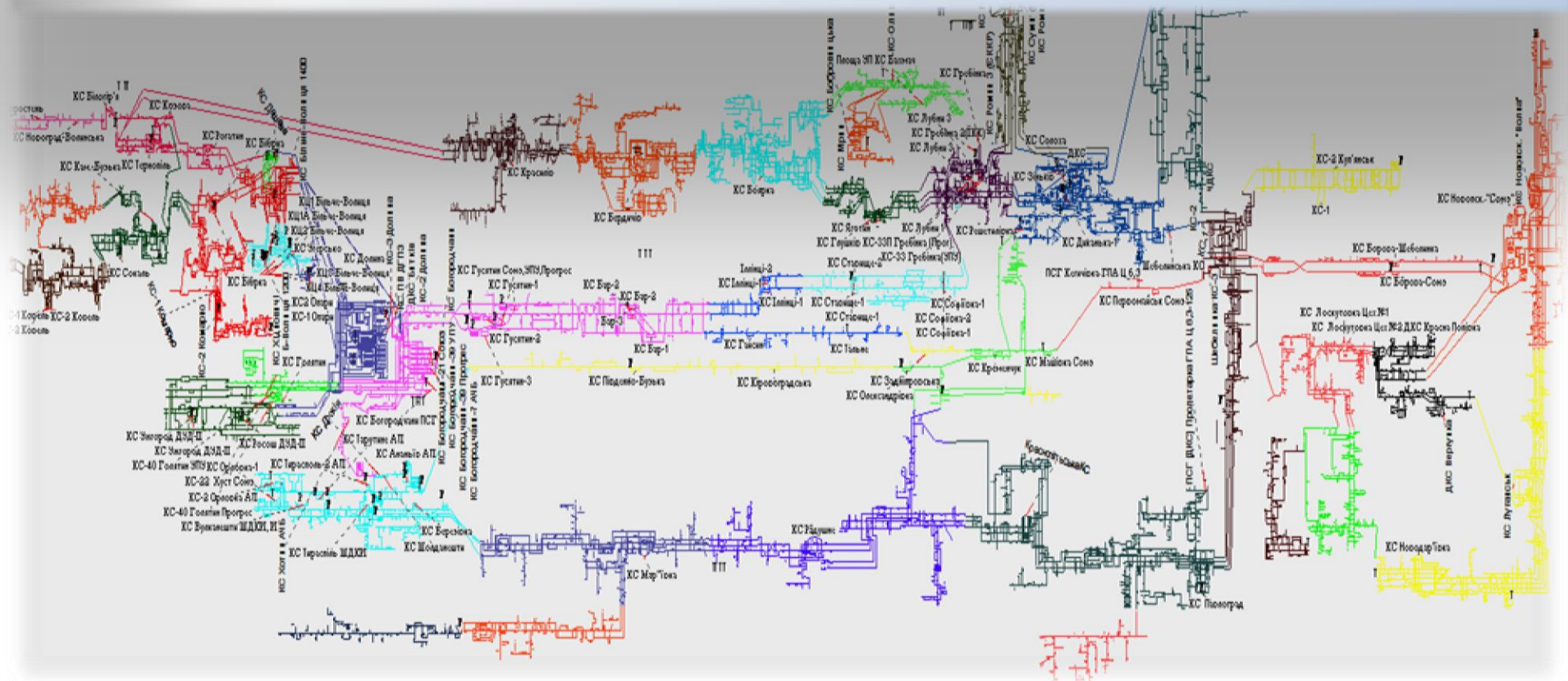


ООО «Математический центр»

mathcenter.com.ua

company@mathcenter.com.ua

СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ, ПЛАНИРОВАНИЯ, ОПТИМИЗАЦИИ И ФОРМИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОПОТОКАМИ



Цель работы

обеспечение транспортировки (экспорта и импорта), хранения и подачи газа потребителям с заданным качеством, надежностью и при минимальных топливно - энергетических затратах.

Назначение программных комплексов

моделирование газодинамических и фильтрационных процессов в технологических объектах транспортировки и хранения газа;

планирование режимов по заданным критериям оптимальности;

расчет нестационарных режимов транспортировки и хранения газа на заданный прогнозный период и заданный регламент работы технологических объектов;

расчет параметров оперативного оптимального управления технологическими процессами транспортировки и хранения газа;

оперативный контроль за работой газотранспортной системы (ГТС) и ее технологическими объектами.

Основа программных комплексов - решенные фундаментальные математические проблемы:

расчет параметров газа на участках газопроводов, проложенных по пересеченной местности;

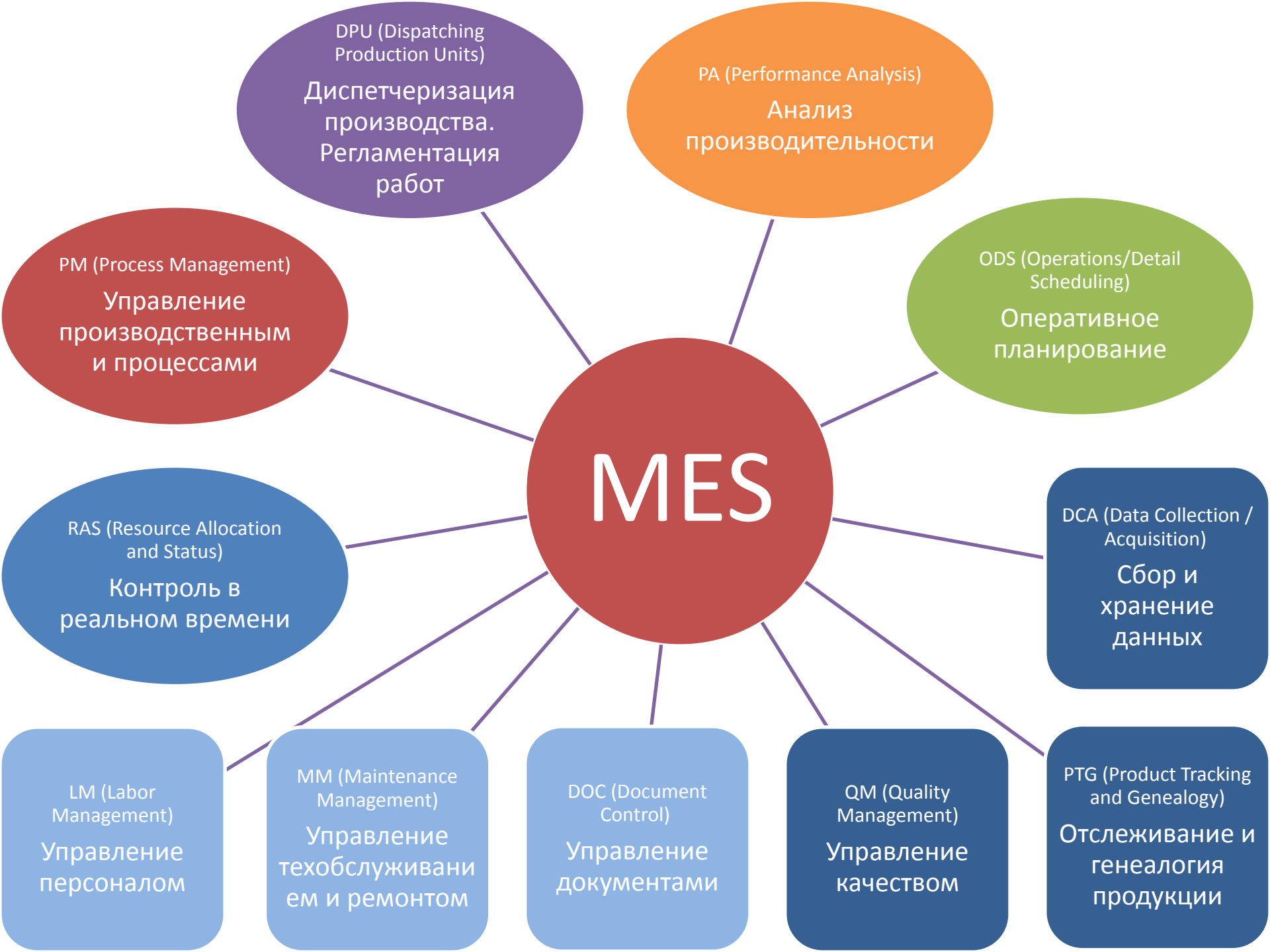
расчет распределительных газовых сетей высокого и низкого давления с заданными высотными отметками его проложения в условиях стационарных и нестационарных потоков газа;

расчет оптимальных режимов газотранспортных систем;

расчет оптимальных параметров управления газопотоками в условиях неустановившихся газовых потоков;

расчет фильтрации газа в неоднородных пористых средах;

расчет параметров фильтрации в неоднородных пористых средах в условиях вытеснения природного инертным газом.



MES

DPU (Dispatching Production Units)
Диспетчеризация производства.
Регламентация работ

PA (Performance Analysis)
Анализ производительности

ODS (Operations/Detail Scheduling)
Оперативное планирование

DCA (Data Collection / Acquisition)
Сбор и хранение данных

PTG (Product Tracking and Genealogy)
Отслеживание и генеалогия продукции

QM (Quality Management)
Управление качеством

DOC (Document Control)
Управление документами

MM (Maintenance Management)
Управление техобслуживанием и ремонтом

RAS (Resource Allocation and Status)
Контроль в реальном времени

LM (Labor Management)
Управление персоналом

PM (Process Management)
Управление производственным и процессами

Технологические объекты

Основные информационные объекты

- ГИС
- ГРС
- АГНКС
- промыслы
- запорная и регулирующая арматура

Объекты моделирования

- участки газопроводов
- скважины
- забой скважины
- газоперекачивающие агрегаты

Системы гидравлически связанных объектов

- распределительные сети
- шлейфо-коллекторные системы
- компрессорные цеха и станции
- одно- и многониточные магистральные газопроводы
- аппараты воздушного охлаждения
- подземные газохранилища (ПХГ)
- группы технологически объединенных ПХГ

Физические процессы, сопровождающие транспортировку газа

Группы процессов	Процессы	Математические модели
Термодинамические	нагрев / охлаждение	уравнения состояния газовой смеси
		уравнения состояния металла
	сжатие / расширение деформация / напряжение	уравнения состояния газовой смеси
		уравнения состояния металла
	тепловое расширение	уравнения состояния газа
		уравнения состояния металла
смешивание компонент	уравнения состояния газовой смеси	
Газодинамические	перенос массы	уравнения баланса массы
	перенос импульса	уравнения баланса импульса
	перенос момента импульса	уравнения баланса момента импульса
	перенос энергии	уравнения баланса энергии, уравнения переноса тепла, кинетической и потенциальной энергии
Диффузные, фильтрационные	диффузия компонент	уравнения диффузии, термодиффузии, механодиффузии
	фильтрация компонент и смеси	уравнения фильтрации
Химические и фазовые превращения	образование химических соединений	
	конденсация и испарение	
	горение	
Упругие, термоупругие		
Волновые		
Старение, деградация		

Задачи. Магистральные газопроводы

гидравлический и температурный расчет магистрального газопровода;

идентификация фактических коэффициентов гидравлического сопротивления и эффективности (в стационарном и нестационарном случаях на годовых данных);

расчет коэффициента теплопередачи газ - внешняя среда (в стационарном случае на значительных интервалах времени);

расчет скорости очистного поршня на участке газопровода;

расчет времени и объема стравливания газа через свечу;

расчет объема аккумулированного газа в газопроводе в условиях нестационарного его движения;

расчет параметров температурного режима транспортировки газа в условиях нестационарных процессов (в трехмерной постановке);

оценка потерь газа на участках газопроводов (найти и обосновать нормативные данные);

расчет местонахождения утечек газа (исследовать точность расчета);

расчет зон гидратообразования и объемов необходимого метанола.

Задачи. Компрессорные станции

расчет режимов работы ГПА, цеха, многоцеховых КС с разнотипными ГПА;

расчет топливно – энергетических затрат на заданный режим работы ГПА, КС;

расчет оптимальных режимов работы многоцеховых КС;

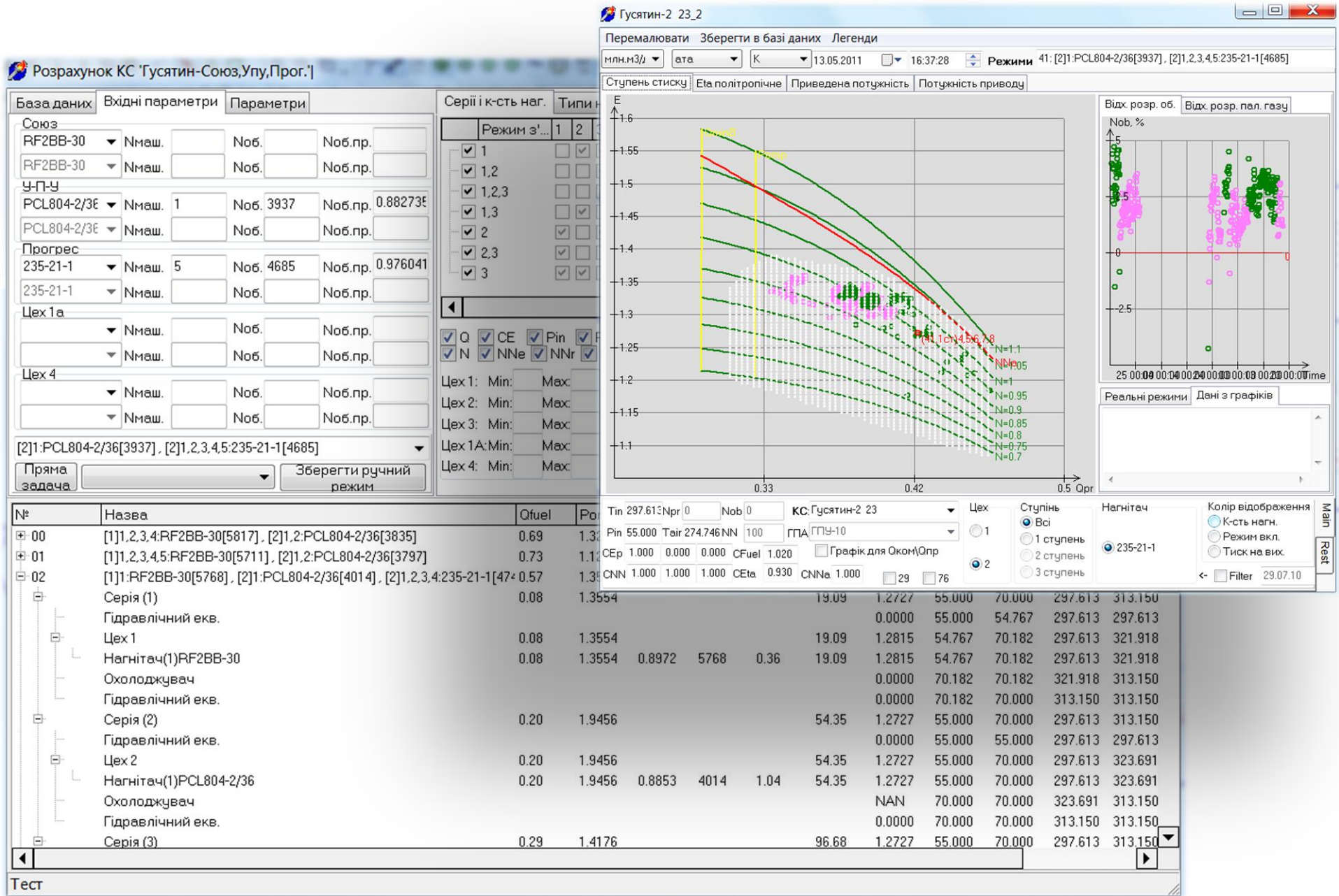
расчет рабочих характеристик нагнетателей и приводов по оперативных измеренных данных;

термо – гидравлический расчет на детальных граф – схемах КС;

отображения архивных данных режимов работы выбранного ГПА, КС с возможностью нахождения области их реальных режимов;

идентификация состояния объектов ГПА и КС.

Расчет разнотипных и многоцеховых КС



Системные задачи. Подземные газохранилища

термо - гидравлический расчет системы пласт - магистраль;

решения основных прямых и обратных режимно-технологических задач;

расчет периодов бескомпрессорных отборов и нагнетания газа;

расчет параметров идентификации состояния объектов;

расчет различных типов ДКС (газотурбинные, поршневого типа);

формирование допустимых оптимальных эксплуатационных режимов работы системы хранения газа;

определение динамики располагаемых перетоков газа и аккумулирующей способности газоносных пластов;

расчет пропускной способности технологических объектов системы пласт-магистраль;

построить пиковые режимные параметры в области изменения давления в магистрали;

оптимальное планирование работы на заданный период отбора - нагнетания газа.

Контроль в реальном времени

Управление производственными процессами

Диспетчеризация производства. Регламентация работ

Анализ производительности

Оперативное планирование

Задачи в отношении технологических объектов ПХГ

Пласт газохранилища:

расчет параметров газа во всей его области фильтрации;

расчет неоднородных коэффициентов пористости, проницаемости, газонасыщенности пласта - коллектора хранилища;

уточнение геометрических, геологических и аккумулирующих параметров пластов - коллекторов

Забой скважины:

расчет фильтрационных коэффициентов призабойных зон;

расчет плотности перфорации обсадной колонны;

проведение исследования забоя скважин газогидродинамическими методами

Скважина:

расчет дебита, устьевого и забойного давлений газа;

расчет влияния дополнительной перфорации скважин на ее дебит;

расчет влияния параметров открытого забоя на дебит скважины

Обвязка устья скважины:

построение гидравлического эквивалента обвязки устья скважины

Шлейфо-коллекторная система (ШКС):

термогидравлический расчет ШКС при всех возможных вариантах задания давлений и расходов.

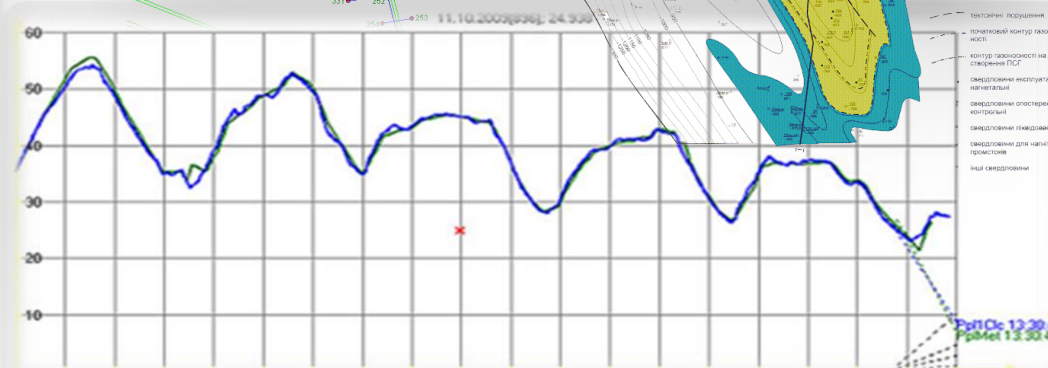
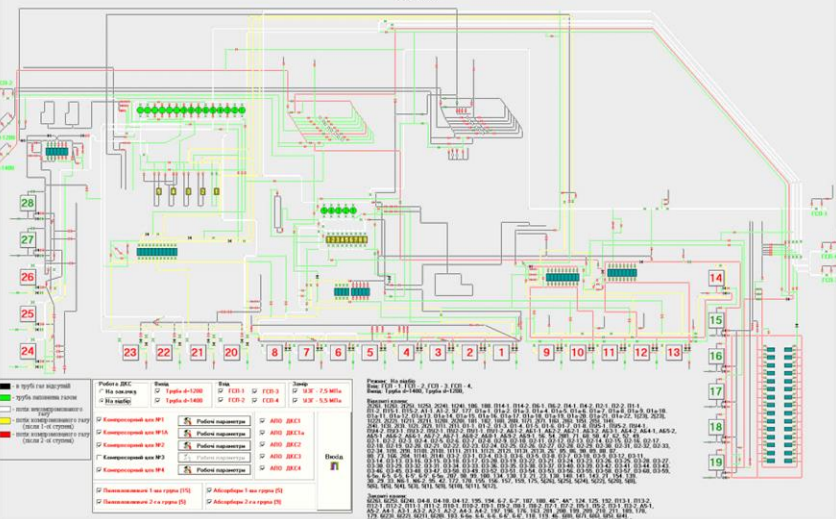
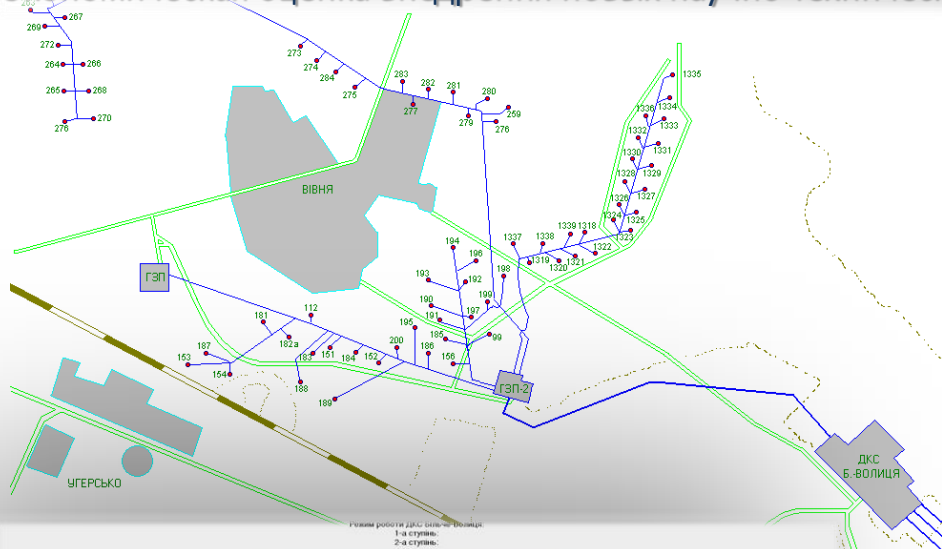
Система моделирования работы ПХГ

Планирование оптимальной работы

Изучение динамики поведения фильтрационных и газодинамических параметров на значительных интервалах времени

Изучение и разработка новых технологических решений и режимов эксплуатации

Экономическая оценка внедрения новых научно-технических решений



Группы технологически объединенных газохранилищ

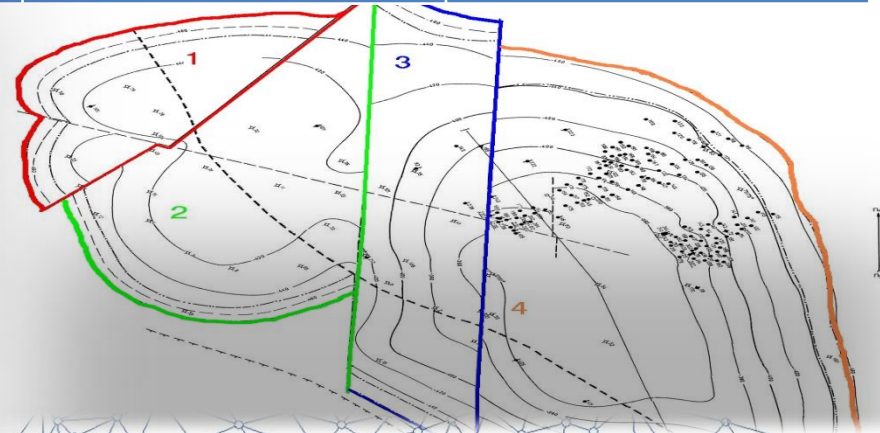
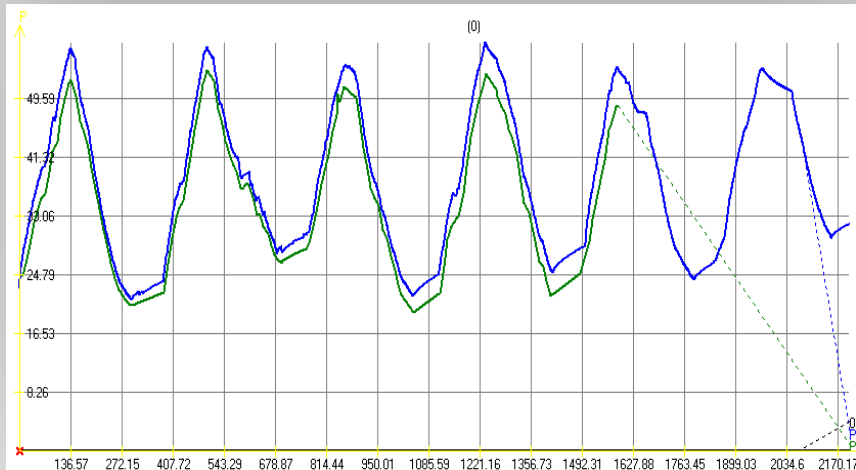
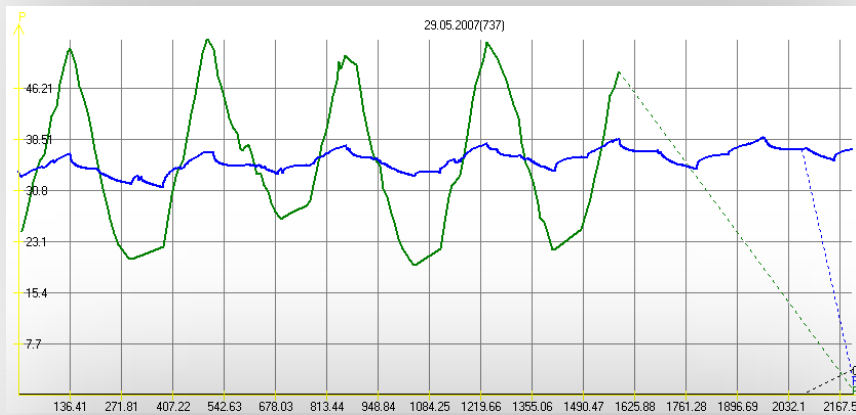
построение функций пиковости для всех газохранилищ как функций расхода газа, топливного газа и давления в магистральном газопроводе в области проектных и реальных режимов работы ПХГ;

оптимальное распределение газа для хранения между хранилищами при условии обеспечения суммарной максимальной пиковости при его отборе на заданном интервале времени;

оптимальное планирование отбора газа из хранилищ в условиях максимальной пиковости газохранилищ в процессе его отбора, или максимальной пиковости имеющегося активного газа

Замещение буферного газа азотом

	Конец 2-го сезона	Конец 3-го сезона	Конец 4-го сезона
После закачки	29,75	23,97	27,44
Без закачки	27,77	21,16	23,47
Разница давлений	1.98	2.81	3.97



Характеристика программного модуля ПХГ - режим

скорость моделирования фильтрационных процессов обеспечивают методы работы с разреженными матрицами;

гидравлический расчет технологической цепочки **забой** -> **газосборный комплекс** обеспечивают методы решения систем с разнотипных нелинейных уравнений;

учет гидравлического взаимодействия всех объектов, которые принимают участие в нагнетании, хранении и отборе газа;

автоматизация процесса формирования модели для различных модификаций оборудования, изменений состояний технологических объектов, модернизации и реконструкции отдельных объектов и ПХГ в целом;

адаптация моделей технологических объектов к меняющимся условиям их работы и их газогидродинамического состояния;

оперативное проведение многократных расчетов для поиска оптимальных режимных параметров на значительных интервалах времени и, при необходимости, сравнительного анализа возможных вариантов реконструкции ПХГ;

учтена газогидродинамическая связь между всеми технологическими объектами, которые принимают участие в отборе и нагнетании газа;

обеспечена автоматизация процесса адаптации моделей объектов системы к фактическому состоянию;

учтены нормативные требования к работе газохранилища;

предусмотрена возможность сравнительного анализа эффективности использования различного технологического оборудования в ходе модернизации и реконструкции ПХГ

Газотранспортная система

расчет, оптимальное планирование и прогнозирование работы системы транспортировки газа в условиях стационарного и нестационарного движения газа;

расчет параметров оптимального управления газопотоками в ГТС;

построение по измеренным данным гидродинамических характеристик технологического оборудования;

мониторинг работ на объектах ГТС, влияющих на потокораспределение в ГТС (АРМ огневые работы);

расчет параметров управления тепловым режимом транспортировки газа;

расчет – прогнозирование калорийности газа на заданном отборе ГТС;

построение автоматизированной системы рейтингового отбора энергосберегающих проектов для внедрения на предприятиях ОАО "Укртрансгаз" (энергетический аудит);

расчет свободных мощностей с учетом компонентного состава газа (калорийности газа);

развитие и адаптация существующих логистических систем, для обеспечения эффективного взаимодействия диспетчерских служб стран импортеров и экспортеров газа

Контроль в реальном времени

Управление производственными процессами

Диспетчеризация производства. Регламентация работ

Анализ производительности

Оперативное планирование

Информационное обеспечение

оперативная актуализация информационной поддержки задач;

информационное обеспечение перспективного планирования режимов;

информационное обеспечение оперативного планирования режимов;

информационное обеспечение задач оперативного формирования параметров управления газодинамическими процессами;

оперативное прогнозирование потребления газа и оптимальное оперативное управление ПХГ;

расчет оптимального отбора газа из хранилищ по критериям оптимальности и постоянной поддержки их суммарной пиковости

АРМ
технологических
схем

АРМ
кранов

АРМ
огневых
работ

ГИС

PI-
система

Mesgis

Журна-
лы
диспет-
чера

Регла-
мент
работы
объектов
ГТС

Система актуализации
технологических схем

Система обработки и
анализа данных

Норма-
тивные и
методи-
ческие
материалы

Расчетные задачи

Система
актуализа-
ции
прикладного
программ-
ного
обеспечения

Система анализа и визуализации данных, представления данных
для печати

WEB-часть расчетного комплекса

The screenshot displays a web browser window with the address `192.168.1.114:8282/redwebapp/Redwebapp.html`. The browser tabs include "Новая вкладка", "Ghostery Configur...", and "программы для со...".

The main interface features a sidebar with a "Задачи" (Tasks) menu containing "Приведені характеристики...", "Розрахунок КС", "Нестационар", and "Визуалізація оптималь". Below this is a "Параметри об'єкта" (Object Parameters) table.

Заміряні параметри	
Магістраль	У-П-У
Код	kk010
Тиск входу, (атм)	56.6
Тиск виходу, (атм)	71.3
Температура входу, (С)	20.5
Температура виходу, (С)	40.5
Паливний газ, (тис.м3/год)	11047.71
К-ть нагнітачів (1 ст.)	2
К-ть оборотів (1 ст.)	3310.0
К-ть нагнітачів (2 ст.)	0

The central area shows a complex piping diagram with a large oval highlighting a specific section. This section includes a compressor station labeled "КС-33 Гребінка (Прог)" and a gas source labeled "Піски" with a pressure of 40.15 and a flow rate of 7.3. Other components include valves, gauges, and various pipe segments with numerical labels like 20, 43, 71, 35, 4, 5250, 7.48788, 26.4, 101, 4650, 0, 2, 3310, 11.04771, 56.6, 56.92, 5.2, and 46.5. A legend at the bottom left identifies symbols for pipes, gauges, valves, compressors, reducers, bypasses, and blow-off valves.

The bottom right corner shows a smaller, more detailed view of a specific part of the piping system, possibly a valve assembly or a junction, with various colored components.

Реализованная функциональность в WEB

график приведенных характеристик нагнетателей;

расчет многоцеховых КС с разнотипными ГПА;

нестационарный расчет участков газопроводов;

оптимальное планирование режимов работы ГТС;

технологическая схема ГТС и система актуализации информационной поддержки;

загрузка, обработка и отображение данных с АРМ диспетчера и PI-system

Система
идентификации
параметров
моделей

Система
актуализации
технологических
схем и данных

Особенности
функциони-
рования ГТС
Украины

Расчет
интегральных
параметров
режима

Методы и
алгоритмы
поиска
оптимального
решения

Критерии
оптимальности

Система формирования
входных данных

Расчет объектов ГТС (ГПА, КС,
ПХГ и т.п.)

Расчет параметров газопотоков в ГТС

Система интерпретации результатов
моделирования

Структура
потребления

Прогноз
погоды

Планирование и
прогнозирование потребления
Украины

Планирование и
прогнозирование
импорта

Планирование и
прогнозирование
добычи

Оптимальное оперативное / перспективное управление ПХГ

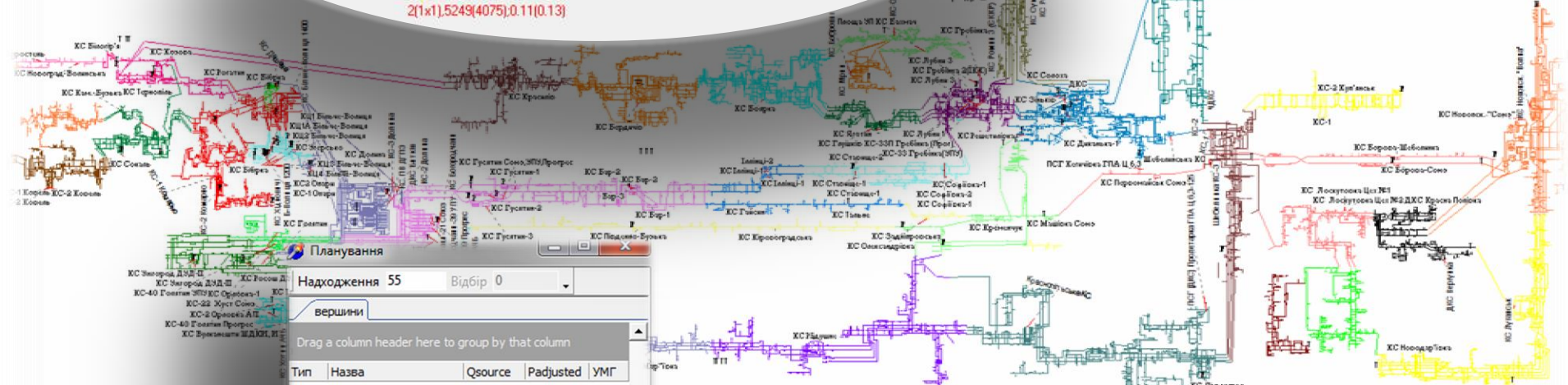
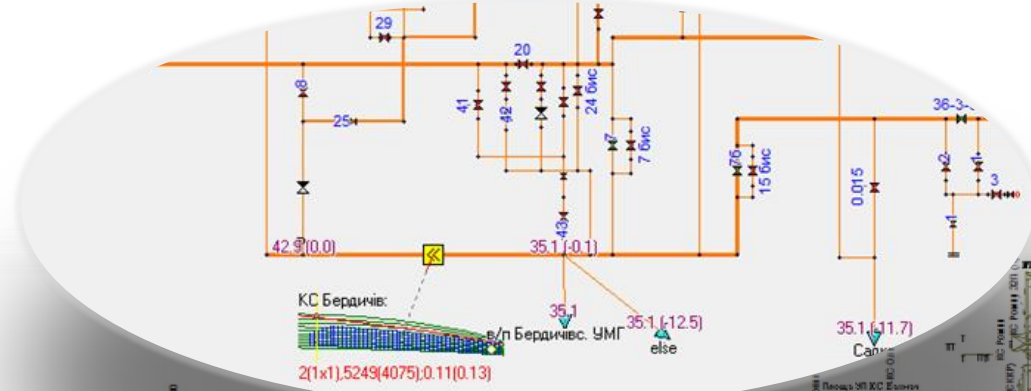
Планирование и
прогнозирование
транзита

Баланс по Украине

Система прогнозирования параметров газа на всех входах
и выходах

**Система оптимального оперативного /
перспективного планирования**

Планирование режимов работы ГТС



Планування

Надходження 55 Відбір 0

вершини

Drag a column header here to group by that column

Тип	Назва	Qsource	Padjusted	УМГ
●	ПСГ Мрин (відбір)	4.30987	38.9	КТГ
●	ПСГ Солоха (відбір)	2.58592	47.5	КТГ
●	ПСГ Олишівське(відбір)	0.105856	32.3	КТГ
●	ГСП-3 Уг.-Б.Вол.	5.26258	19.3	ЛПГ
●	ГСП-1 Уг.-Б.Вол.	6.30602	19.5	ЛПГ
●	ГСП-4 Уг.-Б.Вол.	4.29475	19.2	ЛПГ
●	ГСП-2 Уг.-Б.Вол.	10.9788	19.6	ЛПГ
●	Угерсько XIV - XV	0.51416	14.8	ЛПГ
●	ОПАРСЬКА СПЗГ	2.96398	24.9	ЛПГ
●	ДАШАВСЬКА СПЗГ	6.44212	33.9	ЛПГ
●	ПСГ Богородчани Витри	9.72367	0	ППГ
		13	55.00	

Україна	-0.570413	ЛТГ
Надходження	404.62	Надх
- по газопроводах	260.62	- від
- відбір із ПСГ	55	- від
- від промислів	89	- від
Розподіл	405.19	Розп
- експорт	180.75	- експорт
- Молдова	8.52	- Молдова
- Росія	0	- Росія
- споживачі України	213.413	- Україна
- виробничо-технол	2.50758	- власні потреби
- закачка в ПСГ	0	- подача ППГ

ЧТГ	1.49012	КТГ	-4.3234	ХТГ	-0.2297	ДТГ	0.97218
Надходження	175.37	Надходження	213.17	Надходження	74.040	Надходження	79.694
- від промислів	0.895	- від промислів	33.68	- від промислів	27.584	- від промислів	15.394
- від КТГ	136.48	- відбір із ПСГ	7.0016	- від ВАТ "ГазПром"	27.94	- відбір із ПСГ	37.9942
- від ДТГ	37.9942	- від ВАТ "ГазПром"	168.38	- відбір із ПСГ	1.5122	- від ВАТ "ГазПром"	64.3
- подача ХТГ	0	- від інших транзгаз	4.116	- від ЧТГ	17.004	- від ЧТГ(реверс)	0
Розподіл	173.88	Розподіл	217.50	Розподіл	74.269	Розподіл	78.7168
- подача ХТГ	12.888	- подача ЧТГ	136.48	- подача ЧНП	0	- подача ЧТГ	37.9942
- Україна	27.020	- Україна	46.825	- Україна	58.073	- Україна	40.7226
- власні потреби	0.2725	- власні потреби	1.1024	- власні потреби	0	- власні потреби	0
- подача ППГ	133.70	- подача ЛПГ	33.088	- подача ППГ	12.576	- подача Росії	0
- подача КТГ	0	- закачка в ПСГ	0	- закачка в ПСГ	0	- закачка в ПСГ	0

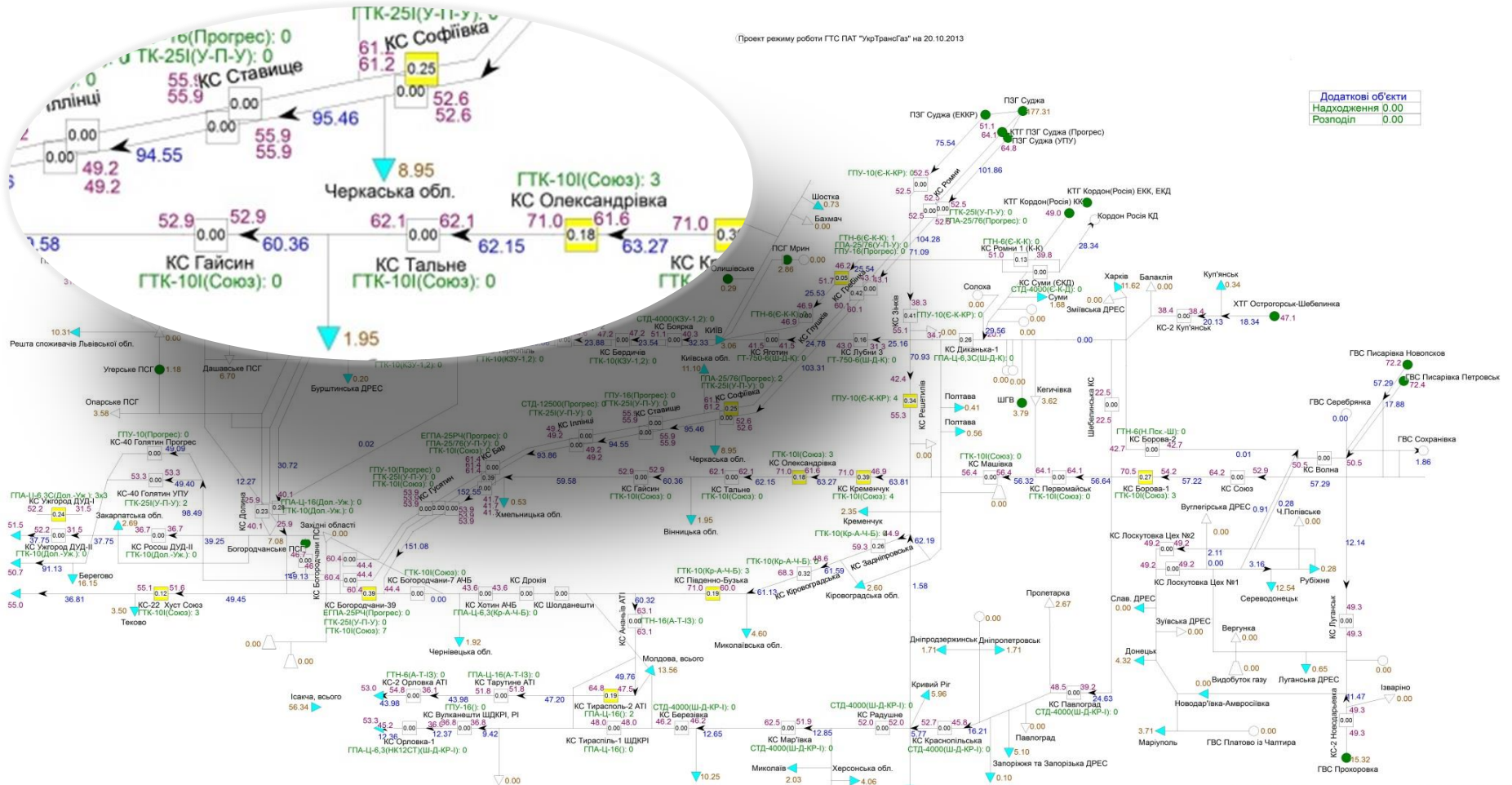
ЧТГ	1.49012	КТГ	-4.3234	ХТГ	-0.2297	ДТГ	0.97218
Надходження	175.37	Надходження	213.17	Надходження	74.040	Надходження	79.694
- від промислів	0.895	- від промислів	33.68	- від промислів	27.584	- від промислів	15.394
- від КТГ	136.48	- відбір із ПСГ	7.0016	- від ВАТ "ГазПром"	27.94	- відбір із ПСГ	37.9942
- від ДТГ	37.9942	- від ВАТ "ГазПром"	168.38	- відбір із ПСГ	1.5122	- від ВАТ "ГазПром"	64.3
- подача ХТГ	0	- від інших транзгаз	4.116	- від ЧТГ	17.004	- від ЧТГ(реверс)	0
Розподіл	173.88	Розподіл	217.50	Розподіл	74.269	Розподіл	78.7168
- подача ХТГ	12.888	- подача ЧТГ	136.48	- подача ЧНП	0	- подача ЧТГ	37.9942
- Україна	27.020	- Україна	46.825	- Україна	58.073	- Україна	40.7226
- власні потреби	0.2725	- власні потреби	1.1024	- власні потреби	0	- власні потреби	0
- подача ППГ	133.70	- подача ЛПГ	33.088	- подача ППГ	12.576	- подача Росії	0
- подача КТГ	0	- закачка в ПСГ	0	- закачка в ПСГ	0	- закачка в ПСГ	0

ЧТГ	1.49012	КТГ	-4.3234	ХТГ	-0.2297	ДТГ	0.97218
Надходження	175.37	Надходження	213.17	Надходження	74.040	Надходження	79.694
- від промислів	0.895	- від промислів	33.68	- від промислів	27.584	- від промислів	15.394
- від КТГ	136.48	- відбір із ПСГ	7.0016	- від ВАТ "ГазПром"	27.94	- відбір із ПСГ	37.9942
- від ДТГ	37.9942	- від ВАТ "ГазПром"	168.38	- відбір із ПСГ	1.5122	- від ВАТ "ГазПром"	64.3
- подача ХТГ	0	- від інших транзгаз	4.116	- від ЧТГ	17.004	- від ЧТГ(реверс)	0
Розподіл	173.88	Розподіл	217.50	Розподіл	74.269	Розподіл	78.7168
- подача ХТГ	12.888	- подача ЧТГ	136.48	- подача ЧНП	0	- подача ЧТГ	37.9942
- Україна	27.020	- Україна	46.825	- Україна	58.073	- Україна	40.7226
- власні потреби	0.2725	- власні потреби	1.1024	- власні потреби	0	- власні потреби	0
- подача ППГ	133.70	- подача ЛПГ	33.088	- подача ППГ	12.576	- подача Росії	0
- подача КТГ	0	- закачка в ПСГ	0	- закачка в ПСГ	0	- закачка в ПСГ	0

ЧТГ	1.49012	КТГ	-4.3234	ХТГ	-0.2297	ДТГ	0.97218
Надходження	175.37	Надходження	213.17	Надходження	74.040	Надходження	79.694
- від промислів	0.895	- від промислів	33.68	- від промислів	27.584	- від промислів	15.394
- від КТГ	136.48	- відбір із ПСГ	7.0016	- від ВАТ "ГазПром"	27.94	- відбір із ПСГ	37.9942
- від ДТГ	37.9942	- від ВАТ "ГазПром"	168.38	- відбір із ПСГ	1.5122	- від ВАТ "ГазПром"	64.3
- подача ХТГ	0	- від інших транзгаз	4.116	- від ЧТГ	17.004	- від ЧТГ(реверс)	0
Розподіл	173.88	Розподіл	217.50	Розподіл	74.269	Розподіл	78.7168
- подача ХТГ	12.888	- подача ЧТГ	136.48	- подача ЧНП	0	- подача ЧТГ	37.9942
- Україна	27.020	- Україна	46.825	- Україна	58.073	- Україна	40.7226
- власні потреби	0.2725	- власні потреби	1.1024	- власні потреби	0	- власні потреби	0
- подача ППГ	133.70	- подача ЛПГ	33.088	- подача ППГ	12.576	- подача Росії	0
- подача КТГ	0	- закачка в ПСГ	0	- закачка в ПСГ	0	- закачка в ПСГ	0

Потоčná схема ГТС України. Рассчитанный режим работы ГТС

Проект режиму роботи ГТС ПАТ "УкрТрансГаз" на 20.10.2013



Додаткові об'єкти	
Надходження	0.00
Розподіл	0.00

Україна	
Надходження	466.85
- по газопроводах	315.08
- відбір з ПСГ	58.62
- від промислія	93.15
Розподіл	472.61
- експорт	250.48
- Молдова	9.79
- Росія	0.00
- споживачі України	206.57
- вироб-техпол. потреби	5.76
- зачка в ПСГ	0.00

ЛТГ	
Надходження	76.61
- Від промислія	13.57
- Від Белтрансгаз	0.00
- Відбір з ПСГ	42.11
- Від КТГ	20.93
- Від ПТГ (закачка)	0.00
Розподіл	75.28
- Експорт	12.30
- Україна	21.72
- вл. потреби	0.39
- Подача ПТГ	40.89
- Закачка в ПСГ	0.00

ПТГ	
Надходження	274.79
- Від промислія	1.00
- Від ЛТГ	40.89
- Відбір з ПСГ	7.08
- Від ХТГ	12.79
- Від ЧТГ	213.03
Розподіл	270.34
- Експорт	238.18
- Україна	20.92
- вл. потреби	1.45
- Молдова	9.79
- Закачка в ПСГ	0.00
- Подача ЛТГ(закач)	0.00
- КС Тарутіно	0.00

ЧТГ	
Надходження	240.10
- Від промислія	1.56
- Від КТГ	181.25
- Від ДТГ	57.29
Розподіл	235.68
- Подача ХТГ	0.00
- Україна	20.68
- вл. потреби	1.97
- Подача ПТГ	213.03
- Подача на ДТГ(реверс)	0.00

КТГ	
Надходження	246.22
- Від промислія	33.75
- Відбір з ПСГ	3.14
- Від ВАТ "Газпром"	205.71
- Від інших трансгазів	3.62
Розподіл	249.89
- Подача ЧТГ	181.49
- Україна	45.51
- вл. потреби	1.96
- Подача ПТГ	20.93
- закачка в ПСГ	0.00
- Курська обл.	0.00

ХТГ	
Надходження	48.64
- від промислія	25.82
- від ВАТ "Газпром"	18.34
- відбір з ПСГ	2.67
- від ЧТГ	1.82
Розподіл	71.25
- подача ЧНПГ	0.00
- Україна	54.84
- вл. потреби	0.00
- подача ПТГ	12.79
- закачка в ПСГ	0.00
- Подача КТГ	3.62

ДТГ	
Надходження	108.48
- від промислія	17.45
- відбір з ПСГ	0.00
- від ВАТ "Газпром"	91.03
- від ЧТГ(реверс)	0.00
Розподіл	100.19
- подача ЧТГ	57.29
- Україна	42.91
- вл. потреби	0.00
- подача Росії	0.00
- зачка в ПСГ	0.00

Найменування	Q	P	вх	п
Б-Волиця 1200	9.39	18.9	18.9	0
КС Більче-Волиця 1400	0.00	18.8	38.9	0
КС Угерсько	0.00	0.0	0.0	2
КЦ1 Більче-Волиця	1.18	16.8	41.5	7
КЦ3 Більче-Волиця	0.00	0.0	0.0	0
КЦ1А Більче-Волиця	0.00	0.0	0.0	2
КЦ4 Більче-Волиця	0.00	0.0	0.0	2
КС Дашава	6.70	14.2	28.3	1
КС-1 Слари	0.00	0.0	0.0	4
КС2 Слари	2.95	0.0	41.7	0
КС Богородчанський ПСГ	0.00	0.0	0.0	0
КС Мрин	2.62	40.8	40.8	0
КС Бобровицька	0.00	0.0	0.0	1
КС Сопоха	0.00	34.7	66.3	6
ПСГ Келічка ГПА Ц 6.3	0.00	61.6	61.6	0
ПСГ [ДКС] Пролетарка ГПА Ц 6.3-125	2.67	28.0	48.5	1
ДКС Красна Політва	0.00	49.7	49.7	0
ДКС Вергунка	0.00	51.4	51.4	0

Кількість днів у розрахунковому періоді - 30
Тиски вказані в атм, обсяги газу - млн м3/добу

Характеристика программного модуля - расчет стационарных режимов

модель газотранспортной системы включает все объекты, которые представлены на технологических схемах;

методы поиска решений не привязаны к типу математического представления моделей объектов и различных вариантов детализации моделей компрессорных станций;

возможно включение в модель ГТС объектов дискретного действия (например, необратимых клапанов);

быстрая сходимость метода обеспечена при включении в модель десятков тысяч объектов при старте метода с нулевых начальных условий;

соединена оптимизация потокораспределения и многоцеховых КС с разнотипными ГПА;

методы идентификации параметров моделей работают в условиях неполноты данных

Статистические методы

Решение обратных задач

Целеустремленный перебор

Построение термо-гидравлических эквивалентов

Идентификация термо – гидравлических параметров участков газопроводов

Идентификация параметров ГПА - привода и ЦН

Идентификация параметров пластов – коллекторов

Идентификация фильтрационных коэффициентов призабойных зон

Идентификация параметров запорной и регулирующей арматуры

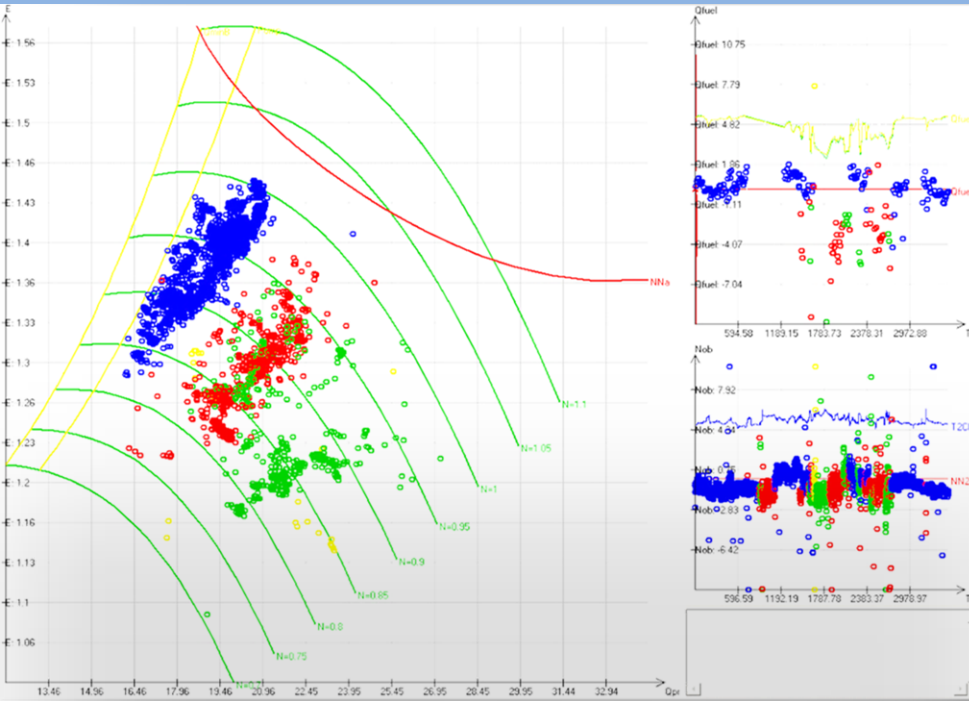
Методы и алгоритмы идентификации

Идентификация параметров объектов

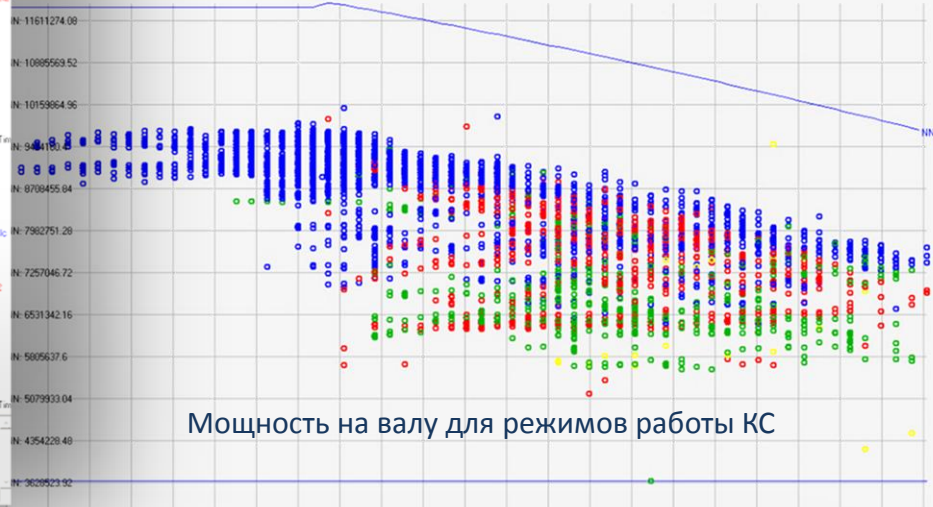
Модели газовых потоков

Система визуализации результатов идентификации

Система расчета реальных параметров КС

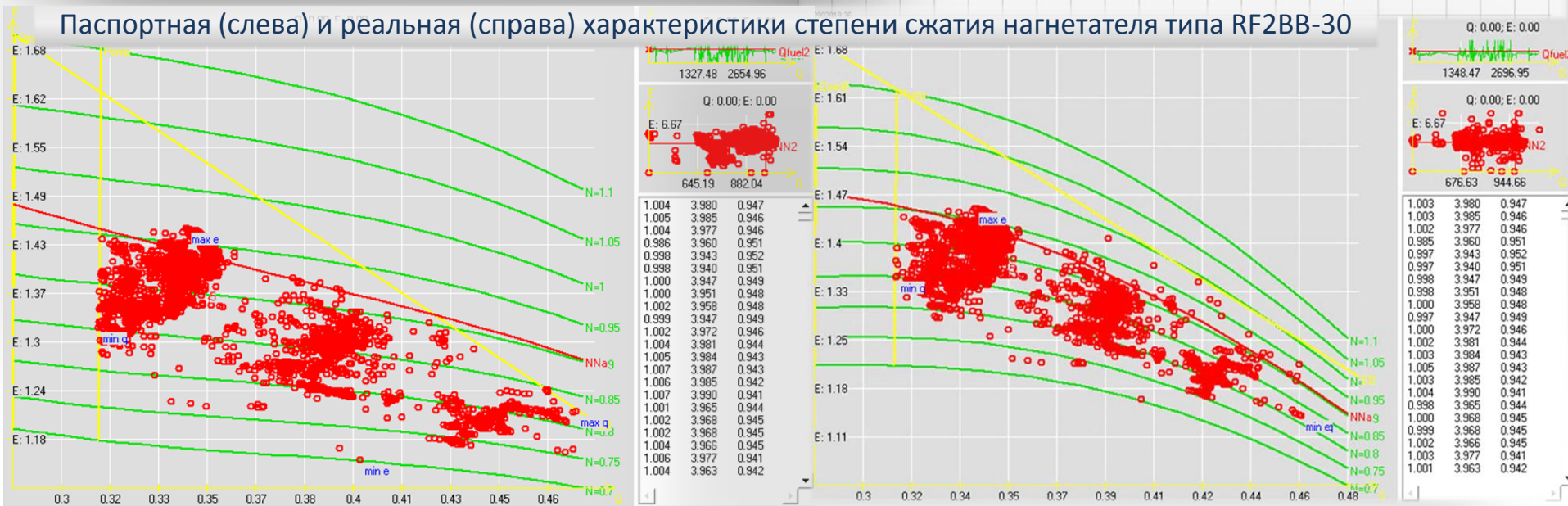


Анализ работы ЦН КС Боровая (RF2BB-30) за 2007 год (около 3600 рабочих точек), где синие точки – режим с 5 ГПА, красные – режим с 4 ГПА, зеленые – режим с 3 ГПА, желтые – режим с 2 ГПА.



Мощность на валу для режимов работы КС

Паспортная (слева) и реальная (справа) характеристики степени сжатия нагнетателя типа RF2BB-30



Контроль в реальном времени

Управление производственными процессами

Анализ производительности

Оперативное планирование

Результат

объем аккумулированного газа в системе и в произвольных выделенных подсистемах;

динамика изменения объемов аккумулированного газа в произвольных выделенных подсистемах;

товаротранспортная работа (ТТР) для выделенных подсистем и потребителей газа;

топливно – энергетические ресурсы на единицу ТТР для выделенных подсистем и потребителей газа;

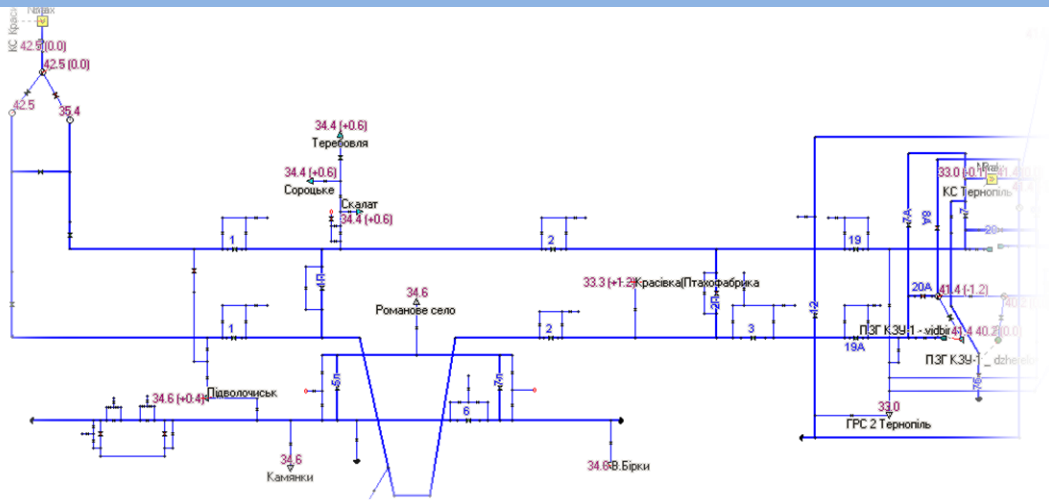
баланс, дисбаланс газа;

анализ эффективности использования топливно – энергетических ресурсов на режим;

расчет калорийности газа для каждого потребителя;

расчет свободных мощностей с учетом компонентного состава газа (калорийности газа).

Расчет нестационарных режимов



Технологическая схема участка газопровода КС Красилово – Тернополь

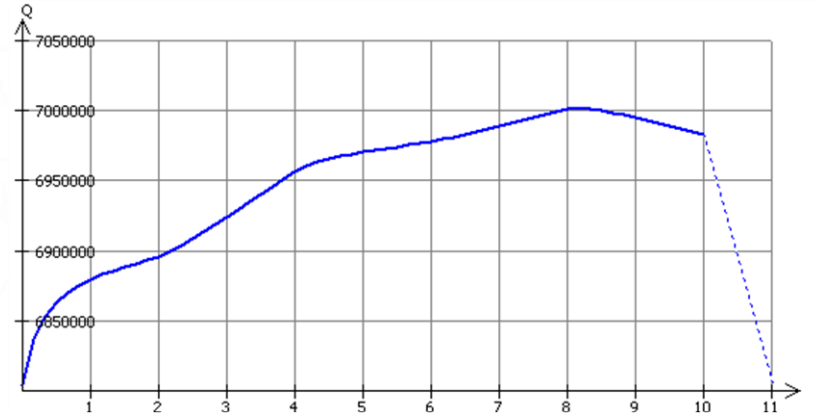
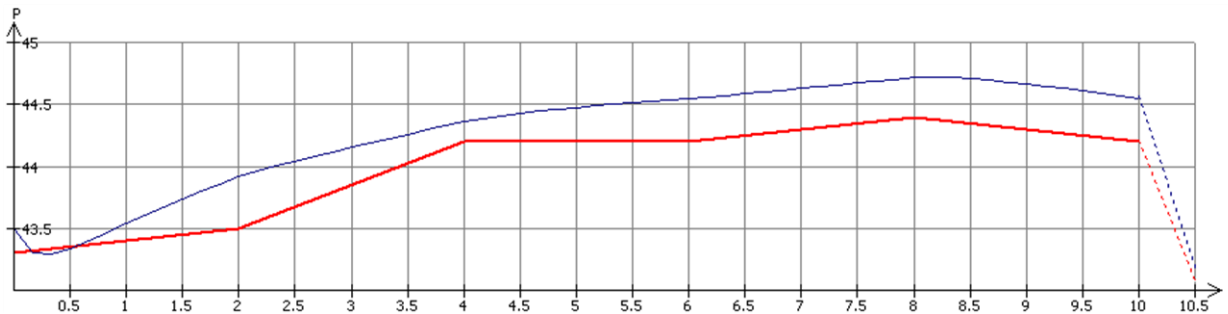
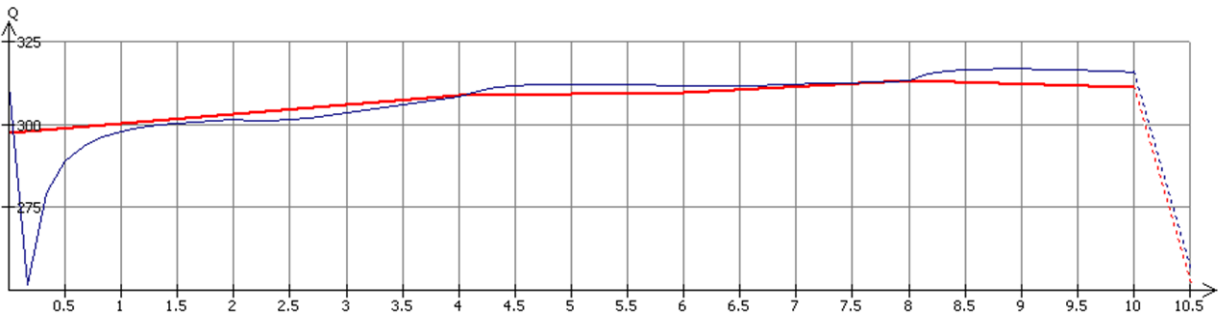


График изменения объема аккумулированного газа в системе (рассчитанный)



Графики изменения давления газа КС Красилово (красный – измеренный, синий – рассчитанный)



Графики изменения расхода газа КС Тернополь (красный - измеренный, синий - рассчитанный)

Адаптивный метод расчета нестационарных режимов

Критерии оптимизации, принципы оптимального управления

Система формирования оптимальных технологических границ и ограничений

Система формирования параметров алгоритмов реализации регламента

Расчет интегральных режимных параметров подсистем ГТС

Система формирования регламента работы ГТС и ее объектов: диалоговая и автоматическая

Система планирования прогнозного оптимального режима в условиях работы системы в нестационарном режиме

Система формирования расчетных схем с учетом динамики процессов и регламентов работы объектов

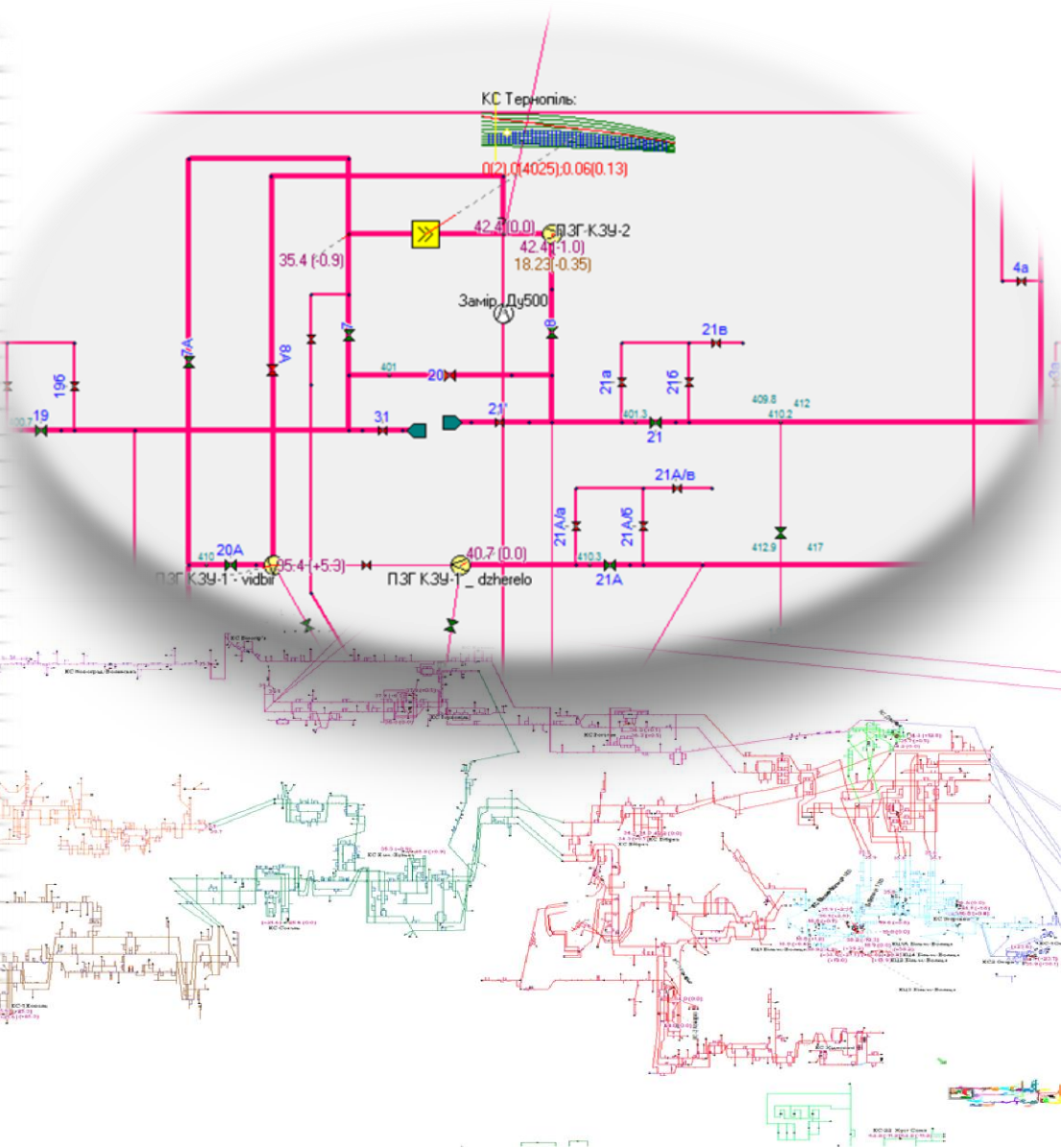
Система анализа динамики изменения контролируемых параметров (влияния управления)

Система формирования оптимальных параметров управления

Расчет нестационарных режимов

Click here to define a filter

В.п. Рів	w030	-0.0139999993	-0.0120000005	Q	03.11.2012	00:00:00
АГНС ТОВ "АРЕТТ"	z054	-0.0060000002	-0.0049999999	Q	03.11.2012	00:00:00
КС Тернопіль	z011	1.40350881885	1.38938049064	E	03.11.2012	00:00:00
КС Бібрка	z044	1.34890969767	1.37658226186	E	03.11.2012	00:00:00
КЦ2 Більче-Волиця	z064	17.7600001464	18.047999707	Q	03.11.2012	00:00:00
КС Більче-Волиця 1400	z068	17.7600001464	18.047999707	Q	03.11.2012	00:00:00
КЦ1А Більче-Волиця	z063	17.7600001464	18.047999707	Q	03.11.2012	00:00:00
ПЗГ Кобрин	z021	15.5280005855	15.6000001464	Q	03.11.2012	02:00:00
Надх. від ПрикарпатТТ	z053	-17.472000585	-16.776000439	Q	03.11.2012	02:00:00
ПЗГ Мозир	z091	9.64799978027	9.81600029296	Q	03.11.2012	02:00:00
КС Красилів	z015	3.06974542236	2.84584943847	Q	03.11.2012	02:00:00
КС Тернопіль	z011	1.38938049064	1.3973214183	E	03.11.2012	02:00:00
КС Бібрка	z044	1.37658226186	1.40384609506	E	03.11.2012	02:00:00
ПЗГ Кобрин	z021	15.6000001464	15.4800004394	Q	03.11.2012	04:00:00
	z041	-11.232	-11.208000585	Q	03.11.2012	04:00:00
Надх. від ПрикарпатТТ	z053	-16.776000439	-16.728000292	Q	03.11.2012	04:00:00
ГСП-1 Уг.-Б.Вол.	p014	5.59199992675	5.832	Q	03.11.2012	04:00:00
ГСП-4 Уг.-Б.Вол.	p017	5.47199989015	5.49599996337	Q	03.11.2012	04:00:00
ГСП-3 Уг.-Б.Вол.	p016	6.98400021972	7.15200007324	Q	03.11.2012	04:00:00
	g061	1.03200001831	1.10399999084	Q	03.11.2012	04:00:00
	g061	-1.0320000183	-1.1039999908	Q	03.11.2012	04:00:00
Б.-В. 1400	z068a	18.047999707	18.479999707	Q	03.11.2012	04:00:00
ЛПГ БВ 1200	z068b	-18.047999707	-18.479999707	Q	03.11.2012	04:00:00
ПЗГ Мозир	z091	9.81600029296	9.86399978027	Q	03.11.2012	04:00:00
КС Тернопіль	z011	1.3973214183	1.3811659323	E	03.11.2012	04:00:00
КС Бібрка	z044	1.40384609506	1.4193548387	E	03.11.2012	04:00:00
КЦ2 Більче-Волиця	z064	18.047999707	18.479999707	Q	03.11.2012	04:00:00
КС Більче-Волиця 1400	z068	18.047999707	18.479999707	Q	03.11.2012	04:00:00
КЦ1А Більче-Волиця	z063	18.047999707	18.479999707	Q	03.11.2012	04:00:00
ПЗГ Кобрин	z021	15.4800004394	15.719999853	Q	03.11.2012	06:00:00
	z041	-11.208000585	-11.255999414	Q	03.11.2012	06:00:00
Надх. від ПрикарпатТТ	z053	-16.728000292	-16.344000439	Q	03.11.2012	06:00:00
	g061	1.10399999084	1.08	Q	03.11.2012	06:00:00
	g061	-1.1039999908	-1.08	Q	03.11.2012	06:00:00
ПЗГ Мозир	z091	9.86399978027	9.76800014646	Q	03.11.2012	06:00:00
КС Тернопіль	z011	1.3811659323	1.37837834815	E	03.11.2012	06:00:00
КС Бібрка	z044	1.4193548387	1.40384609506	E	03.11.2012	06:00:00



Контроль в реальном времени

Управление производственными процессами

Диспетчеризация производства. Регламентация работ

Ограничения на управление.
Скорость изменения параметров управления и параметров газовых потоков

Параметры управления газодинамическими параметрами

Регламенты работы запорной арматуры, КЦ, КС, ПХГ

Технологические ограничения

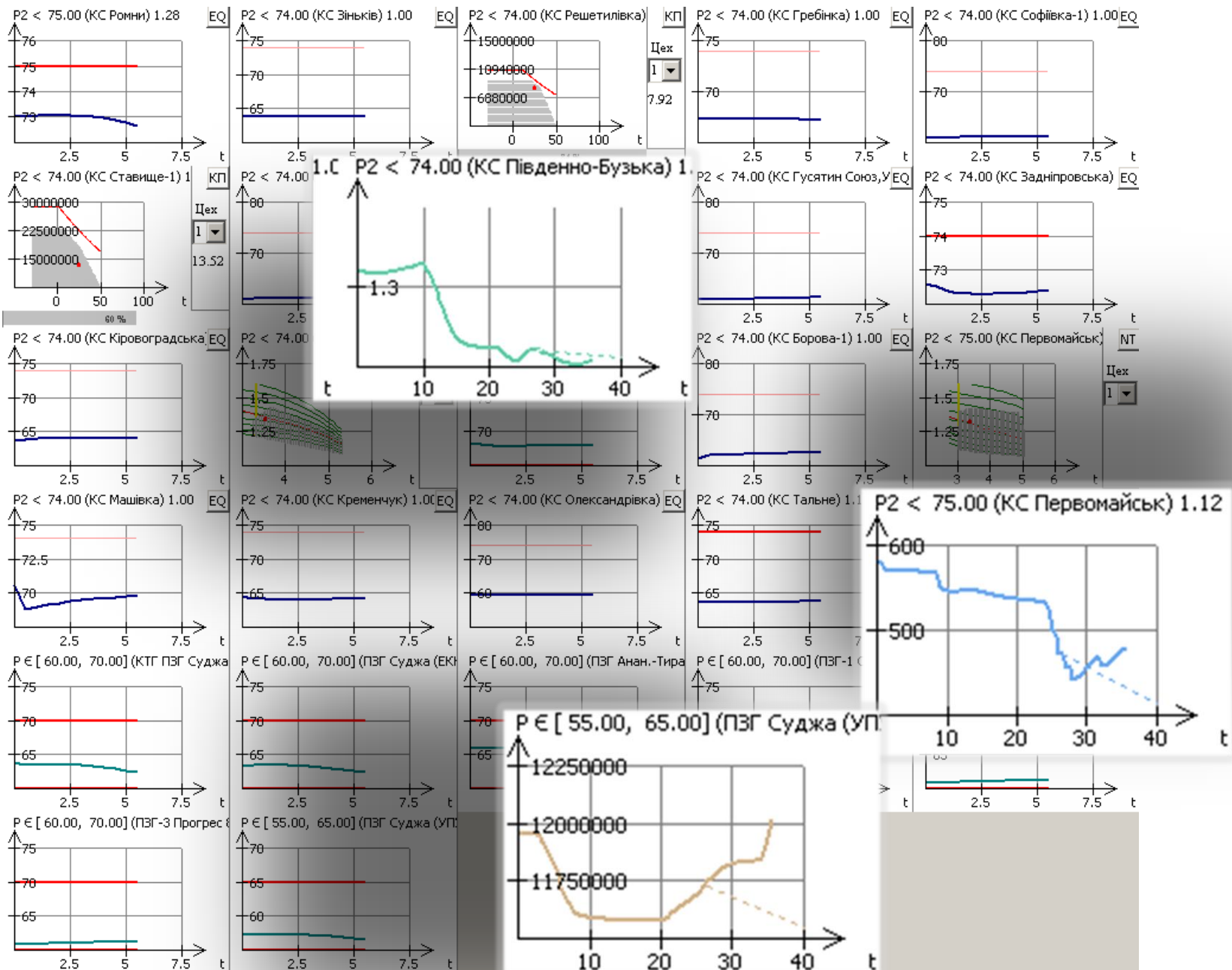
Критерии оптимальности, оптимального управления

Интегральные режимные параметры подсистем и системы в целом

Регламент проведения плановых работ / ликвидации нештатных ситуаций

Регламент работы ГТС

Формирование параметров управления



Характеристика программного модуля - расчет нестационарных режимов

математическая модель ГТС для расчетов нестационарных режимов включает модели всех объектов, которые представлены на детальных технологических схемах;

быстродействие и устойчивость метода обеспечиваются алгоритмом модификации технологической схемы согласно параметров (их можно менять);

метод работает с учетом предварительно сформированного регламента и с учетом имеющихся технических и технологических ограничений;

метод адаптивный к скорости изменения газодинамических параметров;

в режиме «ручного» управления газопотоками пользователю доступны все основные параметры управления компрессорными станциями - производительность, обороты центробежных нагнетателей, параметры газа на его входах и выходах и т.д.;

перед проведением моделирования предусмотрено «посадку» системы на нестационарный режим

Характеристика программного модуля - формирование параметров управления газопотоками

управления формируется в условиях достижения технологических пределов, границ областей и коридоров изменения контролируемых параметров;

технологические границы формируются на основе прогноза поступления, отбора газа и критериев оптимального управления;

возможные варианты работы - в автоматическом и в диалоговом режиме с выбором вариантов;

автоматический режим формирует регламент работы компрессорных станций самостоятельно;

оптимальную многопараметрическую траекторию движения газодинамических процессов формирует алгоритм оптимального планирования режима на основе прогнозной информации;

скорость переходных нестационарных процессов регулируется скоростью изменения параметров газа на входах и выходах системы

Потенциал оптимизации

№ п/п	Фактор	Потенциал оптимизации до (%)	
1	Перераспределение объемов аккумулированного газа, имеющегося в системе, между отдельными подсистемами, включая его изменение	5	
2	Своевременный переход с двух-трех-ступенчатое сжатия газа на одно-двух ступенчатый сжатие газа	23	
3	Перераспределение потоков между цехами многоцеховых КС	6 - 8	
4	Перераспределение потоков газа между магистральными газопроводами	3 - 4	
5	Минимизация количества работающих ГПА	3 - 11	
6	Перераспределение расхода газа между однотипными ГПА	1	
7	Управление температурным режимом транспорта газа - охлаждение газа АПО. Управление вентиляторами - количеством и частотой вращения в течении года (экономия в определенные периоды возможна за электроэнергией)	5 - 10 50	возможно увеличение пропускной способности магистрального газопровода до 3%
8	Нити газопроводов на проход		

Перспективные разработки

построить пиковые режимные параметры работы ПХГ в области изменения давления в магистрали (для оперативного управления ПХГ);

перспективное и оперативное планирование работы ПХГ по различным критериям (оптимальное и на пиковость) на заданный период отбора - нагнетания газа;

расчет параметров температурного режима транспортировки газа в условиях нестационарных процессов (в трехмерной постановке);

разработка программного комплекса для управления тепловым режимом транспортировки газа;

расчет – прогнозирование калорийности газа на заданном отборе ГТС;

расчет свободных мощностей с учетом компонентного состава газа (калорийности газа);

логистические системы для обеспечения эффективного взаимодействия диспетчерских служб стран импортеров и экспортеров газа;

оценка потерь газа на участках газопроводов (обосновать реальные и сформировать нормативные данные);

разработка программного комплекса для управления совместной эксплуатацией ПХГ и ГТС;

разработка программного комплекса для проведения расчетов параметров газожидкостного потока в трубопроводах при стационарных и нестационарных режимах работы с давлением до 30 МПа;

разработка экономико-технологической модели и программного комплекса для оптимизации финансовых и материальных ресурсов для обеспечения эффективной эксплуатации системы транспортировки и хранения газа;

разработка автоматизированной системы рейтингового отбора энергосберегающих проектов для внедрения на предприятиях ОАО "Укртрансгаз";

экономико-технологические оптимизационные задачи реконструкции ГТС.

ПРОБЛЕМЫ ДЛЯ ДИСКУССИЙ

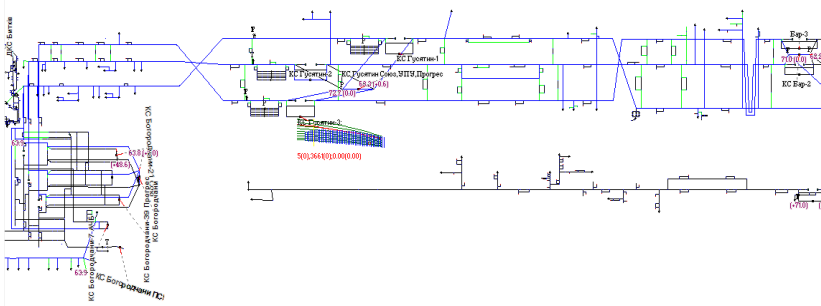
Оптимизация, оптимальное планирование и оптимальное управление газодинамическими и фильтрационными процессами. Критерии оптимальности, принципы оптимального управления и их реализация в реальных условиях неопределенности

Дисбалансы, нормативы, методики и метрология. Существующая область неопределенности. Проблемы точности измерения, расчетов и моделирования

Системная оценка качества режима. Сравнительный анализ режимов

Оптимальное управление ресурсами на поддержку надежности транспортировки и хранения газа. Деградационные процессы, модернизация, реконструкция и прогнозные сценарии работы ГТС

Примеры применения программных комплексов



Суммарная производительность по трем нитям (млн.м3/сутки)	Расход топливного газа (параллельно работающие цеха)(млн.м3/сутки)	Расход топливного газа (один цех на проход) (млн.м3/сутки (снижен. расходов в %))
180	0,42	0,38 (11%)
210	0,53	0,50 (6%)
230	0,67	0,66 (2%)

Численные эксперименты проведены на программном комплексе для оценки эффективности использования агрегатов фирмы WARTSILA по топливному газом по сравнению с существующими агрегатами, при заданных давлениях на входе и выходе ДКС. На выходе ДКС принималось 5.5 МПа.

Отбор газа (млн. м³)

Дни	Q ₁	Q _{1p}	Q ₂	Q _{2p}	%
10					
20	102,2	0,14			
30	106,8	0,18	100	0,27	164%
40	106,7	0,21	100	0,29	144%
50	106,5	0,26	100	0,34	140%
60	106,4	0,29	100	0,38	138%
70	106,3	0,32	100	0,46	154%
80	106,2	0,35	100	0,63	193%
90	102,8	0,36	100	0,66	186%
100	108,6	0,42	100	0,68	177%
110	101	0,42	100	0,71	172%
120	107,1	0,47	100	0,74	169%
130	100,8	0,47	100	0,77	165%
140	106,3	0,52	100	0,83	169%
150	102,4	0,62	100	0,85	139%

Дни	Q ₁	Q _{1p}	Q ₂	Q _{2p}	%
10	124,6	0,12			
20	127,8	0,23	122	0,32	145
30	128,9	0,33	122	0,44	139
40	127,7	0,43	122	0,8	194
50	128,5	0,57	122	1,04	191
60	123,8	0,73	100	0,8	136
70	113,2	0,78	100	0,91	131
80	101,6	0,78	95	0,95	131
90	95,1	0,78	89	0,97	132
100	81,5	0,73	81	0,95	131
110	70,9	0,63	66	0,76	130
120	66,9	0,63	61,5	0,72	125
130	57,3	0,63			
140	47,8	0,52			
150	43	0,47			
160	38,2	0,42			
165	38,2	0,42			

Нагнетание газа(млн. м³)

Основные результаты по ГТС

1. Предложенная математическая модель газотранспортной системы, которая включает все технологические объекты, которые задействованы в транспортировке и хранении газа.
2. Разработаны методы решения систем с разнотипных нелинейных уравнений, решения которых удовлетворяют технологическим пределам работы основных объектов, которые задействованы в транспортировке газа.
3. Предложен алгоритм гидравлического расчета многоцеховых компрессорных станций с разнотипными газоперекачивающими агрегатами (ГПА), что позволило учитывать индивидуальные характеристики каждого ГПА и проводить анализ влияния изменения режимных параметров каждого ГПА на режим работы КС в целом.
4. Предложен алгоритм нахождения оптимальных режимных параметров газопотоков, учитывающий величину суммарного аккумулированного газа в ГТС и в ее частях.
5. Развита методика идентификации параметров моделей и технологического состояния объектов, что позволило учесть априорную неопределенность условий их функционирования и обеспечить необходимую точность планирования параметров режимов работы ГТС.
6. Решены задачи расчета нестационарных режимов движения газа с точностью, соизмеримой с точностью измерения режимных параметров для участков газопроводов, которые проходят по пересеченной местности.
7. Разработаны методы оптимизации сложных газотранспортных систем, разработаны и реализованы методы и принципы оптимального управления газопотоками в ГТС в условиях нестационарных режимов.
9. Разработан программный комплекс, который обеспечил высокий уровень автоматизации процесса решения режимно-технологических задач.
10. Проходит апробацию система формирования параметров оптимального управления газопотоками, с учетом существующей степени неопределенности, как по входным параметрам, так и параметрам состояния объектов.

Основные результаты по ПХГ

Разработаны нестационарные модели и аналитически-численные методы для расчета и анализа газодинамических и фильтрационных процессов на технологических объектах ПХГ

Построены нелинейные распределенные характеристики пластов, забойных областей

Исследовано влияние параметров перфорационных каналов и скважин с открытым забоем на работу ПХГ

Исследована взаимосвязь геометрических, коллекторских, фильтрационных свойств технологическим режимами эксплуатации скважин и пластов при учете влияния всех основных факторов

Проведенные комплексные многочисленные исследования ПХГ на многолетних измеренных данных, показали, что во многих случаях существует несоответствие ранее принятых интерпретаций параметров пластов реальным

Разработаны итерационные процедуры расчета распределенных параметров (давления, проницаемости и т.д.), которые с необходимой точностью контролируют параметры материального баланса в пластах ПХГ

Двухмерная модель фильтрации газа в пористых неоднородных пластах вполне удовлетворяет в настоящее время, по точности и оперативности, диспетчерские расчетные задачи

Решен полный набор прямых и обратных режимных задач

Выводы на основе исследований

для большинства скважин коэффициент качества раскрытия пласта значительно меньше единицы;

существует потенциал увеличения производительности отдельных скважин, который связан с проведением дополнительной перфорации и разбуриванием забойные зоны

потенциал увеличения производительности пласта ПХГ в целом не всегда связан с потенциалом увеличения производительности скважин;

существует предельная граница экономической целесообразности наращивания плотности перфорационных каналов скважин; дебит отдельной эксплуатационной скважины существенно зависит от открытой площади фильтрации;

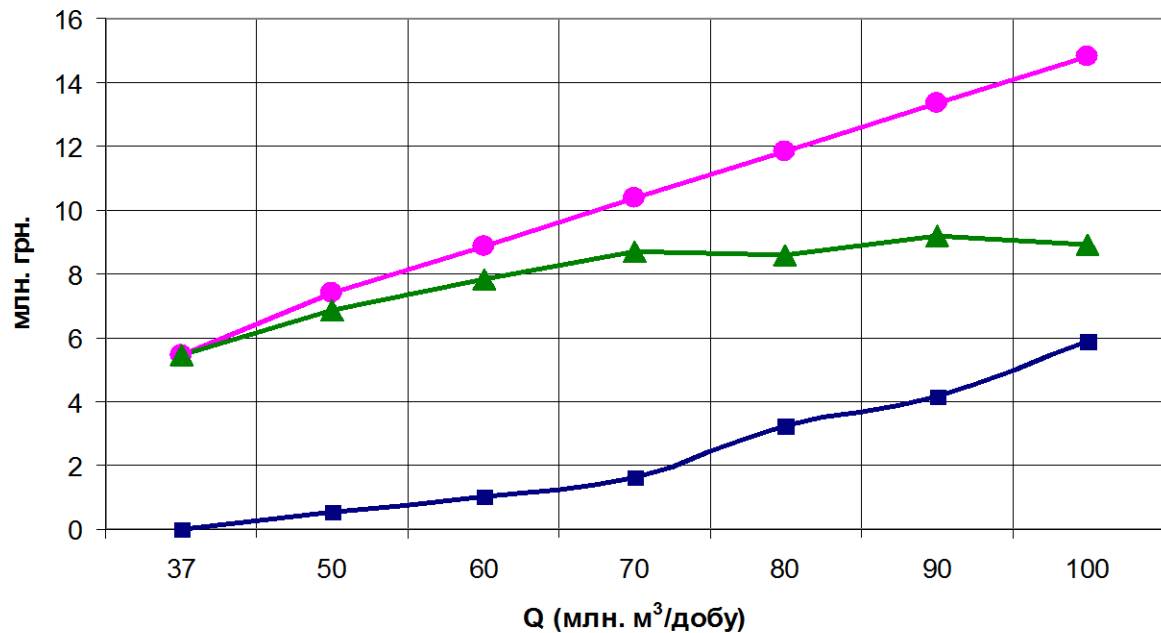
для отдельных скважин разбуривания забойных зон в горизонтальных границах 0,2-0,6 м может привести к увеличению дебита в среднем в 2,5 раза;

суммарный эффект увеличения производительности газохранилищ со скважинами с открытым забоем может составлять до 25% производительности газохранилища установленного на основе теоретических расчетов;

использование потенциала открытого забоя зависит не только от характеристик пласта, но и от гидравлических характеристик объектов ПХГ (их пропускной способности);

открытый забой дает в среднем 15% увеличение пиковости ПХГ и 20% уменьшение суммарного времени отбора газа без увеличения на это энергетических затрат.

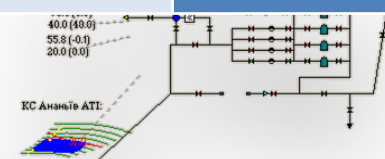
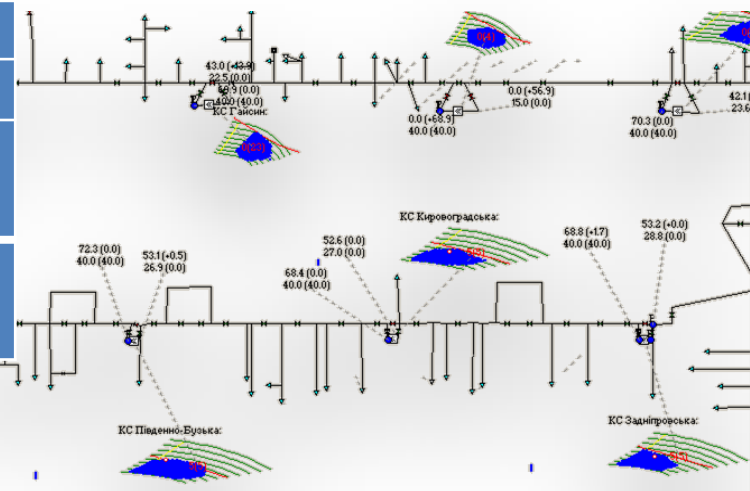
Примеры применения программных комплексов



Графики зависимости стоимости топливного газа от производительности газопровода.

- 1 - затраты на транспорт
- 2 - стоимость транзита
- 3 - разница между вторым и первым графиками (прибыль)

МЕРОПРИЯТИЯ	ЭФФЕКТ (грн.)
Замена ВН	954 000.00
Замена ГПА	6 344 100.00
Увеличение давления на входе КС (5%) и замена ВН	2 051 100.00
Увеличение давления на входе КС (5%) и замена ГПА	4 626 900.00



Характеристика объекта исследования

ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ДК "УКРТРАНСГАЗ"

ПАРАМЕТРЫ ГТС	ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ	КОЛИЧЕСТВО
ДЛИНА ГАЗОПРОВОДОВ, ВСЕГО В Т.Ч.:	тыс. км	38.579
• магистральных газопроводов		22.148
• газопроводов - ответвлений		13.363
• распределительных газопроводов		3.068
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ:	млрд. м ³ /год	
• на входе		287.7
• на выходе		178.5
• в том числе в страны Европы		142.5
• в страны СНГ	36.0	
КОЛИЧЕСТВО КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ (КОМПРЕССОРНЫХ ЦЕХОВ)	шт.	72 (110)
КОЛИЧЕСТВО ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ	шт.	702
КОЛИЧЕСТВО ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗА (ПХГ)	шт.	12
ОБЩАЯ ЕМКОСТЬ ПХГ	млрд.м ³	30.95
КОЛИЧЕСТВО ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ	шт.	1 449

Математическая модель системы пласт - магистраль

Модель газового потока в трубе

$$P(x) = \varphi_1(P_i, T_i, q_{ij}, D_1, \lambda_{ij}, x) \quad T(x) = \varphi_2(P_i, P_j, T_i, q_{ij}, D_2, K_T, x) - (i, j) \in M \quad T_i \leq T_{\max} \quad P(x) \leq P_{\max}(x)$$

Модель газового потока, проходящего через компрессорную станцию

$$P_j = \varphi_3(q_{ij}, T_i, P_i, D_3, G, n^-), T_j = \varphi_4(T_i, P_i, P_j, D_4, \eta), Q_i^- = \varphi_5(P_j, T_j, D_5, K_S, N) - (i, j) \in L \quad \begin{matrix} q_{\min} \leq q_{ij} \leq q_{\max} & n_{\min} \leq n \leq n_{\max} \\ T_j \leq T_{\max} & N \leq N_{\max} \end{matrix}$$

Модель местного сопротивления

$$P_j - P_i = \Delta P = \varphi_6(\rho, v, D_6), T_j = \varphi_7(T_i, \Delta P, D_{di}, D_7), (i, j) \in K$$

Модель редуктора

$$q_{ij} = \varphi_8(P_i, P_j) = \begin{cases} P_i \geq P_j, q_{ij} = Q \\ P_i < P_j, q_{ij} = 0 \end{cases}, (i, j) \in R_Q$$

Модель регулятора расхода

$$q_{ij} = \varphi_9(\Delta P), \Delta P = P_i - P_j \quad (i, j) \in R_q$$

Модель необратимого клапана

$$q_{ij} = \varphi_{10}(P_i, P_j) = \begin{cases} q_{ij}, P_i > P_j \\ 0, P_i \leq P_j \end{cases}, (i, j) \in R_p$$

Уравнение баланса массового расхода

$$\sum_i m_{ij} + \sum_k m_{jk} = 0, j \in V$$

Уравнение состояния смеси газа

$$P \sum_k V_k = \sum_i x_i (PV)_i + \sum_j \sum_k x_j x_k F_{jk}(T, \rho), PV = Rf(T, \rho)$$

Уравнение теплового баланса

$$T_j \sum_k q_{jk} - \sum_i q_{ij} T_i = 0, j \in V$$

Модель пласта подземного хранилища с сосредоточенными источниками

$$\varphi_{11}(x, y, p, T, \rho, h, k, m, \alpha, \Gamma, \{x_i, y_i, q_i\}) = 0$$

Модель забоя скважины

$$\varphi_{12}(p_{пл,i}, p_{внб,i}, q_i, A_i, B_i) = 0$$

Модели сепараторов, пылеуловителей и других технологических объектов

$$\varphi_{13}(F, \Delta p, q_{ij}) = 0$$

Приток газа к забою скважины

$$-d \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 = \frac{\mu}{\pi h k p_0} \frac{q_0}{F} dF + \beta \frac{\rho_0}{\pi p_0 d h} \frac{q_0^2}{F^2} dF,$$

$$\beta = \frac{12 \cdot 10^{-5} d^3}{m k^{3/2}}$$

выбойная область - характеризуется параметром k_b раскрытия вибою раскрытия забоя и параметром k_{nl} призабойной области пласта

$$p_{nl}^2 - p_b^2 = A q_0 + B q_0^2, \quad A = \frac{A_1}{k_{nl}} + \frac{A_2}{k_b}, \quad B = \frac{B_1}{k_{nl}^{3/2}} + \frac{B_2}{k_b^{3/2}}$$

$$A_1 = \frac{\mu p_0}{\pi h_x} \ln \frac{R_k h}{R_c h_x}$$

$$A_2 = \frac{\mu p_0}{\pi h_x} \ln \frac{R_c}{r_{k1} l_{k1} n_{01} + r_{k2} l_{k2} n_{02}}$$

$$B_1 = 12 \cdot 10^{-5} \frac{\rho_0 p_0}{2 \pi^2 h_x} \frac{d^2}{m} \left(\frac{1}{R_c h_x} - \frac{1}{R_k h} \right)$$

$$B_2 = 12 \cdot 10^{-5} \frac{\rho_0 p_0}{2 \pi^2 h_x^2} \frac{d^2}{m} \left(\frac{1}{r_{k1} l_{k1} n_{01} + r_{k2} l_{k2} n_{02}} - \frac{1}{R_c h_x} \right)$$

Расчет распределения давления $p(x, y, t)$ в пласте - коллекторе

Уравнение фильтрации газа в пористой среде

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{kh}{\mu z} \frac{\partial p^2}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{kh}{\mu z} \frac{\partial p^2}{\partial y} \right) = 2mh \left(\frac{\partial p}{\partial t} \frac{p}{z} + 2qp_{am} \right)$$

Условия баланса газа

$$Q_{зан} = \frac{T_{am}}{P_{am}} \int_0^F \int_0^h \frac{p m}{T z} dF dh \approx \frac{T_{cm}}{P_{cm}} \frac{\bar{p}}{\bar{T} \bar{z}} \bar{m} \bar{h} F$$

Плотность отбора определяется формулой

$$q = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^I q_i \delta(x - x_i^0) \delta(y - y_i^0) \delta(z - z_i^0) [\eta(t - t_{1i}) - (t - t_{2i})].$$

Уравнение фильтрации на границе области удовлетворяет краевые условия

$$\Gamma = \Gamma_1 \cup \Gamma_2$$

условие Дирихле на

$$p(\bar{x}) = p_1, \quad \bar{x} \in \Gamma_1$$

условие Неймана на

$$\Phi p(\bar{x}) = 0, \quad \bar{x} \in \Gamma_2$$

$$\Phi p \stackrel{def}{=} \frac{k \cdot h}{\mu \cdot z} \frac{\partial p}{\partial x} v_x + \frac{k \cdot h}{\mu \cdot z} \frac{\partial p}{\partial y} v_y; \quad v_x = \cos(\nu, x), \quad v_y = \cos(\nu, y)$$

Основные задачи

1. Расчет распределения давления в пласте - коллекторе

2. Идентификация параметров пластов - коллекторов

3. Расчет контура распространения азота в условиях не смешивания с природным газом

4. Расчет концентрации азота в условиях его смешивания с природным газом

5. Фильтрация газа и воды в окрестности сосредоточенных источников образованных горизонтальными и вертикальными скважинами (подтягивание конуса воды)

6. Фильтрация газа в условиях проявления водонапорного режима (расчет распространения контурной воды в зону нахождения газа. Поршневое вытеснения газа водой)

7. Воспроизведение неизвестных параметров источников газа по известным концентрациям имеющихся углеводородов в воде, на поверхности почвы и в воздухе

Распределение активного газа между газохранилищами

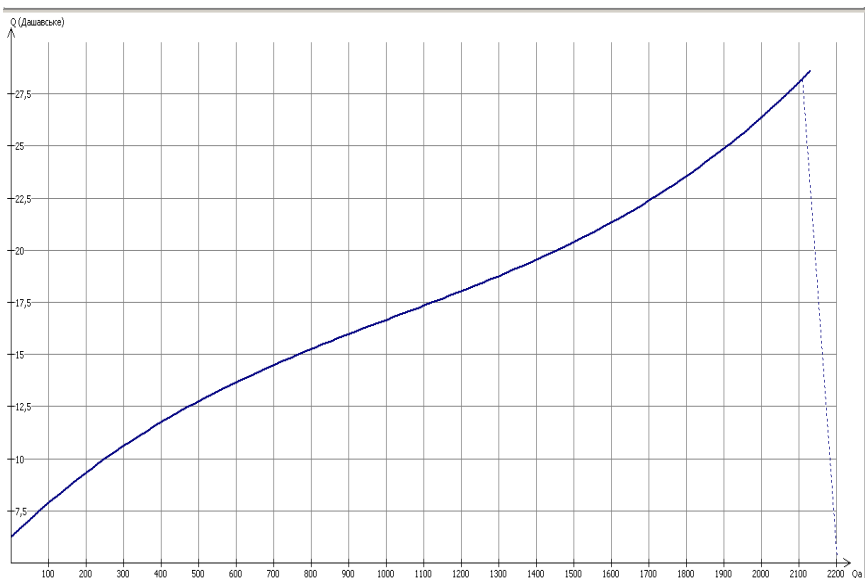


Рис. 1. Функция пиковости Дашавского ПХГ

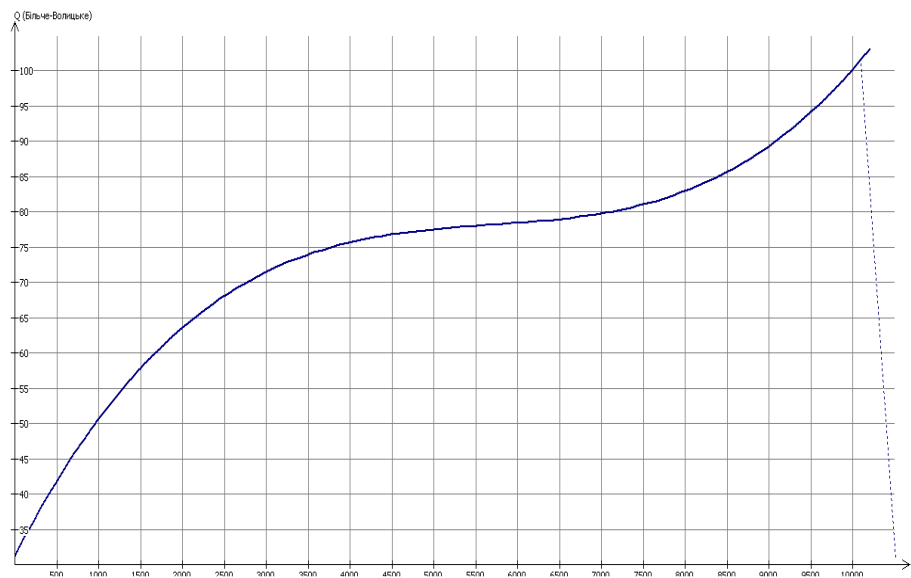


Рис. 2. Функция пиковости Більче-Волицького ПХГ

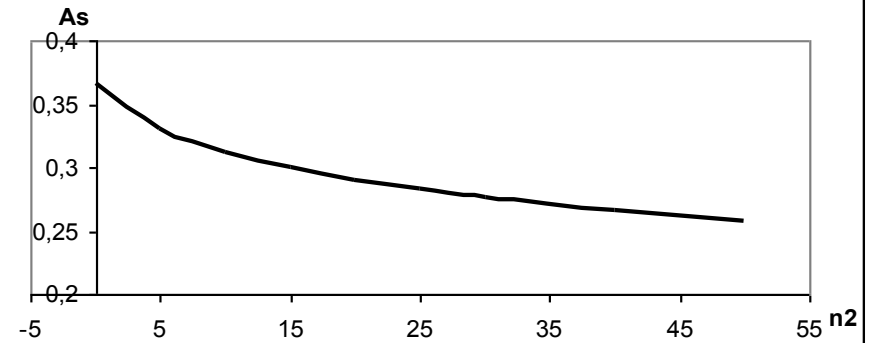
Оптимальное распределение 12545.00 млн. газа между 5 газохранилищами

	Назва ПСГ	$C1 \cdot x^3$	$C2 \cdot x^2$	$C3 \cdot x$	$C4$	Загальний об'єм	Активний об'єм	Розв'язок	Піковість	Піковість (розв)
<input checked="" type="checkbox"/>	Більче-Волицьке	2,300891947408631	-3,92197191505235	0,02311748708807	31,2377622377604	10200	0	6386	31,2377622377604	78,8456538653109
<input checked="" type="checkbox"/>	Угерське-14-15	-1,16913362190966	1,74104873688454	0,00051800051800	3,91188811188811	1230	0	980	3,91188811188811	10,1367685698438
<input checked="" type="checkbox"/>	Угерське-16	3,45609083288052	-7,36517642849631	0,00510187538845	11,3132867132868	1989	0	1989	11,3132867132868	21,2666666666664
<input checked="" type="checkbox"/>	Дашавське	3,23629816871344	-1,00573895455874	0,01722898905997	6,25734265734256	2130	0	2130	6,25734265734256	28,6000000000002
<input checked="" type="checkbox"/>	Опарське	-3,98405926595767	2,97899494342125	0,00793256023381	3,9986013986014	1195	0	1060	3,9986013986014	11,0092356341701

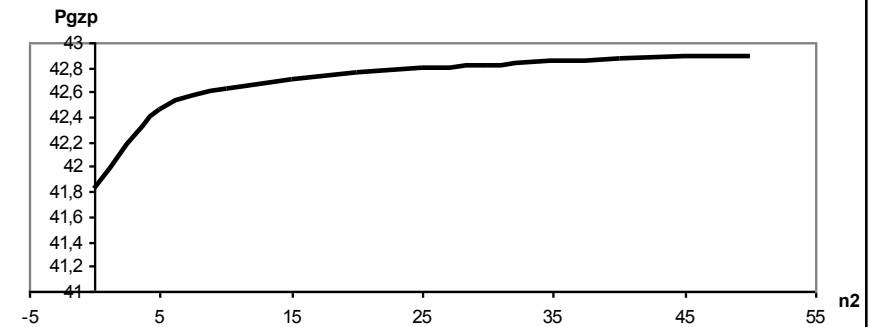
Общая пиковість составит: 149,8 млн. м³/сутки

Влияние дополнительной перфорации

1. Зависимость роста средних давлений на входе в ГСП P_{gzp} от плотности дополнительной перфорации n_2



2. Зависимость среднего значения фильтрационного коэффициента A от плотности дополнительной перфорации n_2



3. Зависимость среднего значения фильтрационного коэффициента B от плотности дополнительной перфорации n_2

