

## Литература:

1. Шаршеналиев Ж.Ш. Декомпозиция и децентрализация сложных динамических систем управлений на основе упрощающих концепций. «Вестник инженерной академии РК» 2003, №2, С. 83-87.
2. Косарева Е.Г., Костенко В.В., Лапезов В.Н., Лисицын М.В. Система автоматического регулирования режимов энергообъектов. Электро, 2006. №4. С. 8-11.
3. Волошин А.А. Адаптивная система автоматического управления средствами компенсации реактивной мощности подстанций. Электрические станции, 2009. №4. С.59-65.
4. Крылов В.И., Скобля Н.С. Методы приближенного преобразования Фурье и обращения преобразования Лапласа. М.: Наука, 1974 - 224с.
5. Валеев К.Г., Финин Г.С. Построение функций Ляпунова К.: Наукова думка, 1981 -412с.

## Түйін

Мақалада жоғары толқынды станцалардың жұмыс тиімділігін арттыру мақсатында олардың жұмыс тәртібін адаптивті басқару жүйесі ұсынылды.

## Resume

The proposed adaptive mode control of high-voltage substation can significantly improve its performance.

## Özet

Yüksek gerilim trafo önerilen uyarlamalı mod kontrol performansını önemli ölçüde artırabilir.

**Е.Н. Амиргалиев**

доктор технических наук, профессор,  
Университет имени Сулеймана Демиреля  
Алматы/Казахстан

**А.Г. Коваленко**

доктор физико-математических наук, профессор

## Вопросы разработки единой автоматизированной системы управления инженерным обеспечением жилищно-коммунального хозяйства города

### Введение

Целью настоящей работы является разработка технических предложений по составу задач и информации, созданию, ведению и использованию единой автоматизированной системы управления инженерным обеспечением (водо-, тепло-, газо, электро- снабжением,

канализация жидких отходов и дороги) ЖКХ [1]. В основу предложений положен опыт: разработки и эксплуатации Системы проектирования генеральных схем обустройства (СПГСО) региона, которая выполнена в Вычислительном Центре АН СССР (в настоящее время РАН); разработки Автоматизированной системы управления производственно-хозяйственной деятельностью объединения "Кубаньгазпром"; разработки системы проектирования бортовых систем электроснабжения; применения методов моделирования для систем тепло- водо- газо- снабжения в Сибирском энергетическом институте [6], [7]; анализ систем водоснабжения промышленности и населения городов Самара, Альметьевск, Тольятти [8], [9]; анализ систем теплоснабжения промышленности и населения городов Средней Волги: Самара, Тольятти, Саратов, Ульяновск, Балаково; анализ гидравлических систем промышленных объектов тепловых сети Куйбышевского нефтеперерабатывающего завода, циркуляционные системы ТЭЦ ВАЗа (Волжского автомобильного завода), Тольяттинской ТЭЦ, Новокуйбышевской ТЭЦ-1, Новокуйбышевской ТЭЦ-2, внутренние тепловые сети ТЭЦ ВАЗа, Тольяттинской ТЭЦ, Самарской ГРЭС, Самарской ТЭЦ, циркуляционная системы ТЭЦ 23 города Москва. [10], [11].

Структура инженерного обеспечения (ИО) представляет собой совокупность взаимодействующих подсистем. Опыт моделирования этих подсистем выявил несколько ключевых проблем и задач:

- анализ состояния каждой из этих подсистем ИО;
- расчет материально-технологического и финансового взаимодействия подсистем;
- низкий уровень использования вычислительной техники для управления системами ИО;
- отсутствие информационной базы с наличием информации на магнитных носителях.

Опыт моделирования показал, что для эффективного анализа и перспективного планирования систем ИО города необходимо обеспечить:

- доступ к достоверной информации любой подсистемы для количественной оценки их состояния, как в целом, так и по частям, включая финансовые расчеты;
- создание вариантов прогнозов и планов ликвидаций возможных и непрогнозируемых аварийных ситуаций;
- планирование нового строительства и реконструкций по объектам специального назначения, роста численности населения, развития промышленных объектов.

По основным подсистемам ИО необходимо средствами вычислительной техники обеспечить:

- решение задач оперативного управления внутри самих подсистем;
- доступ к информации о работе смежных подсистем (как в территориальном, так и в технологическом аспектах);
- количественную оценку состояния самой подсистемы, как целиком, так и по любой ее части, включая финансовые расчеты;
- решение задач планирования развития и реконструкции.

В итоге авторами предлагаются методология решения вышеуказанных задач на основе экономико-математических методов, теории гидравлических систем и разработки программного обеспечения. Эта разработка может быть реализована на базе геоинформационного моделирования для реальных объектов исследования.

### **Общее описание структуры ИО**

На ограниченной территории в достаточно сильно упакованном виде расположены объекты различного назначения, необходимые для обеспечения объектов специального назначения, жизнедеятельности человека и промышленности. Эти объекты между собой находятся во взаимосвязи: производство  $\Rightarrow$  транспорт  $\Rightarrow$  потребление. Производство и

транспорт объединяются в обслуживающие подсистемы, подсистемы конечного потребления - в обслуживаемые.

Обслуживаемые подсистемы: жилищный фонд (государственный, ведомственный, частный); промышленные предприятия и предприятия коммунально-бытовых сфер; остальное производство.

Обслуживающие подсистемы: водоснабжение; газоснабжение; теплоснабжения; электроснабжения; хозяйственно-бытовая и промышленная канализация; сбор и канализации сточных вод.

К обслуживающей подсистеме относится также подсистема дорог, связывающая между собой все возможные объекты территории и, обычно связанная с ней, подсистема сбора и канализации сточных вод.

### **Задачи единой автоматизированной системы управления ИО.**

Основные задачи в рассматриваемых подсистемах описываются движением и обменом тех или иных видов потоков. Поэтому основными методами описания рассматриваемых подсистем являются потоки в сетях, для описания их структуры используют теорию графов.

Понятие участка и узла при моделировании подсистем, вообще говоря, достаточно условно и зависит от степени агрегированности. Так, например, водоисточник в подсистеме водоснабжения при сильном агрегировании может интерпретироваться как узел, характеризуемый своими параметрами (расходом, давлением, ...). При разагрегировании этот узел превращается в целую систему, для описания которой применимы все принципы, описанные выше. Аналогично со стоками. Как правило, квартальные сети в подсистеме водоснабжения сопрягаются с внешними сетями (например, магистральными) одной точкой. В этом случае квартальную сеть можно считать узлом. Его параметры (расход, давление,...) определяет эта квартальная сеть. Таким образом, возникает иерархия подсистем через узлы и необходимость ее раскрытия. Каждая из подсистем, в свою очередь, может быть организована в соответствии этими принципами. Такой принцип представления данных позволяет описать технологические схемы с любой степенью подробности, вплоть до каждого крана в квартире. Дает возможность собирать информацию и моделировать по отдельным иерархическим уровням.

Для примера приведем иерархии в подсистеме теплоснабжения.

**Нулевой уровень:** узлы (теплоисточники; потребители: тепловыделители, предприятия, потребляющие теплоноситель производственного назначения, места соединения трубных элементов) и участки (трубы, краны, насосы).

**Первый уровень:** узлы (теплоисточники (тепловыделители); потребители: жилищный фонд и предприятия, потребляющие горячую воду и отопительный теплоноситель) и участки (насосы, трубы, краны).

**Второй уровень:** внутренние сети домов и предприятий.

Аналогично можно расписать иерархии в подсистемах газоснабжения, водоснабжения, хозяйственно-бытовой канализации, сбора и канализации сточных вод, дорожной подсистеме, электроснабжения.

### **Общая методология формирования и решения задач.**

Как отмечалось выше, система в целом и каждая из подсистем являются саморазвивающимися системами. Источником их развития являются, как внутренние потребности (населения и промышленности на территории), так и внешние (запросы федерации, области,...). Перед управляющей структурой всей системой города и ее

подсистемами существует ряд формализованных и неформализованных проблем. Опыт разработки и эксплуатации подобных систем показывает, что формализовать все проблемы и отдать их на откуп вычислительной технике невозможно. Более правильным является совместное применение имитационных моделей, позволяющих «проигрывать» на модели различные ситуации и прогнозировать поведение системы в целом, и некоторого количества оптимизационных моделей, дающих оценки принимаемым решениям. Многие задачи хотя и могут быть формализованы, но для их решения либо не существует (неизвестны) методов решения, либо они столь трудоемки, что проще и быстрее решать специалисту в имитационном режиме.

Другой трудностью, которая возникает при моделировании таких систем, является многокритериальность задач. Принятие решений во многом зависит от лица, принимающего решение. Поэтому для него важным становится «проиграть» именно тот вариант, который он считает правильным. Многокритериальность возникает и из-за того, что подсистемы ИО являются многопользовательскими. На них пересекаются интересы, как потребителей, так и организаций, их обслуживающих. В таких ситуациях важным является многовариантность предлагаемых решений, возможность проиграть их в различных ситуациях.

Система ИО является только частью жизнеобеспечения города. Для управляющей структуры приходится принимать решения, учитывая интересы всех систем жизнеобеспечения территории (например, при распределении бюджета). Мала вероятность того, что в автоматизированной системе возможно учесть все эти факторы. В связи с этим важным также становится важным фактор многовариантности. Для решения этой проблемы фактор многовариантности решений должна иметь следующий характер:

- для каждого объема ресурсов (с каким-то шагом, вкладываемых в ИО от 0 (нуля) до объема, соответствующего полному удовлетворению потребителей) определить уровень удовлетворения потребностей и всех соответствующих показателей развития ИО (надежность, живучесть,...);

- лицу, принимающему решение (ЛПР), выдать информацию в объеме, необходимом для принятия решения.

Система ИО территории представляет собой систему большой размерности. Полностью охватить ее одной моделью не возможно. Необходимым является ее декомпозиция (разбиение) на отдельные подсистемы, решение задач на подсистемах и затем интеграция в единое решение. При декомпозиции теряются некоторые связи между подсистемами, поэтому важно решать задачи на подсистемах в многовариантной постановке. Это позволяет при композиции решений согласовывать их и учитывать опущенные связи. Описываемая здесь методология применена в работе [4].

#### **Анализ системы ИО города.**

Система ИО города в целом, так и каждая из выделенных подсистем, обладает следующим набором задач:

1. Оценка состояния системы, текущий учет.
2. Задачи прогнозирования и ликвидации аварийных ситуаций.
3. Задачи планирования развития и реконструкции.

#### **Анализ трубных систем.**

Для примера рассмотрим эти задачи в подсистеме теплоснабжения, в остальных подсистемах, кроме дорожной, построение проводится аналогично.

Оценка текущего состояния и учет состоят:

- в сравнении объемов потребления горячей воды и тепла с нормативными, и в учете материальных и технологических ресурсов по источникам и потребителям. На основе этого производится учет финансовых ресурсов;

- в оценке технического состояния элементов подсистемы и всей подсистемы в целом.

В основу анализа ложатся: расчет полученного тепла и теплоносителя; расчет отпущенного тепла и теплоносителя; расчет пропускных способностей системы в различных режимах; проверка балансов по подсистеме и поиске причин небаланса.

Для расчета полученного тепла и теплоносителя возможна, например, установка устройств замера у каждого потребителя тепла и горячей воды (в идеале). В ближайшее время это вряд ли возможно. Достаточно достоверные данные можно получить на основе математических методов анализа гидравлических сетей. Для этого необходимо умение решать задачи: анализа существующей структуры измерений на сетях от источника до потребителей; оптимального размещения замерных устройств на сети; потокораспределение и тепловые расчеты; задачи сетеметрии (например, математический расходомер); идентификации параметров элементов сетей. Существующие математические методы решения перечисленных выше задач позволяют вычислять балансы по любой части этой подсистемы [4]-[11].

При сильном дисбалансе решаются задачи поиска причин (мест дисбаланса). Это трудно решаемые задачи, и в данный момент наиболее простым может быть поиск на основе диалога ЭВМ - человек. Для осуществления этого диалога необходимо умение решать следующие задачи: потокораспределения, тепловых расчетов на сетях; задачи сетеметрии.

Данные по учету материальных и технологических ресурсов являются исходной информацией для расчета затрат. Расчеты могут быть выполнены по любой части подсистемы.

Актуальными на наш взгляд являются задачи поиска мест, являющихся причинами дисбаланса. Хорошо развитая структура измерений в подсистеме позволяет решать эти задачи с использованием линейных моделей описания сетей [6], [7], что значительно облегчает их решение.

### **Задачи, решаемые в дорожной подсистеме**

Задачи в дорожной подсистеме также являются сетевыми и служат для анализа транспортных потоков: различного вида авто- мото- транспорта. Но для моделирования этой подсистемы требуется совершенно иной математический аппарат. В дорожной системе нельзя четко разделить различные пункты на источники и стоки потока. Каждый из пунктов одновременно может быть как источником, так и стоком потока. Поэтому для описания задач введем понятие инициатора движения, под которым будем понимать те пункты (места) на территории или на ее границе, которые могут инициировать грузо- пассажиро- потоки. Инициатором потока могут выступать: жилой комплекс, промышленные предприятия, учреждения, магазины, культурно-бытовые учреждения, автостоянки, гаражи, места въезда с междугородних магистралей на территорию и т.д.

Для дорожной подсистемы характерны задачи: анализа мощности существующих инициаторов движения; анализа пропускных способностей отдельных участков дорог и пропускных способностей различных подсетей в целом, потокораспределения, поиска мест возможного образования пробок, расстановка и выбора режимов работы светофоров. Для решения этих задач применяются методы теории массового обслуживания, алгоритмы отыскания кратчайших связывающих путей; алгоритмы решения задач сетеметрии, задачи теории игр.

Решение части этих задач возможно при наличии хорошего интерфейса пользователя, которую может обеспечить существующие геоинформационные системы.

### **Оценка экологического состояния**

Задачи оценивания экологического состояния территории заключаются в прогнозировании и оценке уровня загрязнения воздушной и водной среды на территории. Для этого необходимо знать источники загрязнения, и прогнозировать распространение загрязнения как в пределах территории, так и вне её. Основными источниками загрязнения могут быть автомобильный транспорт, предприятия различного назначения, очистные сооружения, отстойники-ловушки, жилищный комплекс и т.д.

Для расчета объемов загрязнения от промышленных предприятий необходимо из паспорта предприятия знать объемы и химический состав газовых отходов, статистику по случайным (например, аварийным) выбросам. Данные для расчета объемов загрязнения воздушной среды вытекают из моделирования системы дорог и движения транспорта по ней.

По жилищному комплексу данные для расчета объемов загрязнения могут быть взяты из данных по этому комплексу. Достаточно важной компонентой нарушения экологического состояния территории является выделение тепла от различных объектов и его распространение. Для прогнозирования и составления температурных карт территории необходима информация, аналогичная предыдущей. Для решения задач прогнозирования состояния используется аппарат решения задач обтекания жидкостями и газами твердых тел, задач тепло-массообмена, фильтрации т.д.

### **Прогнозирование и ликвидация аварийных ситуаций.**

Эти задачи разбиваются на следующие подзадачи: оценка текущего состояния элементов подсистем; прогнозирование аварийных ситуаций и оценка ущерба от них; разработка мероприятий по ликвидации аварийных ситуаций.

Оценка состояния элементов подсистем. Методы оценки состояния элементов подсистем по подсистемам тепло- водо- газо- снабжения, канализации аналогичны, поэтому деление по подсистемам проводить не будем.

Под состоянием элемента будем понимать вероятность его отказа в течении ближайшего времени (например суток, месяца, года), отличие его теоретических и экспериментальных характеристик. Для оценки состояния элементов трубных систем существуют теоретические и статистические методы.

Теоретические методы основаны на прогнозировании работоспособности каждого элемента по параметрам, его характеризующим. В статистических методах, больший упор делается на статистику по отказам. Как правило, статистические методы дают не худшие результаты, чем теоретические.

Прогнозирование аварийных ситуаций по каждой подсистеме осуществляется по прогнозам вероятности отказа каждого элемента и топологии сетей. Для оценки ущерба мероприятий (действий) при аварийной ситуации. Ущерб складывается из затрат на восстановление работоспособности этого элемента, отклонений в работе смежных подсистем, недопоставок потребителям. Этот анализ проводится методами оценивания состояния подсистем ИО при отключении любого элемента в любой из подсистем ИО. Время и затраты на проведение аварийно-восстановительных работ определяются из нормативно-справочных данных. Разработка перечня мероприятий при аварийной ситуации вырабатывается при решении задач реконструкции и развития и описывается далее. Оценка отклонений в работе

смежных подсистем, недопоставок потребителям является задачей оценки текущего состояния и текущего учета.

#### **Анализ аварийных ситуаций.**

Все перечисляемые ниже задачи могут выполняться как заблаговременно при анализе системы, так и во время аварийной ситуации.

1) Локализация аварийного участка - определение перечня задвижек (в подсистеме электроснабжения - выключателей), отсекающих источники и потребители от места аварии. Для решения этой задачи достаточно алгоритмов обхода всех вершин сети.

2) Определение перечня потребителей, которые будут отключены от источников потоков, упорядочивание их по степени важности. Определение перечня потребителей, которые будут получать потоки с отклонением от требуемых нормативов (пониженные давления, расходы, температуры), упорядочивание их по степени важности. Определение перечня источников, которые будут отключены от потребителей потоков. Для решения этой задачи также достаточно алгоритмов обхода всех вершин сети.

3) Поиск резервных путей удовлетворения потребностей, оценка получившегося состояния системы, оценка ущерба. Этот пункт должен выполняться несколько раз для различных вариантов резервных путей с целью минимизации ущерба. В качестве вспомогательной задачи при поиске резервных путей можно использовать задачу отыскания кратчайших путей в сети. Оценка получившегося состояния системы, оценка ущерба описаны в предыдущем пункте.

Планирование реконструкции развития. Под планированием развития понимаются задачи ввода новых объектов в обслуживаемых подсистемах (жилищного фонда, предприятий,...) реконструкции старых объектов с целью удовлетворения потребностей (запросов) населения, запросов области, федерации. Под удовлетворением потребностей населения понимаем выполнение заданного (в соответствии с существующими или желаемыми нормами) уровня жилищной площади, потребности в газе, холодной и горячей воде, тепле, электроэнергии и канализации жидких отходов. Под удовлетворением потребностей (запросов) области, федерации понимаем удовлетворение предприятий, не входящих в состав ИО, в электроэнергии, газе, горячей и холодной воде, теплоносителе производственного назначения, канализации жидких отходов в соответствии с их паспортными данными.

Под отслеживанием понимаются задачи, связанные с контролем над выполнением принятых решений.

Как отмечалось выше, в состав ИО входят только часть подсистем жизнеобеспечения, поэтому предлагаемые нами подходы к решению задач следующие [4]: дать лицу, принимающему решение такую информацию по ИО, чтобы он мог принять обоснованное решение в целом по всей системе.

Основной задачи планирования и развития территории может стать следующая задача.

#### ***Известно:***

- Существующее состояние системы и его элементов;
- Задаваемые потребности (в жилье, тепле,...), исходя из сегодняшних потребностей или перспективы;
- Запросы других подсистем жизнеобеспечения, а также запросы области, федерации.

#### ***Требуется:***

-Определить проект развития и объемы вложения в него с целью полного удовлетворения потребностей;

-Для каждого объема вложения от 0 (нуля) до объема, соответствующего полному удовлетворению потребителя (с каким-то шагом), определить уровень удовлетворения потребностей и всех соответствующих показателей развития ИО (надежность, живучесть,...).

-Лицу, принимающему решение выдать информацию в объеме, необходимом для принятия решения.

**Декомпозиция задачи:**

-Решение задачи реконструкции, планирования развития, базируется на разбиении и решении ее по отдельным подсистемам в следующем порядке.

-Оценка текущего состояния, выявление потребностей, узких мест;

-Выдача (разработка) вариантов размещения новых потребителей (жилищного комплекса, предприятий, не входящих в систему ИО). Избыточное выделение площадей под размещаемые объекты системы ИО (в состав этих площадей должны быть внесены и те площади, на которых может быть выполнен снос устаревших объектов), избыточное выделение мест под дороги, коммуникации;

-Построение аппроксимирующей задачи в многовариантной постановке и решение задач размещения объектов;

-Разбиение (декомпозиция) каждого варианта по подсистемам для получения точных показателей вариантов (задание варианта однозначно определяет потребления по подсистемам);

-Решение задач в подсистемах (более подробно описание в подсистемах);

-Композиция вариантов, отбраковка, выбор решений, предъявляемых ЛПР;

-Построение зависимостей уровня удовлетворения потребностей и основных показателей по выбранному варианту;

-Выдача решения ЛПР для анализа и принятия решения.

Задачи оценки текущего состояния, выявление потребностей, узких мест представляют собой большой блок задач и подробно описаны выше. Задачи пункта 2) должны выполняться группой экспертизы.

Для решения задач пунктов 3), 4), 6) и 7) применяются методы:

- аппроксимационно-комбинаторный, последовательных расчетов [4], [5];

- динамическое программирование;

- при наличии хорошего интерфейса пользователя эти задачи могут решаться в диалоговом режиме.

**Теплоснабжение.** В подсистеме теплоснабжения решаются последовательно задачи размещения дополнительных теплоисточников, тепловых пунктов мест разбора, размещения трубопроводных сетей, выбора диаметров и толщин труб на участках сети с учетом существующего комплекса объектов. Окончательный анализ проводится гидравлической увязкой всех объектов подсистемы.

Для решения этих задач применяются методы: аппроксимационно-комбинаторный, последовательных расчетов, динамическое программирование, алгоритмы отыскания кратчайших связывающих путей, алгоритмы построения кратчайших связывающих деревьев, алгоритмы оптимизации многошаговых процессов, заданных на дереве [5], задачи теории надежности гидравлических сетей [6], [7], [9], алгоритмы решения задач потокораспределения в гидравлических сетях, алгоритмы тепловых расчетов в гидравлических сетях, алгоритмы

решения задач сетеметрии на гидравлических сетях (задача математического расходомера) [6], [7]. Для решения части этих задач необходимо наличие хорошего интерфейса пользователя.

**Водоснабжение.** В подсистеме водоснабжения решаются последовательно задачи размещения резервуаров - накопителей, насосных, размещения трубопроводных сетей, выбора диаметров и толщин труб на участках сети с учетом существующего комплекса объектов. дополнительных объектов и проводится окончательная гидравлическая увязка всех объектов подсистемы в различных режимах работы.

Методы решения этих задач такие же, как и в системе теплоснабжения, исключая незначимые в этой подсистеме тепловые расчеты.

**Газоснабжение.** В подсистеме газоснабжения решаются последовательно задачи размещения газораспределительных пунктов с 1-го высокого давления на 2-е высокое, с 2-го высокого на среднее, с среднего на низкое. Между этими ГРП решаются задачи размещения трубопроводных трасс и выбора диаметров труб, проводится окончательная гидравлическая увязка всех объектов подсистемы в различных режимах работы.

Методы решения этих задач такие же методы, как и в системе водоснабжения.

**Электроснабжение.** В подсистеме электроснабжения территории решаются последовательно задачи размещения дополнительных электроисточников, трансформаторных подстанций, распределительных пунктов, размещения (трассирование, выбор вида прокладки - наружная или подземная) электрических сетей, выбор сечений проводов. В настоящее время повсеместно применяется переменный электрический ток различных напряжений с частотой 50 герц. Аппарат детального расчета электрических сетей переменного тока достаточно существенно отличается от расчета гидравлических сетей, он совпадает при расчете сетей постоянного тока. Однако с достаточной для принятия решений точностью возможно применение аппарата гидравлических сетей, используя основные зависимости постоянного тока.

### Литература:

1. Экологическая безопасность урбанизированных территорий в условиях устойчивого развития. - Труды III международной научно-практической конференции, 4-5 июня 2008, Астана.

2. Астахов, Н. Д., Веселовский В. Е., Злотов А. В., Крылов И. А., Коваленко А. Г., Сигал И. Х., Хачатуров В. Р. Об опыте проектирования на ЭВМ генеральных схем обустройства (освоения) нефтяных месторождений // Системы программного обеспечения решения задач оптимального планирования. - IV Всесоюзный Симпозиум. - секция 1 ЦЭМИ АН СССР. - М., 1976. С. 103-104.

3. Буракевич, П. Ф., Астахов Н. Д., Веселовский В. Е., Коваленко А. Г., Хачатуров В. Р. и др. Результаты проектирования схем обустройства Уренгойского газового месторождения на ЭВМ // Газовая промышленность. - № 1. - М.: Недра, 1980. - С. 14-16.

4. Хачатуров, В. Р. Математические методы регионального программирования. - М.: Наука, 1989. - 304 с.

5. Хачатуров, В. Р., Веселовский В. Е., Злотов А. В., Калдыбаев С. У., Калиев Е. Ж., Коваленко А. Г., Монтлевич В. М., Сигал И. Х., Хачатуров В. Р. Комбинаторные методы и алгоритмы решения задач дискретной оптимизации большой размерности. - М.: Наука, 2000. - 360 с.

6. Новицкий, Н. Н., Сеннова Е. В., Сухарев М. Г., Коваленко А. Г. и др. Гидравлические цепи. Развитие теории и приложения. - Новосибирск: Наука, 2000. - 273 с.

7. Трубопроводные системы энергетики: управление развитием и функционированием / Н.Н. Новицкий, Е.В. Сеннова, М.Г. Сухарев, А.Г. Коваленко и др. – Новосибирск: Наука, 2004. – 461 с.

8. Гальперин, Е. М. Зайко В. А., Коваленко А. Г. Гидравлические и технико-экономические расчеты систем подачи и распределения воды. Программное обеспечение для персональных компьютеров. – Самара, 1997. – 50 с.

9. Гальперин Е. М., Зайко В. А., Коваленко А. Г. Надежностные расчеты кольцевых водопроводных сетей. Исследования в области архитектуры, строительства и охраны окружающей среды: тезисы докладов областной 56-й научно-технической конференции. – Самара, 1999. – С. 211–212.

10. Дикоп, В.В. Бухтияров А.В., Коваленко А.Г., Котов В.В., Кудинов В.А. Разработка компьютерной модели и исследование гидравлических режимов работы циркуляционной системы ТЭЦ ВАЗа // Энергетика. Известия ВУЗов и энергетических объединений СНГ. Минск: Белорусский национальный технический университет, 2005. – С. 78 – 89.

11. Дикоп, В.В. Бухтияров А.В., Коваленко А.Г., Котов В.В., Кудинов В.А. Исследование гидравлических режимов работы циркуляционной системы ТЭЦ Волжского автомобильного завода на компьютерной модели // Энергетика. Известия ВУЗов и энергетических объединений СНГ. Минск: Белорусский национальный технический университет, 2005. – № 1. – С. 69 – 76.

### **Түйін**

Мақалада қаланың инженерлік желісінің автоматтандырылған жүйесін құру мәселелері қарастырылады. Инженерлік желінің әртүрлі құрауыштары сипатталады.

### **Resume**

In operation questions of development of automated system of an engineering network of the city are considered. Different components of an engineering network are considered.

### **Özet**

Operasyonda şehrin bir mühendislik ağı otomatik sistem geliştirilmesi sorularını kabul ediliyor. Bir mühendislik ağı farklı bileşenler olarak kabul edilir.