

*У статті розглядаються СВВ як мно-
госвязний, просторово розподілений сто-
хастичний об'єкт, функціонуючий в сто-
хастичному середовищі. Проведений
системний аналіз основних проблем в СВВ.
За допомогою методу аналізу ієрархій вияв-
лена оптимальна стратегія розвитку та
реконструкції СВВ*

*Ключові слова: СВВ, стохастичний
об'єкт, метод аналізу ієрархій*

*В статье рассматриваются СВВ как
многосвязный, пространственно распре-
делённый стохастический объект, функ-
ционирующий в стохастической среде.
Проведён системный анализ основных про-
блем в СВВ. При помощи метода анализа
иерархий выявлена оптимальная страте-
гия развития и реконструкции СВВ*

*Ключевые слова: СВВ, стохастический
объект, метод анализа иерархий*

*This article discusses the water supply and
sewerage systems as a multiply, a spatially dis-
tributed stochastic facility operating in a sto-
chastic environment. A systematic analysis of the
major problems in the water supply and sewerage
systems. Using the method of analysis of hier-
archies found the optimal strategy develop-
ment and reconstruction of the water supply and
sewerage systems*

*Keywords: water supply and sewerage sys-
tems, stochastic object, the method of analysis
of hierarchies*

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА И ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

А. Д. Тевяшев

Доктор технических наук, профессор, заведующий
кафедрой

Кафедра прикладной математики

Харьковский национальный университет

радиоэлектроники

пр. Ленина, 14, г. Харьков, 61166

Контактный тел.: 8 (057) 702-14-36

E-mail: tevsjshv@kture.kharkov.ua

В. Д. Непочатова

1. Введение

Системы водоснабжения и водоотведения (СВВ) являются одними из наиболее важнейших систем жизнеобеспечения населения Украины. СВВ относятся к искусственным системам замкнутого цикла, интенсивно использующим и перерабатывающим основной природный ресурс – воду. СВВ состоят из водопроводных сооружений, магистральных водоводов, водопроводных насосных станций (ВНС) и водопроводных распределительных сетей, системы коллекторов сбора сточных вод, канализационных насосных станций (КНС) и очистных сооружений, связанных между собой единым технологическим процессом забора, водоподготовки, контроля качества, транспорта и распределения чистой воды, сбора сточных вод, их очистки и возвращения воды в окружающую среду.

Практическая реализация такого технологического процесса требует значительных материальных, финансовых и энергетических затрат. Это привело к тому,

что СВВ является одними из наиболее энергоёмких и экологически опасных объектов в системе ЖКХ.

2. Границы, структура и состав СВВ

В настоящее время в современных городах и населённых пунктах используются централизованные системы горячего и холодного водоснабжения, теплоснабжения и водоотведения. Централизованные системы водоснабжения и водоотведения должны обеспечивать прием воды из открытых водоёмов или подземных источников артезианской воды, очистка воды, кондиционирование, транспорт и подачу её всем потребителям под необходимым давлением, сбор сточных вод, их подачу на очистные сооружения, очистку сточных вод и возврат очищенной воды в открытые водоёмы [1]. С технологической точки зрения СВВ должны включать (смотри рис.1): водоприёмные сооружения, предназначенные для получения воды из

природных источников; насосные станции, создающие напор для передачи воды на очистные сооружения, в аккумулирующие емкости или потребителям; сооружения для обработки воды резервуары и водонапорные башни, являющиеся запасными и регулируемыми емкостями; водоводы и водораспределительные сети, предназначенные для передачи воды к местам ее распределения и потребления.

3. Особенности СВВ как объекта управления

СВВ характеризуются рядом системных особенностей, позволяющих выделить их в единый класс систем:

- целевое назначение системы: оказание полного спектра услуг водоснабжения и водоотведения всем категориям населения города;



Рис. 1. Структурная схема взаимодействия систем водоснабжения и водоотведения с окружающей средой

- единство и непрерывность технологического процесса: забора, водоподготовки, контроля качества, транспорта и распределения питьевой воды, сбора сточных вод и подача их на очистные сооружения, очистка сточных вод, контроль качества очистки сточных вод, возврат очищенных вод в открытые водоёмы;

- огромное количество технологических сооружений и объектов и их пространственная распределённость;

- высокий уровень неопределённости как структуры и параметров системы, так и окружающей среды: состава забираемой воды из открытых водоёмов и подземных источников; объёмов водопотребления и объёмов сбросов сточных вод всеми категориями потребителей услуг водоснабжения и водопотребления; реальной структуры и фактических параметров технологического оборудования и технологических сооружений СВВ; наличие в векторе управления технологическим оборудованием дискретных (включено/выключено, открыто/закрыто) и непрерывных переменных (оборота привода насосных агрегатов, положения регулирующих задвижек);

- стохастический характер как внутренних (отказы элементов технологического оборудования, разрывы

трубопроводов и образование крупных свищей и т.п.), так и внешних возмущений (параметров процессов водопотребления и сброса сточных вод).

Всё это приводит к необходимости рассматривать СВВ как многосвязный, пространственно распределённый стохастический объект, функционирующий в стохастической среде.

4. Системный анализ основных проблем в СВВ

Результаты системного анализа проблемы повышения качества и эффективности функционирования СВВ показал, что в этих системах за последнее время накопилось огромное количество проблем, требующих системных решений.

Основные технические и технологические проблемы

- износ и естественное старение технологического оборудования;
- возрастание интенсивности отказов технологических элементов;
- устаревшее оборудование и неэффективные технологии очистки питьевой воды и сточных вод;

- увеличение номенклатуры и объема технологического оборудования, требующего капитального ремонта и замены;

- возрастание непроизводительных материальных и энергетических затрат;

- неполный и недостоверный контроль за объемами и качеством получаемых и оказываемых услуг;

- низкий уровень оснащённости насосных станций и сетей средствами телеизмерения и телеуправления;

- низкая эффективность оперативного управления технологическими процессами водоснабжения и водоотведения;

- низкая оперативность и низкая эффективность проведения ремонтно-восстановительных работ;

- несоблюдение нормативных сроков и снижение качества проведения планово-предупредительных работ;

- низкая эффективность системы технической эксплуатации и контроля состояния технологического оборудования.

Основные экономические проблемы

- возрастание дебиторской задолженности потребителей за оказание услуг по водоснабжению и водоотведению;

- увеличение количества проблемных предприятий, работа с которыми осуществляется через судебные органы по взысканию задолженностей;

- резкое падение объемов инвестиций в развитие и модернизацию систем водоснабжения и водоотведения;

Основные информационные проблемы

- устаревшие и неэффективные информационные технологии в области управления технологическими процессами водоснабжения и водоотведения, а также организационно-экономического и финансового управления;

- отсутствие единой корпоративной компьютерной сети и единого информационного пространства предприятия;

- отсутствие эффективной системы точного и оперативного контроля и коммерческого учета качества и объемов потребления питьевой воды, качества и объемов сброса сточных вод, объемов потребляемых материальных и энергетических ресурсов;

- неэффективность существующей системы расчета с абонентами за оказанные услуги водоснабжения и водоотведения;

- неэффективность существующей системы обеспечения оперативного персонала полной и достоверной информацией, необходимой для оперативного принятия решений;

- несогласованность и противоречивость (недостоверность) данных об абонентах, фрагментарность (неполнота) информационной базы данных, наличие и использование устаревших программ, затрудняющих консолидацию информации об абонентах;

- неэффективность проводимой работы с населением по своевременному оформлению льгот и субсидий;

- низкий контроль над использованием материальных ресурсов и технических средств.

В последние годы во многих городах Украины проводилось интенсивное бессистемное строительство жилых, торговых, офисных и развлекательных комплексов в наиболее привлекательных центральных районах города и внутри жилых микрорайонов путём

уплотнения существующей застройки. Застройка городов велась фактически без учёта технического и технологического состояния СВВ, что привело к снижению надёжности и устойчивости СВВ по оказанию услуг водоснабжения и водоотведения как имеющегося жилого фонда, так и стоящих объектов. Более того, это привело также к дополнительным потерям питьевой воды из-за изменения гидравлических режимов работы СВВ и роста избыточных давлений в водопроводных распределительных сетях, непроизводительному росту материальных и энергетических затрат.

Одной из основных проблем в СВВ является проблема прямых потерь питьевой воды за счёт утечек и несанкционированных отборов питьевой воды из магистральных водоводов и водораспределительных сетей. Нормативные потери питьевой воды для городов Украины уже превышают 35% от суточного объёма подаваемой в город воды и продолжают расти [3]. Практически это означает, что в СВВ существуют колоссальные источники снижения (до 20-25%) непроизводительных затрат материальных и энергетических ресурсов только за счёт снижения прямых потерь питьевой воды.

5. Метод анализа иерархий

5.1. Вербальная модель цели

На вербальном уровне основная цель стратегического управления развитием и функционированием систем водоснабжения и водоотведения может быть сформулирована следующим образом:

Повышение качества и эффективности оказания услуг водоснабжения и водоотведения организациям, предприятиям и населению в условиях рыночных отношений.

Структуризация цели

Степень достижения основной цели характеризуется положительными в соответствующем смысле динамикой изменения системы технико-экономических показателей (критериев), основными из которых являются:

1. Оценка математического ожидания значений фактических физических, химико-биологических, вирусологических и радиологических показателей качества поставляемой воды.

2. Оценка математического ожидания значений фактических физических, химико-биологических, вирусологических и радиологических показателей качества сбрасываемых после очистки сточных вод в естественные водоемы.

3. Оценка математического ожидания себестоимости и структуры цены услуг водоснабжения и водоотведения.

4. Оценка математического ожидания объемов и структуры доходов за оказание услуг водоснабжения и водоотведения.

5. Оценка математического ожидания объемов и структуры дебиторской и кредиторской задолженностей.

6. Оценка математического ожидания объема и структуры основных фондов.

7. Оценка математического ожидания объема и структуры оборотных средств.

8. Оценка математического ожидания объемов и структуры запасов, их движение и использование.

9. Оценка математического ожидания объемов и структуры капитального строительства.

10. Оценка математического ожидания количества аварий в системах водоснабжения и водоотведения.

11. Оценка математического ожидания количество количества жалоб организаций, предприятий и населения на некачественное оказание услуг водоснабжения и водоотведения.

12. Оценка математического ожидания абсолютного и относительного количества установленных счетчиков холодной и горячей воды, электроэнергии и газа.

13. Оценка математического ожидания структуры, объема и параметров парка ПЭВМ корпоративной вычислительной сети предприятия.

Реальный список показателей качества и эффективности работы систем водоотведения может быть значительно расширен.

5.2. Основные стратегии развития и реконструкции систем водоснабжения и водоотведения

Цель любой стратегии развития – повышение качества услуг водоснабжения и водоотведения.

Среди множества возможных стратегий развития и реконструкции систем водоснабжения и водоотведения можно выделить пять основных стратегий:

1. «Статус-кво».
2. «Новые технологии».
3. «Расширение услуг».
4. «Реконструкция и санация».
5. «Управление развитием»

Рассмотрим вкратце каждую из стратегий.

Стратегия «Статус-кво»

Эта пессимистическая стратегия не предполагает никаких кардинальных изменений. Существующие проблемообразующие факторы не изменяются. Будет продолжаться, возможно, с меньшей интенсивностью, снижение объемов производства. Это приведет к сокращению объемов водопотребления и, следовательно, объемов водоотведения. В условиях нарастания налогового пресса на производителя и снижения внутренних и внешних инвестиций на модернизацию и развитие систем водоснабжения и водоотведения, естественного старения и отказов технологического оборудования резко возрастут суммы затрат на ремонты и реконструкцию систем. Переход к графику водоснабжения приводит к возрастанию интенсивности возникновения аварий, а введение веерного отключения электроэнергии еще больше усугубит проблемы качественного оказания услуг водоснабжения и водоотведения. В конечном итоге организации, предприятия и население вынуждены будут переходить на децентрализованные системы водоснабжения.

Стратегия «Новые технологии»

Это оптимистическая, прогрессивная стратегия. Изменение экономической политики Украины и принятие целого ряда законов приведут к существенному росту объемов внутренних и внешних инвестиций в производство, это будет способствовать оживлению промышленности и сельского хозяйства, что вместе со снижением налогового пресса позволит осуществить переориентацию систем водоснабжения и водоотведе-

ния на новые информационные, ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии. Это приведет к модернизации технологического оборудования, повышению эффективности его функционирования, качества обслуживания и, следовательно, к повышению качества и эффективности предоставления услуг водоснабжения и водоотведения [5].

Стратегия «Расширение услуг»

Эта стратегия может использоваться совместно как с первой стратегией - для «выживания» систем, так и со второй – для более полного удовлетворения запросов потребителей.

Расширение номенклатуры предоставляемых услуг водоснабжения и водоотведения может осуществляться в следующих направлениях:

1. Дополнение централизованной системы водоснабжения элементами децентрализованных систем:

- бутилирование и пакетирование экологически чистой воды;
- развоз питьевой воды специальными автомашинами и отпуск воды в тару потребителя;
- организация водозаборных пунктов и бюветов в жилых кварталах на базе артезианских водозаборных скважин с глубиной до 800 м.

2. Проектирование, тестирование и утверждение проектных решений, а также выполнение строительно-монтажных работ по подключению новых участков водопроводных и канализационных сетей и домовых ответвлений.

3. Проектирование, установка и принятие на обслуживание счетчиков холодной и горячей воды в организациях, на предприятиях, в коммунальных домах и частных домовладениях.

4. Реализация новой налоговой политики при финансовых расчетах с абонентами систем водоснабжения и водоотведения.

Стратегия «Реконструкция и санация»

Сокращение утечек и неучтенных потерь воды в городских системах водоснабжения относится к первоочередным задачам всех предприятий водного сектора. Эта стратегия является одной из наиболее капиталоемких. В неё могут включаться следующие виды работ:

1. техническое обследование и инвентаризация технического состояния систем водоснабжения и водоотведения, наладка оптимальных режимов;
2. энергетическое обследование и проведение энергоаудита объектов СВВ;
3. установка у водопользователей приборов учета потребления воды, а у промышленных водопользователей - приборов учета количества и качества сточных вод, сбрасываемых в городские канализации;
4. ремонт и оптимизация внутренних систем горячего и холодного водоснабжения и водоотведения;
5. замена изношенных и аварийных участков водоводов и водопроводной сети;
6. санация отдельных участков водоводов и распределительных сетей.

Реализация работ по реновации изношенных и аварийных участков приведет к сокращению утечек, снижению аварийности системы и, следовательно, к уменьшению затрат на ликвидацию аварий. Санацию более эффективно проводить в местах, где трубопроводы расположены под твердым покрытием дорог.

Стратегия «Управление развитием»

Это комплексная стратегия, направленная на обеспечение оптимального согласования развития внешней среды и СВВ. Реализация такой стратегии приводит к целенаправленному изменению технологий водоподготовки и водоочистки, структуры и параметров СВВ [3].

Практическая реализация этой стратегии приводит к необходимости:

- проведения многоуровневого зонирования водопроводных распределительных сетей;
- замены устаревшего насосного оборудования на насосы с регулируемым электроприводом (насосы скважин, насосные станции II и III подъёмов, городские насосные станции, насосные станции подкачки, канализационные насосные станции);
- замены устаревшего электрооборудования насосных станций;
- переход на новые технологии очистки природных и сточных вод.

Применение метода анализа иерархий к выбору стратегий развития и реконструкции СВВ

При использовании метода анализа иерархий используются суждения нескольких экспертов [2]. На втором уровне иерархии есть только одна матрица парных сравнений, определяющая, какой из факторов в большей степени влияет на проблему (таблица 1):

Таблица 1

	Экономические и финансовые	Технические и технологические	Экологические	Информационные	w_1
Экономические и финансовые	1	2	2	4	0.42
Технические и технологические	1/2	1	1	3	0.26
Экологические	1/2	1	1	3	0.22
Информационные	1/4	1/3	1/3	1	0.09
ИС = 0,0123, СИ = 0.9, ОС = 0,0212					

- индекс согласованности: $ИС = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$;

- СИ случайный индекс;

- отношение согласованности: $ОС = \frac{ИС}{СИ}$.

Экономический фактор является наиболее доминирующим.

Для исследования проблемы обеспечения качества предоставленных услуг водоснабжения и водоотведения использовались суждения 5-ти экспертов, после получения от каждого из них матрицы парных сравнений, вычисляется среднее значение главного собственного вектора матрицы парных сравнений по формуле:

$$W = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 w_i , \tag{1}$$

где $w_i, i = 1..5$ - значение собственного вектора матрицы парных сравнений каждого эксперта.

1. Определение степени влияния акторов на факторы. Здесь каждая пара акторов сравнивалась относительно степени воздействия на факторы второго уровня. Было построено три матрицы, для которых рассчитывались векторы приоритетов. В таблице 2 приведены результаты расчетов:

Таблица 2

Акторы	Факторы			
	Экономич.	Технические	Экологич.	Информац.
ЖКХ города	0.6144	0.3196	0.17	0.2857
Предприятия водоснабжения и водоотведения города	0.2684	0.5584	0.33	0.5714
Население	0.1172	0.1220	0.5	0.1429
	ОС = 0.0634	ОС = 0.0158	ОС = 0.0158	ОС = 0.0634

2. Определение важности целей акторов. Цели каждого из трех акторов сравнивались попарно. В результате получены векторы приоритетов, отражающие упорядочение и веса целей.

Таблица 3

Акторы	Цели акторов			
ЖКХ города	Обеспечение условий для предоставления услуг водоснабжения и водоотведения 0.4393	Сохранение и повышение качества услуг водоснабжения и водоотведения города 0.1464	Экологическая безопасность 0.3107	Ресурсосбережение 0.1036
Предприятия водоснабжения и водоотведения города	Обеспечение функционирования систем водоснабжения и водоотведения 0.4550	Повышение эффективности качества оказания услуг водоснабжения и водоотведения 0.2627	Реконструкция, санация и строительство коллекторов систем водоснабжения и водоотведения 0.1411	Сокращение производственных затрат 0.1411
Население	Бесперебойное и качественное оказание услуг водоснабжения и водоотведения 0.1634	Занятость в сфере оказания услуг водоснабжения и водоотведения 0.2970	Экологическая безопасность и здоровье 0.5396	

3. Определение степени влияния сценариев на цели акторов

Результаты обработки матриц парных сравнений представлены в таблице 4.

Таблица 4

Цели акторов	Сценарий				
	1	2	3	4	5
Обеспечение условий для предоставления услуг водоснабжения и водоотведения	0.1220	0.3196	0.5584	0.5986	0.7123
Сохранение и повышение качества услуг водоснабжения и водоотведения города	0.1634	0.2970	0.5396	0.6529	0.8127
Экологическая безопасность	0.1168	0.1998	0.6833	0.7895	0.8847
Ресурсосбережение	0.2970	0.1634	0.5396	0.5836	0.6080
Обеспечение функционирования систем водоснабжения и водоотведения	0.1634	0.2970	0.5396	0.5903	0.6971
Повышение эффективности качества оказания услуг водоснабжения и водоотведения	0.1429	0.2857	0.5714	0.6906	0.7613
Реконструкция, санация и строительство коллекторов систем водоснабжения и водоотведения	0.1634	0.2970	0.5396	0.5908	0.7043
Сокращение производственных затрат	0.4934	0.1958	0.3108	0.3729	0.5037
Бесперебойное и качественное оказание услуг водоснабжения и водоотведения	0.1220	0.3196	0.5584	0.6528	0.7154
Занятость в сфере оказания услуг водоснабжения и водоотведения	0.1243	0.5171	0.3586	0.4093	0.4906
Экологическая безопасность и здоровье	0.1047	0.2583	0.6370	0.6947	0.7365

При наличии полной иерархии весовых коэффициентов получили глобальный вектор приоритета сценариев развития системы относительно фокуса проблемы услуг водоснабжения и водоотведения.

Таблица 5

	Сценарий				
	1	2	3	4	5
Глобальный вектор приоритетов	0.1599	0.2830	0.5571	0.7387	0.7827

Анализ результирующего вектора приоритетов показывает, что сценарий «Управление развитием» имеет

Зная относительные веса сценариев, полученные на этапе 3, можно сформировать обобщенный сценарий. Обобщенная мера на шкале для переменной состояния получается, если просуммировать произведения весов сценариев на соответствующие значения переменной состояния.

Для этого построили калибровочную таблицу, в которой по психометрической шкале Т.Саати для каждого сценария экспертным путем определены приращения (с учетом знака и меры) рассматриваемых показателей (свойств исследуемого объекта). В таблице 6 представлен иллюстративный калибровочный вариант показателей, связанных с анализируемой проблемой.

Таблица 6

№п/п	Переменная состояния (критерий для оценки последствий)	СЦ-1 f=0.1599	СЦ-2 f=0.2830	СЦ-3 f=0.5571	СЦ-4 f=0.6387	СЦ-5 f=0.7827	Обобщенный сценарий
1	Качество предоставленных услуг водоотведения	-3	+3	+5			+3.1548
2	Производственные затраты на оказание услуг водоотведения	+2	+3	-3			-0.5
3	Затраты на проведение ремонтно-восстановительных работ	+4	+5	+2			+3.1688
4	Затраты на разработку и внедрение прогрессивных технологий	0	0	+4			+2.2284
5	Инвестиционная привлекательность систем водоотведения города	-3	+2	+5			+2.8718
6	Объемы реконструкции, санации и строительства новых коллекторов	-3	-2	+3			+1.1827

наибольший вес и, следовательно, наиболее предпочтителен.

4. Определение последствий от принятия рассмотренных сценариев и оценка обобщенного сценария.

Выводы

Результаты использования метода анализа иерархий (МАИ) для анализа и решения проблем повы-

шения качества и эффективности функционирования СВВ показал, что существует обобщённый сценарий решения этих проблем, который включает в себя два взаимосвязанных этапа:

-оптимальное управление развитием и функционированием СВВ в современных условиях риска и неопределённости, обеспечивающие целенаправленный переход к многоуровневому зонированию водораспределительных сетей, снижению избыточных напоров и, как следствие, повышение надёжности и устойчивости СВВ, снижению прямых потерь питьевой воды;

-переход на новые многоэтапные технологии водоподготовки, обеспечивающие подготовку питьевой воды, отвечающей наивысшим мировым стандартам и обеспечивающей условия перехода процесса поставки питьевой воды из категории оказания услуг в категорию поставки товара отнесённого к продуктам питания [4].

□ □

Приведені результати експериментального дослідження по цілеспрямованому управлінню економічними, технологічними і фізико-механічними властивостями цементобетонів за рахунок використання певного класу наномодифікаторів

Ключові слова: управління, цементобетони, наномодифікатори

Приведены результаты экспериментального исследования по целенаправленному управлению экономическими, технологическими и физико-механическими свойствами цементобетонів за счет использования определенного класса наномодификаторов

Ключевые слова: управление, цементобетоны, наномодификаторы

In work the results of experimental research are resulted on a purposeful management economic, technological, physical and mechanical properties of tsementobetons due to the use of certain class of nanomodifiers

Keywords: management, tsementobetons, nanomodifiers

□ □

1. Введение

В последние годы во всем мире все большее внимание уделяется нанотехнологиям, в том числе тех-

Литература

1. Акофф Р. Искусство решения проблем: Пер. с англ. — М.: Мир, 1982. — 224 с.
2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1993. — 320 с.
3. Тевяшев А.Д., Коринько И.В., Есилевский В.С., Долгоброд А.Г., Кобылинский К.В., Ярошенко Ю.В., Никитенко Г.В. Прогрессивные информационные ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии в системах водоотведения Восточно-европейский журнал передовых технологий, 2005, №2(14), с. 50-61
4. Петросов В.А. Устойчивость водоснабжения, Харьков, Издательский дом «Фактор», 2007. — 357с.
5. Трубопроводные системы энергетики. Развитие теории и методов математического моделирования. - Новосибирск, «Наука», 2008г. — 311с.

УДК 629.104

О ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СВОЙСТВАМИ ЦЕМЕНТОБЕТОНОВ С ПОМОЩЬЮ НАНО- МОДИФИКАТОРОВ

А.Д. Тевяшев

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

Кафедра прикладной математики
Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
пр. Ленина, 14, г. Харьков, 61166
Контактный тел.: 8 (057) 702-14-36
E-mail: tevjshev@kture.kharkov.ua

Е.С. Шитиков

Кандидат химических наук
ООО «Полигран»
г. Москва
Контактный тел.: 8 (107-495) 357-78-43
E-mail: esh_45@mail.ru

нологиям с использованием ультрадисперсных (нано) материалов, и ведется широкий и активный поиск областей их применения в самых различных отраслях промышленности.