

Разработка программного обеспечения теплотехнического расчета металлического петлевого рекуператора

Разработчики

Воробьева А.А.

гр. Мт-47053

Гулько И.А.

Гр.Мт-47052

Проверил

доцент, к.т.н. Гольцев В. А.

доцент, к.т.н. Лавров В.В

Цель работы:

Создание программного средства, которое позволит рассчитывать площадь поверхности нагрева и определять максимальную температуру стенки рекуператора.

Результаты работы должны отображаться в виде таблицы с возможностью сохранения в форматы xls и pdf. Также должна быть предусмотрена возможность графического изображения полученных результатов для наглядности.

Постановка задачи

- ✓ автоматизация теплотехнического расчета металлического петлевого рекуператора;
- ✓ комплексное исследование металлического петлевого рекуператора;
- ✓ создание отчетной документации

Предметная область

Объект информатизации представляет собой теплотехнический агрегат, который называется рекуператором.

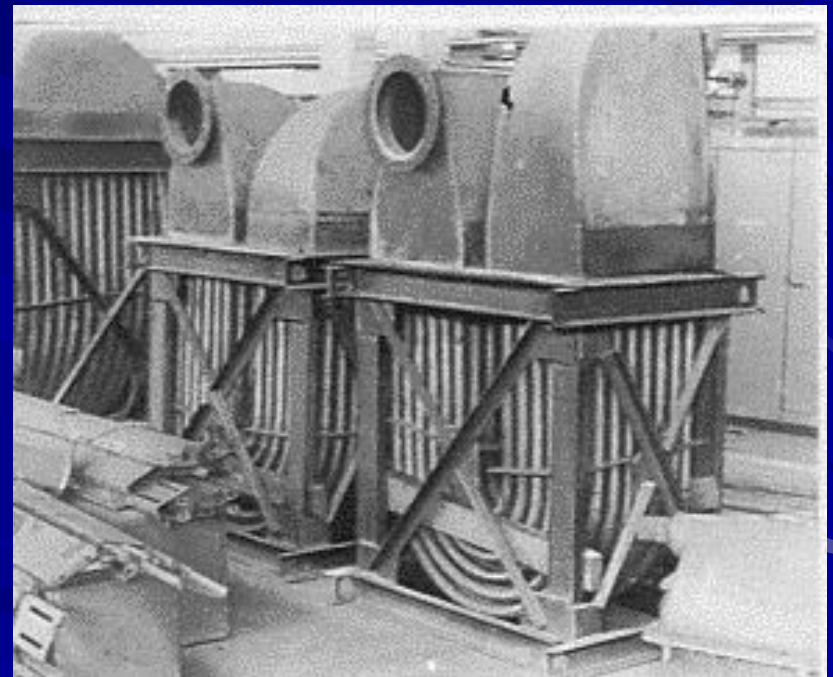
Рекуператор – это теплообменный аппарат, предназначенный для нагрева воздуха или газа за счет продуктов сгорания, в связи с этим рекуператор позволяет экономить электроэнергию и эксплуатационные расходы.

Эффективность тепловой работы и высокая стойкость рекуператора возможны при соблюдении следующих условий:

- ✓ применение жаростойких материалов для изготовления элементов конструкции рекуператора;
- ✓ достаточная теплопроводность материала;
- ✓ обеспечение минимально возможной температуры элементов конструкции, предотвращение местных перегревов;
- ✓ обеспечение герметичности (газоплотности) всей конструкции;
- ✓ создание условий, обеспечивающих возможность чистки труб рекуператора в процессе его эксплуатации.

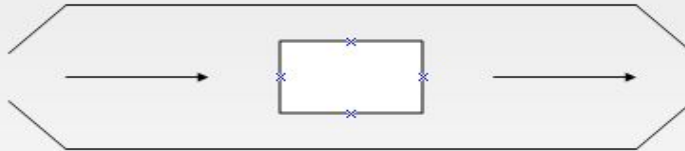
Металлический петлевой рекуператор

Преимуществом конструкции петлевого рекуператора является свободная самокомпенсация температурного расширения каждой трубы (петли) в отдельности.

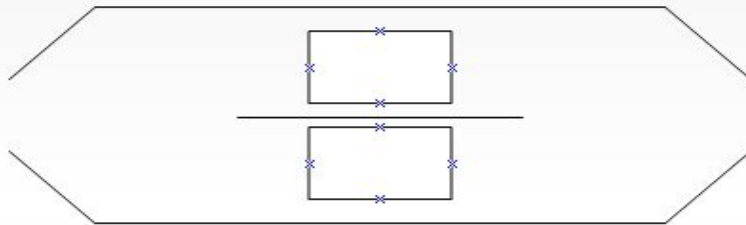


Компоновка рекуператора

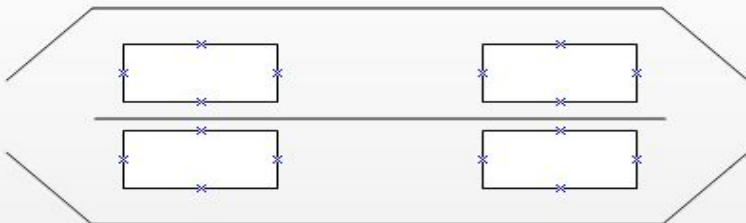
ОДНОСЕКЦИОННЫЙ РЕКУПЕРАТОР



ДВУХСЕКЦИОННЫЙ РЕКУПЕРАТОР



ЧЕТЫРЕХСЕКЦИОННЫЙ РЕКУПЕРАТОР



Различают односекционные, двухсекционные и четырехсекционные рекуператоры, в зависимости от их компоновки. Принцип работы таких компоновок аналогичен.

Разработка алгоритма в таблицах MS Excel

Теллотехнический расчет петлевого трубчатого рекуператора
Студентов МТ-47052,47053 групп Гунько И.А. и Воробьевой А.А.

металлический петлевой трубчатый односекционный рекуператор,
движение газов внутри труб и канала - турбулентное.

исходные данные (заданы)

выбор, компоновка рекуператора

расчет коэффициента теплопередачи (K)

Сравнение поверхностей нагрева F и F* и дальнейший пересчет F* с учетом поправки температур

наименование	обозначение	значение	СИ
Температура воздуха на выходе на выходе из рекуператора	$t''_в =$	300	оС
Температура воздуха на входе в рекуператор	$t'_в =$	20	оС
Температура продуктов сгорания перед рекуператором	$t'_д =$	800	оС
Расход воздуха	$V_в =$	7,5	м3/с
Теплоемкость воздуха	$C_в =$	1346,53	Дж/(м3К)
Теплоемкость дыма	$C_д =$	1409,08	Дж/(м3К)
Энтальпия воздуха при начальной температуре	$I'_в =$	26930,6	кДж/м3
Энтальпия воздуха при конечной температуре	$I''_в =$	403959	кДж/м3
Энтальпия дыма при начальной температуре	$I'_д =$	1127264	кДж/м3
Расход продуктов сгорания	$V_д =$	9,9	м3/с
Количество CO2	$CO_2 =$	12,47	%
Количество H2O	$H_2O =$	11,89	%
Средняя температура воздуха	$T_в =$	160	
Средняя температура дыма	$T_д =$	678,64749	
Средняя температура стенки рекуператора	$T_{ст} =$	489,32375	
Отношение $T_{ст}/T_в$	$T_{ст}/T_в =$	1,7605629	
Поправка на длину канала для Крек	$Kl =$	1	
Коэффициент излучения АЧТ	$Co =$	5,7	
Поправка для Крек	$Ki =$	1,1478919	
Эмпирический коэффициент	$A =$	0,023	
Эмпирический коэффициент	$n =$	0,8	
Эмпирический коэффициент	$m =$	0,4	
Эмпирический коэффициент	$A =$	0,2	
Эмпирический коэффициент	$n =$	0,64	
Эмпирический коэффициент	$m =$	0,35	
Коэффициент теплопроводности	$\lambda =$	0,0393	Вт/(м3*оС)
Коэффициент кинематической вязкости	$\nu \cdot 10^{-6} =$	34,9	м2/с
Число Прандтля	$Pr =$	0,68	
Коэффициент кинематической вязкости	$\nu \cdot 10^{-6} =$	124,9	м2/с

В зависимости от значения выбирается КК "Исходные данные"

Так как рекуператор металлический, $\epsilon/\lambda = 0$

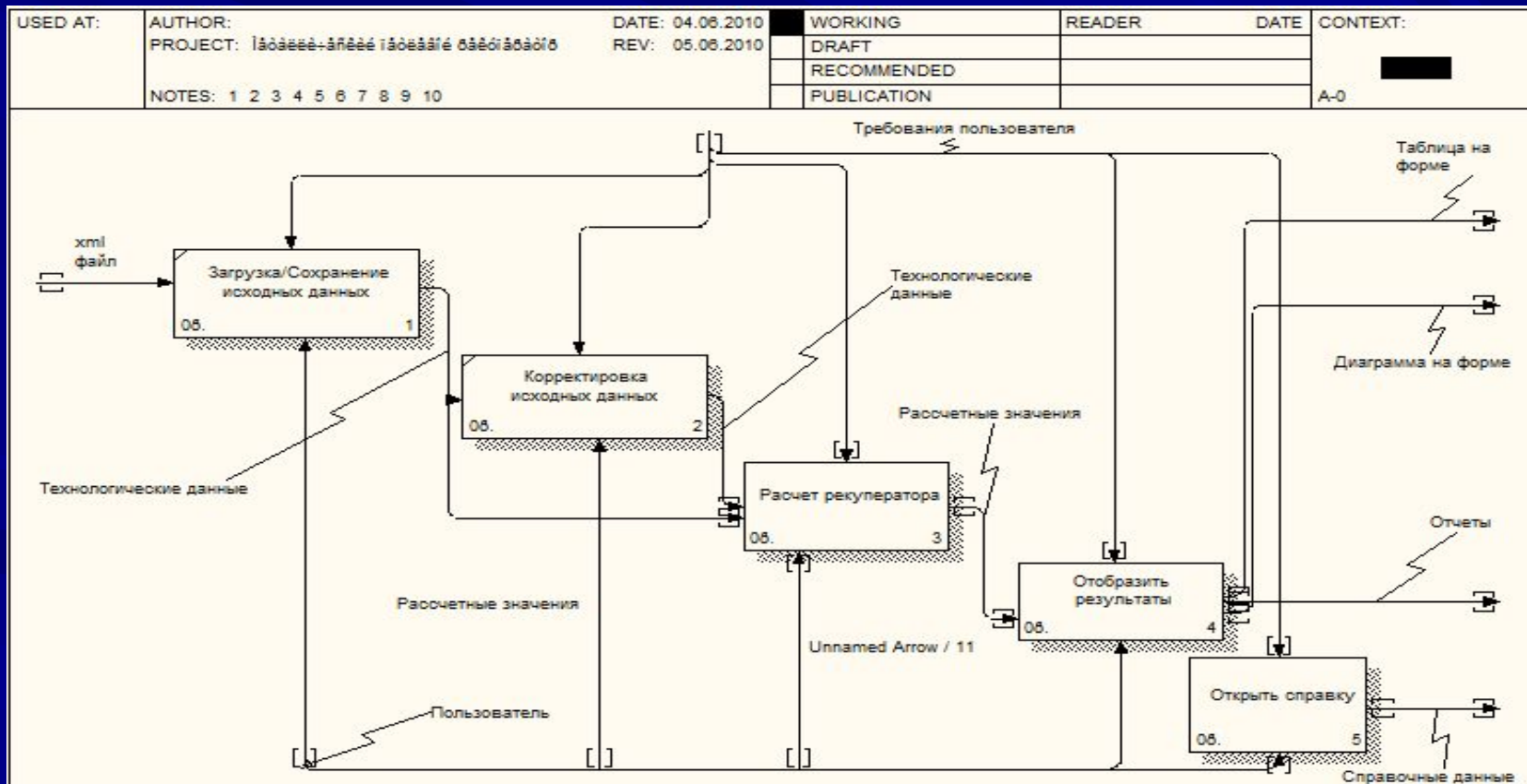
Разработка алгоритма в таблицах MS Excel

Количество тепла, переданного воздуху	$Q_{\text{в}} =$	$\lambda_{\text{в}} \cdot \Delta T_{\text{в}}$	2537,75	кВт
Количество тепла, уносимое в теплообменный аппарат продуктами сгорания	$Q_{\text{д}} =$	$\lambda_{\text{д}} \cdot \Delta T_{\text{д}}$	13359,93	кВт
Количество тепла, уносимое продуктами сгорания	$Q_{\text{д}} =$	$0,95 \cdot Q_{\text{д}} - Q_{\text{в}}$	7774,20	кВт
Витальные продукты сгорания	$Q_{\text{д}} =$	$Q_{\text{д}} / \lambda_{\text{д}}$	785,27	кгДж/м ³
Температура продуктов сгорания после регулятора	$T_{\text{д}} =$	$T_{\text{д}} / \alpha_{\text{д}}$	557,29	°C
среднотемпературная разность температур	$\Delta T_{\text{ср}} =$	$(T_{\text{д}} - T_{\text{в}}) - (T_{\text{д}} - T_{\text{в}}) / (2,32 \cdot \ln(10(T_{\text{д}} - T_{\text{в}}) / (T_{\text{д}} - T_{\text{в}})))$	197,33	
параметр	$\beta =$	$(T_{\text{д}} - T_{\text{в}}) / (T_{\text{д}} - T_{\text{в}})$	0,67	
параметр	$\beta =$	$(T_{\text{д}} - T_{\text{в}}) / (T_{\text{д}} - T_{\text{в}})$	0,36	
Поправочный коэффициент	$\text{cor} = f(\beta, \beta)$	для комбинированного крестообразного протекания	0,99	
Расчет коэффициента теплопередачи				
Воздух проходит внутри трубы регулятора				
Число Рейнольдса	$Re =$	$w \cdot d_{\text{в}} / \nu \cdot 10^{-6}$	40836,79	
Поправочный коэффициент на длину канала	$\alpha_{\text{в}} =$	в зависимости от величины $T_{\text{от}}/T_{\text{ср}}$ (справочные данные)	0,95	
Поправочный коэффициент (если известна труба)	$\alpha_{\text{в}} =$	$142,8 \cdot Re^{0,75}$	1,19	
Суммарный поправочный коэффициент	$\alpha_{\text{в}} =$	$\alpha_{\text{в}} \cdot \beta_{\text{ср}}$	0,94	
Число Нуссельта	$Nu =$	$\alpha_{\text{в}} \cdot d_{\text{в}} \cdot \lambda_{\text{в}} \cdot T_{\text{ср}} \cdot \beta_{\text{ср}}$	30,92	
Коэффициент теплоотдачи конвекцией на пути движения воздуха	$\alpha_{\text{в}} =$	$Nu \cdot \lambda_{\text{в}} / d_{\text{в}}$	46,60	Вт/(м ² °C)
Коэффициент теплоотдачи конвекцией в плоскости на поверхности наружной	$\alpha_{\text{в}} =$	$\alpha_{\text{в}} \cdot \lambda_{\text{в}} / d_{\text{в}}$	41,67	Вт/(м ² °C)
Продукты сгорания движутся наружнюю поверхность трубы регулятора				
Число Рейнольдса	$Re =$	$w \cdot d_{\text{г}} / \nu \cdot 10^{-6}$	5675,42	
Поправочный коэффициент на число труб	$\alpha_{\text{г}} =$	Факт. движения продуктов сгорания турбулентный	1,00	
Поправочный коэффициент	$\alpha_{\text{г}} =$		1,00	
Суммарный поправочный коэффициент	$\alpha_{\text{г}} =$	$\alpha_{\text{г}} \cdot \beta_{\text{ср}}$	1,00	
Число Нуссельта	$Nu =$	$\alpha_{\text{г}} \cdot d_{\text{г}} \cdot \lambda_{\text{г}} \cdot T_{\text{ср}} \cdot \beta_{\text{ср}}$	42,34	
Коэффициент конвективной теплоотдачи	$\alpha_{\text{г}} =$	$Nu \cdot \lambda_{\text{г}} / d_{\text{г}}$	49,30	
Эффективная длина луча				
Эффективная длина луча	$z_{\text{эф}} =$	$1,275 \cdot d_{\text{г}}$	0,32	
Коэффициент для газовой части лучевой среды	$\alpha_{\text{л}} =$		0,49206	
$((0,784 + 0,016 \cdot H_{20}) / (\sqrt{0,01 \cdot CO_2 + H}))$				
Самостоятельная величина	$\alpha_{\text{л}} =$	$0,05 \cdot (2 - 1,22) \cdot (0,0016 \cdot (T_{\text{д}} - 273) - 0,5) \cdot \alpha_{\text{л}} / \lambda_{\text{г}}$	0,034976	
Интегральная постоянная черноты	$\alpha_{\text{л}} =$	$(0,4 \cdot z_{\text{эф}}) \cdot \alpha_{\text{л}}$	0,166239	
Эмиссия доли излучения АНТ	$\alpha_{\text{л}} =$		0,166	
	$\alpha_{\text{л}} =$		0,68	
	$\alpha_{\text{л}} =$		0,754	
Коэффициент лучистой теплоотдачи	$\alpha_{\text{л}} =$	$\alpha_{\text{л}} / \beta_{\text{ср}}$	0,25	
Суммарный коэффициент теплоотдачи от по к стенке	$\alpha_{\text{д}} =$	$(\alpha_{\text{в}} \cdot \alpha_{\text{г}} \cdot \alpha_{\text{л}}) / ((1/\alpha_{\text{в}}) + (1/\alpha_{\text{г}}) + (1/\alpha_{\text{л}}))$	20,40	Вт/(м ² °C)
Коэффициент теплоотдачи	$\alpha_{\text{д}} =$	факт.дл.	69,70	Вт/(м ² °C)
Коэффициент теплоотдачи	$\alpha_{\text{д}} =$	$1 / (1/\alpha_{\text{д}} + 1/\alpha_{\text{д}})$	26,15663	Вт/(м ² °C)
Коэффициент теплоотдачи с учетом загромождения труб	$\alpha_{\text{д}} =$	$\alpha_{\text{д}} / 1,1$	23,78057	Вт/(м ² °C)
Площадь нагрева	$F_{\text{н}} =$	$Q_{\text{в}} / (\alpha_{\text{д}} \cdot \Delta T_{\text{ср}} \cdot \text{cor})$	63,4937	
Расчет максимальной температуры стенки				
Плотность теплового потока от продуктов сгорания к воздуху	$q =$	$Q_{\text{в}} / F_{\text{н}}$	3773,66	Вт/м ²
Максимальная температура стенки	$T_{\text{ст макс}} =$	$T_{\text{д}} + q / \alpha_{\text{д}} \cdot 10,3$	692,39	
Пересчет F* с учетом изменения температуры				

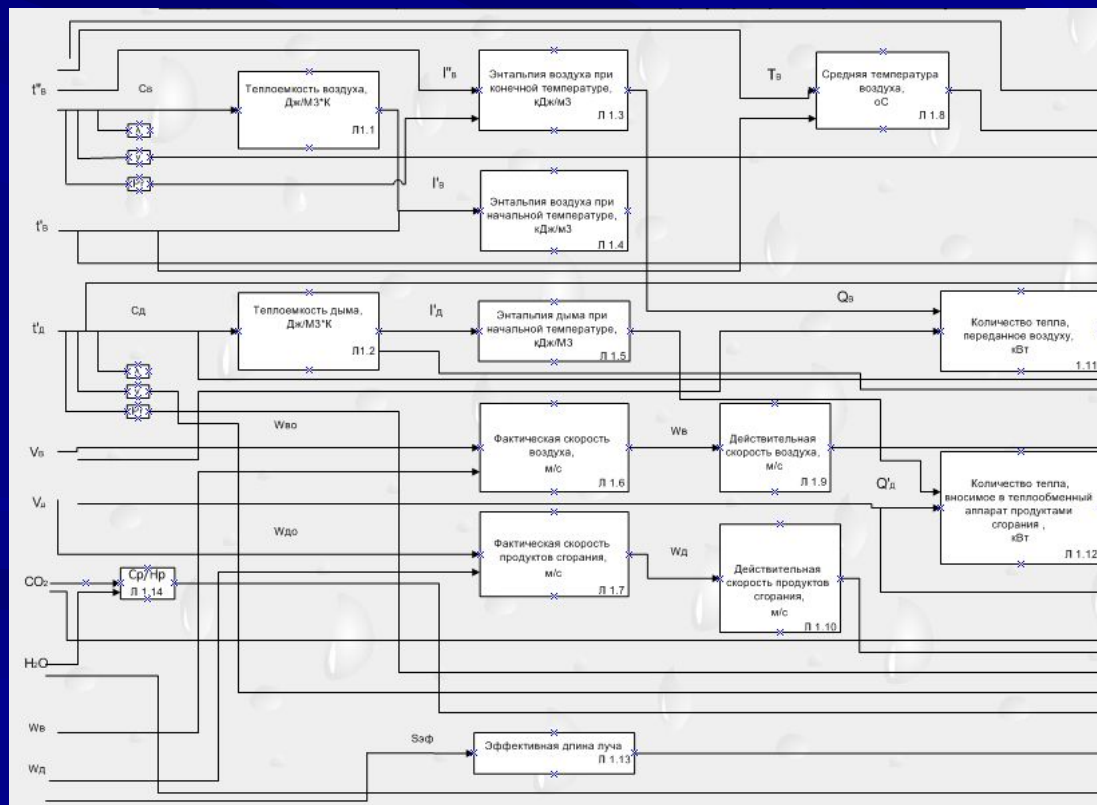
Разработка алгоритма в таблицах MS Excel

Теплотехнический расчет печного трубчатого регенератора Студента М-41052, 41053 группы физико И.А. и Воробьевой А.А.												
Значения доли излучения АЧТ α ^л в области поглощающих полос смеси H ₂ O и CO ₂ в функции температуры t		t, °C, α ^л		t, °C, α ^л		t, °C, α ^л		t, °C, α ^л				
100; 0,764		200; 0,774		300; 0,779		400; 0,759						
1000; 0,602		1100; 0,577		1200; 0,550		1300; 0,524						
1900; 0,387		2000; 0,368		2100; 0,349		2200; 0,334						
поверхность	площадь поперечного сечения, м ²	по продуктам сгорания		диаметр вн. ряд./диаметр число труб/шаг	число труб/шаг		радиус					
по воздуху												
100	0,2	3,7		0,588802519	6/140		7/150	1090	705	2480	1040	1260
150	0,28	4,6		0,588802519	7/140		9/150	1230	705	2760	1180	1560
200	0,38	6,3		0,5	8/150		11/150	1450	810	3200	1400	2025
250	0,49	6,6		0,5	9/150		12/165	1600	810	3500	1550	1355
300	0,62	7,6		0,448818899	10/160		13/175	1850	920	4000	1800	2825
Значения коэффициентов для характерных случаев движения газов												
t, °C		A		n		m		Крек				
5000		0,023		0,8		0,4		Кк				
2000-5000		0,00365		1		1		Кр				
2000		0,17		0,83		0,43		Кг				
Значения коэффициентов для характерных случаев движения газов												
t, °C		A		n		m		Крек				
5000		0,023		0,8		0,4		Кк				
2000-5000		0,00365		1		1		Кр				
2000		0,17		0,83		0,43		Кг				
Значения коэффициентов для характерных случаев движения газов												
t, °C		A		n		m		Крек				
5000		0,023		0,8		0,4		Кк				
2000-5000		0,00365		1		1		Кр				
2000		0,17		0,83		0,43		Кг				
Значения коэффициентов для характерных случаев движения газов												
t, °C		A		n		m		Крек				
5000		0,023		0,8		0,4		Кк				
2000-5000		0,00365		1		1		Кр				
2000		0,17		0,83		0,43		Кг				

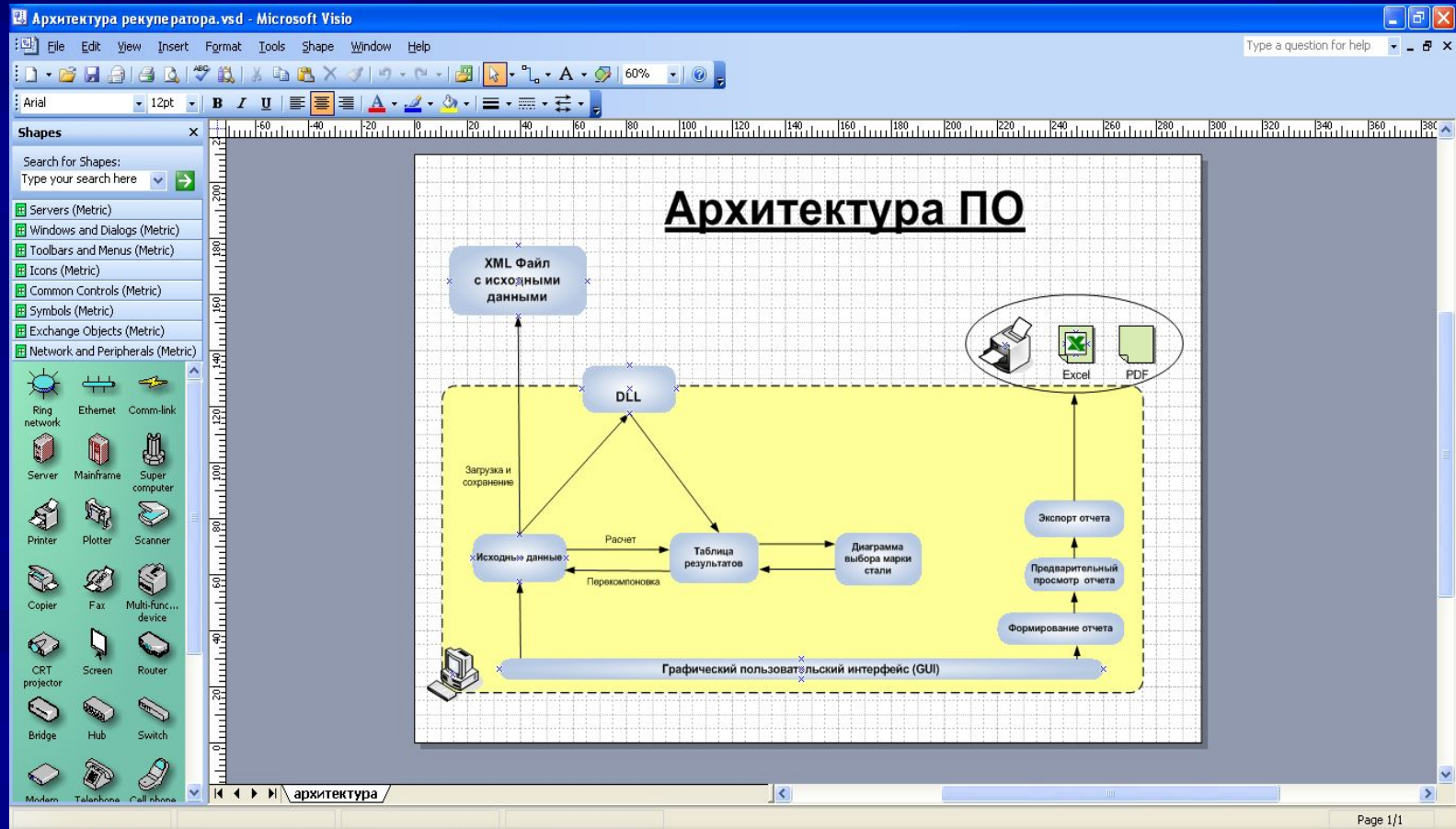
Функциональная модель программы



Методика расчета в программе MS Visio



Архитектура ПО



Разработка программного обеспечения в MS VS 2005

Программа автоматизации теплотехнического расчета металлического рекуператора

1. Исходные данные
2. Промежуточный результат
3. Перекомпоновка и пересчет
4. Диаграмма рекомендуемой стали
5. Конечный результат

Для того чтобы начать работу, перейдите по кнопке

Далее

Металлический петлевой рекуператор

Файл Отчет Справка

ВВЕДИТЕ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Температура воздуха в начале поверхности нагрева, °C	<input type="text" value="20"/>	Значение входит в диапазон допустимых значений
Температура воздуха в конце поверхности нагрева, °C	<input type="text" value="300"/>	Значение входит в диапазон допустимых значений
Температура продуктов сгорания в начале поверхности нагрева, °C	<input type="text" value="800"/>	Значение входит в диапазон допустимых значений
Расход воздуха, м ³ /с	<input type="text" value="7.5"/>	Значение входит в диапазон допустимых значений
Расход продуктов сгорания, м ³ /с	<input type="text" value="9.9"/>	Значение входит в диапазон допустимых значений
Состав CO ₂ , %	<input type="text" value="12.47"/>	Значение входит в диапазон допустимых значений
Состав H ₂ O, %	<input type="text" value="11.89"/>	Значение входит в диапазон допустимых значений
Скорость воздуха, м/с	<input type="text" value="0.62"/>	Значение входит в диапазон допустимых значений
Скорость продуктов сгорания, м/с	<input type="text" value="3.7"/>	Значение входит в диапазон допустимых значений

односекционный рекуператор

двухсекционный рекуператор

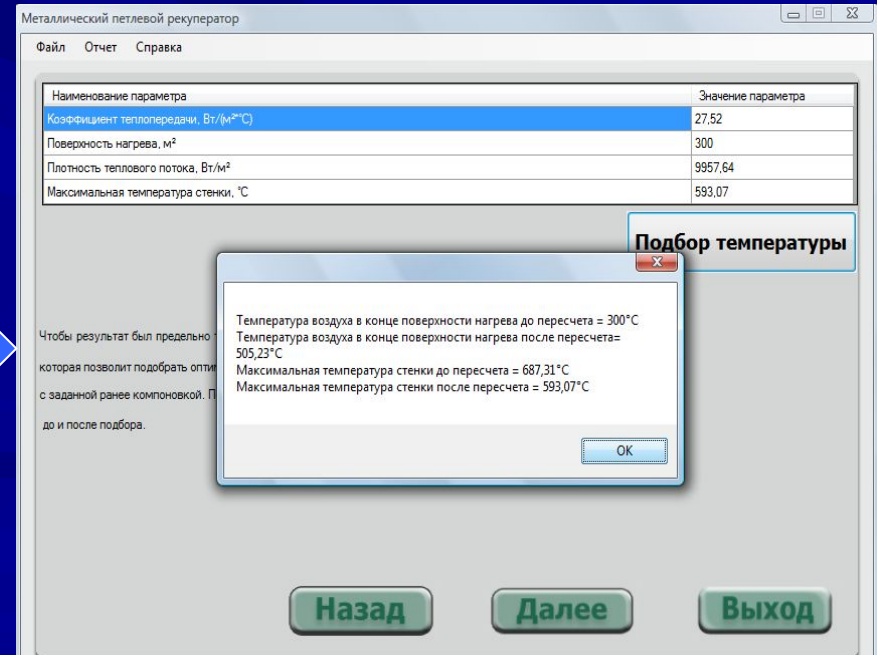
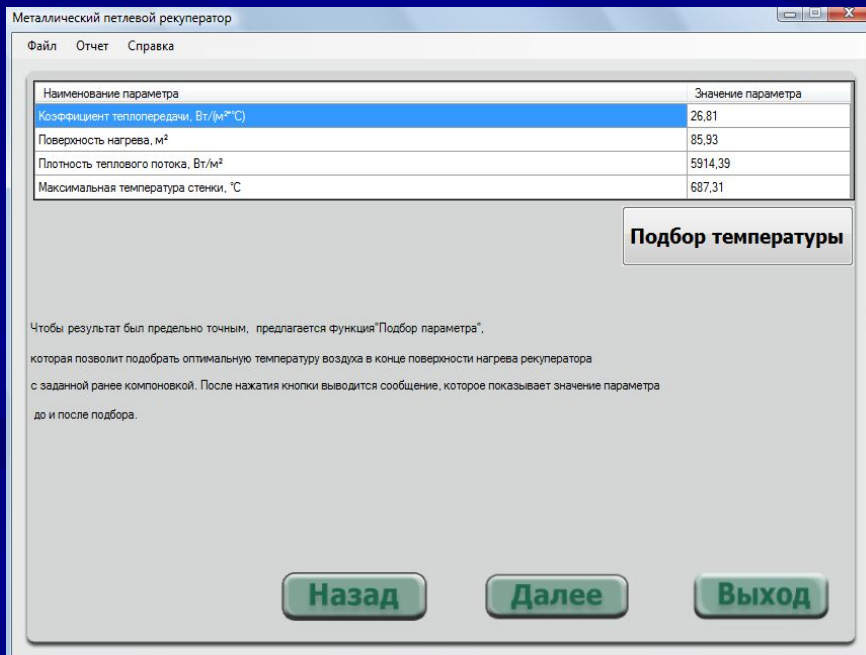
четырехсекционный рекуператор

по умолчанию

Убедитесь в корректности заданных значений. Чтобы осуществить следующий шаг, нажмите кнопку .

Назад **Далее** **Выход**

Разработка программного обеспечения в MS VS 2005



Разработка программного обеспечения в MS VS 2005



Разработка программного обеспечения в MS VS 2005

Отчет

6/2/2010 6:48:12 AM Подробный отчет
теплотехнического расчета
петлевого рекуператора 1


Подробный отчет теплотехнического расчета петлевого рекуператора

Расчет

Величина	Значение
Теплоемкость воздуха, Дж/(м ³ ·°C)	1346.53
Теплоемкость продуктов сгорания, Дж/(м ³ ·°C)	1409.08
Энтальпия воздуха на входе, кДж/м ³	26930.6
Энтальпия воздуха на выходе, кДж/м ³	403959
Энтальпия продуктов сгорания на выходе, кДж/м ³	1127264
Коэффициент $\eta_{\text{нр}}$, %	1.46
Количество тепла, передаваемое воздуху, кВт	2827.71
Количество тепла, вносимое продуктами сгорания, кВт	11159.91
Количество тепла, вносимое продуктами сгорания с учетом потерь, кВт	7774.2
Энтальпия продуктов сгорания на выходе, кДж/м ³	785.27

О программе

О программе



Петлевой рекуператор
Версия 1.0.0.0

Разработчики:
Воробьева Анна Александровна
Гунько Ирина Александровна

Руководители работы:
Гольцев Владимир Арисович
Лавров Владислав Васильевич

ФГАОУ ВПО "Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина"
Металлургический факультет
Кафедра "Теплофизики и информатики в металлургии"
Екатеринбург 2010г.

OK

Справка

Справка

Назначение программы

Назначение программы:

Программа предназначена для визуального отображения расчета поверхности нагрева и максимальной температуры стенки петлевого рекуператора и дальнейшего подбором параметра (температуры воздуха) на киную поверхность нагрева с учетом теплового аппарата.

Исходными данными для программы являются:

- Температуры продуктов сгорания и воздуха в начале и в конце поверхности нагрева рекуператора;
- Расходы воздуха и продуктов сгорания.

Пользователь имеет право задавать:

- Температуры воздуха в начале и в конце поверхности нагрева;
- Температуры продуктов сгорания и начале поверхности нагрева;
- Расходы воздуха и продуктов сгорания;
- Состав (CO₂ и H₂O);
- Скорости воздуха и продуктов сгорания.

Для проведения расчетов по программе пользователь предварительно должен ввести исходные данные и выбрать компоновку петлевого рекуператора (односекционный, двухсекционный, четырехсекционный). Значения исходных данных можно выбрать по умолчанию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения курсовой работы получен программный продукт, предназначенный для теплотехнического расчета металлического петлевого рекуператора. Разработанное программное средство отвечает всем задачам, определенным в начале проектирования, обеспечивает заданную функциональность.

Проведенные тестовые расчеты показали, что полученные в программе данные соответствуют данным расчета, которые получаются в файле Excel. Таким образом, поставленная в начале проектирования цель достигнута.

Программный продукт может быть использован студентами и преподавателями для изучения дисциплин металлургического профиля, а также всем инженерно-техническим персоналом предприятий, испытывающими потребность в проведении теплотехнических расчетов рекуператоров.