

Разработка программного обеспечения

Теплотехнический расчет
нагрева
бесконечного цилиндра
при регулярном режиме

Разработчик: Чуркин А.А. МТ-46053

Постановка задачи: к.т.н Гольцев В.А.

Руководитель: к.т.н Лавров В.В.

УГТУ-УПИ, г.Екатеринбург, 2009 г



CLEAN DESKTOP ver. 0.1 EKTOP

Постановка задачи:

- Разработка ПО для решения задачи нестационарной теплопроводности – нагрева бесконечного цилиндра
- Автоматизация рутинных расчетов
- Обеспечение возможности использования данного ПО в учебных целях

Физическая постановка задачи

- Теплопроводность — это перенос теплоты структурными частицами вещества (молекулами, атомами, электронами) в процессе их теплового движения.
- Явление теплопроводности заключается в том, что кинетическая энергия атомов и молекул, которая определяет температуру тела, передаётся другому телу при их взаимодействии или передаётся из более нагретых областей тела к менее нагретым областям.
- Различные группы сталей в зависимости от температуры имеют различную теплопроводность. Так, углеродистые стали с повышением температуры уменьшают свою теплопроводность, высоколегированные аустенитные стали — увеличивают, а теплопроводность нержавеющей хромистых сталей остается почти постоянной примерно до 1000 °С.
- Теплопроводность сталей значительно изменяется с введением легирующих добавок, однако с повышением температуры разница стирается и при 900—950 °С теплопроводность всех сталей становится примерно одинаковой.

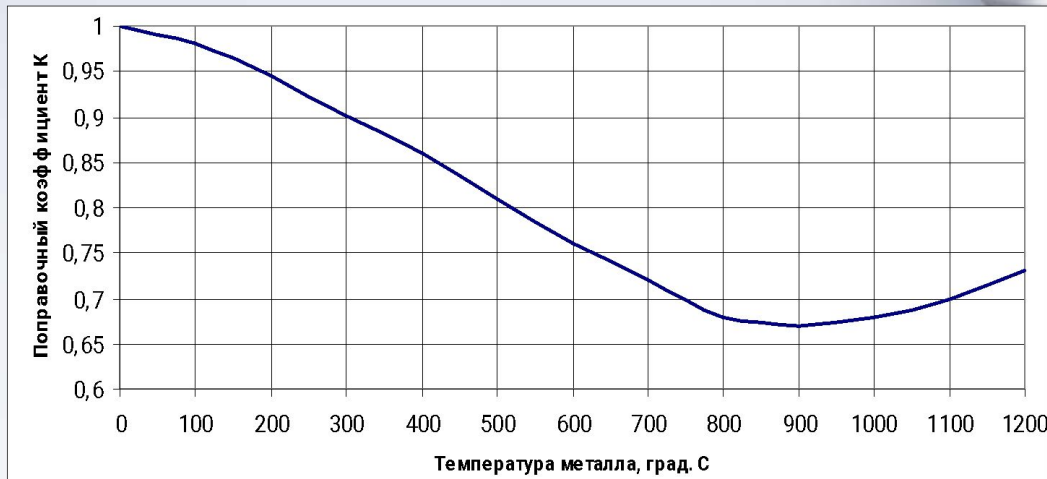
Физическая постановка задачи

Для сталей в случае отсутствия табличных данных значения коэффициента теплопроводности λ при нужных температурах с достаточной степенью точности можно рассчитать по формуле

$$\lambda_t = K \cdot \lambda_0$$

где K — коэффициент, который определяется по графику;

λ_0 — коэффициент теплопроводности при нормальных условиях.



Значения поправочного коэффициента K , учитывающего изменения теплопроводности углеродистых сталей с изменением температуры

Разработка алгоритма в таблицах Excel

Исходные данные

				мин	макс
	D цилиндра	0,11 м		0	10
	t печи	1420 град. С		50	2200
	t нач	20 град. С		0	50
	теплоемкость	712 Дж/(кг*К)		350	1100
	плотность	7860 кг/м3		4000	10000
	коэф. теплоотдач	525 Вт/(м2*К)		200	1000
	Темп поверхности, крит	1200 град. С		100	2200
	C	0,08 %		0	2,14
	Si	0 %		0	5
	Mn	0 %		0	5

Расчет Этап 1

Этап 1 - расчет примерной температуры, коэффициент теплопроводности принят за const

коэф. теплопров	λ_0	60,7	42,00											
коэф. теплопров	λ_{const}	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	Вт/(м*К)	const
Разн темп поверхн	Θ_n	0,157	0,186	0,220	0,260	0,307	0,363	0,430	0,508	0,601	0,710			const
Число подобия Био	Bi	0,6875	0,6875	0,6875	0,6875	0,6875	0,6875	0,6875	0,6875	0,6875	0,6875	0,6875		const
коэф температур провод	a	7,50E-06	7,50E-06	7,50E-06	7,50E-06	7,50E-06	7,50E-06	7,50E-06	7,50E-06	7,50E-06	7,50E-06	7,50E-06	м2/с	const
	R _ц	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840		const
	N _ц	1,151	1,151	1,151	1,151	1,151	1,151	1,151	1,151	1,151	1,151	1,151		const
	ню ц 2	1,164	1,164	1,164	1,164	1,164	1,164	1,164	1,164	1,164	1,164	1,164		const
Процент времени	% тау	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		0 %	
Время нагрева	тау [580	522	464	406	348	290	232	174	116	58		0 секунд	
Фурье	F _o	1,44	1,30	1,15	1,01	0,86	0,72	0,58	0,43	0,29	0,14			
Разн темп на оси	Θ_c	0,215	0,255	0,301	0,356	0,421	0,498	0,589	0,696	0,824	0,974			
расчетное темп оси	t _c	1118,3	1063,3	998,2	921,2	830,2	722,6	595,4	444,9	267,0	56,7		0 град. С	
реальное темп оси	t _c	1118	1063	998	921	830	723	595	445	267	57		20 град. С	
расчетное темп поверхт	t _n	1200,0	1159,9	1112,4	1056,3	989,9	911,5	818,7	709,0	579,2	425,8		0 град. С	
реальное темп поверхт	t _n	1200	1160	1112	1056	990	911	819	709	579	426		20 град. С	

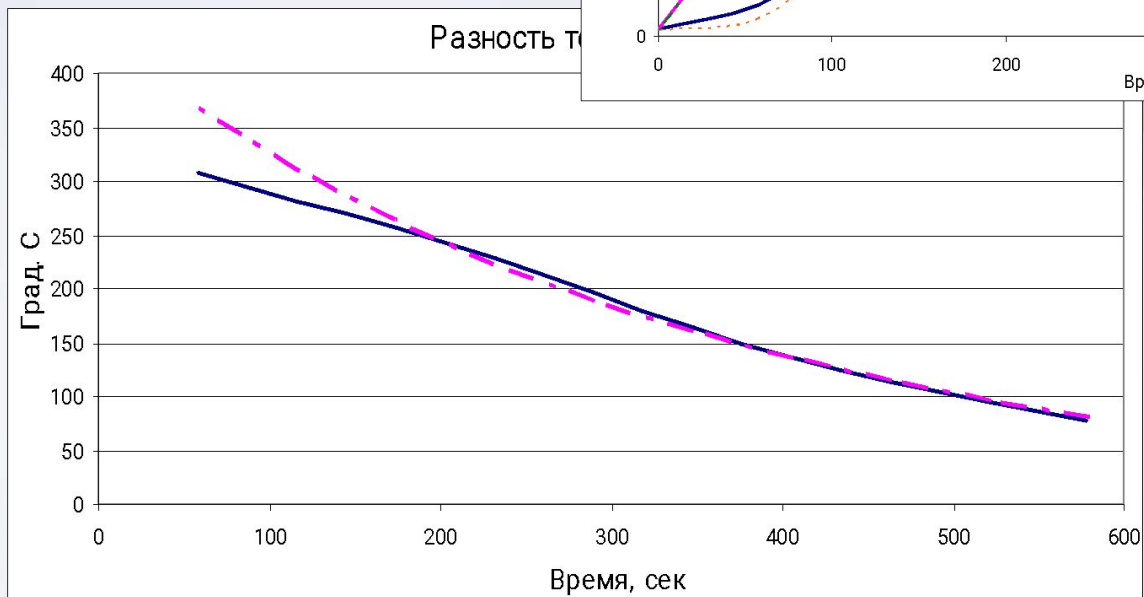
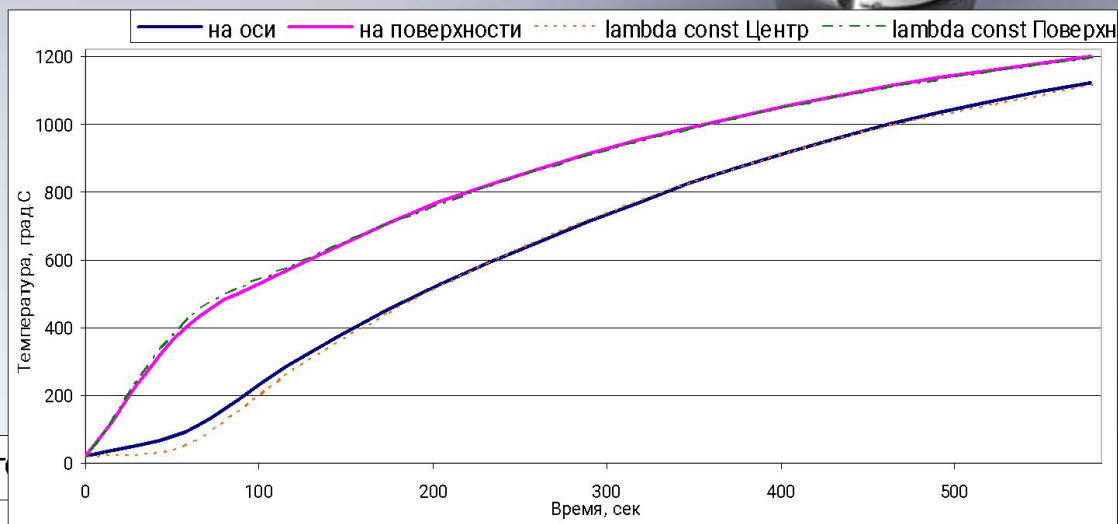
Расчет Этап 2

Этап 2 - уточнение температуры в контрольных точках, коэффициент температуры = f(температуры)

Поправочный коэф	K	0,730	0,713	0,702	0,691	0,678	0,669	0,678	0,713	0,772	0,846		
коэф. теплопров	$K * \lambda_0$	44,3	43,3	42,6	41,9	41,1	40,6	41,1	43,3	46,8	51,3	Вт/(м*К)	
Разн темп поверхн	Θ_n	0,157	0,186	0,220	0,261	0,308	0,364	0,430	0,510	0,609	0,730		
Число подобия Био	Bi	0,6520	0,6674	0,6776	0,6885	0,7018	0,7110	0,7022	0,6676	0,6163	0,5630		
коэф температур провод	a	7,91E-06	7,73E-06	7,61E-06	7,49E-06	7,35E-06	7,26E-06	7,35E-06	7,73E-06	8,37E-06	9,17E-06	м2/с	
	R _ц	0,847	0,844	0,842	0,839	0,837	0,835	0,837	0,844	0,855	0,867		
μ	N _ц	1,145	1,148	1,150	1,152	1,154	1,156	1,154	1,148	1,138	1,127		
	ню ц 2	1,113	1,135	1,150	1,165	1,184	1,197	1,185	1,135	1,061	0,981	0,000	
Процент времени	% тау	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		0 %
Время нагрева	тау	579	521	463	405	347	289	231	174	116	58		0 секунд
Фурье	F _o	1,51	1,33	1,17	1,00	0,84	0,69	0,56	0,44	0,32	0,18		
Разн темп на оси	Θ_c	0,212	0,253	0,301	0,358	0,425	0,504	0,593	0,694	0,810	0,949		
расчетное темп оси	t _c	1122,7	1065,4	998,5	919,3	825,2	715,1	589,9	449,0	285,9	91,2		0 град. С
реальное темп оси	t _c	1123	1065	999	919	825	715	590	449	286	91		20 град. С
расчетное темп поверхт	t _n	1200,0	1159,2	1111,4	1055,1	988,8	911,0	818,4	706,0	567,9	398,6		0 град. С
реальное темп поверхт	t _n	1200	1159	1111	1055	989	911	818	706	568	399		20 град. С
разность	d t	77	94	113	136	164	196	228	257	282	307		

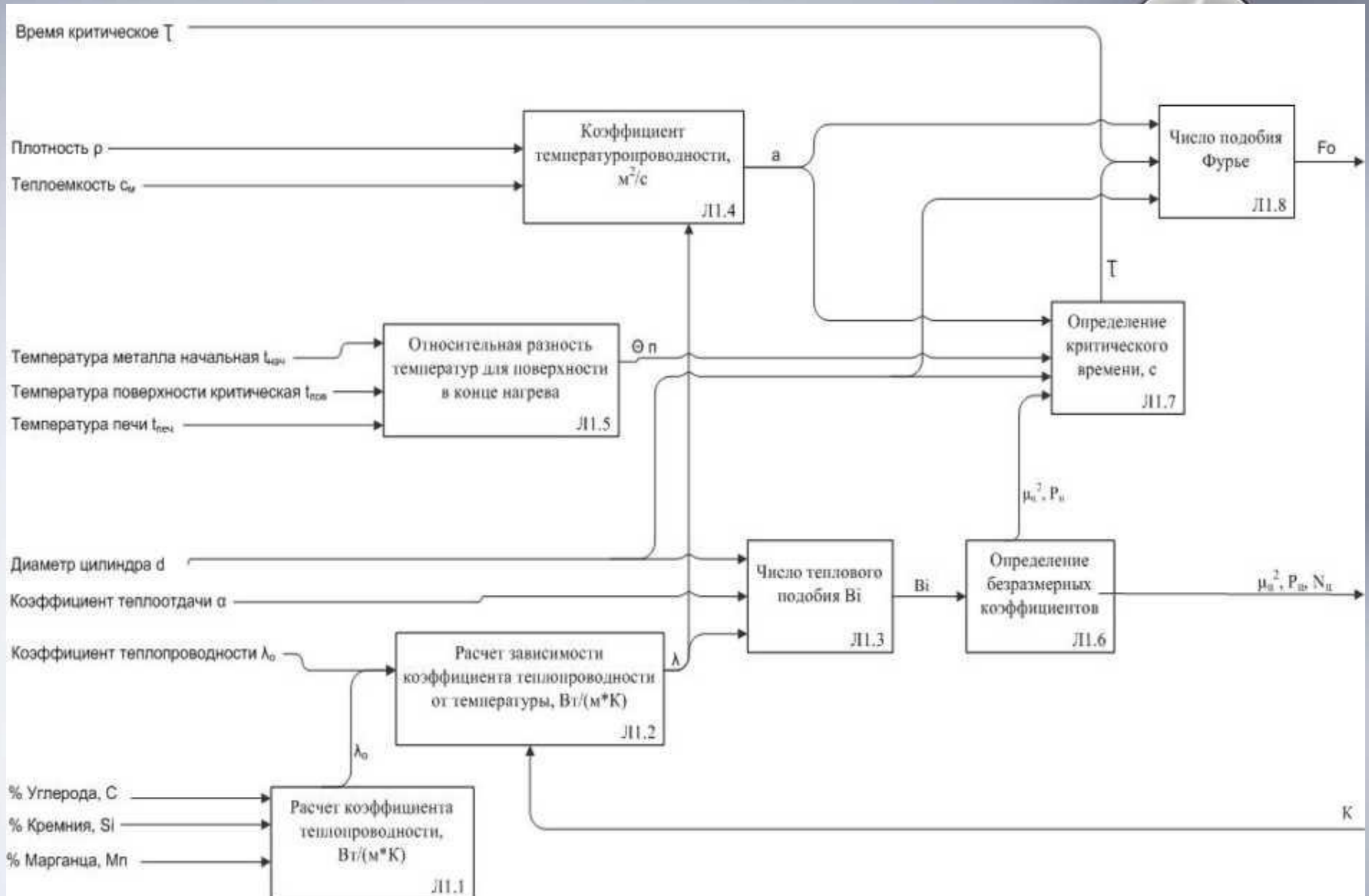
Разработка алгоритма в таблицах Excel

Визуализация
рассчитанных
данных

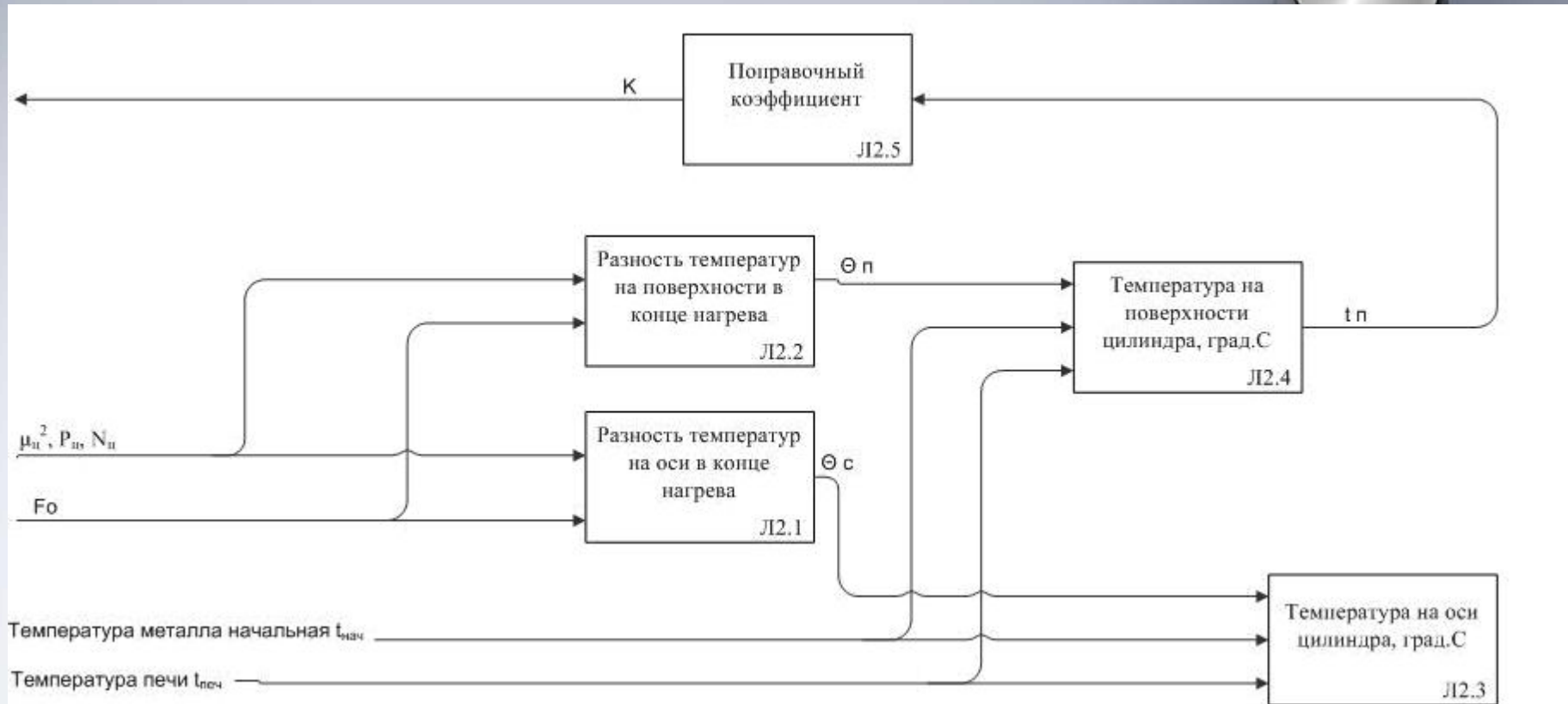


CLEAN DESKTOP

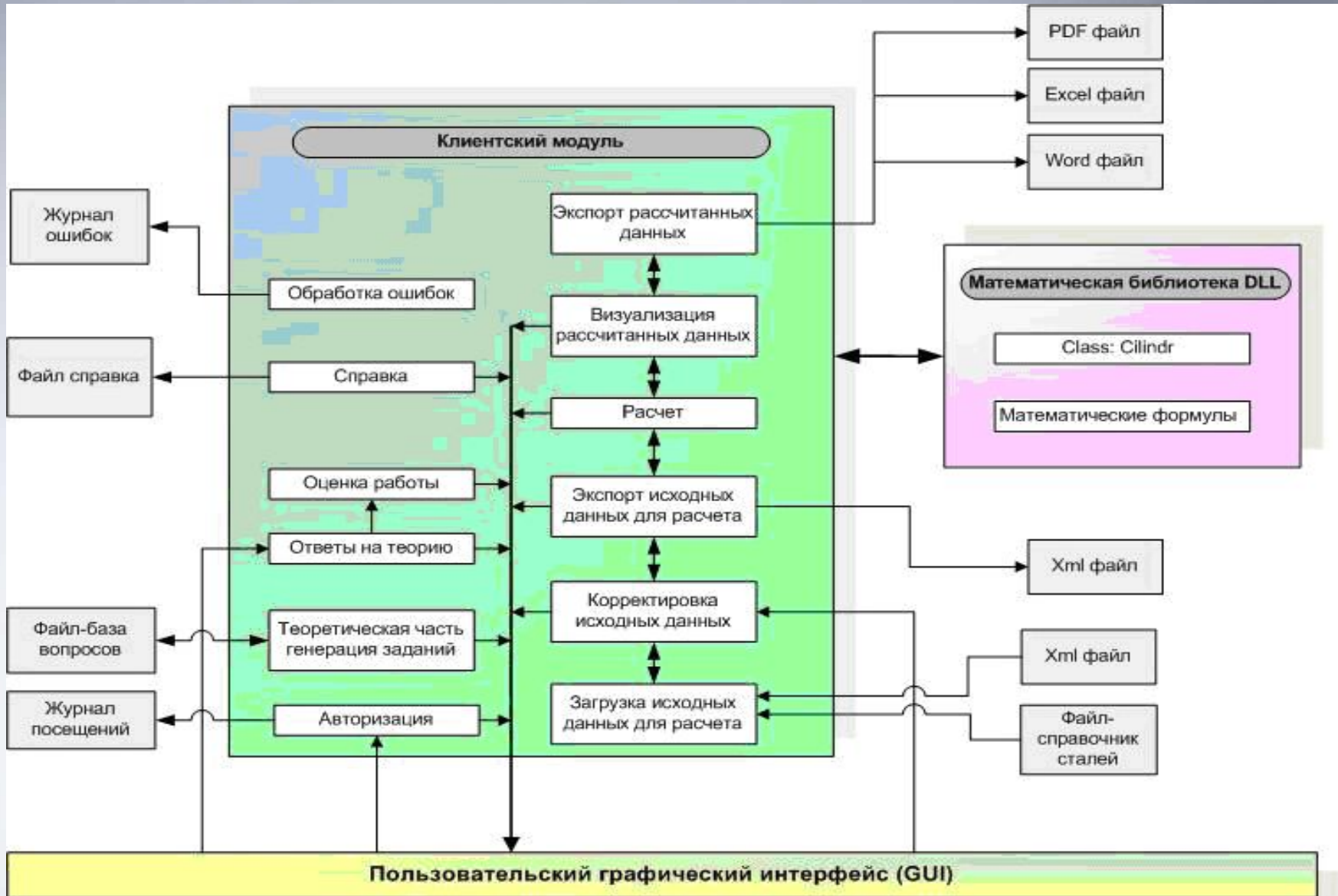
Визуализация алгоритма расчета в пакете MS Visio



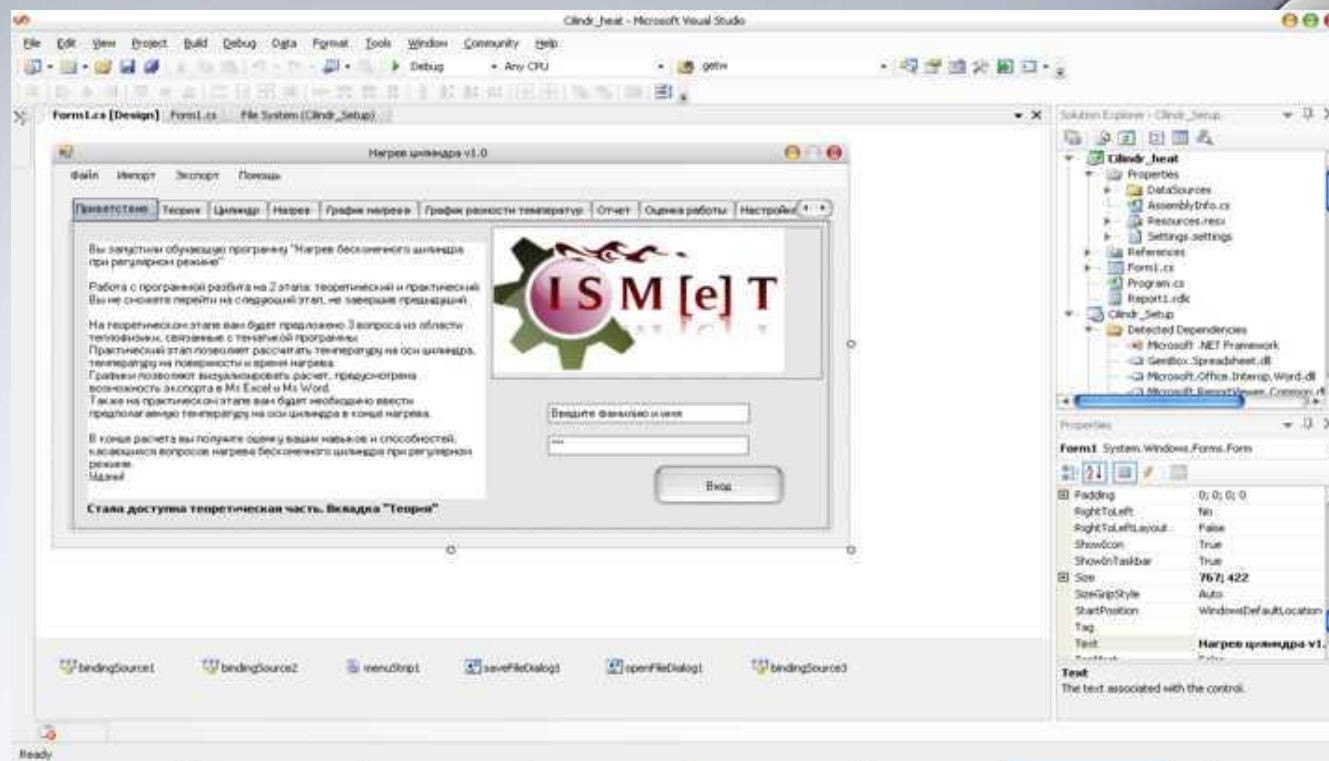
Визуализация алгоритма расчета в пакете MS Visio



Архитектура ПО

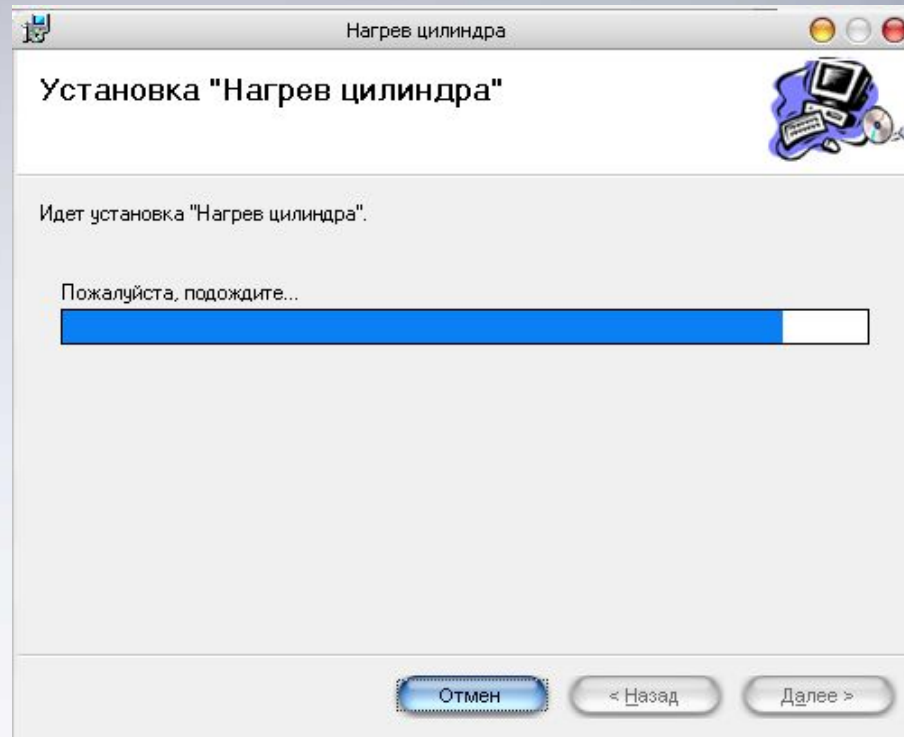


Реализация программного средства в среде MS Visual Studio



- Проектируемое программное средство создано в среде MS Visual Studio 2005.NET на языке C#.
- C# относится к семье языков с C-подобным синтаксисом, из них его синтаксис наиболее близок к C++ и Java. Язык имеет строгую статическую типизацию, поддерживает полиморфизм, перегрузку операторов, указатели на функции-члены классов, атрибуты, события, свойства, исключения, комментарии в формате XML.

«Нагрев цилиндра»: Установка



- Установка на компьютер производится с помощью инсталлятора – файла Cilindr_Setup.msi
- После запуска файла появится окно, в котором нужно указать полный путь к папке, куда следует установить файлы программы. По умолчанию файлы скопируются в папку C:\Program Files\Нагрев цилиндра.

«Нагрев цилиндра»: Теория

Нагрев цилиндра v0.3 b

Файл Импорт Экспорт Помощь

Приветствие Теория

Вопрос 1: Процесс переноса теплоты теплопроводностью зависит от:

Варианты ответа: 1) времени 2) температуры 3) температурного поля

Ваш ответ:

Вопрос 2: Цель термообработки

Варианты ответа: 1) нагрев 2) снятие напряжений 3) антикоррозия

Ваш ответ:

Вопрос 3: Относительная разность температур имеет размерность:

Варианты ответа: 1) град.С 2) К 3) безразмерная величина

Ваш ответ:

Далее

На теоретическом этапе вам будет предложено 3 вопроса из области теплофизики, связанные с тематикой программы: нагрев бесконечного цилиндра при регулярном режиме.

«Нагрев цилиндра»: Расчет

Нагрев цилиндра v1.0

Файл Импорт Экспорт Помощь

Приветствие Теория **Цилиндр** Нагрев

Диаметр цилиндра, м

Теплоемкость, Дж/(кг*К)

Плотность стали, кг/м3

Коэффициент теплопроводности, Вт/(м*К):

Состав стали

Содержание углерода C, %

Содержание кремния Si, %

Содержание марганца Mn, %

Теплопроводность материала

Теплопроводность зависит от температуры

Температура печи, град.С

Температура начала нагрева, град.С

Коэффициент теплоотдачи, Вт/(м2*К)

Температура поверхности град.С

Инженерная интуиция

Введите предполагаемую температуру центра цилиндра в конце нагрева: град.С

Готово

- Ввод исходных данных

«Нагрев цилиндра»: Расчет

Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м*К)	30,03
Число подобия Био	0,9615
Коэффициент температуропроводности, м ² /с	5,4E-06
Био-коэффициент $R_{ц}$	0,7839
Био-коэффициент $N_{ц}$	1,2002
Био-коэффициент $\mu_{ц 2}$	1,5297
Время нагрева T , секунд	581
Фурье Fo	1,031
Разн темп на оси θ_c	0,162
Разн темп поверхн θ_p	0,248
Температура на оси, °C	1072,8
Температура поверхности, °C	1200

Report1.pdf - Adobe Reader

Файл Редактирование Просмотр Документ Инструменты Окно Справка

1 / 1 100% Найти

Нагрев бесконечного цилиндра при регулярном режиме

Исходные данные

Диаметр цилиндра, м	0.11
Температура печи, °C	1420
Температура окружающей среды, °C	20
Теплоемкость материала, Дж/(кг*К)	712
Плотность стали, кг/м ³	7860
Коэффициент теплоотдачи альфа, Вт/(м ² *К)	525
Коэффициент теплопроводности лямбда, Вт/(м*К)	36.5
Температура поверхности критическая, °C	1200

Расчетные данные

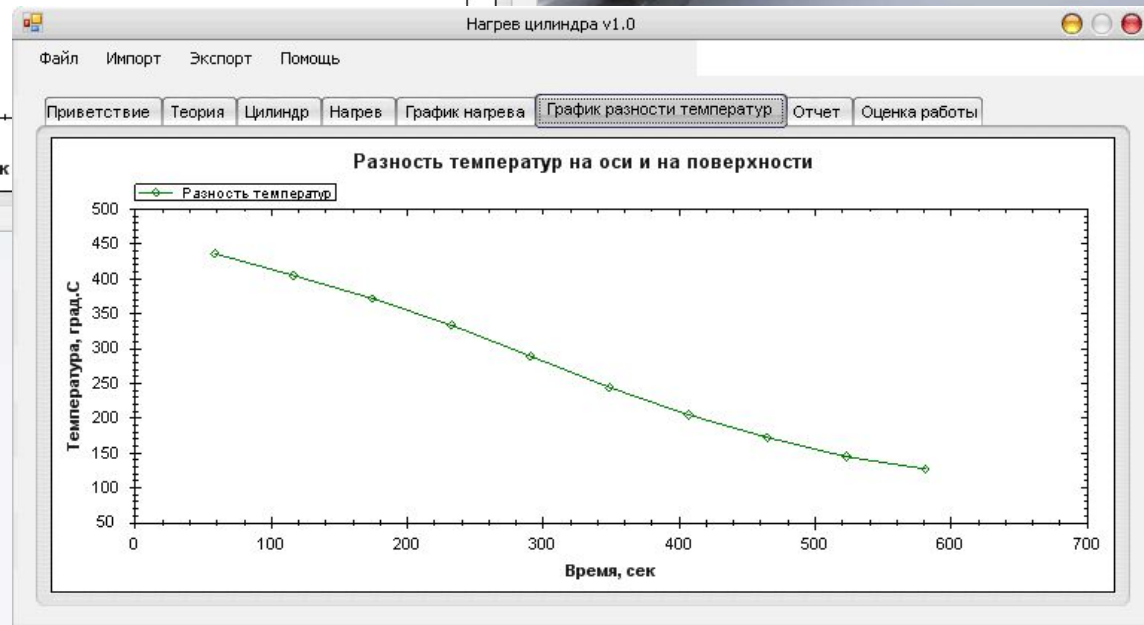
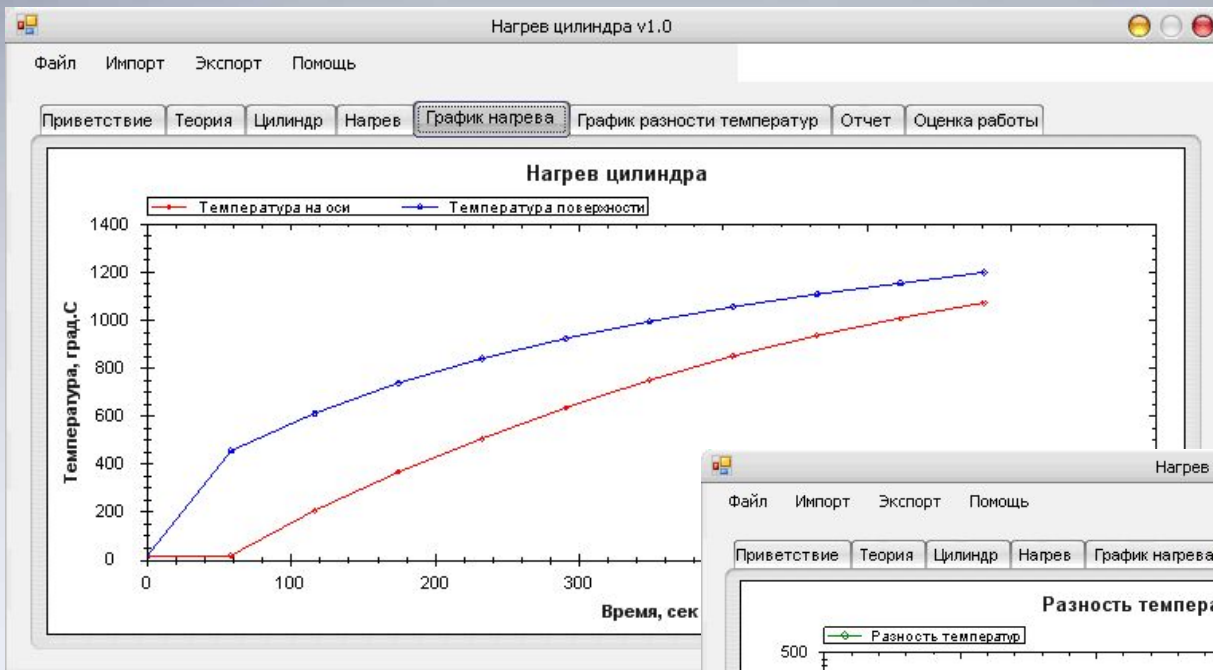
Температура на оси цилиндра, °C	1056
Время нагрева, сек	585

12/7/2009 2:09:24 PM

210 x 297 мм

- Результат

«Нагрев цилиндра»: Расчет



- Визуализация расчета

«Нагрев цилиндра»: Оценка

Нагрев цилиндра v0.3 b

Файл Импорт Экспорт Помощь

Приветствие Теория Цилиндр Нагрев График нагрева График разности температур Отчет Оценка работы

Теоретический этап

Всего вопросов: 3

Правильных ответов: 0

Практический этап

Расчетное значение температуры на оси, град.С: 1055,8

Ожидаемое значение температуры на оси, град.С: 1150

Инженерная сила: 91,1 %!

Итоговая оценка

Усваиваемость материала: **47 %!**

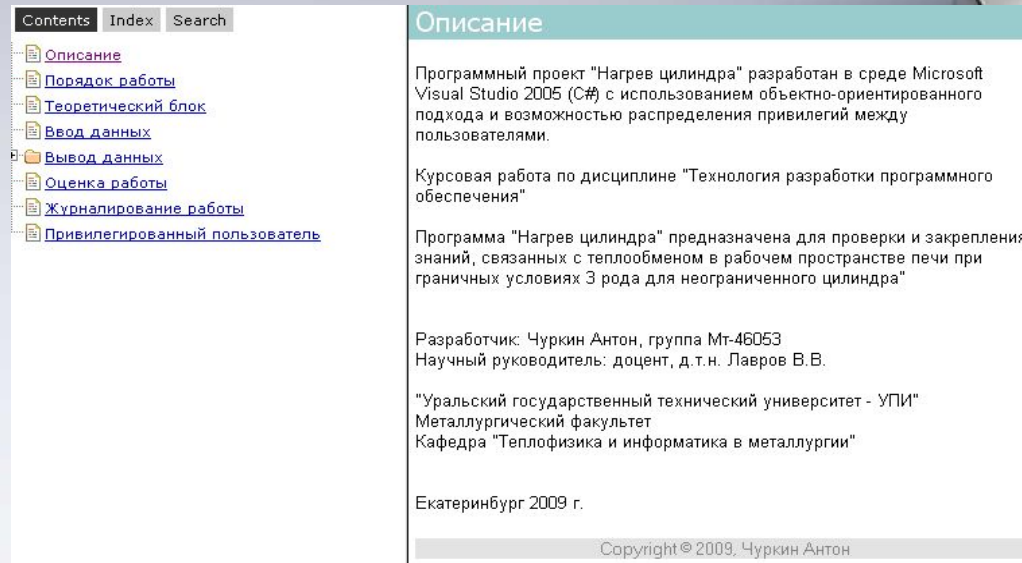
Пройти снова Повторить расчет

CLEAN DESKTOP

- Оценивание работы за 2 этапа

«Нагрев цилиндра»: Сервис

- Справка



The screenshot shows a web application interface. On the left, there is a table of contents with links to various sections: [Описание](#), [Порядок работы](#), [Теоретический блок](#), [Ввод данных](#), [Вывод данных](#), [Оценка работы](#), [Журналирование работы](#), and [Привилегированный пользователь](#). On the right, the 'Описание' (Description) page is displayed, containing the following text:

Программный проект "Нагрев цилиндра" разработан в среде Microsoft Visual Studio 2005 (C#) с использованием объектно-ориентированного подхода и возможностью распределения привилегий между пользователями.

Курсовая работа по дисциплине "Технология разработки программного обеспечения"

Программа "Нагрев цилиндра" предназначена для проверки и закрепления знаний, связанных с теплообменом в рабочем пространстве печи при граничных условиях 3 рода для неограниченного цилиндра"

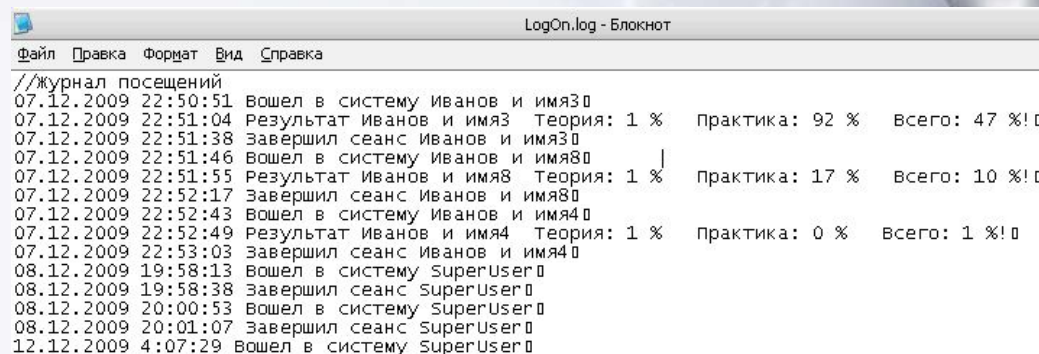
Разработчик: Чуркин Антон, группа Мт-46053
Научный руководитель: доцент, д.т.н. Лавров В.В.

"Уральский государственный технический университет - УПИ"
Металлургический факультет
Кафедра "Теплофизика и информатика в металлургии"

Екатеринбург 2009 г.

Copyright © 2009, Чуркин Антон

- Журнал посещений



The screenshot shows a Notepad window titled 'LogOn.log - Блокнот'. The menu bar includes 'Файл', 'Правка', 'Формат', 'Вид', and 'Справка'. The content of the log file is as follows:

```
//Журнал посещений
07.12.2009 22:50:51 Вошел в систему Иванов и имя30
07.12.2009 22:51:04 Результат Иванов и имя3 Теория: 1 % Практика: 92 % Всего: 47 %!0
07.12.2009 22:51:38 Завершил сеанс Иванов и имя30
07.12.2009 22:51:46 Вошел в систему Иванов и имя80
07.12.2009 22:51:55 Результат Иванов и имя8 Теория: 1 % Практика: 17 % Всего: 10 %!0
07.12.2009 22:52:17 Завершил сеанс Иванов и имя80
07.12.2009 22:52:43 Вошел в систему Иванов и имя40
07.12.2009 22:52:49 Результат Иванов и имя4 Теория: 1 % Практика: 0 % Всего: 1 %!0
07.12.2009 22:53:03 Завершил сеанс Иванов и имя40
08.12.2009 19:58:13 Вошел в систему SuperUser0
08.12.2009 19:58:38 Завершил сеанс SuperUser0
08.12.2009 20:00:53 Вошел в систему SuperUser0
08.12.2009 20:01:07 Завершил сеанс SuperUser0
12.12.2009 4:07:29 Вошел в систему SuperUser0
```

«Нагрев цилиндра»: Сервис

- **3 Уровня обработки исключений**

- **1 Уровень**

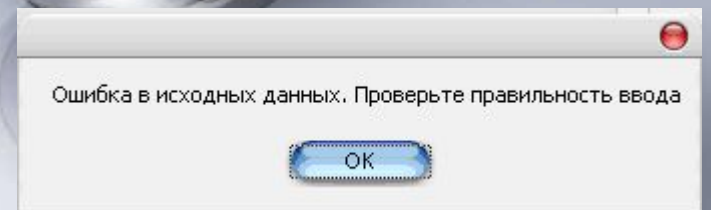
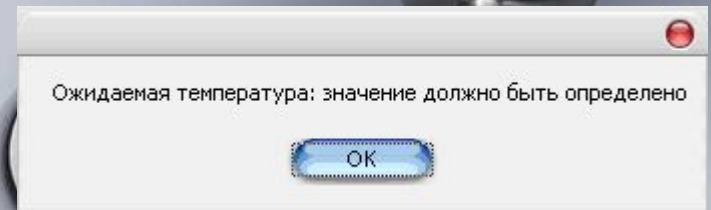
Информативный характер с максимальной степенью быстродействия по выявлению ошибок

- **2 Уровень**

Уровень блокирует процедуру расчета с выводом соответствующего сообщений, обеспечивая тем самым стабильность системы в целом в самый критический момент.

- **3 Уровень**

Для данного этапа ведется журнал ошибок ErrorLog.log, где протоколируются ошибки и причины, вызвавшие их. Просмотр журнала возможен лишь привилегированным пользователем. Данный этап носит сервисный характер – он позволяет привилегированному пользователю разобраться с причиной появления исключительной ситуации.



«Нагрев цилиндра»: Особенности

- применены методы ООП – создана структура классов, использован полиморфизм;
- разработан в составе программы модуль тестирования по теоретическим вопросам нестационарной теплопроводности;
- теплотехнический расчет нагрева бесконечного цилиндра при регулярном режиме;
- экспорт/импорт исходных данных в файле xml;
- возможность просмотра отчета с помощью ReportViewer'a и печати отчета;
- экспорт исходных и рассчитанных данных в популярные форматы: excel, word, pdf;
- визуализация данных с помощью графиков
- трехуровневая обработка исключительных ситуаций;
- ведение журналов: журнал посещений и журнал ошибок;
- распределение привилегий между пользователями.

«Нагрев цилиндра»: Вывод

В результате разработки было создано программное обеспечение «Нагрев цилиндра», которое является учебным пособием для студентов, изучающих теплообменные процессы, и позволяющее решить задачу нестационарной теплопроводности бесконечного цилиндра при регулярном режиме.

В процессе проектирования и создания программного средства было создано следующее:

- тестовый файл расчета и проверки методики расчета в Excel;
- функциональная модель программы;
- спецификации внешних функций;
- блок-схема проектируемой программы;
- архитектура программного обеспечения;
- программное средство для решения задачи нестационарной теплопроводности для бесконечного цилиндра;
- справочная система программы;
- установочный файл.

