

ная реализация, входящая в комплекс информационно-аналитической системы управления потоком распределением в электроэнергетических системах.

Результаты исследования планируется применять в системах диспетчерского управления энергосистемами Украины и России.

Литература: 1. Веников В.А., Идельчик В.И., Лисеев М.С. Регулирование напряжения в электроэнергетических системах. М.: Энергоатомиздат, 1985. 2. *Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях*: Учебн. пособие для вузов / Астахов Ю.Н., Веников В.А., Ежков В.В. и др./Под ред. Веникова В.А. М.: Энергоатомиздат, 1983. 3. Михалков А.В. Электрические сети и системы в примерах и задачах. М.: Энергия, 1967. 159 с. 4. Варламова Е.В., Жак А.В., Обская О.В. Модели элементов энергосистем и сетей для расчета установившихся режимов. С.-Пб, 1996. 51 с. 5. Данильева А.А., Тимофеева Т.Б., Смирнов

А.В. Адаптивные алгоритмы прогнозирования процессов потребления целевого продукта в системах энергетике.

Поступила в редколлегию 19.09.1999

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Евдокимов А.Г.

Тевяшев Андрей Дмитриевич, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой ПМ ХТУРЭ. Научные интересы: системный анализ. Адрес: Украина, 310726, Харьков, просп. Ленина, 14, тел. 40-94-36.

Тимофеева Татьяна Борисовна, аспирантка кафедры ПМ ХТУРЭ. Научные интересы: системный анализ. Адрес: Украина, 310726, Харьков, просп. Ленина, 14, тел. 40-94-36.

Смирнов Александр Викторович, аспирант кафедры ПМ ХТУРЭ. Научные интересы: системный анализ. Адрес: Россия, 308001, Белгород, ул. III Интернационала, 40.

УДК 681.519

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОТРАНСПОРТНЫМИ СЕТЯМИ

ТЕВЯШЕВ А.Д.

Рассматриваются основные проблемы создания и внедрения нового класса информационно-аналитических систем управления, реализующих ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии транспорта газа в многоуровневых газотранспортных сетях.

1. Введение

Создание и внедрение новых информационных, ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий является в настоящее время центральной проблемой, стоящей перед разработчиками автоматизированных систем управления технологическими процессами в энергетике. Особенно актуальна она в газотранспортных сетях (ГТС) регионального и межрегионального уровня, обеспечивающих транспорт и распределение товарного газа. Практическая реализация новых технологий приводит к необходимости перехода от автоматизированных систем управления к информационно-аналитическим газотранспортными сетями (ИАСУ ГТС). Разработка и внедрение ИАСУ ГТС призваны обеспечить:

- все уровни оперативно-диспетчерского управления (объединенное диспетчерское управление (ОДУ), управление магистральных газопроводов (УМГ), линейно-производственное управление магистральных газопроводов (ЛПУ МГ)) полной, достоверной и непротиворечивой информацией, необходимой для оперативного и научно обоснованного принятия решения по ведению оптимальных технологических режимов транспорта и распределения товарного газа;

- сокращение затрат энергоресурсов (электроэнергии, топливного газа, конденсата и т.д.) путем оптимизации параметров технологических процессов, оперативного определения мест и объемов непроизводительных затрат и прямых потерь энергоресурсов и товарного газа в ГТС на основании

результатов прямых и косвенных измерений параметров газовых потоков;

- повышение экологической безопасности и сокращение количества аварий в ГТС путем внедрения эффективных методов диагностики и прогнозирования изменения технического состояния технологического оборудования;

- повышение дисциплины исполнения договорных обязательств между поставщиками и потребителями природного газа путем строгого учета объемов поставок и потребления топливного газа с учетом показателей качества (состава) газа, повышения надежности функционирования ГТС и создания комфортных и высокоэффективных условий работы на всех уровнях оперативно-диспетчерского управления ГТС.

Достижения поставленной цели обеспечивается использованием:

- методологии структурного системного анализа и проектирования крупномасштабных ИАСУ;

- единого информационного пространства в виде единой распределенной базы данных по структуре и параметрам ГТС и единой распределенной информационно-вычислительной сети;

- современных средств телеизмерений и телеуправления (SCADA систем);

- единой системы стохастических моделей технологических процессов транспорта и распределения товарного газа;

- универсальной методики оценки точности модельных расчетов по оперативным данным с учетом метрологических характеристик средств измерения и каналов связи;

- функционально полной системы задач оперативно-диспетчерского управления ГТС.

2.1. Структура системы

Информационно-аналитическая система управления ГТС включает в себя две взаимосвязанные подсистемы — геоинформационную и аналитическую.

2.1 *Геоинформационная подсистема* реализует новые информационные технологии. Пространственная распределенность ГТС и необходимость получения полной и достоверной информации о пространственном местоположении, структуре и параметрах каждого элемента ГТС требует использования многоуровневых электронных карт и функциональных схем. Каждая электронная карта включает топоосно-

ву и множество связанных с ней слоев. В каждом слое находится определенное подмножество пространственно-распределенных объектов ГТС. Объект сети может быть представлен на карте или схеме и иметь сопроводительную текстовую информацию о данном объекте, а также всю динамическую информацию о его состоянии и режимных параметрах его работы. Такая структурная организация баз данных является необходимым информационным базисом, на котором основаны ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии в ГТС.

2.2 Аналитическая подсистема реализует ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии.

Ресурсосберегающие технологии. Переход к ресурсосберегающим технологиям в реальных условиях функционирования ГТС возможен только за счет оптимизации технологических процессов транспорта и распределения товарного газа. Это привело к необходимости создания систем оптимального стохастического управления технологическими процессами в ГТС. Как показал отечественный и зарубежный опыт [1-4], наиболее эффективными являются двухэтапные системы, включающие на первом этапе оптимальное планирование режима по прогнозируемым данным, а на втором — его коррекцию по фактическим данным, полученным в результате измерений [5]. Оптимизация режимов работы технологического оборудования осуществляется по его реальным (предварительно идентифицированным) характеристикам с учетом его технического состояния [6].

Экологически безопасные технологии. Достижение экологической безопасности ГТС осуществляется путем комплексного решения двух проблем — предотвращения возникновения аварийных ситуаций в ГТС и оптимального управления при аварии [7].

Математической основой аналитической подсистемы является разработанная *система стохастических моделей*, включающая в себя четыре взаимосвязанных класса моделей:

- модели установившегося потокораспределения в ГТС с активными элементами в виде взаимосвязанных систем нелинейных алгебраических уравнений стационарного неизомерического режима транспорта газа по элементам ГТС [5];

- модели неустановившегося потокораспределения в ГТС в виде взаимосвязанной системы квазилинейных дифференциальных уравнений в частных производных гиперболического типа, описывающих нестационарный неизомерический режим транспорта газа по участкам ГТС [8];

- балансовые модели согласования параметров газовых потоков в узлах ГТС в виде системы линейных алгебраических уравнений, определяющих изменение параметров газовых потоков в узлах ГТС [9];

- обобщенные модели случайного процесса газопотребления в виде моделей авторегрессии и интегрированного скользящего среднего (АРСС), обеспечивающих учет влияния на процессы газопотребления трех основных групп факторов: хронологических, метеорологических и организационных [5].

3. Функционально полная система задач оперативно-диспетчерского управления включает в себя следующие комплексы задач [10]:

3.1 Анализ стационарных режимов в ГТС, включающий в себя следующие функциональные задачи:

3.1.1 Температурный и гидравлический расчет сложной ГТС с активными элементами.

Задача предназначена для расчёта режима установившегося потокораспределения (УПР) в ГТС сложной закольцованной структуры с активными элементами при заданных граничных условиях и сводится к решению в *алгебраическом смысле* определенной системы нелинейных алгебраических уравнений стационарного неизомерического режима транспорта газа в ГТС и системы линейных алгебраических уравнений, описывающих изменение параметров газовых потоков в узлах ГТС.

Задача реализует следующие функции:

- оперативное изменение структуры линейной части ГТС и компрессорной станции (КС) в соответствии с заданным положением кранов;

- расчёт расходов по всем пассивным и активным участкам ГТС, давлений и температур во всех узлах ГТС при задании давлений или расходов на входах и выходах ГТС и температур на входах ГТС. При этом на каждом входе или выходе ГТС должны быть заданы значения либо расходов, либо давлений;

- расчёт технологических параметров работы газоперекачивающего агрегата (ГПА);

- построение области допустимых режимов ГПА, контроль удаленности рабочей точки ГПА от зоны помпажа, выдачу рекомендаций оперативному персоналу по ведению режима;

- определение нарушений границ помпажных зон ГПА и выдачу рекомендаций по байпасированию конкретных ГПА;

- моделирование режимов функционирования ГТС при варьировании рабочим числом оборотов ГПА;

- расчёт ГТС, включающих в себя произвольное число КС, и магистральных участков при их произвольной конфигурации, в том числе при работе КС “на проход”;

- расчёт ГТС при наличии ‘врезок’ соседних ГТС.

Исходными для решения задачи гидравлического и температурного расчета ГТС служат данные двух типов.

Данные первого типа включают в себя следующую нормативно-справочную информацию:

- значения длины, наружного диаметра, толщины стенки и коэффициента эффективности для каждого участка трубопровода (пассивного участка ГТС);

- коэффициенты аппроксимации зависимости коэффициента сжатия и квадрата коэффициента сжатия от приведенной объёмной производительности для каждого ГПА;

- коэффициенты аппроксимации зависимости политропического КПД от приведенной объёмной производительности для каждого ГПА;

- коэффициенты аппроксимации зависимости внутренней мощности от приведенной объёмной производительности и приведенного относительного числа оборотов для каждого ГПА;

- номинальное число оборотов ГПА;

- граница помпажной зоны ГПА;

- предельно допустимая объёмная производительность ГПА;

- максимальная и минимальная частоты вращения вала нагнетателя;

- максимальная мощность привода;

- максимальный КПД.

Оперативные данные включают в себя:

- измеренные значения давлений и расходов на входах и выходах ГТС, причём достаточно наличия измерения одного из этих режимных параметров;
- измеренные значения температур на входах ГТС;
- дисперсии ошибок измерений давлений, расходов и температур;
- рабочее число оборотов ГПА;
- положение кранов на магистральных участках ГТС и на КС.

Выходными данными являются расчётные значения (оценки) следующих величин:

- расходов, давлений и температур на всех входах и выходах ГТС;
- расходов по всем пассивным и активным участкам;
- давлений и температур во всех узлах ГТС;
- средних давлений по всем участкам трубопровода;
- коэффициентов сжимаемости газа по всем участкам трубопровода;
- средних температур по всем участкам трубопровода;
- коэффициентов сжатия, политропического КПД и внутренней мощности, соответствующих текущему режиму, для каждого ГПА;
- мощности на муфте привода и располагаемой мощности по каждому ГПА;
- степени удаленности от зоны помпажа.

Особенностью данной задачи является возможность проведения температурных и гидравлических расчетов как по всей ГТС, так и по любому выделенному граничными условиями фрагменту ГТС при произвольном состоянии отсекающих и регулируемых кранов.

3.1.2 Расчет показателей качества товарного газа, поставляемого каждому потребителю

Задача позволяет рассчитывать показатели качества газа, поставляемого каждому потребителю ГТС, в зависимости от показателей качества товарного газа на каждом из входов ГТС. Исходными данными для решения задачи являются показатели качества товарного газа на каждом входе ГТС и результаты решения задачи температурного и гидравлического расчета ГТС.

3.1.3 Оценка точностных характеристик результатов температурного и гидравлического расчетов сложных ГТС на основе метрологических характеристик средств измерения и каналов связи

Задача предназначена для вычисления дисперсий расчётных оценок давлений, расходов и температур на входах и выходах сети при заданных значениях дисперсий граничных условий.

3.1.4 Оценивание состояния потокораспределения в ГТС

Задача [11] предназначена для улучшения статистических свойств (несмещенности, эффективности, состоятельности) оценок параметров газовых потоков, получаемых в результате температурных и гидравлических расчетов ГТС сложной структуры с активными элементами за счет полного использования всех имеющихся результатов измерений параметров газовых потоков (давлений, расходов, температур) в ГТС. Сводится она к решению в *статистическом смысле* переопределенной системы уравнений математической модели стационарного режима транс-

порта газа в ГТС. Полученные оценки давлений, расходов и температур являются исходными данными для решения широкого круга задач, связанных с идентификацией:

- неточных и недостоверных измерений параметров газовых потоков в узлах ГТС;
- мест и объемов потерь товарного газа.

3.1.5 Оценивание запаса газа в сложной ГТС

Задача предназначена для определения количества газа, аккумулированного в каждом из линейных участков трубопроводов, в любом выделенном фрагменте и ГТС в целом.

Исходными данными для решения данной задачи являются нормативно-справочная информация о параметрах участков трубопровода и результаты решения задачи гидравлического и температурного расчета ГТС.

3.1.6 Оценивание баланса газа в ГТС

Задача предназначена для расчета суточного, недельного, месячного, квартального и годового балансов газа с учетом динамики изменения запаса газа в ГТС.

3.2 Идентификация фактических характеристик и технического состояния элементов ГТС

3.2.1 Идентификация фактических эксплуатационных характеристик ГПА по результатам прямых и косвенных измерений параметров газовых потоков

Задача предназначена для определения реальных эксплуатационных характеристик ГПА по результатам измерений давлений и температур газовых потоков на входах и выходах центробежного нагнетателя (ЦБН) в нормальной эксплуатации. Результатом решения задачи являются оценки математических ожиданий и дисперсии коэффициентов аппроксимации нелинейных газодинамических зависимостей - степени сжатия, политропического КПД и внутренней приведенной мощности ЦБН, как функций от приведенной объемной производительности ЦБН и приведенного числа оборотов привода.

3.2.2 Оценивание и прогнозирование показателей технического состояния ГПА по результатам вибродиагностики

Задача предназначена для оценки технического состояния ГПА и его элементов (привода, редуктора и нагнетателя) по результатам измерений уровней вибрации и температур подшипниковых пар штатной или переносной контрольно-измерительной аппаратурой. Результатом является оценка текущего технического состояния ГПА, прогноз времени его изменения до предельно допустимого уровня, а также план проведения профилактических работ (ППР).

3.2.3 Оценивание состояния электрохимической защиты участков ГТС

Задача предназначена для анализа технического состояния изоляционного покрытия участков трубопроводов в целях:

- повышения эффективности управления режимами работы станций катодной защиты;
- целенаправленного проведения обследования участков ГТС и определения узких мест в системах защиты от коррозии;
- эффективного планирования и проведения ремонтно-восстановительных работ.

3.2.4 Оценивание коэффициентов эффективности участков трубопроводов в ГТС и коэффициентов теплопередачи

Задача предназначена для определения оценок фактических значений коэффициентов эффективности по всем линейным участкам ГТС по результатам измеренных значений давлений, расходов и температур в узлах ГТС.

Она аналогична задаче оценивания состояния потокораспределения в ГТС и отличается от нее расширением вектора оцениваемых переменных, включением в него коэффициентов эффективности линейных участков ГТС и коэффициентов теплопередачи.

3.3 Анализ нестационарных режимов в ГТС включает в себя следующие функциональные задачи [12]:

3.3.1 Расчет и анализ существенно нестационарных режимов транспорта и распределения товарного газа в ГТС

Задача предназначена для моделирования переходных режимов работы ГТС при краткосрочном (до 1-2 суток) планировании и оперативном управлении переходными режимами в ГТС.

Решение задачи позволяет прогнозировать изменение режима ГТС при:

- переключениях оборудования на КС;
- изменении положения кранов на ЛУ (подключение/отключение потребителей, отдельных участков трубопроводов и целых ниток);
- резком изменении объемов поставок и потреблений товарного газа отдельным потребителем или группой потребителей.

Решение задачи обеспечивает:

- предупреждение о возможности каскадного развития аварии в ГТС;
- обоснование выбора способа перехода на новый плановый режим работы;
- оценку времени, в течение которого может продолжаться допустимый режим в случае вывода из работы части оборудования ГТС в связи с аварией или при проведении ремонтных и профилактических работ;
- оценку времени заполнения или опорожнения участка трубопровода, нитки или всего ЛУ ГТС.

3.3.2 Обнаружение аварии и ее классификация

Для решения задачи используется весь имеющийся арсенал от эмпирических методов типа обхода трассы и специальных зондов, перемещаемых внутри трубопровода, до следующих формальных методов:

- балансовый метод на основе модели стационарного режима транспорта газа;
- волновой метод на основе модели нестационарного режима транспорта газа;
- дифференциально-акустический метод и т.д.

Результатом решения задачи является участок трубопровода, на котором произошла авария, и расстояние от начала участка до места разрыва (утечки). Классификация аварий осуществляется автоматически в соответствии с классификатором аварий в ГТС.

3.3.3 Локализация аварийных участков ГТС и ведение журнала планирования и проведения огневых и восстановительных работ

Задача предназначена для определения перечня кранов, которые должны быть перекрыты в целях локализации аварийного участка с учетом их технического состояния (исправен/неисправен).

Исходными данными для задачи локализации аварийных участков ГТС является список участков ГТС, на которых произошла авария. В частном случае список может состоять из одного участка. Результатом решения задачи является список номеров запорных кранов, которые необходимо перекрыть для локализации аварийных участков.

Результаты выводятся в виде протокола решения задачи в журнале “Планирование и проведение огневых и восстановительных работ” и отображаются на общей схеме ГТС.

3.3.4 Оценивание объема потерь товарного газа на локализованных участках и времени их опорожнения

Задача предназначена для расчета объемов потерь товарного газа с момента обнаружения аварии до ее локализации и устранения, а также времени возможного начала проведения огневых и ремонтно-восстановительных работ.

3.4 Оптимизация режимов транспорта и распределения товарного газа включает в себя следующие функциональные задачи:

3.4.1 Прогнозирование процессов поставки и потребления товарного газа по каждому поставщику и потребителю в ГТС

Задача предназначена для оперативного вычисления прогнозов объемов поставок и потребления товарного газа по каждому поставщику и потребителю товарного газа с учетом влияния на них метрологических и организационных факторов.

Прогнозы объемов поставок и потребления товарного газа вычисляются в виде условных математических ожиданий будущих значений соответствующих процессов в предположении, что все предыдущие значения этих процессов известны.

Исходными данными задачи являются оперативные данные фактических объемов поставок и потреблений товарного газа по каждому входу и каждому потребителю ГТС.

Результатом решения задачи являются прогнозы с заданным упреждением объемов поставок и потреблений товарного газа, дисперсии прогнозов и доверительные области, в которых с заданной вероятностью будут находиться будущие значения поставок и потреблений товарного газа.

3.4.2 Календарное планирование режимов транспорта и распределения товарного газа и конденсата в ГТС в условиях риска и неопределенности

Задача предназначена для расчета планового режима работы ГТС с оптимизацией по заданному набору критериев (векторная оптимизация) с разбивкой по календарным периодам (месяц, квартал).

Исходными данными к задаче являются все данные, необходимые для решения задачи температурного и гидравлического расчета ГТС, а также следующая дополнительная информация:

- плановые (договорные) объемы добычи (поставки) и потребления товарного газа каждым поставщиком и потребителем его в ГТС и их дисперсии;
- предельно допустимая вероятность нарушения условий по объемам и срокам контрактных поставок товарного газа по каждому поставщику и потребителю его в ГТС.

Выходными данными являются:

- оптимальные на горизонте планирования структура и параметры КС линейных участков ГТС;

— плановые значения показателей устойчивости, надежности и живучести режима транспорта и распределения природного газа в ГТС;

— плановые значения показателей экономической эффективности работы ГТС на заданном горизонте.

3.4.3 Оперативное планирование и управление режимами транспорта и распределения товарного газа

Задача предназначена для оперативной коррекции календарных планов при существенном изменении объемов поставок и потреблений товарного газа и отличается от задачи календарного планирования составом и объемом оперативных данных и меньшей размерностью вектора управления.

3.4.4 Расчет товаротранспортной работы (ТТР)

Задача предназначена для расчета научно и экономически обоснованной ставки расчета товаротранспортной работы ГТС на календарный период, а также фактической ТТР по данным суточных, недельных и месячных балансов с учетом показателей качества получаемого и поставляемого товарного газа.

4. Заключение

В настоящее время разработан и программно реализован пилот-проект ИАСУ ГТС ДК “Укртрансгаз” НАК “Нафтогаз України”. В рамках пилот-проекта реализованы как информационная, так и аналитическая подсистемы. В информационной подсистеме реализован графический редактор схем ГТС, базы данных, дружественный интерфейс для ввода и отображения графических и атрибутивных данных. В аналитической подсистеме в полном объеме реализован ряд первоочередных задач: температурный и гидравлический расчет, оценивание коэффициентов эффективности участков трубопроводов в ГТС и коэффициентов теплопередачи, идентификация фактических эксплуатационных характеристик ГПА, расчет товаротранспортной работы, оценивание запаса газа в ГТС и ее фрагментах, локализация аварийных участков ГТС и дружественный интерфейс функциональных задач.

Пилот-проект передан в 1998 году в опытную эксплуатацию в службу оптимизации режимов транспорта газа и перспективного развития газотранспортных систем ОДУ ДК “Укртрансгаз” НАК “Нафтогаз України” и диспетчерскую службу ДП “Харьковтрансгаз”.

Осуществлена математическая постановка, алгоритмическая и программная проработка всех основных функциональных задач.

Литература: 1. *Евдокимов А.Г., Дубровский В.В., Тевяшев А.Д.* Потокораспределение в инженерных сетях. М. Стройиздат, 1979. 199с. 2. *Евдокимов А.Г., Тевяшев А.Д.* Учет факторов устойчивости и живучести при оперативном управлении инженерными сетями. Иркутск, СЭИ

СО АН СССР // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. 1980. Вып.20, 1980, с.25-31. 3. *Евдокимов А.Г., Тевяшев А.Д.* Оперативное управление потокораспределением в инженерных сетях. Х.: Вища школа, 1980. 144 с. 4. *Тевяшев А.Д.* Об одном классе задач нелинейного двухэтапного стохастического программирования. К. // АН УССР, ИК им.В.М.Глушкова. Прикладные методы кибернетики, 1984. С.39-44. 5. *Евдокимов А.Г., Тевяшев А.Д., Дубровский В.В.* Моделирование и оптимизация потокораспределения в инженерных сетях. М.: Стройиздат, 1990. 365с. 6. *Тевяшев А.Д., Артюх А.Ю.* Оптимальное стохастическое управление режимами транспорта и распределения газа по системе МГ на базе агрегированных моделей. Иркутск, СЭИ СО АН СССР // Математическое моделирование трубопроводных систем, 1988. С.57-66. 7. *Тевяшев А.Д., Гусарова И.Г.* Моделирование и анализ нештатных ситуаций в системах магистральных газопроводов. Иркутск, СЭИ СО АН СССР // Методы анализа и оптимального синтеза трубопроводных систем, 1991. С.176-182. 8. *Тевяшев А.Д., Гусарова И.Г.* Об одном численном методе расчета неустойчившегося потокораспределения в магистральных газопроводах с сетевой структурой. Баку, АИУ // Известия ВУЗов, Нефть и газ, 1991. N7. С.65-69. 9. *Тевяшев А.Д., Гусарова И.Г.* Метод расчета переходных процессов в газопроводных сетях высокого давления с активными элементами. Х: Вища шк., // АСУ и приборы автоматики, 1990. Вып.95. С.48-55. 10. *Тевяшев А.Д.* О функционально полной системе алгоритмов управления инженерными сетями. Иркутск, СЭИ СО АН СССР // Математическое моделирование трубопроводных систем, 1988. С.112-119. 11. *Тевяшев А.Д., Козыренко С.И.* Статистический устойчивый метод идентификации состояния модели установившегося потокораспределения в инженерных сетях. М.: НПО АСУ “Москва” // АСУ технологическими процессами и средствами автоматизации в городском хозяйстве, 1983. С.135-143. 12. *Тевяшев А.Д., Гусарова И.Г., Понамарев Ю.В.* Эффективный метод анализа существенно нестационарных неизотермических режимов транспорта газа по системе магистральных газопроводов. К.: Нафтова та газова промисловість, N4, 1997. С.23-27. 13. *Тевяшев А.Д., Козыренко С.И.* Применение “математических расходомеров” в задачах контроля параметров технологических процессов. Санкт-Петербург, СЭИ СО РАН // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики, 1997. Вып.49. С.318-331. 14. *Тевяшев А.Д., Козыренко С.И.* Эффективный метод построения модели установившегося потокораспределения в трубопроводных системах энергетики по оперативным данным. Санкт-Петербург, СЭИ СО РАН // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики, 1997. Вып.49. С.448-459.

Поступила в редколлегию 12.09.99

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Евдокимов А.Г.

Тевяшев Андрей Дмитриевич, академик УНГА, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой прикладной математики ХТУРЭ. Научные интересы: системный анализ. Хобби: теннис, горные лыжи. Адрес: Украина, 310726, Харьков, пр.Ленина, 14, тел. 40-94-36.