,1 & 19,4 & 16,1 & 16,5 & 21,4 & 11,8 & 15,5 & 22,0 & 12,2 & 19,7 & 22,4 & 14,1 & 18,8 & 29,3 & 39,5 \\ 7,4 & 11,8 & 10,1 & 8,8 & 6,7 & 12,2 & 9,5 & 8,2 & 9,7 & 12,4 & 10,3 & 10,5 & 13,7 & 7,6 & 9,9 & 14,1 & 7,8 & 12,6 & 14,3 & 9,0 & 12,0 & 18,7 & 25,2 \\ 5,6 & 8,9 & 7,6 & 6,7 & 5,1 & 9,2 & 7,2 & 6,2 & 7,3 & 9,4 & 7,8 & 8,0 & 10,3 & 5,7 & 7,5 & 10,7 & 5,9 & 9,5 & 10,8 & 6,8 & 9,1 & 14,2 & 19,1 \\ 4,1 & 6,3 & 5,6 & 4,8 & 4,0 & 6,5 & 5,1 & 4,3 & 5,1 & 6,5 & 5,4 & 5,6 & 7,2 & 4,0 & 5,2 & 7,4 & 4,1 & 6,7 & 7,5 & 4,8 & 6,3 & 9,9 & 13,3 \\ 85,4 & 133,9 & 120,8 & 100,9 & 83,9 & 139,2 & 108,5 & 94,0 & 108,9 & 139,5 & 119,7 & 121,5 & 154,2 & 85,3 & 110,7 & 157,9 & 87,2 & 141,4 & 160,2 & 101,3 & 134,3 & 209,7 & 282,7 \end{pmatrix}$$

б

Рис.2 – Определение множества методов ремонта:

а – вид множества  $\Omega_1$  в случае возможности производства ремонтных работ различными методами;б – вид множества  $\Omega_2$  для решения задачи нахождения оптимального варианта ремонта по критерию продолжительности работ.

Оценка выбранного метода ремонта при условии возможности производства восстановительных работ на участке различными методами

	Метод ремонта																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Длительность, рабочих смен	85.4	133.9	120.8	100.9	83.9	139.2	108.5	94.0	108.9	139.5	119.7	121.5	154.2	85.3	110.7	157.9	87.2	141.4	160.2	101.3	134.3	209.7	282.7
Стоимость, грн	373904	305645	205500	221835	213419	253064	225856	157447	223757	246415	241912	213043	310212	185480	463142	467737	510262	202475	485171	201014	369491	270422	297445

Минимальная суммарная длительность, рабочих смен № метода

83,9  
5

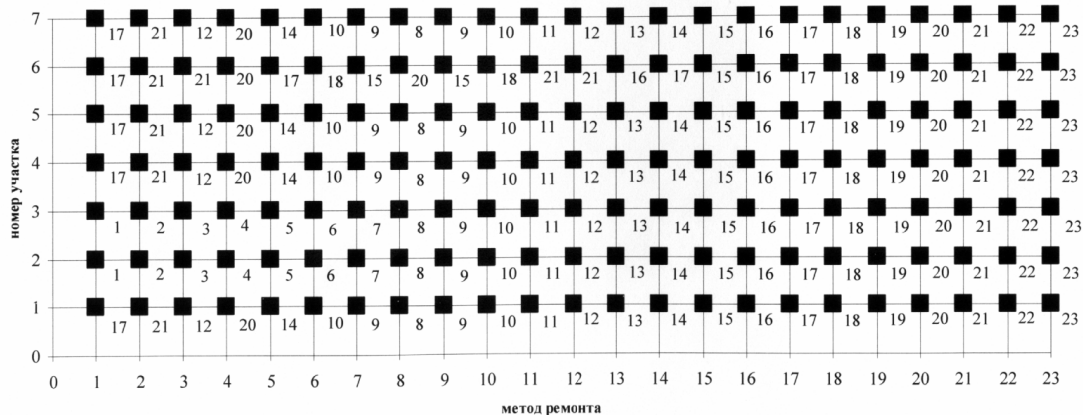


Рис.3 – Выбор метода восстановительных работ на участке при условии производства работ различными методами по критерию минимальной суммарной продолжительности работ

Например, базовым методом 1 можно осуществлять ремонт участков 2 и 3, на остальных участках предлагается применять метод 17, который максимально приближается по продолжительности к базовому. Методом 10 осуществляется ремонт всех участков, кроме участка 6, где предлагается применение метода 18.

Анализируя вычисления, строим область  $\Omega_2$ , которая имеет вид, представленный на рис.2, б.

Первая строка множества отображает номер метода ремонта, вторая строка – продолжительность ремонтно-восстановительных работ предлагаемым методом на первом бьефе, третья строка – то же, но для второго бьефа, четвертая – для третьего и т.д. Последняя строка множества показывает суммарную продолжительность комплекса восстановительных работ предложенными методами для участка из семи бьефов в целом.

Для определения оптимального варианта выбирается минимальная продолжительность комплекса работ. В приведенном варианте предлагается выбор метода 17 с продолжительностью работ на всем участке в 87,17 рабочих смен и стоимостью комплекса работ 510262 грн.

Практическая значимость полученных результатов состоит в разработке научно обоснованного подхода к выбору оптимального метода ремонтно-восстановительных работ на канализационных коллекторах. Приведенные на рис.1, 3 примеры рекомендуют наиболее выгодные по критерию оптимальности методы ремонта, а лицо, принимающее решение, выбирает из предложенных тот метод, который наиболее приемлем исходя из финансовых и ресурсных возможностей эксплуатационной организации.

1. Старкова О.В., Шаповалова Е.А., Гнучих Л.А. Моделирование выбора метода восстановления сетей водоотведения // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.85. – К.: Техніка, 2008. – С.19-26.

2. Гончаренко Д.Ф. Эксплуатация, ремонт и восстановление сетей водоотведения. – Харьков: Консум, 2008. – 400 с.

3. Корінько І.В. Наукове обґрунтування та розробка організаційно-технологічних рішень, що підвищують експлуатаційну довговічність систем водовідведення: Дис. ... д-ра техн. наук. – Харків: ХДТУБА, 2003. – 414 с.

4. Старкова О.В. Управление проектами ремонтно-восстановительных работ на сетях водоотведения: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.22. – Харьков, 2007. – 157 с.

*Получено 19.01.2009*