

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ УКРАИНЫ

ТЕВЯШЕВ А.Д., ВЫХОДЦЕВ Е.И.,
ЩЕЛКАЛИН В.Н., ИГНАТОВА Ю.В.

Рассматривается архитектура и основные функции информационно-аналитической системы прогнозирования процессов потребления природного газа в газотранспортной системе Украины, которая предназначена для оперативного управления режимами транспорта и распределения природного газа в газотранспортной системе Украины.

Введение

Одним из необходимых условий повышения эффективности системы поддержки принятия решений по оперативно-диспетчерскому управлению режимами транспорта и распределения природного газа в газотранспортной системе (ГТС) Украины является создание и внедрение системы прогнозирования основных возмущающих факторов - процессов потребления природного газа для всех категорий потребителей ГТС Украины.

Объектом автоматизации является служба режимов объединенного диспетчерского управления (ОДУ) дочерней компании (ДК) «Укртрансгаз». Одной из ее функций является обеспечение автоматизированного сбора, обработки, хранения и вычисления прогнозных значений суточных объемов потребления природного газа по каждой газораспределительной станции (ГРС), находящейся в зоне ответственности ДК «Укртрансгаз».

ГТС Украины является пространственно-распределенной системой, охватывающей практически всю территорию Украины. Скорость движения газа в ГТС относительно невелика, поэтому для надежного обеспечения всех категорий внутренних потребителей природным газом и для выполнения контрактных условий по транзиту природного газа на начало технологических суток необходимо получать достаточно точные прогнозы объемов потребления природного газа с упреждением на сутки. Специфическая особенность проблемы прогнозирования суточных объемов потребления природного газа состоит в том, что процессы газопотребления являются, как правило, нестационарными случайными процессами, содержащими полиномиальные, полигармонические и стохастические тренды, обусловленные влияниями на них трёх основных групп факторов: хронологических, метеорологических и организационных.

1. Структура системы

Информационно-аналитическая система «Прогнозирование процессов потребления природного газа всеми внутренними потребителями ГТС Украины» (ИАС ППППГ) разработана как информационно-аналитический сервис, позволяющий службе режимов более эффективно и обоснованно принимать решения. В силу специфики функций и предложенной архитектуры ИАС ППППГ обрабатывает информацию из различных источников в автоматическом режиме и проводит расчеты без вмешательств пользователей системы.

На основании результатов системного анализа были определены основные функции системы:

- получение суточных фактических и плановых объемов потребления природного газа по каждому выходу ГРС;
- получение среднесуточной температуры воздуха и ее краткосрочных прогнозов в области нагрузки каждой ГРС;
- расчет прогнозных объемов суточного газопотребления по каждому выходу ГРС с разбивкой по выделенным категориям потребителей с учетом организационных, хронологических и метеорологических факторов в области нагрузки каждой ГРС;
- формирование информационных отчетов о расчётах суточных прогнозных объемов газопотребления по различным категориям потребителей, областям и районам Украины, отдельно по каждому производственному отделению и в целом по ДК «Укртрансгаз».

Разработана модель бизнес-процесса «Прогнозирование процессов потребления природного газа внутренними потребителями ГТС Украины», связанного с решением задачи прогнозирования, которая представлена на рис. 1 в нотации BPMN [1].

Внешними системами к ИАС ППППГ являются электронный журнал диспетчера ОДУ ДК «Укртрансгаз», программный комплекс «Программа годовой отчетности ЛЧ МГ и ГРС» и сервис прогноза погоды Украинского гидрометеорологического центра (УкрГМЦ). На рис. 2 приведена схема потоков данных в разработанной системе.

ИАС ППППГ разработана с применением принципов сервис-ориентированной архитектуры (SOA), которая позволяет реализовать систему в виде модулей со слабой связанностью между компонентами системы. На рис. 3 приведена архитектура SOA-решения для ИАС ППППГ.

Процедура получения внешних данных заключается в программной реализации двух бизнес-правил: «Получение суточных фактических и плановых объемов потребления природного газа по выходам ГРС» и «Получение фактических значений температуры воздуха и её краткосрочного прогноза в зоне нагрузки ГРС». Для реализации этих бизнес-правил разработаны два специализированных Windows Communication Foundation (WCF) сервиса GCF.WcfGdsDataCollector,

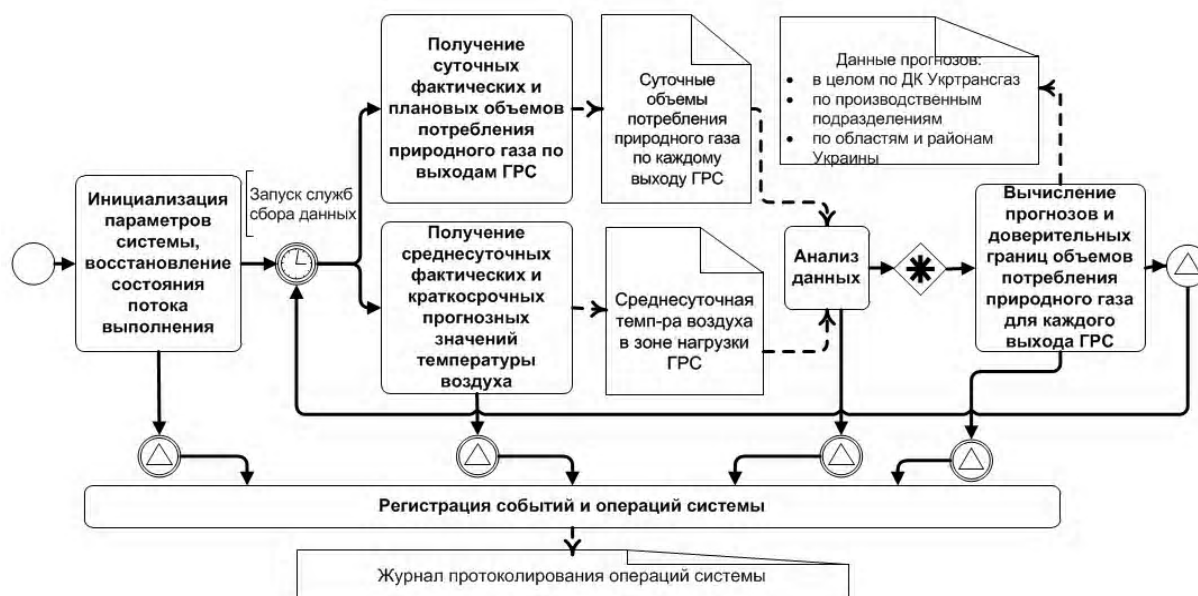


Рис. 1. Модель бизнес-процесса «Прогнозирование процессов потребления природного газа внутренними потребителями ГТС Украины»

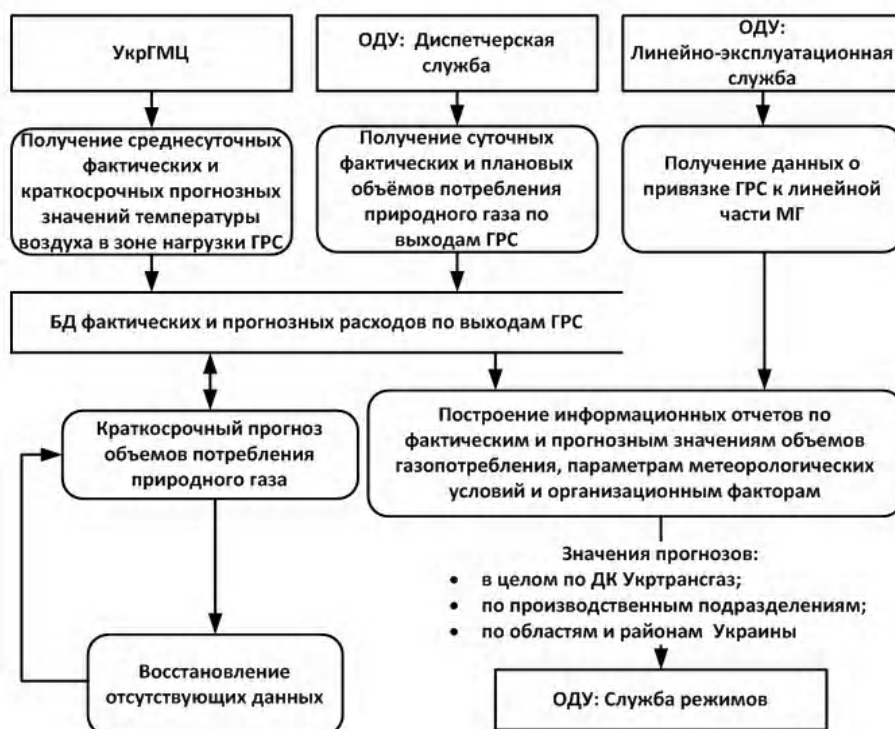


Рис. 2. Модель потоков данных «Прогнозирование процессов потребления природного газа внутренними потребителями ГТС Украины»

GCF.WcfWeatherCollector, которые управляются интеллектуальным агентом GCF.Tasks. GCF.Tasks реализовано в виде WCF сервиса и использует планировщик заданий Quartz.NET (<http://quartznet.sourceforge.net>).

Основными функциями сервиса получения среднесуточных значений температуры воздуха и её краткосрочных прогнозов в зоне нагрузки каждой ГРС ГТС Украины GCF.WcfWeatherCollector являются:

– получение от УкрГМЦ официальных прогнозов погоды по всей территории Украины и привязка их к зоне нагрузки каждой ГРС ГТС Украины;

– проверка достоверности, полноты и целостности фактических значений и прогнозов температуры воздуха в целях исключения попадания ложных данных в базу данных системы.

WCF сервис GCF.wcfWeatherCollector импортирует данные из базы данных УкрГМЦ по установленному регламенту в таблицу WeatherCenter базы данных (БД) ИАС ШПППГ. В случае успеха, выполняется процедура обновления данных среднесуточной температуры воздуха и краткосрочного прогноза погоды по всем ГРС, которые хранятся в таблице DailyWeather. В случае отсутствия или повреждения части импортируемых данных выполняется процедура восстановления недостающих данных.

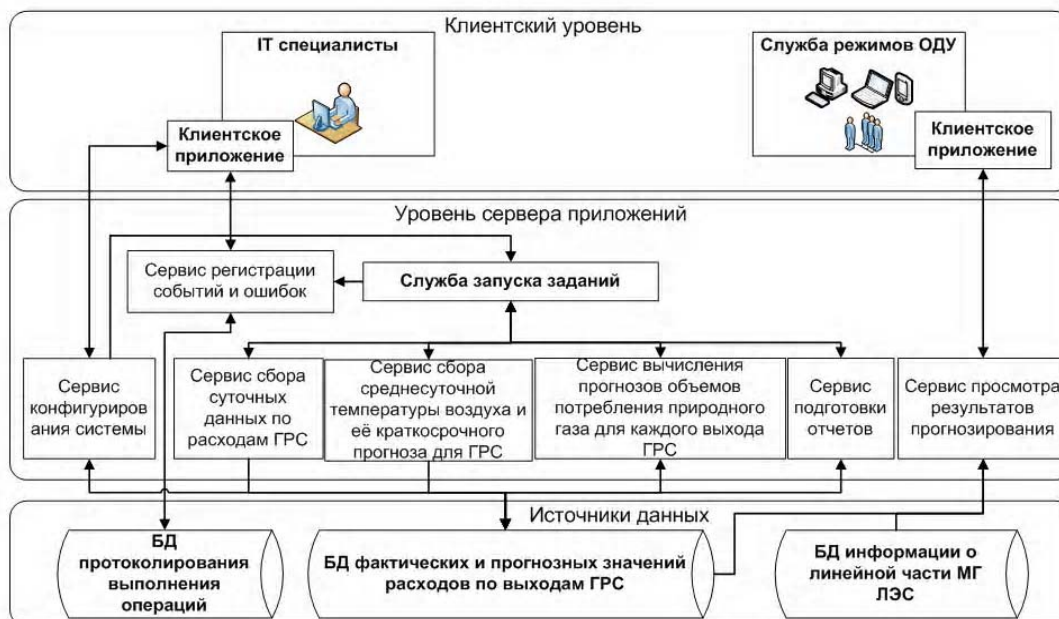


Рис. 3. Архитектура ИАС ППППГ

Интеллектуальный агент GCF.Tasks для запуска процедуры импорта использует класс TaskImportDailyWeather, реализующий интерфейс IJob библиотеки Quartz.NET. В случае невозможности получения данных запускается задача, которая выполняет процедуру импорта с интервалом в 15 минут, пока процедура импорта не закончится с успехом или пока не истечет временной лимит, отведенный на задачу импорта данных. Если временной регламент исчерпан, а новые данные не поступили в систему, то

запускается процедура получения прогнозов погоды по их ретроспективной информации (рис. 4).

GCF.wcfGdsDataCollector запускается в автоматическом режиме с помощью службы Windows и управляется интеллектуальным агентом GCF.Tasks. GCF.wcfGdsDataCollector импортирует данные из текстовых файлов, поступающих в объединенное диспетчерское управление по каждому управлению магистральным газопроводом (УМГ) по установленному регламенту. Интеллектуальный агент GCF.Tasks

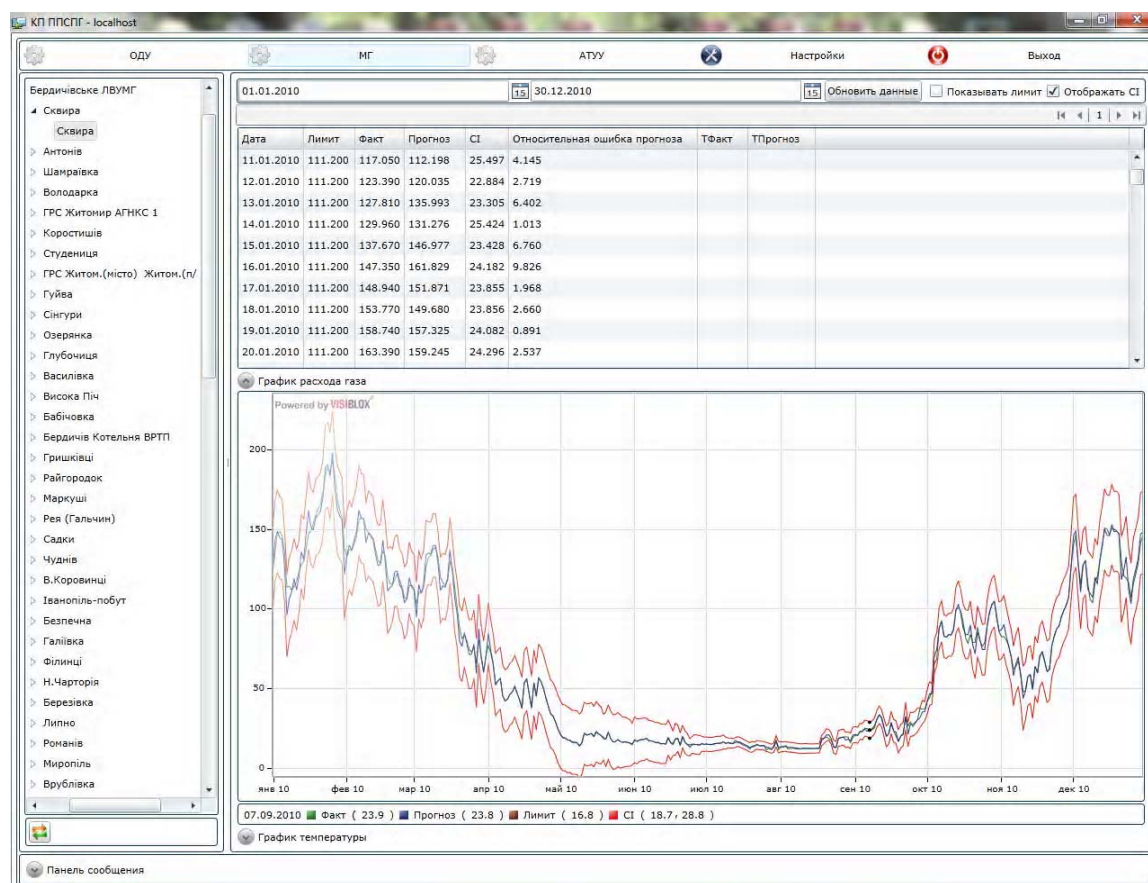


Рис. 4. Оконная форма результатов прогнозирования с вероятностными пределами

для запуска процедуры импорта данных использует класс TaskImportDailyGdsData, который реализует интерфейс IJob библиотеки Quartz.NET и представляет задачу, запускаемую с суточной периодичностью. В случае невозможности получения данных запускается задача, которая реализует стратегию импорта данных, аналогичную стратегии, которая применяется для TaskImportDailyWeather.

Учёт фактического потребления природного газа и расчёт его суточного прогноза ведется по всем выходам каждой ГРС. ГТС Украины имеет чёткую многоуровневую иерархическую структуру. Эта структура однозначно представлена в реляционной модели базы данных. На верхнем уровне находятся УМГ, которые связаны с линейно-производственными управлениями (ЛПУ) отношением «один ко многим». ЛПУ связаны с ГРС также отношением «один ко многим». В свою очередь ГРС связаны со своими выходами также отношением «один ко многим». Под объектом ГТС будем понимать множество технологических элементов, которые объединены по производственному, административному или территориальному признаку. Для того чтобы определить суточный прогноз потребления природного газа за определенные сутки, нужно выполнить операцию агрегирования вычисленных прогнозов по множеству объектов, подчинённых данному объекту. Таким образом, прогноз потребления природного газа i -м объектом ГТС вычисляется по формуле:

$$\hat{Q}_t^{Ob_i}(l) = \sum_{j=1}^n \hat{Q}_t^{Ob_i(j)}(l), \quad (1)$$

где $\hat{Q}_t^{Ob_i}(l)$ – прогноз потребления природного газа i -м объектом ГТС Украины в момент времени t с упреждением l ($l = 1, 2, 3, \dots$); $\hat{Q}_t^{Ob_i(j)}(l)$ – прогноз потребления природного газа j -м объектом i -й группы объектов ГТС Украины в момент времени t с упреждением l .

Для реализации процедуры расчёта суточного прогноза потребления природного газа был разработан специализированный WCF сервис GCF.WcfForecast, который запускается в автоматическом режиме с помощью службы Windows и управляется интеллектуальным агентом GCF.Tasks. Интеллектуальный агент GCF.Tasks для запуска процедуры расчёта использует класс TaskDailyForecasting, который реализует интерфейс IJob библиотеки Quartz.NET. Для прогнозирования процессов потребления природного газа по каждому выходу ГРС ГТС Украины используется методика построения моделей, адекватных исследуемым процессам потребления природного газа [2, 6]. Особенностью процедуры построения моделей процессов потребления природного газа является её строгая формализация и возможность полной автоматизации всех этапов построения и использования моделей.

На начало технологических суток (09:00 часов) для службы режимов ОДУ ДК «Укртрансгаз» в ИАС ППППГ подготавливаются информационные отчёты о фактических и прогнозных объемах газопотребления, о параметрах метеорологических условий:

- в целом по ДК «Укртрансгаз»;
- по производственным подразделениям ДК «Укртрансгаз»;
- по регионам и областям Украины;
- по различным категориям внутренних потребителей ГТС Украины.

При разработке ИАС ППППГ применялись следующие технологии и средства разработки:

- СУБД – MS SQL Server 2008 R2;
- .NET Framework 4.0;
- компоненты сервера приложений на базе программного фреймворка Windows Communication Foundation;
- клиентские приложения – Silverlight 4.0;
- язык программирования – C#.

2. Математические модели прогнозирования процессов потребления природного газа

Математическая модель процессов потребления природного газа, зависящих от метеорологических и хронологических факторов в операторной форме, может быть представлена в виде модели сезонной авторегрессии – проинтегрированного скользящего среднего с экзогенными переменными (САРПССЭ) [2, 6]:

$$Q_t = \sum_{i=1}^N \frac{\omega_{c_i}^i(B)}{\delta_{r_i}^i(B)} F_{t-b_i}^i + \frac{\theta_q^*(B)}{\Phi_{p^+}^+(B)} a_t, \quad (2)$$

где Q_t , $t = \overline{1, n}$ – исходный или преобразованный (нормированный или прологарифмированный) центрированный временной ряд потребления природного газа; n – объём выборки; F_t^i , $t = \overline{1, n}$, $i = \overline{1, N}$ – исходные или преобразованные (нормированные или прологарифмированные) центрированные временные ряды изменения значений внешних (экзогенных) факторов; N – количество экзогенных факторов; B – оператор сдвига по времени на одну единицу назад, такой что $B^i X_k = X_{k-i}$; b_i – величина задержки i -го экзогенного временного ряда по времени относительно прогнозируемого временного ряда Q_t ; $\delta_{r_i}^i(B)$ и $\omega_{c_i}^i(B)$ – полиномы передаточных функций от B степеней r_i и c_i соответственно;

$$\delta_{r_i}^i(B) = 1 - \delta_1^i B - \delta_2^i B^2 - \dots - \delta_{r_i}^i B^{r_i};$$

$$\omega_{c_i}^i(B) = \omega_0^i - \omega_1^i B - \omega_2^i B^2 - \dots - \omega_{c_i}^i B^{c_i};$$

$\Phi_{p^+}^+(B)$ – обобщенный оператор авторегрессии порядка $p^+ = p^* + \sum_{i=1}^{n_s} D_i S_i$, $p^* = \sum_{i=1}^{n_s} p_i S_i$;

$$\Phi_{p^+}^+(B) = \Phi_{p^*}^*(B) \nabla_{S_1}^{D_1} \nabla_{S_2}^{D_2} \dots \nabla_{S_{n_s}}^{D_{n_s}};$$

$D_i, i = \overline{1, n_s}$ – порядок взятия разности S_i ; $S_i, i = \overline{1, n_s}$ – период i -й периодической компоненты, причем $S_1 = 1$; n_s – количество периодических компонент; ∇_{S_i} и B^{S_i} – упрощающие операторы такие, что

$$\nabla_{S_i} X_t = (1 - B^{S_i}) \cdot X_t = X_t - X_{t-S_i}.$$

Нередко такое интегрирование $\nabla_{S_i} X_t = X_t - X_{t-S_i}$ заменяется вычитанием из временного ряда авторегрессии первого или второго порядка, например, $\nabla_{S_i} X_t = X_t - (a_{S_i} + b_{S_i} X_{t-S_i})$ без предварительного вычитания из исходного временного ряда математического ожидания, а коэффициенты a_{S_i} и b_{S_i} определяются по методу наименьших квадратов. Также достаточно часто для этих целей применяется модель экспоненциального сглаживания

$$\nabla_{S_i} X_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) \nabla_{S_i} X_{t-1},$$

а также модель двойного экспоненциального сглаживания; $\Phi_{p^*}^*(B)$ – обобщенный оператор авторегрессии

порядка p^* вида $\Phi_{p^*}^*(B) = \prod_{i=1}^{n_s} \Phi_{p_i}^i(B^{S_i})$; $\Phi_{p_i}^i(B^{S_i})$, $i = \overline{1, n_s}$ – полиномы от B^{S_i} степеней p_i соответственно, определяющие составляющие авторегрессии периодических компонент с периодами s_i соответственно; $\theta_{q^*}^*(B)$ – обобщенный оператор скользящего среднего порядка $q^* = \sum_{i=1}^{n_s} q_i S_i$ вида

$\theta_{q^*}^*(B) = \prod_{i=0}^{n_s} \theta_{q_i}^i(B^{S_i})$; $\theta_{q_i}^i(B^{S_i})$, $i = \overline{1, n_s}$ – полиномы от B^{S_i} степеней q_i соответственно, определяющие составляющие скользящего среднего периодических компонент с периодами S_i соответственно; a_t – остаточные ошибки модели.

Решение задач структурной идентификации параметров $c_i, r_i, b_i, i = \overline{1, N}$ осуществляется автоматически в результате анализа функции отклика на единичный импульс. Автоматизированная идентификация параметров $p_i, i = \overline{1, n_s}$ – путём анализа частной автокорреляционной функции (ЧАКФ), а параметров $q_i, i = \overline{1, n_s}$ – путём анализа автокорреляционной функции (АКФ). Параметры n_s, D_i, S_i также идентифицируются путём анализа АКФ и ЧАКФ процесса.

В [5] представлены другие аддитивные, мультипликативные и смешанные модели прогнозирования целевых продуктов в инженерных сетях. Там же предложены различные модели для моделирования и прогнозирования трендовой, сезонной, недельной, оста-

точной составляющих процессов. Среди предлагаемых моделей прогнозирования отдельных составляющих процесса используются экспоненциальное сглаживание, модель Хольта-Винтерса, двойного экспоненциального сглаживания, фильтр Калмана, ряды Фурье, модели спектрального анализа, экспоненциально взвешенного скользящего среднего и пр. Идеи методов построения приведенных моделей развиваются также в статье [7].

Класс линейных дискретных передаточных функций с рациональной структурой вида:

$$Q_t^i = \frac{\omega_{c_i}^i(B)}{\delta_{r_i}^i(B)} B^{b_i} F_t^i, \quad i = \overline{1, N} \quad (3)$$

используется для учета связи процессов потребления природного газа с метеорологическими факторами, где $Q_t^i, i = \overline{1, N}$ – составляющая процесса Q_t , связанная с i -м метеорологическим или организационным фактором $F_t^i, i = \overline{1, N}$.

Перепишем (3) в виде:

$$Q_t^i = \frac{\omega_0^i - \omega_1^i B - \omega_2^i B^2 - \dots - \omega_{c_i}^i B^{c_i}}{1 - \delta_1^i B - \delta_2^i B^2 - \dots - \delta_{r_i}^i B^{r_i}} B^{b_i} F_t^i, \quad i = \overline{1, N}.$$

В данной работе используется только один экзогенный фактор – изменение температуры окружающего воздуха в зоне нагрузки каждой ГРС, поэтому (3) можно записать следующим образом:

$$Q_t = \frac{\omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2 - \dots - \omega_c B^c}{1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \dots - \delta_r B^r} B^b T_t, \quad (4)$$

где $T_t, t = \overline{1, n}$ – временной ряд изменения температуры окружающего воздуха. Такая передаточная функция описывает чувствительность процессов потребления природного газа к колебаниям температуры. Степень влияния температуры воздуха на прогнозы газопотребления характеризуется так называемым коэффициентом усиления K , который определяется путем замены оператора B и переменной T_t в модели передаточной функции (4) на 1, т.е.

$$K = \frac{\omega_0 - \omega_1 - \omega_2 - \dots - \omega_c}{1 - \delta_1 - \delta_2 - \dots - \delta_r}.$$

При построении моделей процессов потребления газа с учетом метеорологических факторов коэффициенты передаточной функции (4) постоянно изменяются и соответственно изменяется и коэффициент усиления K . Поэтому в разработанной системе используется процедура непрерывной адаптации параметров модели (4) к изменению температуры окружающей среды. Анализ изменения коэффициента усиления в течение года показал, что зависимость объемов потребления природного газа от изменения температуры окружающего воздуха неодинакова в течение года. Наибольшее влияние изменения температуры окружающего воздуха на объёмы потребления природного газа от-

мечено в зимний период с момента начала и до окончания отопительного сезона. В остальное время года изменение температуры воздуха не оказывает существенного влияния на потребление природного газа. Расчёт степени влияния температуры воздуха на потребление природного газа осуществляется анализом коэффициента детерминации модели (4) передаточной функции.

Таким образом, вне отопительного сезона для прогнозирования процессов потребления природного газа используется модель авторегрессии – проинтегрированного скользящего среднего:

$$Q_t = \frac{\theta_q^*(B)}{\Phi_p^+(B)} a_t. \quad (5)$$

Прогноз $\hat{Q}_t(l)$ процесса потребления природного газа Q_{t+l} с упреждением l в момент времени t с минимальной среднеквадратической ошибкой определяется как условное математическое ожидание Q_{t+l} в момент времени t . Формулы для вычисления прогнозов $\hat{Q}_t(l)$ выводятся в [2, 6].

Для повышения надёжности и живучести системы данная модель используется как для восстановления фактических объёмов потребления природного газа, так и для восстановления прогнозов изменения температуры воздуха в случае неполучения их непосредственно от УкрГМЦ с заменой Q_t на T_t .

В ИАС ППППГ реализована усовершенствованная процедура вычисления доверительных границ прогнозов. В [2, 6] представлен вывод формул для вычисления доверительных границ прогнозов

$$\tilde{Q}_{t+l}(t) = \hat{Q}_t(l) \pm u_{\frac{\varepsilon}{2}} \sqrt{V(l)},$$

где l – период упреждения прогноза; $\hat{Q}_t(l)$ – прогноз процесса потребления природного газа с упреждением l ; $V(l)$ – дисперсия прогноза процесса потребления природного газа с упреждением l ; $\tilde{Q}_{t+l}(t)$ – значения вероятностных пределов в момент времени $t+l$; $u_{\frac{\varepsilon}{2}}$ – квантиль уровня $1 - \frac{\varepsilon}{2}$ стандартного нормального рас-

пределения. Численные значения $u_{\frac{\varepsilon}{2}}$ выбираются равными 0.68, 1.65, 1.96 или 2.58 в зависимости от того, находятся ли будущие значения Q_{t+l} в интервале $\hat{Q}_t(l) \pm u_{\frac{\varepsilon}{2}} \sqrt{V(l)}$ с вероятностью 0.5, 0.9, 0.95 или 0.99 соответственно.

При вычислении прогнозов в соответствии с уравнением, выведенным из выражения (5), дисперсия прогнозов с упреждением l равна

$$V(l) = \sigma_a^2 \sum_{i=0}^{l-1} \psi_i^2,$$

где σ_a – среднее квадратичное отклонение процесса остаточных ошибок a_t модели (5), а формула для вычисления весов $\psi_i, i = \overline{0, l-1}$ приведена в [2, 3, 6].

При вычислении прогнозов по уравнению, выведенному из выражения (2), дисперсия прогнозов с упреждением l равна

$$V(l) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=0}^{l-1} \lambda_{ij}^2 \sigma_{\alpha_i}^2 + \sigma_a^2 \sum_{i=0}^{l-1} \psi_i^2,$$

здесь σ_a – среднее квадратичное отклонение процесса остаточных ошибок a_t модели (2); $\sigma_{\alpha_i}, i = \overline{1, N}$ – средние квадратичные отклонения временного ряда остаточных ошибок моделей процессов изменения экзогенных факторов, а формулы для вычисления весов $\psi_i, i = \overline{0, l-1}$ и $\lambda_{ij}, i = \overline{1, N}, j = \overline{0, l-1}$ приведены в [2, 6].

Значения оценок дисперсий $\sigma_{\alpha_i}^2$ и σ_a^2 определяются в результате решения задач параметрической идентификации моделей, однако они могут изменяться в течение суток в зависимости от времени года. Поэтому для учета изменения дисперсии процесса потребления природного газа во времени (гетероскедастичности) и более точного вычисления доверительных границ прогнозов в системе используется обобщенная модель с авторегрессионной условной гетероскедастичностью GARCH(m,k), которая применяется для учёта изменения каждой из дисперсий $\sigma_a^2, \sigma_{\alpha_i}^2, i = \overline{1, N}$ от времени и имеет вид:

$$\sigma_t^2 = w + \theta(B)a_t^2 + \varphi(B)\sigma_t^2, \quad (6)$$

где σ_t^2 – временной ряд изменения дисперсии остаточных ошибок a_t моделей (2) или (5); $\theta(B) = \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_p B^p$, $\varphi(B) = \varphi_1 B - \varphi_2 B^2 - \dots - \varphi_k B^k$ – полиномы от B модели (6), скользящего среднего и авторегрессии соответственно; a_t – остаточные члены модели. Модель GARCH(m,k) может быть записана через модель APCC(s, m) следующим образом:

$$a_t^2 = \frac{w + (1 - \varphi(B))}{(1 - \theta(B) - \varphi(B))} v_t,$$

где $s = \max(r, m)$, $v_t = a_t^2 - \sigma_t^2$.

Для обнаружения разладок процессов в системе используются метод отношения правдоподобия и метод кумулятивных сумм [8].

В ИАС ППППГ предусмотрены процедуры коррекции фактических данных соответствующим нерегулярным дням (государственным праздникам, выходным дням и т.п.) и соответствующие корректирующие коэффициенты, которые записываются в специальную таблицу и периодически адаптируются совместно с коэффициентами модели. Прогнозные значения, вычисленные по скорректированным данным, умно-

жаются на корректирующие коэффициенты, соответствующие различным выходным и праздничным дням. Это позволило добиться существенного уменьшения ошибок прогнозирования на выходные и праздничные дни в течение года.

Выводы

Разработанная архитектура информационно-аналитической системы «Прогнозирование процессов потребления природного газа всеми внутренними потребителями ГТС Украины» как сервис-ориентированное решение позволила реализовать систему в виде модулей со слабой связанностью между ее компонентами, что придало ей большую гибкость к изменению бизнес-процесса. Реализованная в системе методика построения моделей позволила полностью автоматизировать процесс построения стохастических нестационарных моделей процессов потребления природного газа с полигармоничными, полиномиальными и стохастическими трендами и со сложной корреляционной структурой. Рассмотренный программный продукт позволяет службе режимов более эффективно и обоснованно принимать решения.

Литература: 1. *Business Process Modeling Notation V1.1 / OMG Available Specification*. OMG Document Number: formal/2008-01-17. URL: <http://www.omg.org/spec/BPMN/1.1/PDF>. 2. *Евдокимов А. Г., Тевяшев А. Д.* Оперативное управление потокораспределением в инженерных сетях. Х.: Вища шк., 1980. 144 с. 3. *Бокс Дж., Дженкинс Г.* Анализ временных рядов. Прогноз и управление: Пер. с англ. М.: Мир, 1974. Вып. I. 406 с. 4. *Бокс Дж., Дженкинс Г.* Анализ временных рядов. Прогноз и управление: Пер. с англ. М.: Мир, 1974. Вып. II. 197 с. 5. *Бэнн Д. В., Фармер Е. Д.* Сравнительные модели прогнозирования электрической нагрузки: Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1987. 200 с. 6. *Тевяшев А. Д., Щелкалин В. Н.* Сравнительный анализ методов прогнозирования процессов потребления природного газа // Восточно-европейский журнал передо-

вых технологий. 2009. №42. С. 8 – 16. 7. *Щелкалин В. Н., Тевяшев А. Д.* Трендовый и декомпозиционный подходы прогнозирования процессов потребления электроэнергии // Восточно-европейский журнал передовых технологий. 2011. № 5/4 (53). С. 30 – 37. 8. *Жиглявский А. А., Красковский А. Е.* Обнаружение разладки случайных процессов в задачах радиотехники. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та. 1988. 224 с.

Поступила в редколлегию 28.07.2011

Тевяшев Андрей Дмитриевич, д-р техн. наук, проф., зав. каф. прикладной математики ХНУРЭ. Научные интересы: математическое моделирование энергетических систем, теория стохастических моделей. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел.: (057) 702-14-36, e-mail: tevjashev@kture.kharkov.ua.

Выходцев Евгений Иванович, научный сотрудник кафедры прикладной математики ХНУРЭ. Научные интересы: информационно-аналитические системы, системы поддержки принятия решений, компьютерное моделирование. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел.: (057)702-14-36,

e-mail: eugene.vykhodtsev@hotmail.com.

Щелкалин Виталий Николаевич, инженер 1-й категории кафедры прикладной математики ХНУРЭ. Научные интересы: математическое моделирование, прогнозирование, теория автоматического управления, искусственные нейронные сети. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел.: (057) 719-91-09, e-mail: vitalii.shchelkalin@gmail.com.

Игнатова Юлия Васильевна, заместитель начальника отдела разработки и сопровождения информационных систем диспетчерского управления филиала объединенного диспетчерского управления ДК «Укртрансгаз». Научные интересы: автоматизированные системы управления, численные методы. Адрес: Украина, 01021, Киев, пер. Кловский-9/1, тел.: (044) 461-22-94, e-mail: julia@utg.com.ua.