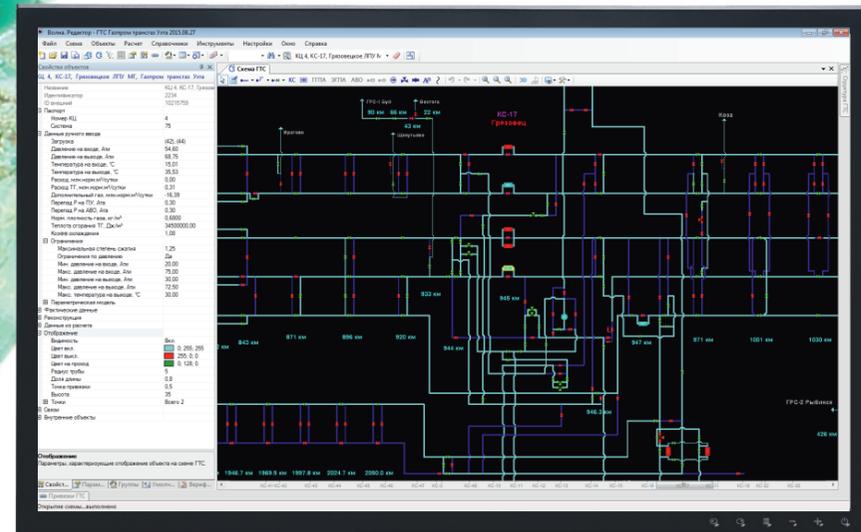






# Содержание

Назначение	4
Функции	5
Варианты расчетов режимов ГТС	6
Методическое наполнение	7
Дополнительные возможности	8
Программная реализация и архитектура	9
Требования к программно-аппаратной платформе	10
Взаимодействие с внешними системами	10
Варианты поставки: «Волна-инженер» и «Волна-диспетчер»	11
Функционирование комплекса «Волна-диспетчер»	13
Контакты	14
Правообладатели	15



Редактор схемы ГТС

## Назначение

Программно-вычислительный комплекс «Волна» предназначен для использования в газотранспортных обществах ОАО «Газпром» в целях поддержки принятия диспетчерских решений по управлению газотранспортными системами (ГТС).

Комплекс обеспечивает выполнение следующих задач *диспетчерского управления*:

- проведение инженерных расчетов стационарных и нестационарных режимов работы ГТС;
- расчет и контроль текущих режимов ГТС в режиме реального времени;
- прогнозирование, оптимизация и планирование режимов транспортировки газа;
- обучение и повышение квалификации диспетчерского персонала.

Комплекс может также применяться для проведения *инженерных расчетов в области проектирования ГТС*.

В настоящее время программно-вычислительный комплекс «Волна» находится в промышленной эксплуатации в производственно-диспетчерской службе ООО «Газпром трансгаз Ухта». Ведется работа по его внедрению в ООО «Газпром трансгаз Томск».



## Функции

Работа комплекса «Волна» осуществляется через выполнение следующих основных функций:

- ввод и редактирование схемы ГТС;
- ввод и редактирование параметров объектов, нормативно-справочной информации и других данных, необходимых для проведения расчета;
- ввод и редактирование сценария расчета;
- управление расчетом в интерактивном режиме;
- интерактивное формирование сценария управляющих воздействий непосредственно в процессе расчета;
- визуализация расчетных и фактических данных непосредственно в процессе

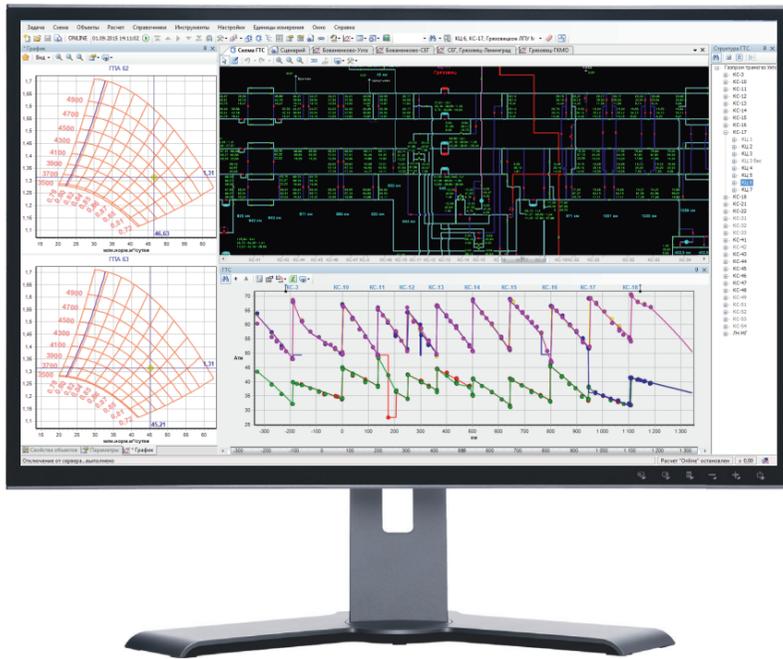
расчета в форме списков, таблиц и графиков, а также на схеме ГТС в специальных полях вывода информации;

- экспорт графиков и таблиц в форматы Excel и Word;
- формирование отчетов о проведенных расчетах в форматах Excel и Word;
- ведение личных и централизованных архивов введенных схем и проведенных расчетов;
- настройка многооконного интерфейса пользователя.



# Варианты расчетов режимов ГТС

# Методическое наполнение



Он-лайн расчет режима ГТС (консоль пользователя)



Расчет потерь газа при разрыве газопровода (прогноз)

Для решения задач диспетчерского управления в комплексе реализованы следующие варианты расчетов:

- расчет текущего режима ГТС в реальном времени (он-лайн);
- прогноз процесса по заданному сценарию управляющих воздействий;

- расчет стационарного режима ГТС;
- расчет оптимального режима ГТС.

Первые два варианта расчетов выполняются в нестационарной постановке. Оптимизация осуществляется для стационарного режима.

Программно-вычислительный комплекс «Волна» обеспечивает моделирование как стационарных, так и нестационарных режимов транспорта природного газа по многониточным ГТС произвольной конфигурации. При этом осуществляется расчет давления, температуры, расхода и других параметров потока газа в зависимости от времени и положения вдоль магистрали в любом элементе линейной части газопровода, включая трубы, переключки и байпасы. Расчет режимов работы компрессорных цехов выполняется самосогласованно с расчетом параметров газовых потоков в линейных частях с учетом схемы подключения газоперекачивающих агрегатов и индивидуальных газодинамических характеристик.

Реализованная физико-математическая модель нестационарного течения газа по трубам основывается на численном решении полной системы газодинамических уравнений в частных производных с одной пространственной переменной вдоль трубы. При этом учитываются турбулентное трение потока о стенку трубы, эффект Джоуля–Томсона, теплообмен трубы и грунта, теплоемкость трубы, компонентный состав природного газа, рельеф местности вдоль трассы.

Разработанная численная методика решения нестационарных газодинамических уравнений обеспечивает:

- расчет звуковых волн, а также нелинейных волн сжатия и разгрузки, распространяющихся вдоль газопровода при переходных процессах;
- расчет критических режимов течения, возникающих в байпасах, свечах и при разрыве газопровода.

Примененная явная разностная схема позволяет проводить вычисления в параллельном режиме на многопроцессорных ЭВМ, что сокращает временные затраты на проведение расчета и практически снимает ограничения на размер моделируемой ГТС.

Методика расчета нестационарных газовых потоков в трубах опубликована в журнале «Математическое моделирование», 2014 год, том 26, номер 7, стр. 87–96.

Для расчета стационарных режимов течения газа по трубам используется физико-математическая модель, описанная выше, но в стационарном случае она сводится к решению системы обыкновенных дифференциальных уравнений.



## Дополнительные возможности

В состав комплекса «Волна» входит набор дополнительных методик:

- методика расчета потерь газа при аварийном разрыве газопровода с учетом управляющих воздействий диспетчера по локализации аварии;
- методика оценки последствий аварийных ситуаций, связанных с разрывом газопровода, позволяющая выполнять расчеты размеров опасных зон по различным поражающим факторам и наносить их на карту местности;
- методика расчета движения очистных и диагностических снарядов по газопроводу, учитывающая характеристики снаряда, рельеф местности вдоль трассы, изменение режима течения газа за счет управляющих воздействий диспетчера;
- методика оптимизации режимов функционирования ГТС по критерию минимума потребления топливного газа и с учетом существующих технологических ограничений (оптимизация выполняется на заданную производительность или на максимальную пропускную способность).

В комплексе «Волна» реализованы системы мониторинга:

- показателей энергетической эффективности режимов работы объектов ГТС в части затрат топливно-энергетических ресурсов на компримирование;
- выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферу при работе газоперекачивающих агрегатов.

Системы мониторинга обеспечивают выполнение следующих функций:

- расчет энергетических и экологических показателей на основе результатов моделирования текущего режима работы ГТС;
- автоматическое сохранение расчетных показателей в режиме он-лайн;
- обработка данных за отчетные периоды и расчет валовых значений показателей;
- автоматическое формирование отчетов по текущим и валовым показателям.

## Программная реализация и архитектура

Комплекс «Волна» обладает модульной, распределенной клиент-серверной архитектурой, которая была разработана на основе современных решений в области проектирования сложных корпоративных программных систем с использованием шаблонов проектирования и объектно-ориентированного подхода.

Комплекс реализован на языке программирования C#, функционирует под операционными системами семейства Windows с платформой DotNet, FrameWork 3.5, возможна работа под операционными системами семейства Linux с платформой Mono. Полный объем кода составляет *свыше 500 тысяч строк*, исполняемые модули занимают *60 Мб*.

Особое внимание при разработке комплекса было уделено возможностям интерактивного управления расчетом, наглядности пользовательского интерфейса, удобству взаимодействия с внешними приложениями, возможности выполнения параллельных вычислений на многопроцессорных ЭВМ.

Компонентный состав, конфигурация и вариант развертывания комплекса определяются

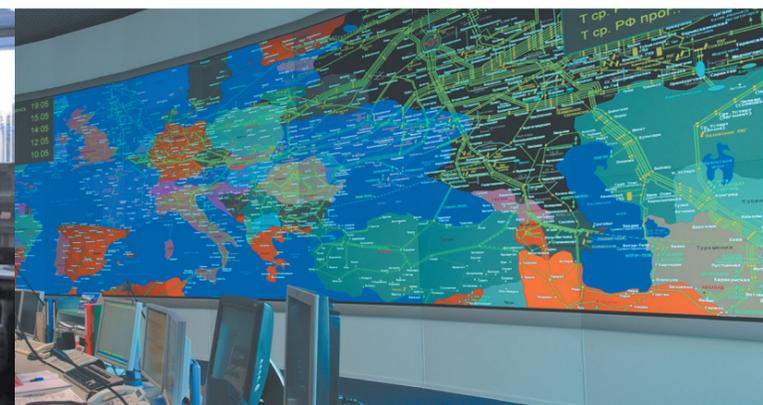
способом его применения, типом решаемых задач и особенностями информационной среды предприятия-заказчика. Комплекс может быть установлен как в распределенном клиент-серверном варианте, так и локально, на ЭВМ пользователя.

На ЭВМ пользователя устанавливаются:

- редактор,
- пользовательская консоль.

На сервере устанавливаются следующие компоненты:

- счетный сервер,
- сервер архива,
- сервер фактических данных,
- сервер диагностических сообщений,
- серверная консоль.



# Требования к программно-аппаратной платформе

Программно-аппаратные требования для компонентов, устанавливаемых на ЭВМ пользователя:

- разрядность x86-x64;
- CPU Intel Core2 Quad 2,4ГГц и выше;
- ОЗУ 4 Гб и выше;
- видеокарта NVIDIA GeForce 8500 GT и выше;
- Windows XP SP2, Windows Vista, Windows 7, Windows 8;
- платформа Microsoft .NET Framework 3.5;
- размер инсталляции 50 Мб.

Программно-аппаратные требования для серверных компонентов:

- разрядность x86-x64;
- CPU Intel Core2 Quad 2,4ГГц и выше;
- ОЗУ 4 Гб и выше;
- Windows XP SP2, Windows Vista, Windows 7, Windows 8, Windows Server 2003, Windows Server 2008;
- Платформа Microsoft .NET Framework 3.5;
- Oracle Client 9.2 или OPC-клиент;
- Размер инсталляции 20 Мб.



Использование многоядерных многопроцессорных систем позволяет повысить производительность расчетов посредством параллельных вычислений на общей оперативной памяти.

Организация архива на файловой системе или СУБД требует дополнительного дискового пространства.

В комплексе реализована возможность трехмерной визуализации схемы ГТС, которая, однако, предъявляет повышенные требования к характеристикам видеокарты на ЭВМ пользователя.

## Взаимодействие с внешними системами

Комплекс «Волна» взаимодействует со следующими программными продуктами:

- сервер SCADA (по протоколу OPC) или СУБД реального времени (по протоколу SQL) в он-лайн расчете для получения текущих фактических данных и передачи рассчитанных величин;
- СУБД Oracle или файловая система при организации архива для хранения и обработки результатов расчета;

- пакеты Microsoft Excel, Microsoft Word для построения отчетов и экспорта результатов расчета.

Варианты установки комплекса, перечень внешних программных продуктов, их версии, протоколы взаимодействия, структуры передаваемых данных определяются в рамках конкретной реализации по интеграции комплекса в информационную среду заказчика.

# Варианты поставки: «Волна-инженер» и «Волна-диспетчер»

Демонстрационная версия комплекса – «Волна-демо» предоставляется бесплатно и предназначена для ознакомления с функциональными возможностями комплекса «Волна». «Волна-демо» включает только клиентскую консоль и может быть использована на локальном компьютере пользователя для просмотра и анализа прилагаемых демонстрационных задач (без возможности выполнения новых расчетов).

Заказчику предлагаются два базовых варианта комплекса «Волна»:

- локальный – «Волна-инженер»;
- серверный – «Волна-диспетчер».

«Волна-инженер» – вариант комплекса, предназначенный для выполнения инженерных расчетов в области эксплуатации и проектирования ГТС; анализа нестационарных переходных процессов, возникающих при внесении в систему управляющих воздействий; планирования и оптимизации режимов транспорта газа.

Комплекс содержит все необходимые средства для введения новых расчетных схем и создания расчетных задач при ручном вводе исходных данных; выполнения расчетов; просмотра и анализа полученных результатов. Комплекс «Волна-инженер» устанавливается локально на ЭВМ пользователя, он включает редактор и пользовательскую клиентскую консоль с расчетными библиотеками.

Введенные схемы и результаты расчетов хранятся в личном файловом архиве. Обмен расчетными задачами между пользователями осуществляется с помощью операций экспорта-импорта и передачи файлов.

Выполнение он-лайн расчетов в масштабе реального времени с использованием текущих SCADA-данных комплексом «Волна-инженер» не поддерживается, однако задачи с реальным режимом транспортировки, созданные в

комплексе «Волна-диспетчер», могут загружаться для просмотра и проведения новых расчетов.

«Волна-диспетчер» – вариант комплекса, предназначенный для использования в газотранспортном обществе в качестве системы поддержки принятия диспетчерских решений по управлению ГТС. Комплекс «Волна-диспетчер» применяется для расчета и контроля текущих параметров ГТС в режиме реального времени, планирования, прогнозирования и оптимизации режимов транспортировки газа, выполнения инженерных расчетов, обучения и повышения квалификации диспетчерского персонала.

Комплекс предусматривает распределенный вариант установки и интеграцию с информационной средой газотранспортного общества для получения текущих SCADA-данных, необходимых для проведения он-лайн расчета, сохранения и публикации полученных расчетных результатов. На ЭВМ пользователя устанавливается редактор и пользовательская клиентская консоль с расчетными библиотеками. На серверном оборудовании устанавливаются: счетный сервер, сервер архива, сервер фактических данных, сервер диагностических сообщений, сервер взаимодействия по E-mail и серверная управляющая консоль.

Пользовательские консоли комплекса «Волна-диспетчер» включают весь функционал комплекса «Волна-инженер».

Конкретная комплектация комплекса «Волна» для поставки определяется выбором базового варианта и дополнительных функциональных компонент в зависимости от целей и задач, стоящих перед заказчиком (см. таблицу на следующей странице).

Таблица. Функциональный состав. Варианты поставки

Функциональные модули	Волна-демо	Волна-инженер	Волна-диспетчер
Редактор	-	-	+
Добавление новых типов ГПА	-	-	+
Структурная схема SCADA объектов	-	-	+
Пользовательская консоль	+	+	+
Стационарный расчет	-	+	+
Нестационарный расчет	-	+	+
Расчет режимов КС	-	+	+
Расчет оптимального режима ГТС	-	Опция	Опция
Идентификация параметров режима	-	-	+
Расчет движения снаряда	-	Опция	Опция
Расчет потерь газа при разрыве газопровода	-	Опция	Опция
Расчет последствий аварии с разрывом трубы	-	Опция	Опция
Расчет выбросов вредных веществ	-	Опция	Опция
Экспорт данных в отчетную форму Excel	-	Опция	Опция
Локальный архив	+	+	+
Подключение к удаленному архиву	-	-	Опция
Подключение к удаленному счетному серверу	-	-	Опция
Получение текущих данных по e-mail	-	-	Опция
Счетный сервер	-	-	+
Стационарный расчет			+
Нестационарный расчет			+
Расчет режимов КС			+
Расчет оптимального режима ГТС			Опция
Идентификация параметра режима			+
Расчет движения снаряда			Опция
Расчет потерь газа при разрыве газопровода			Опция
Расчет показателей энергоэффективности			Опция
Мониторинг показателей энергоэффективности			Опция
Расчет выбросов вредных веществ			Опция
Мониторинг выбросов вредных веществ			Опция
Сглаживание фактических данных			+
Верификация фактических данных			+
Реконструкция фактических данных			+
Локальный архив			+
Подключение к удаленному архиву			+
Передача данных по e-mail			Опция
Сервер архива	-	-	+
Файловый архив			+
Архив ORACLE			Опция
Архив MS SQLServer			Опция

Таблица. Функциональный состав. Варианты поставки. Окончание

Функциональные модули	Волна-демо	Волна-инженер	Волна-диспетчер
Сервер фактических данных	-	-	+
Доступ к данным через XML			+
Доступ к данным через SQL			Опция
Доступ к данным через OPC			Опция
Сервер диагностических сообщений	-	-	+
Серверная консоль	-	-	+

## Функционирование комплекса «Волна-диспетчер»

Комплекс «Волна-диспетчер» устанавливается в корпоративной компьютерной сети газотранспортного общества. Серверные компоненты устанавливаются в виде системных служб на серверах, клиентские компоненты размещаются на персональных ЭВМ. Функциональная схема комплекса показана на рисунке ниже (см. стр. 14).

Сервер фактических данных периодически запрашивает у SCADA-системы значения изменившихся параметров процесса и передает их счетному серверу. Счетный сервер выполняет расчет в масштабе реального времени сохраняет результаты расчета в архив. Часть полученных расчетных параметров может быть передана от счетного сервера обратно в SCADA-систему для визуализации на АРМ диспетчера.

Расчетные данные могут передаваться по электронной почте во внешнюю организацию для удаленного мониторинга текущего рабочего режима ГТС средствами установленного там комплекса «Волна-диспетчер».

Пользователи через архив подключаются к текущей он-лайн задаче и могут в масштабе реального времени наблюдать за ходом расчета, а также при необходимости вносить управляющие воздействия, дополняя или корректируя поступающие фактические данные. Пользователи могут

просматривать результаты расчета, хранящиеся в он-лайн архиве. Результаты расчета за заданный интервал времени могут быть загружены в личный архив пользователя для просмотра и выполнения независимых локальных расчетов.

Кроме он-лайн архива могут быть организованы централизованные архивы для обмена пользовательскими задачами. Обмен задачами может также выполняться через файловую систему с помощью операций экспорта и импорта.

Кроме он-лайн сервера могут быть запущены и другие расчетные сервера, например, для одно-временной демонстрации расчетных задач группе пользователей в целях обучения.





