

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ

УДК 681.518

**В.Н. Якимов**, д. т. н., проф., ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет» (Самара, РФ),  
yvnr@hotmail.com

**А.В. Машков**, ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет», mavstu@list.ru

**Р.А. Пиняжин**, ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет», isano.r@yandex.ru

В статье поэтапно (от концептуального моделирования информационных потоков до практической реализации программного обеспечения) рассматривается разработка автоматизированной информационной системы (АИС) хранения и анализа параметров диагностики газоперекачивающего агрегата (ГПА) для своевременного предупреждения и оперативного выявления отклонений от штатного режима его работы. Сформированы функциональные требования к структуре хранения данных и информационным потребностям пользователей АИС. Разработанная система позволяет оперативно получать необходимую информацию как по параметрам ГПА, так и по реализации сопутствующей документации по инцидентам на основе пользовательских шаблонов. Также АИС позволяет пользователю провести анализ значений параметров с использованием их графической интерпретации. Вместе с этим в автоматизированном режиме формируются регламентные документы, необходимые для отражения результатов производственной деятельности в процессе эксплуатации ГПА на протяжении его жизненного цикла: акты расследования, извещения о внеплановом отключении ГПА и т. д. Авторами обоснован выбор в пользу реляционного подхода к проектированию базы данных (БД) для создания рациональной структуры хранения данных. Программное обеспечение АИС реализовано на основе технологии «клиент – сервер».

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ТРАНСПОРТИРОВКА ПРИРОДНОГО ГАЗА, КОМПРЕССОРНАЯ СТАНЦИЯ, ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИЙ АГРЕГАТ, ДИАГНОСТИКА, АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА, БАЗА ДАННЫХ, КЛИЕНТ-СЕРВЕРНАЯ АРХИТЕКТУРА.

Работа ГПА является частью технологического процесса транспортировки товарного газа от мест его добычи до конечных потребителей. ГПА выполняют функции подготовки и повышения качества поставляемого газа до параметров, предусмотренных соответствующими нормами и стандартами, а также обеспечивают его компримирование на компрессорных станциях газопроводов и в подземных хранилищах [1–3]. Каждый тип ГПА имеет индивидуальные особенности как конструктивного, так и функционального характера, поэтому не-

обходимо учитывать условия его работы и требования, предъявляемые к его техническим характеристикам. В зависимости от принципа устройства и технологических требований различают следующие виды ГПА [4]:

- ГПА с поршневым компрессором;
- ГПА с винтовым компрессором;
- ГПА с центробежным компрессором.

Ввиду того что добыча, подготовка и транспортировка газа при эксплуатации месторождений углеводородов осуществляются в непрерывном цикле, внеплановые

и аварийные остановы ГПА влекут за собой определенные риски:

- потерю товарной продукции (товарного газа);
- недоставку газа конечным потребителям;
- повышение операционных издержек при подготовке и транспортировке газа.

Основными причинами внеплановых и аварийных остановов ГПА являются отказ или износ его механизмов деталей и узлов [5, 6]. Для своевременного предупреждения и оперативного выявления отклонений от штатного режима работы ГПА необходимо отсле-

**Yakimov V.N.**, Doctor of Engineering Science, Professor, FSBEI HPE «Samara State Technical University»  
(Samara, RF), yvnr@hotmail.com

**Mashkov A.V.**, FSBEI HPE «Samara State Technical University», mavstu@list.ru

**Pinyazhin R.A.**, FSBEI HPE «Samara State Technical University», isano.r@yandex.ru

### Automated information system for controlling technological working parameters of gas pumping units

The article, in a step-by-step basis (from the conceptual modeling of information streams to the practical implementation of software) reviews the development of an automated information system (AIS) for storing and analyzing the parameters of diagnostics of a gas pumping unit (GPU) for timely warning and prompt identification of deviations from the standard operating conditions. Functional requirements to the structure of data storage and information needs of the AIS's users are formulated. The developed systems allows promptly obtaining required information both by GPU's parameters and by the implementation of supporting documentation on incidents on the basis of custom templates. The AIS also enables the user to carry out an analysis of parameter values with the use of their graphic interpretation. At the same time, regulatory documents, which are necessary for the demonstration of the results of the production activity in the course of GPU's operation throughout its life cycle: investigation reports, GPU's unplanned outage notices, etc., are formulated in the automated regime. The authors explain their selection of the relational approach to the design of the data base (DB) for the creation of a rational data storage structure. AIS's software is implemented on a client-server basis.

**KEY WORDS:** NATURAL GAS TRANSPORTATION, COMPRESSOR PLANT, GAS PUMPING UNIT, DIAGNOSTICS, AUTOMATED INFORMATION SYSTEM, DATA BASE, CLIENT-SERVER ARCHITECTURE.

живать и анализировать параметры его работы. Непрерывный контроль и регистрация текущих значений параметров функционирования ГПА позволяют получить совокупность данных для проведения его комплексной диагностики за определенный период времени. Однако в ходе оперативной диагностики ГПА приходится обрабатывать большие объемы данных наблюдений. Успешное решение подобного рода задачи возможно только при создании специализированных АИС, ориентированных на ведение БД с использованием современных систем управления базами данных (СУБД). В соответствии с этим была разработана АИС, позволяющая хранить и анализировать значения параметров работы ГПА и предоставлять целостную картину состояния в определенные периоды его эксплуатации. Она дает возможность обеспечить:

- оперативный централизованный доступ к данным по ГПА и параметрам работы его узлов и деталей;
- получение графической интерпретации взаимных зависимостей контролируемых параметров функционирования ГПА;

• формирование пользовательских документов на основе шаблонов.

Важной составной частью АИС является БД, которая должна обеспечивать надежное хранение структурированных значений контролируемых параметров. В соответствии с этим параметры функционирования ГПА классифицированы по трем группам: по температуре, давлению и вибрации.

К группе «Температура», как правило, относят контроль:

- температуры газа на всасывании по ступеням в компрессоре;
- температуры газа на нагнетании по цилиндрам в компрессоре;
- температуры масла в маслосистеме двигателя.

К группе «Давление» относят следующие параметры:

- давление в маслосистеме двигателя/компрессора;
  - давление масла на входе в двигатель;
  - давление газа на всасывании.
- В группе «Вибрация» отслеживают, соответственно:
- вибрацию заднего и переднего подшипников двигателя;
  - вибрацию задней опоры компрессора по датчикам;

• вибрацию передней опоры компрессора по датчикам.

Для реализации АИС была выбрана кросс-платформенная среда разработки (IDE) IntelliJ IDEA, разработка велась на объектно-ориентированном языке Java. В качестве СУБД выбрана MySQL.

На первом этапе проектирования АИС была разработана концептуальная инфологическая модель типа «сущность – связь» (рис. 1). Основными элементами этой модели являются:

- сущности – объекты и процессы, информация о которых необходима для контроля (диагностики) текущего состояния ГПА (графически изображаются в виде прямоугольников);
- атрибуты – свойства, характеризующие сущности;
- связи, определяющие отношения, в которых находятся между собой сущности (изображаются в виде ромбов) [7].

В целях упрощения модели атрибуты на рис. 1 не показаны, они представлены на рис. 2.

На основе концептуальной модели «сущность – связь» реализована реляционная модель построения БД. Она отражает физическую структуру организации

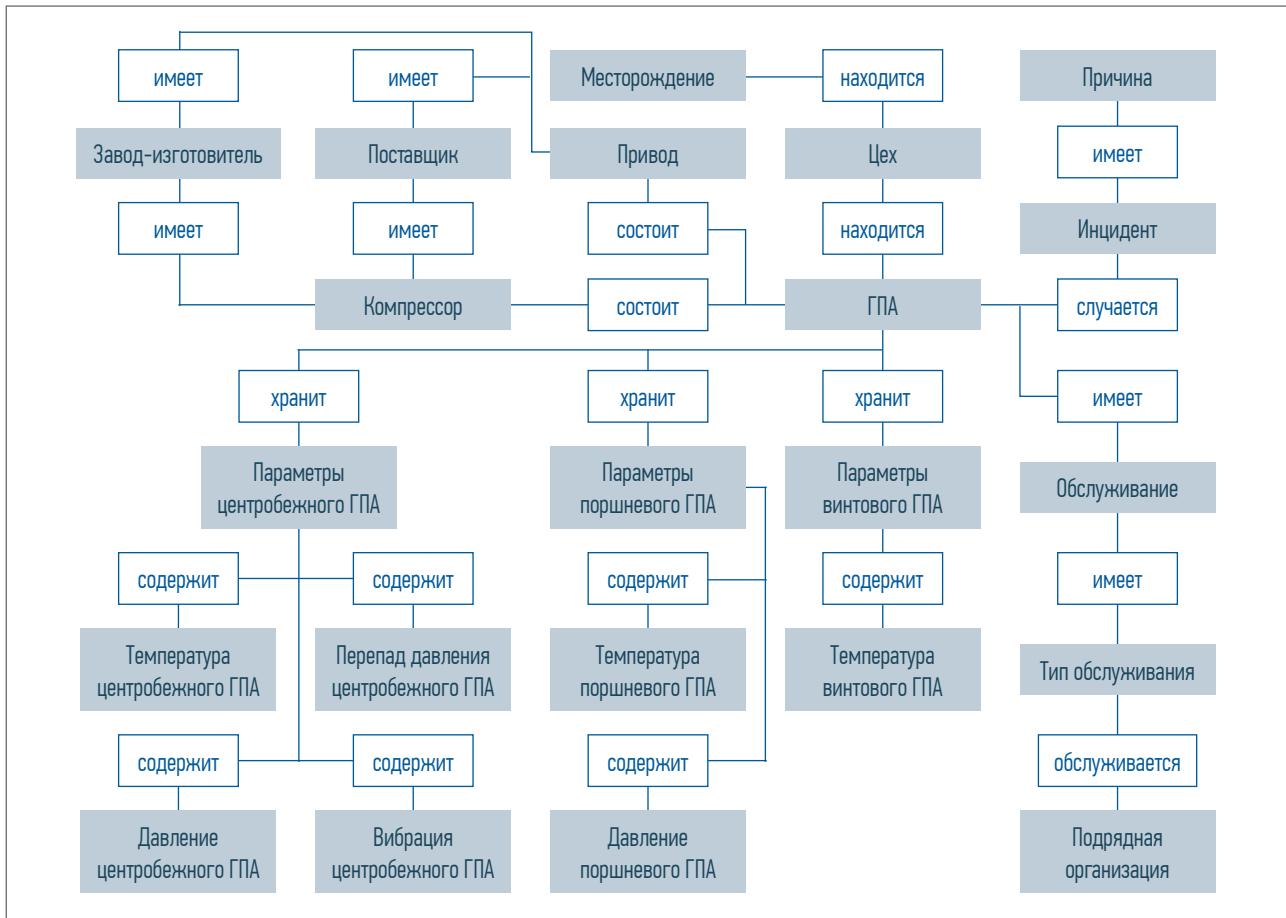


Рис. 1. Концептуальная модель типа «сущность – связь» контроля параметров ГПА

хранения данных и строится на основе того, что каждой сущности соответствует отношение в реляционной модели данных. На рис. 2 показана схема отношений с указанием первичных ключей (PK), бинарных связей между отношениями и внешних ключей (FK), которые обеспечивают ссылочную целостность между отношениями (в целях упрощения в некоторых отношениях атрибуты не показаны). Все отношения приведены к третьей нормальной форме. Это позволяет исключить избыточность и дублирование хранимой информации, а также устраниет аномалии обновления в процедурах добавления и редактирования данных.

Общий принцип работы АИС показан на рис. 3. Главное окно содержит таблицу для вывода информации, хранящейся в БД, и панель вкладок для удобства ра-

боты с данными: параметры ГПА, компрессор, привод, ГПА, инциденты, обслуживание. На каждой вкладке определен набор опций поиска, позволяющий оперативно отфильтровать информацию, в которой нет необходимости на данный момент. В АИС за каждым ГПА закрепляются контролируемые параметры функционирования, и чтобы найти соответствующую информацию, необходимо на вкладке «Параметры ГПА» выбрать месторождение, цех и порядковый номер. Во избежание временных потерь при ручном вводе данных по параметрам в АИС предусмотрено заполнение БД из электронных таблиц Excel-файлов, имеющих соответствующую форму для каждого типа ГПА.

В качестве инструмента для анализа параметров работы ГПА реализована возможность графической интерпретации, а именно

построения графиков зависимостей значений параметров между собой в течение определенного периода времени, задаваемых пользователем (одновременно до двух параметров). Это позволяет пользователю анализировать технологический режим функционирования ГПА в целях:

- определения наиболее «узких» мест в текущем режиме эксплуатации ГПА;
- оценки возможных рисков отказа или поломки деталей и узлов составляющих ГПА в будущем при текущем режиме эксплуатации агрегата;
- анализа предпосылок случившегося отказа оборудования;
- подбора наиболее оптимального режима эксплуатации ГПА.

На главном экране АИС в соответствии с установленными значениями фильтров генерируется таблица с параметрами работы ГПА.

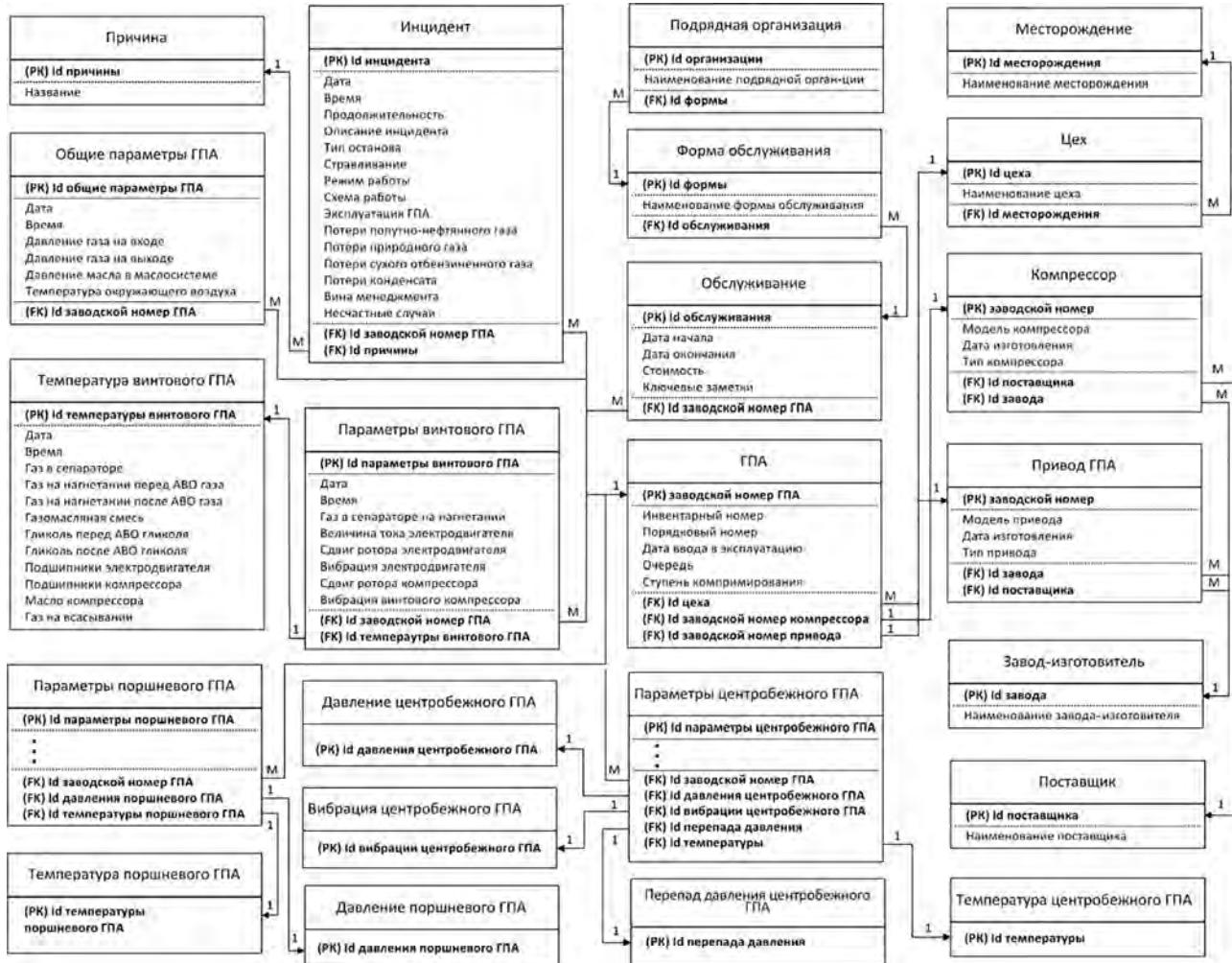


Рис. 2. Реляционная модель построения БД АИС

Каждый столбец данной таблицы является значением, изменяющимся во времени, за исключением столбцов «Время» и «Дата». При построении графика появляется соответствующая форма выбора параметров, которые находятся в сгенерированной таблице, и предлагается временной промежуток, за который необходимо построить зависимости. На рис. 4 приведен пример построения графика зависимости температуры компримируемого газа на выходе из компрессора от температуры газа на входе. Окно с построенными зависимостями не является модальным, следовательно, имеется возможность строить другие графики, а их масштабируемость позволяет держать открытыми сразу несколько окон с зависимостями.

Реализованный в АИС учет обслуживания ГПА хранит информацию о подрядных организациях, которые обслуживали определенный ГПА, о стоимости и сроках проведения работ. Данная информация позволяет проводить анализ затрат на обслуживание ГПА в различные периоды эксплуатации агрегата, а также планировать проведение обслуживания составляющих ГПА.

В АИС ведется учет инцидентов, произошедших в период эксплуатации ГПА, как для отдельно взятого агрегата, так и для всего парка ГПА эксплуатирующей организации. Также предоставляется возможность вести учет причин инцидентов в целях разработки планово-предупредительных мероприятий для предупреждения инцидентов с ГПА.

Функционал АИС позволяет автоматически формировать сопутствующую при эксплуатации ГПА документацию (акты расследований, распоряжения, извещения о внеплановом отключении и т. д.) на основании пользовательских шаблонов.

Программное обеспечение АИС реализовано на основе клиент-серверной архитектуры. Серверная часть АИС обеспечивает ведение БД и реализует службу файловой системы. Клиентская часть пользуется услугами серверной части, отправляя соответствующие запросы на обработку массивов значений контролируемых параметров.

Использование разработанной АИС дает возможность оперативно получать необходимую информацию как по параметрам ГПА, так

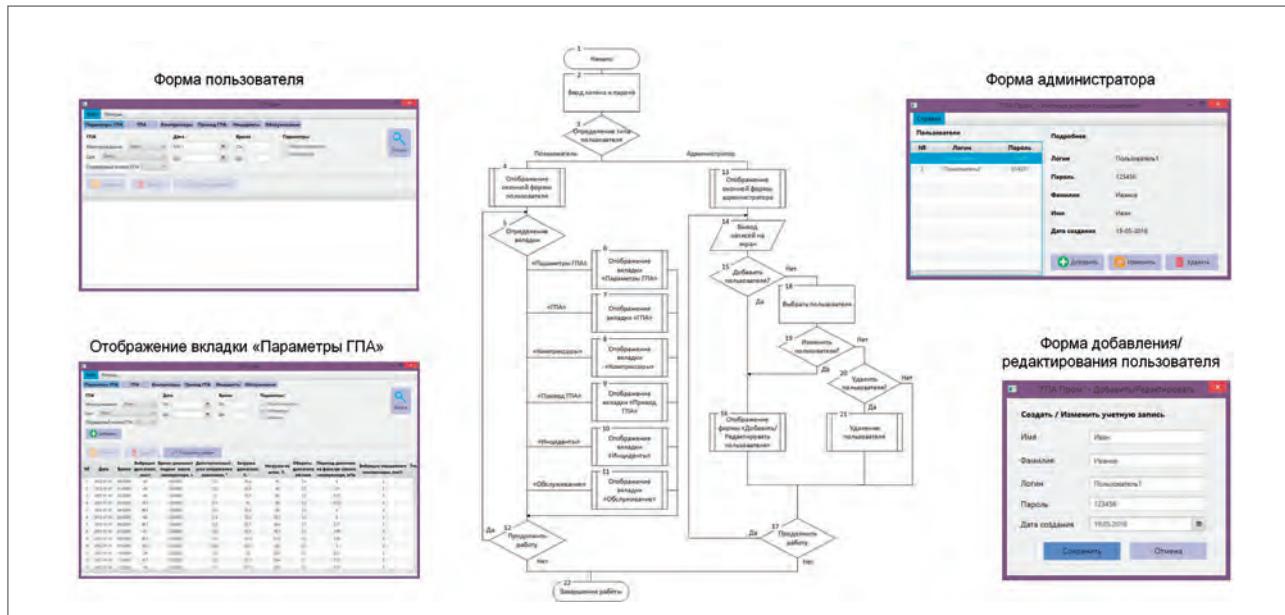


Рис. 3. Схема работы АИС

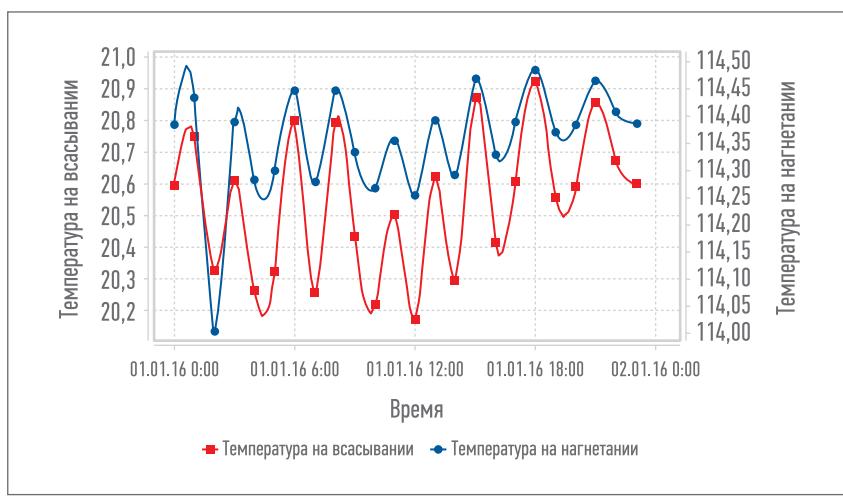


Рис. 4. График зависимости температуры компримируемого газа на выходе из компрессора от температуры газа на входе

и по реализации сопутствующей документации по инцидентам на основе пользовательских шаблонов. Также АИС позволяет пользователю анализировать значения параметров с использованием их графической интерпретации. Вместе с этим в автоматизированном режиме формируются регламентные документы: акты расследования, извещения о внеплановом отключении ГПА, распоряжения по расследованию внеплановых отключений ГПА. Эти документы необходимы для отражения результатов производственной деятельности в процессе эксплуатации ГПА. ■

## ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 27577–2000. Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. 8 с.
- ГОСТ Р 54404–2011. Агрегаты газоперекачивающие с газотурбинным приводом. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2012. 15 с.
- ГОСТ 51.40–93. Газы горючие природные, поставляемые и транспортируемые по магистральным газопроводам. М.: Стандартинформ, 1993. 8 с.
- ГОСТ 28567–90. Компрессоры. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2005. 20 с.
- Петров С.В., Бирилло И.Н. Эксплуатация и ремонт оборудования насосных и компрессорных станций: Учеб. пособие. Ухта: УГТУ, 2014. 115 с.
- Расторгуев Г.А. Эксплуатационный износ деталей нефтегазового оборудования // Изв. вузов. Нефть и газ. 2014. № 1. С. 103–112.
- Хомоненко А.Д., Цыганков В.М., Мальцев М.Г. Базы данных: Учебник для вузов. СПб.: КОРОНА – Век, 2009. 736 с.

## REFERENCES

- GOST 27577–2000. Compressed Natural Fuel Gas for Internal-Combustion Engines. Moscow, IPC Publishing House of Standards, 2004, 8 pp. (In Russian)
- GOST R 54404–2011. Gas Pumping Units with a Gas Turbine Motor. General Technical Conditions. Moscow, Standartinform, 2012, 15 pp. (In Russian)
- GOST 51.40–93. Combustible Natural Gases Supplied and Transported By a Main Gas Pipeline. Moscow, Standartinform, 1993, 8 pp. (In Russian)
- GOST 28567–90. Compressors. Terms and Definitions. Moscow, Standartinform, 2005, 20 pp. (In Russian)
- Petrov S.V., Birillo I.N. Operation and Repair of Equipment at Pumping and Compressor Plants. Guidebook. Ukhta, Ukhta State Technical University, 2014, 115 pp. (In Russian)
- Rastorguev G.A. Wear and Tear of Oil and Gas Equipment Components. Izvestiya vuzov. Neft' i gaz = Bulletin of Higher Educational Institutions. Oil and Gas, 2014, No. 1, P. 103–112. (In Russian)
- Khomonenko A.D., Tsygankov V.M., Mal'tsev M.G. Data Bases: Guidebook for Higher Educational Institutions. Saint Petersburg, KORONA – Vek, 2009, 736 pp. (In Russian)