

УДК 003.63 : 628.148

О.И. Синельникова<sup>1</sup>, Е.Е. Дашевская<sup>2</sup><sup>1</sup>Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков<sup>2</sup>Харьковская национальная академия городского хозяйства, Харьков

## СОСТАВЛЕНИЕ И АНАЛИЗ РАСПИСАНИЯ РАБОТ ПО ОБНОВЛЕНИЮ И ВОССТАНОВЛЕНИЮ ВОДОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

*В статье исследуется вопрос создания расписания работ обновления и восстановления водораспределительной системы, анализ и имитация процесса выполнения работ в режиме реального времени с помощью диаграммы Ганта. Решается задача оптимального распределения ограниченных финансовых ресурсов, с целью обеспечения выполнения проекта в минимальное время.*

*водораспределительная сеть, проект, расписание работ обновления и восстановления, диаграмма Ганта*

### Введение

**Постановка проблемы.** Современное состояние водораспределительной сети (ВРС) характеризуется повышенной аварийностью, моральным и техническим износом трубопроводов. И как следствие – увеличение ресурсо- и энергопотребления за счет роста явных и скрытых разрывов труб, ухудшение экологической безопасности питьевого водопользования [1]. В сложившихся условиях в комплексе мероприятий по совершенствованию эксплуатации ВРС необходимо проводить планирование работ обновления и восстановления. В условиях повышенной насыщенности инфраструктуры города, ограниченности финансовых, материальных и трудовых ресурсов проведение необходимых работ усложняется и повышается ответственность за их своевременность и качество. Поэтому необходимо решить задачу планирования работ обновления и восстановления участков водораспределительной сети с учетом оптимального распределения ограниченных ресурсов.

Результаты проведенных исследований [2] показали принципиальную возможность формализации данных, характеризующие состояние водораспределительной системы путем построения математических моделей. Выбран наиболее эффективный метод построения функциональной зависимости – метод группового учета аргумента. Указанный метод был опробован для построения моделей, которые могут создаваться и модифицироваться в соответствии с изменяющимися данными, что позволяет, не снижая качества управления, повысить оперативность задач планирования и организации работ по обновлению и восстановлению ВРС. В результате исследований [3] построены модель прогноза выхода из строя участка трубопровода и модель, идентифицирующая способ реконструкции участка водораспределительной сети.

Таким образом, для выбранных участков тру-

бопровода, требующих первоочередных мер для проведения работ обновления и восстановления, с идентификацией рекомендуемого способа необходимо составить оптимальное расписание работ с учетом ограниченности ресурсов. Для решения этой задачи используем диаграмму Ганта и алгоритм оптимального по времени распределения ограниченных ресурсов.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Задачи автоматизированного управления водораспределительными системами широко описаны в работах [1, 4, 5] и охватывают справочную, статистическую и следящую функции управления. При этом, в основу построения программных средств автоматизации системы управления положена концепция, согласно которой выбор формы представления данных для анализа и принятия решения запрограммированы заранее. При этом не учитываются изменения исходных данных и рассматриваемых критериев. В этих условиях требуются значительные временные, трудовые и материальные затраты для их обработки, вследствие чего, процесс принятия управленческих решений происходит в отрыве от реальной ситуации. Другим недостатком использования такой реализации автоматизированного управления является ограничения наглядности представления обработанных данных для принятия решений. Увеличивающиеся объемы анализируемых данных, комплексный учет всех факторов, влияющих на качество принятия решения, требуют разработки таких моделей представления данных, которые, имея большую информационную емкость, не нуждаются в длительной разработке.

Появление зарубежной публикации [6], направленной на исследование в области решения проблемы координации работы водораспределительной системой, анализа состояния и выбора эффективной стратегии замены стареющей инфраструктуры, подтверждает актуальность и своевременность данной работы. В качестве решения про-

блемы предлагается использовать новые средства и методы организации работы, которые используют информационные технологии на всех этапах принятия решений предприятий водоснабжения. Следует отметить, что все предприятия водоснабжения признают необходимость выбора стратегии обновления или восстановления, но предпочтения для каждого предприятия в отдельности отличаются и должны соответствовать установлению приоритетных направлений с учетом результатов оценки состояния водораспределительной системы.

Основной целью статьи является разработка метода составления оптимального расписания работ по обновлению и восстановлению поврежденных участков водораспределительной системы на основе диаграммы Ганта с последующей оптимизацией по времени распределения ограниченных финансовых ресурсов, что обеспечит оперативность и наглядность представления последовательности выполнения работ для обеспечения бесперебойной поставки целевого продукта потребителю.

### Изложение основного материала

Определено [3], что на основании технических, статистических и экспертных данных, характеризующих каждый  $i$ -й участок водораспределительной системы, можно вычислить дату прогнозируемого выхода из строя  $t_1^{(i)}$  участка ВРС и определить рекомендуемый способ реконструкции выбранных участков. Для определения продолжительности работ по перекладке используем нормы строительства [7], по исследуемым методам санации применим нормы, разработанные «Укркоммунниипрогресс» г. Харькова.

С целью наглядного представления последовательности решения задач, определения их длительности и протяженности всех работ в комплексе построим линейную диаграмму Ганта [8].

Алгоритм решения задачи состоит в последовательности выполнения следующих действий:

1. Сортируем список участков трубопровода в порядке возрастания времени прогнозирования выхода из строя  $t_1^{(1)} \leq t_1^{(2)} \leq t_1^{(3)} \leq t_1^{(4)} \dots$ . Таким образом, в начале списка будут стоять те участки трубопровода, которые уже вышли из строя.

2. Строим диаграмму Ганта:

а) от нуля откладываем последовательно работы, у которых время прогнозирования безаварийной работы  $t_1^{(i)}=0$ , потом по порядку возрастания откладываются остальные работы и т.д.

б) продолжительность работ определяется временем ремонта  $t_2^{(i)}$ .

Рассмотрим небольшой пример построения диаграммы Ганта для составления расписания работ по обновлению и восстановлению поврежденных

участков трубопровода. Для этого представим исходную информацию в виде табл. 1, где указан перечень поврежденных участков, последовательность выполнения работ, продолжительность каждой работы.

Таблица 1

Исходные данные для построения диаграммы Ганта

$i$ -й участок трубопровода	$t_1^{(i)}$	$t_2^{(i)}$	Планируемое окончание работ
1	0	2	2
2	0	3	3
3	3	2	5
4	4	1	5
5	4	2	6

В результате построена диаграмма Ганта (рис. 1).

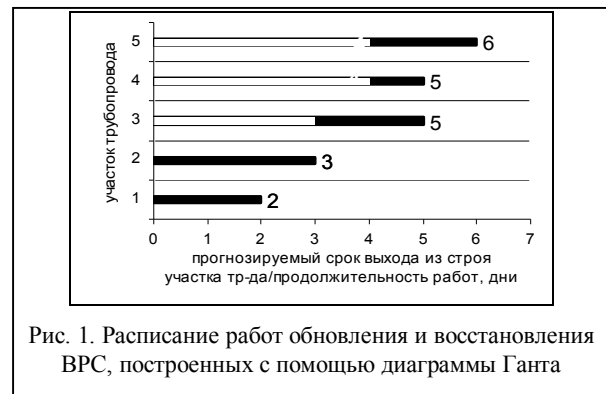


Рис. 1. Расписание работ обновления и восстановления ВРС, построенных с помощью диаграммы Ганта

Применяем алгоритм оптимального по времени распределения ограниченных финансовых ресурсов к полученной диаграмме Ганта, исходя из предположения, что для выполнения каждой работы выделяется по 25 тыс. грн. При этом известно, что для выполнения работ на 1-м участке необходимо затратить 6 тыс. грн., на 2-м – 9 тыс. грн., на 3-м – 6 тыс. грн., на 4-м – 3 тыс. грн., на 5-м – 6 тыс. грн.

Поскольку стоимость работ на 1-м, 2-м, 3-м и 4-м участке превышает общий ресурс (25 тыс. грн.), то сдвигаем работы на 4-м и 5-м участках к моменту времени  $t_1^{(i)} = 5$ . Сдвиг начала этих работ повлечет увеличение критического времени выполнения всех работ при условии не превышения используемого ресурса на протяжении всего проекта (рис. 2).

Таким образом, в результате составленного расписания работ обновления и восстановления ВРС, принимаются следующие решения:

1. Оценка общей длительности работ с учетом технологии производства и нормативов. В результате этого решения оптимизируется и уменьшается общая длительность работ за счет организации параллельного их выполнения, сокращения времени выполнения некоторых работ, устранения временных разрывов между работами.

2. Оценка объемов ресурсов, необходимых для выполнения работ. Суть данного решения состоит в определении перечня, количества и доступности необходимых ресурсов для выполнения работ в каждый момент времени.

3. Анализ обеспеченности работ ресурсами. В результате выбора всех участков трубопроводной сети, требующих работ обновления и восстановления рассчитывается общая стоимость работ и анализируется их обеспеченность финансовыми ресурсами предприятия.

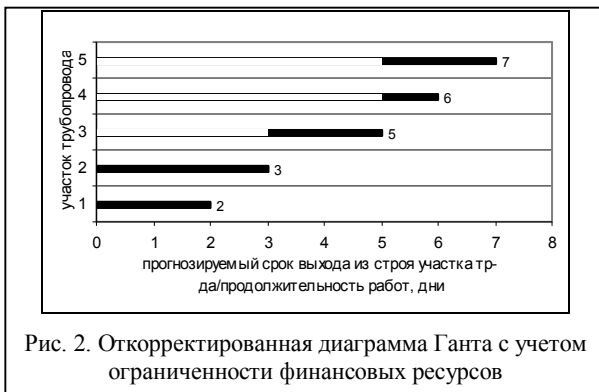


Рис. 2. Откорректированная диаграмма Ганта с учетом ограниченности финансовых ресурсов

4. Принятие плана работ обновления и восстановления ВРС. Итогом этого решения является документ, который содержит согласованный план проведения работ с учетом рассмотренных ограничений в удобном виде для рассмотрения.

Таким образом, для решения основной задачи автоматизированного управления работами обновления и восстановления водораспределительной сети - принятие решения об эффективном управляющем воздействии предлагается подсистему управления представить следующими подсистемами:

1. Подсистема выработки управляющего воздействия, которая включает:

- прогноз развития объекта на основе модели, предназначенной для вычисления среднемесячного срока безаварийного состояния участка водораспределительной сети;

- построение идентификационной модели, для определения рекомендуемого вида работ по обновлению и восстановлению участка водораспределительной сети.

2. Подсистема реализации управляющих воздействий, которая реализуется в виде расписания работ обновления и восстановления ВРС для наглядного определения последовательности их выполнения с учетом ограниченных ресурсов по выводу объекта управления с наибольшей эффективностью в заданное целевое состояние.

## Выводы

В результате проведенных исследований построен график оптимального расписания рассматри-

ваемых работ в виде диаграммы Ганта.

Проведено оптимальное распределение по времени ограниченных финансовых ресурсов, что позволяет, не снижая качества управления, повысить эффективность и оперативность решения задач планирования и организации работ по обновлению и восстановлению водораспределительной сети.

Впервые предложен метод автоматизированного составления расписаний работ обновления и восстановления водораспределительной сети с учетом ограниченности ресурсов, что позволило сократить время обработки информации для принятия эффективного решения.

С целью дальнейшего усовершенствования автоматизированного управления ВРС разработанный алгоритм построения и анализа расписания работ был включен в контур экспертной системы с целью обеспечения оперативного решения задач контроля и управления состоянием водораспределительной сети.

## Список литературы

1. Евдокимов А.Г. Тевяшев А.Д. *Оперативное управление потокараспределением в инженерных сетях*. - Х.: Вища шк., 1980. - 144 с.
2. Самойленко Н.И., Синельникова О.И., Дашевская Е.Е. *Сравнение свойств моделей прогноза поврежденных на водораспределительной сети методами множественной регрессии, нейронных сетей и группового учета аргументов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. - 2007. - № 4/5 (28). - С. 15-20.
3. Самойленко Н.И., Синельникова О.И., Дашевская Е.Е. *Моделирование задач контроля и управления техническим состоянием водораспределительной сети методом группового учета аргументов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. - 2007. - № 5/3 (29). - С. 13-16.
4. Евдокимов А.В., Петросов В.А. *Информационно-аналитические системы управления инженерными сетями жизнеобеспечения населения: Учебное пособие*. - Х.: ХТУРЭ, 1998. - 412 с.
5. Петросов В.А., Агаджанов Г.К., Назарьян Г.В. *Автоматизация работы абонентного отдела предприятий водопроводно-канализационного хозяйства*. - Х.: Основа, 2002. - 175 с.
6. Wilson L.L., Moshavegh F., Frey J. *Cost savings and enhanced reliability for main rehabilitation and replacement // AWWA*. - 2003. - № 8. - P. 54-64.
7. ДБН Д.2.2-22-99. *Ресурсные элементные сметные нормы на строительные работы. Водопровод - наружные сети*. - К.: ЦМИС НПО «Созидатель», 2000. - 69 с.
8. Танаев В.С., Шкурба В.В. *Введение в теорию расписаний*. - М.: Наука, 1975. - 256 с.

Поступила в редколлегию 16.11.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Н.И. Самойленко, Харьковская национальная академия городского хозяйства, Харьков.