

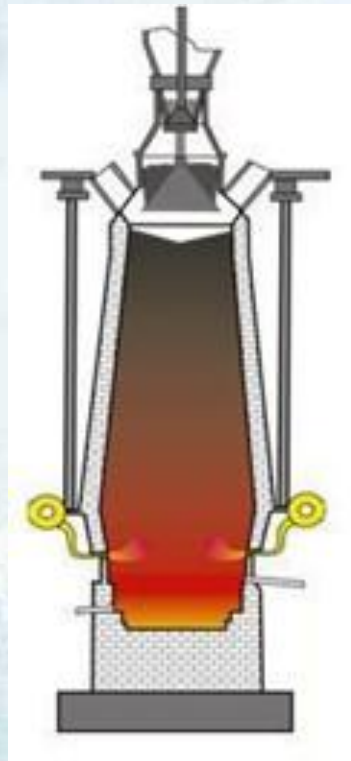
**Разработка информационно-  
моделирующей системы  
газодинамического режима доменной плавки  
и системы мониторинга  
в корпоративной сети ОАО «ММК»**

Разработчик: Чуркин А.А. МТ-56053

Руководитель: к.т.н Лавров В.В.

УРФУ, г.Екатеринбург, 2011 г

# Объект информатизации



ЛПР



# Цель работы

---

Повышение эффективности  
газодинамического режима доменных  
печей с использованием информационных  
технологий

# Достижение цели

## 1. Разработка информационной системы



## 2. Внедрение системы в ОАО «ММК»

# Задачи работы

---

- Проработка физической и математической постановки задачи;
- Проектирование архитектуры программного обеспечения;
- Реализация программных модулей приложения:
  - Возможность автоматического расчета параметров газодинамического режима всех доменных печей за каждый месяц
  - Обеспечение выполнения процедуры базового и прогнозного расчетов с использованием закрытых и открытых интерфейсов;
  - Реализация табличного и графического отображения результатов расчета;
  - Формирование отчета о результатах моделирования, экспорт его в популярные форматы и распечатка на принтере;
  - Создание механизмов отображения данных в корпоративной сети
- Отладка программного обеспечения
- Написание документации;
- Обоснование экономической эффективности проекта;
- Изучение вопросов безопасности и экологичности проекта.

# Физическая постановка задачи

В основе моделирования процессов газодинамики лежит уравнение Эргона, позволяющее оценить влияние параметров шихты, газа и характера взаимодействия между этими потоками

$$\Delta P = \lambda \frac{W^2}{2} \rho \frac{H}{d_{\text{э}}} \frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon^3} \frac{T}{273} \frac{1}{(1+P_r)}$$

где  $\lambda$  – коэффициент, учитывающий форму и шероховатость частиц слоя;

$W$  – скорость фильтрации газового потока;

–  $\rho$  плотность газа;

$H$  – высота слоя шихты в печи;

$d_{\text{э}}$  – эквивалентный диаметр куска шихты;

–  $\bar{\varepsilon}$  порозность слоя шихты;

$T$  – температура газа;

$P_r$  – избыточное давление газа.

# Концептуальное проектирование



Концептуальная схема  
информационно-моделирующей системы

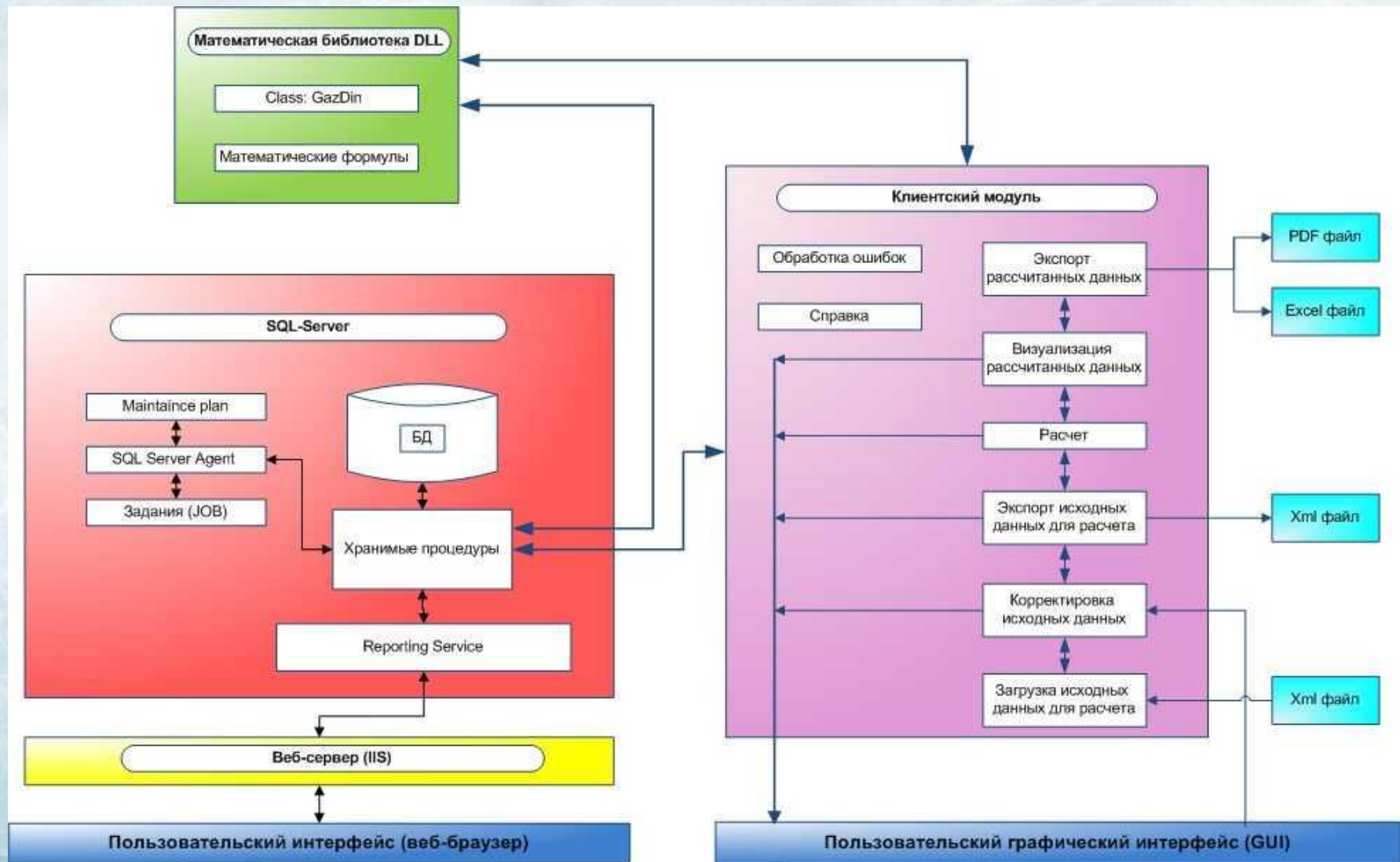
# Концептуальное проектирование



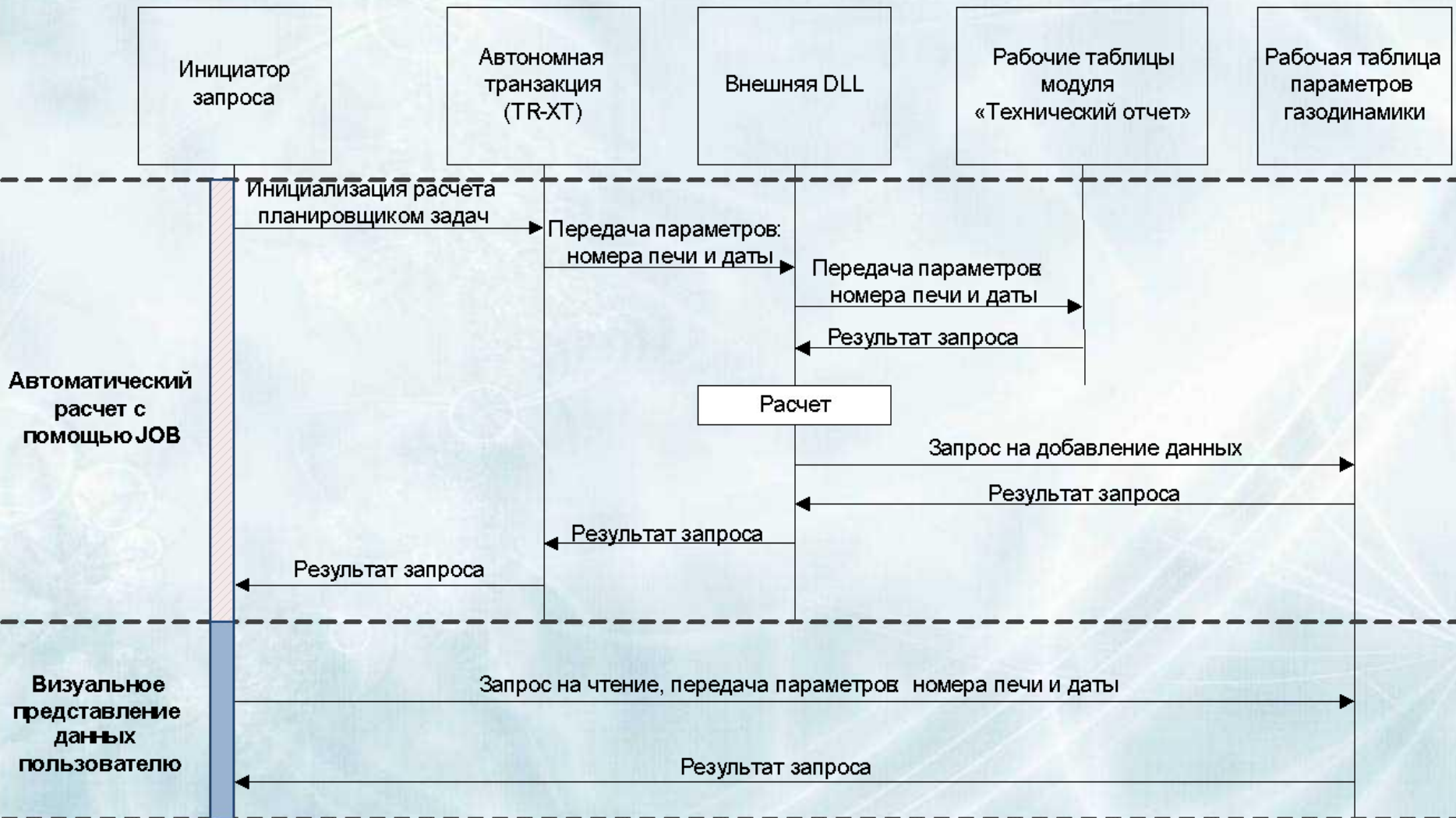
Концептуальная схема  
системы визуализации



# Архитектура ПО

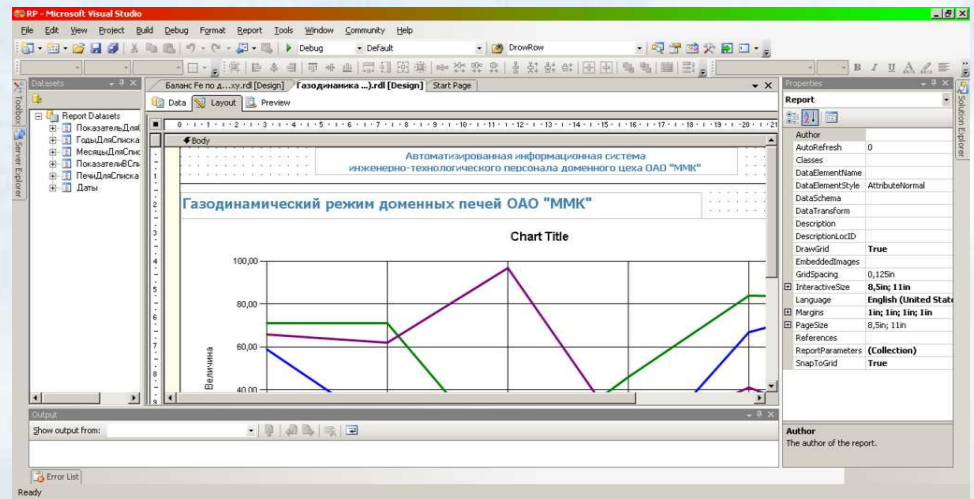
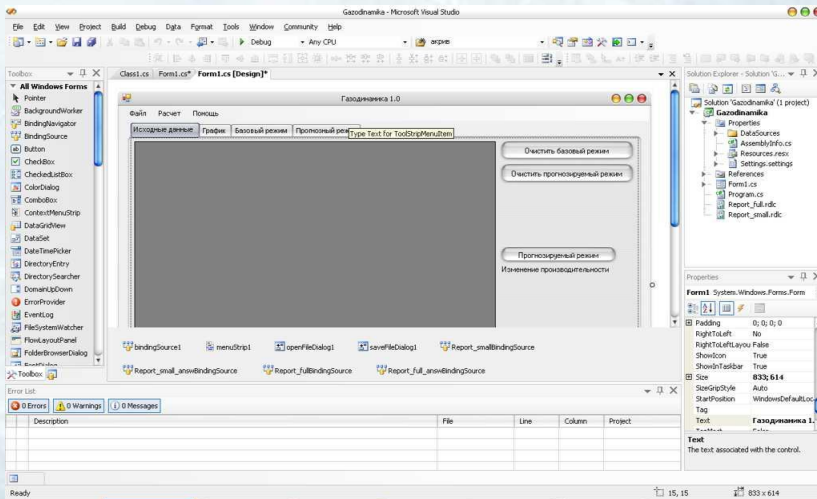


# Алгоритмическое обеспечение



# Реализация

Среда разработки: **Visual Studio**  
включает Business Intelligence Development Studio



Язык разработки: **C#**

# Реализация: Библиотека DLL

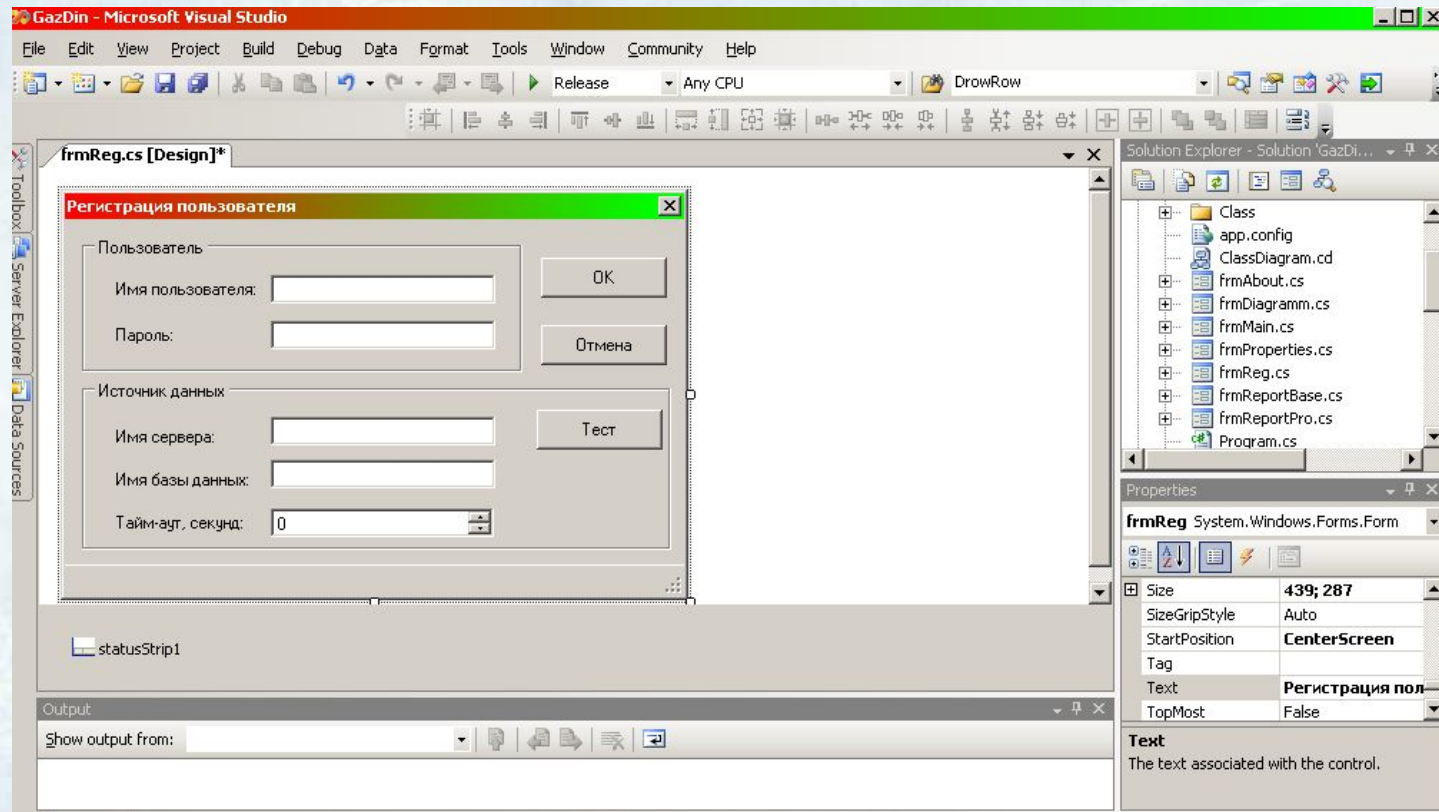
```
Class1.cs Form1.cs Form1.cs [Design]
GazDLL.GazDin
height_shahta

#region ---Среднее значение поперечного сечения нижней зоны печи, м2
public double GET_s_sech_niz()
{
    double _s_sech_niz = 0d;

    _s_sech_niz = Math.PI*Math.Pow(GET_diam_niz(),2d)/4;
    return _s_sech_niz;
}
#endregion
#region ---Удельный расход агломерата, т/т чугуна
public double GET_udeln_aglo()
{
    double _udeln_aglo = 0d;
    _udeln_aglo = udeln_zhelezorud-GET_udeln_okat()-GET_udeln_izvest();
    return _udeln_aglo;
}
#endregion
#region ---Удельный расход окатышей, т/т чугуна
public double GET_udeln_okat()
{
    double _udeln_okat = 0d;
    _udeln_okat = udeln_zhelezorud*dolya_okat;
    return _udeln_okat;
}
#endregion
---Удельный расход известняка, кг/т чугуна
---Количество углерода (C), привезшего в печь с коксом, кг/т
---Расход C на прямое восстановление оксидов Fe, Mn, Si, а также на десульфурацию, кг/т
---Растворяется углерода в чугуне, кг/т чугуна
```

Библиотека DLL является «черным ящиком» для программы, которая вызвала ее, но именно в DLL закладывается ключевая задача всей моделирующей системы – математические манипуляции с данными.

# Реализация: Клиентский модуль



- Взаимодействие с DLL
- Взаимодействие с БД

- Создание отчета
- Дружественный интерфейс

# Реализация: Агрегация данных

---

- **Хранимая процедура «OLAP\_DC\_TR\_GazDin»**  
Функции: Передача данных в систему OLAP из технического отчета  
Процедура работает автоматически:
  - загружает исходные данные для расчета за текущий месяц;
  - производит вызов внешней dll;
  - записывает расчетные величины в рабочие таблицыВходные данные:
  - @dt\_s -- первый день отчетного месяца
- **Хранимая процедура «OLAP\_DC\_GazDin\_INS»**  
Функции: Загрузка результатов расчета статей газодинамического режима в систему OLAP\_DC.  
Входные данные:
  - @dt\_s -- первый день отчетного месяца
  - @NPech --номер доменной печи

# Реализация: Reporting Service

The screenshot shows a reporting tool interface with a 'Dataset' dropdown set to 'ПечиДляСписка'. Two data sources are visible: 'OLAP\_DC\_Product...' and 'OLAP\_DC\_DimPech'. The 'OLAP\_DC\_Product...' source has 'FK\_Номер печи' checked. The 'OLAP\_DC\_DimPech' source has 'PK\_Номер печи' and 'Наименование печи' checked. Below the sources is a table with columns: Column, Alias, Table, Output, Sort Type, Sort Order, Filter, and Or... The table contains two rows of data.

Column	Alias	Table	Output	Sort Type	Sort Order	Filter	Or...
[Наименовани...]		OLAP_DC_...	<input checked="" type="checkbox"/>				
[FK_Номер печи]		OLAP_DC_...	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	1	NOT IN (255)	

```
SELECT DISTINCT OLAP_DC_DimPech.[Наименование печи], OLAP_DC_ProductFactUnion.[FK_Номер печи] FROM OLAP_DC_ProductFactUnion INNER JOIN OLAP_DC_DimPech ON OLAP_DC_ProductFactUnion.[FK_Номер печи] = OLAP_DC_DimPech.[PK_Номер печи] WHERE (NOT (OLAP_DC_ProductFactUnion.[FK_Номер печи] IN (255))) ORDER BY OLAP_DC_ProductFactUnion.[FK_Номер печи]
```

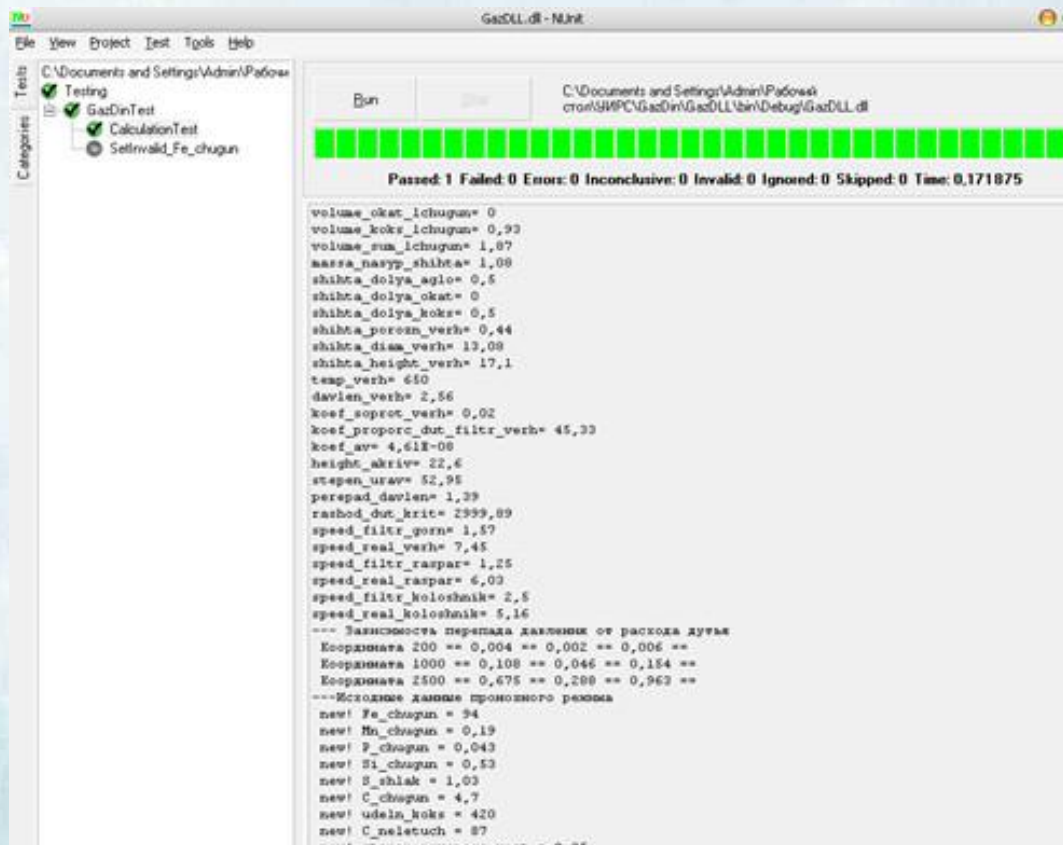
- DataSet  
(набор данных)

The screenshot shows a reporting tool interface with a chart and its properties. The chart is a line chart with three series: 'Series 1 Величина', 'Series 2 Величина', and 'Series 3 Величина'. The chart is titled 'Chart Title' and has a legend. The properties window for 'chart1' is open, showing various settings such as 'BackgroundColor', 'BorderWidth', 'Font', and 'Location'. The chart is displayed on a grid with a white background and black axes.

Layout - (слой)

# Отладка: Тестирование DLL

## Среда тестирования NUnit



```
File View Project Test Tools Help
C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\GazDLL - NUnit
Testing
GazDinTest
CalculationTest
SetInvalid_Fe_chugun

Run

C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\SMPC\GazDin\GazDLL\bin\Debug\GazDLL.dll

Passed: 1 Failed: 0 Error: 0 Inconclusive: 0 Invalid: 0 Ignored: 0 Skipped: 0 Time: 0,171875

volume_okat_ichugun= 0
volume_koks_ichugun= 0,93
volume_nun_ichugun= 1,87
massa_nasyb_shibta= 1,08
shibta_dolya_aglo= 0,5
shibta_dolya_okat= 0
shibta_dolya_koks= 0,5
shibta_porezn_verh= 0,44
shibta_diam_verh= 13,08
shibta_height_verh= 17,1
temp_verh= 650
davlen_verh= 2,56
koef_soprot_verh= 0,02
koef_proporc_dut_filt_r_verh= 45,33
koef_av= 4,61E-08
height_aktiv= 22,6
stepen_urav= 52,95
perepad_davlen= 1,39
razhod_dut_krit= 2399,89
speed_filt_gorn= 1,57
speed_real_verh= 7,45
speed_filt_rasp_r= 1,25
speed_real_rasp_r= 6,03
speed_filt_kolosznik= 2,5
speed_real_kolosznik= 5,16
--- Зависимость перепада давления от расхода дутья
Координата 200 == 0,004 == 0,002 == 0,006 ==
Координата 1000 == 0,108 == 0,046 == 0,184 ==
Координата 1500 == 0,675 == 0,288 == 0,963 ==
--- Исходные данные пронозного режима
new! Fe_chugun = 34
new! Mn_chugun = 0,19
new! P_chugun = 0,043
new! Si_chugun = 0,53
new! S_shlak = 1,03
new! C_chugun = 4,7
new! udeln_koks = 420
new! C_nelstuch = 87
new! stanok_provalno_tst = 0,35
```

Тесты пишутся как для проверки устойчивости вводимых параметров, так и для проверки методики расчета.



# Клиент: Расчет

Файл Данные Результаты Отчет Справка

Данные из Центра АСУ ДП

Месяц: Январь 2007 Печь: 6 Обновить

Результаты расчета газодинамического режима (п...рд)

Наименование параметра, ед. измерения	Величина (базовый период)	Величина (прогнозный период)
▶ Степень прямого восстановления	0,3	0,3
Степень использования водорода в печи	0,48	0,48
Степень использования CO в печи	0,44	0,44
Среднее значение поперечного сечения нижней зоны п...	60,132	60,132
Удельный расход агломерата, т/т чугуна	1,137	1,137
Удельный расход окатышей, т/т чугуна	0,658	0,659
Удельный расход известняка, кг/т чугуна	0	0
Количество углерода (C), пришедшего в печь с коксом,...	407,426	407,426
Содержание нелетучего углерода в коксе, %	85,81	85,81
Расход C на прямое восстановление оксидов Fe, Mn, Si...	72,566	72,566
Растворяется углерода в чугуне, кг/т чугуна	45,39	45,39
Расход C на образование метана, кг/т чугуна	3,259	3,259
Количество C сгорающего у фурм, кг/т чугуна	286,211	286,211

- Ввод исходных данных

# Клиент: Результаты

1 of 4 100% Find | Next

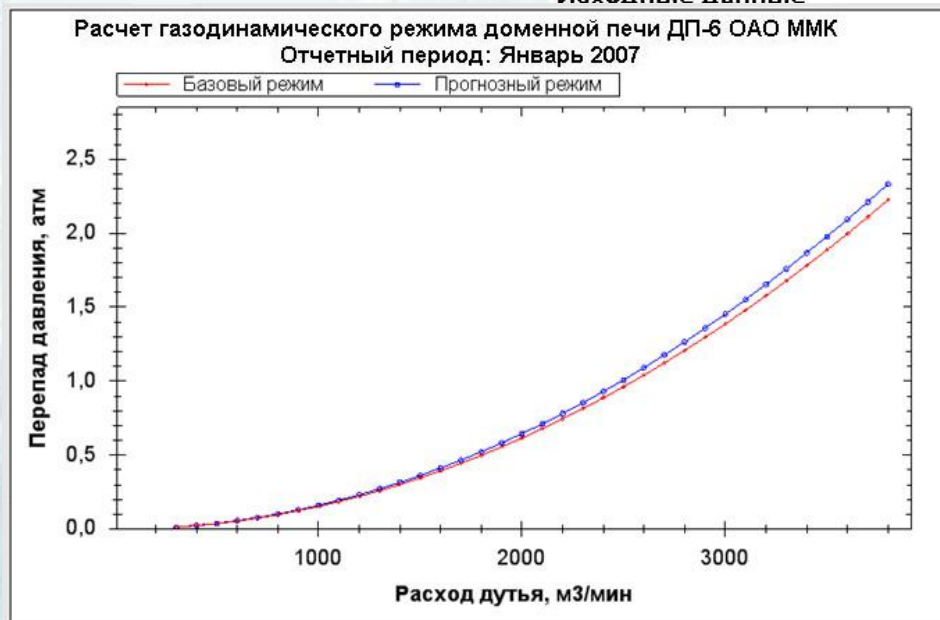
АРМ инженерно-технологического персонала доменного цеха ОАО "ММК"

**Расчет газодинамического режима доменной плавки:  
сравнение базового и прогнозного периодов**

Доменная печь № 6

Отчетный период: Январь 2007 г.

Исходные данные

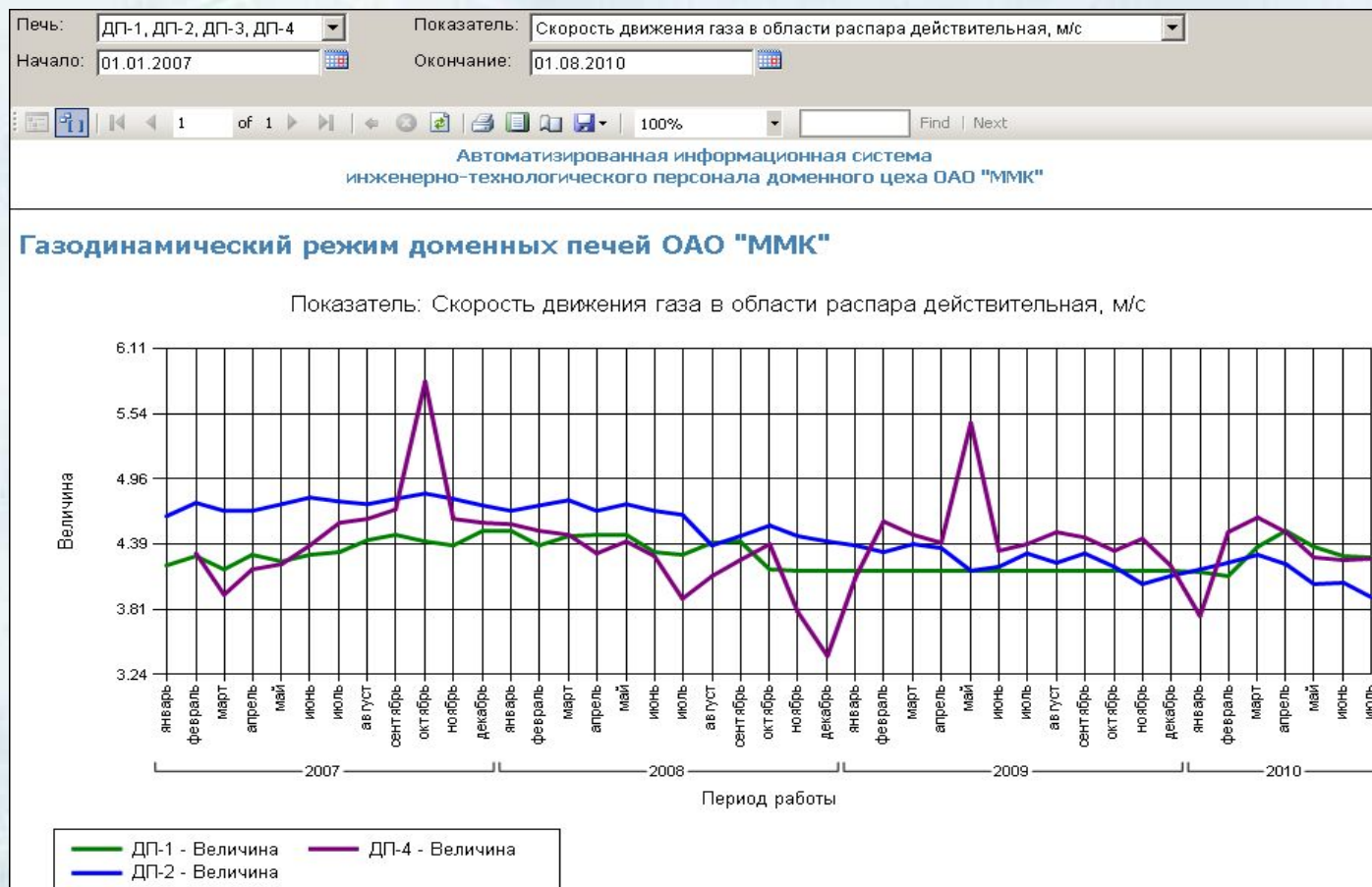


Параметры	Величина в базовом периоде	Величина в прогнозном периоде
	94.384	94.384
	0.274	0.274
	0.057	0.057
	0.746	0.746
	0.91	0.91
	4.539	4.539
	474.8	474.8
	26.59	26.59
	7.4	7.4
м3/т чугуна	91.3	91.3

- Визуализация расчета

- Печать отчета
- Экспорт XLS, PDF

# Система мониторинга: Результаты



Графическое представление данных

# Система мониторинга: Результаты

Год:  Доменная печь:

Месяц:

1 of 1 100%

Автоматизированная информационная система  
инженерно-технологического персонала доменного цеха ОАО "ММК"

### Газодинамический режим доменных печей ОАО "ММК"

Критический расход дутья, мЗ/мин

	ДП-1	ДП-2	ДП-4	ДП-9	ДП-10	
2007	3181.5	2948.6	2654.2	3100.2	3595.6	
2008	3402.2	3010.1	2632.8	3829.9	4104.3	
2009	2815.2	3041.8	2997.7	3751.2	4095.8	
2010	январь	2607.2	0	1742.6	3326.0	3728.0
	февраль	2570.3	0	2505.6	3667.3	4005.8
	март	2368.9	2804.2	2627.6	3720.9	3969.1
	апрель	2620.0	2895.7	2762.0	3871.1	4084.5
	май	2635.2	3012.9	2699.6	3929.8	3981.6
	июнь	2787.2	3296.6	2893.4	3729.8	4226.3
	июль	2757.7	3001.6	2951.6	3886.7	4028.3
	сентябрь	2631.4	2880.0	2832.2	3824.7	4117.7
	октябрь	2716.7	3044.5	2791.3	4094.1	4029.5
	ноябрь	2612.0	3134.4	2777.6	4123.2	4046.1
	декабрь	1638.0	1996.6	1743.9	2296.8	2570.6

Табличное представление данных

# БЖД

---

СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

- Шум
- Вибрация
- Микроклимат
- Электробезопасность
- Излучения
- Вентиляция помещений
- Экологичность работы
- Чрезвычайные ситуации, пожарная безопасность
- Эргономика рабочего места
- Зрительная работа оператора
- Освещенность рабочего места

# Экономические показатели проекта

## Общая смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Сумма
<b>Капитальные затраты:</b>	<b>209 574,00</b>
– обновление программной платформы	89 940,50
– обновление аппаратной платформы	9 046,00
– затраты на разработку информационной системы	110 587,50
<b>Эксплуатационные затраты:</b>	<b>29 967,44</b>
– затраты на электроэнергию	14 982,24
– амортизационные отчисления	2 985,20
– затраты на заработную плату обслуживающего персонала	12 000,00
Итого	<b>239 541,44</b>

# Заключение

---

Информационная система включает модули:

- динамически подключаемая математическая библиотека DLL, разработанная на основании функциональных спецификаций с использованием объектно-ориентированного подхода;
- клиентский модуль, который осуществляет связь с СУБД MS SQL Server, обеспечивает аутентификацию пользователя в системе, извлекает необходимые данные из базы данных предприятия, интерпретирует в удобном для пользователя виде и позволяет сохранять результаты расчета в БД;
- серверные элементы (таблицы, хранимые процедуры, внешние сборки), работающие под управлением MS SQL Server;
- модуль агрегированной отчетности, состоящий из элементов сбора данных по различным объектам и периодам, а также средства создания таблиц и графиков.

# Заключение

---

Созданное программное обеспечение способно:

1. **Отображать динамику изменения** расчетных газодинамических **параметров** доменных печей (характеристик слоя шихтовых материалов, скоростей фильтрации газа, перепадов давления и степени уравнивания шихты) на основании фактической отчетной месячной информации из модуля «Технический отчет».
2. **Прогнозировать газодинамический режим** доменных печей при изменении расхода дутья, параметров комбинированного дутья, уровня засыпи и давления колошникового газа.
3. **Результаты моделирования** газодинамического режима доменной плавки представляются в табличной и графической формах, предусмотрено **формирование отчета** с возможностью его предварительного просмотра и экспорта в другие форматы.
4. Осуществлять **автоматический расчет параметров газодинамического режима** всех доменных печей за каждый месяц и отображать результаты расчетов в корпоративной сети предприятия.



# Заключение

---

Разработаны **оперативные, качественные и современные способы** обработки предоставления информации конечным пользователям – инженерно-техническому персоналу Магнитогорского металлургического комбината.

Разработанное программное средство **отвечает всем задачам**, определенным в начале работы, обеспечивает заданную функциональность.