

Курсовой проект на тему «Разработка программного обеспечения УМК Экология 3»

Разработчики :

студенты группы МТ-45053
Терентьев А.Ю.,
Черемисина Е.Ю.

Руководители:

доцент, к.т.н Лавров В.В;
доцент, к.т.н Гольцев В.А.

Актуальность задачи

- Металлургические предприятия являются источниками загрязнения воздушного бассейна твердыми, газообразными, жидкофазными примесями вредных веществ. Масштаб техногенного влияния на атмосферу и приземной слой сопоставим с влиянием топливно-энергетического и транспортного комплексов.
- Важнейшая проблема металлургов – экологизация производства. Одним из путей решения данной проблемы является создание в составе основных производств систем улавливания и утилизации выбросов.

Цель работы

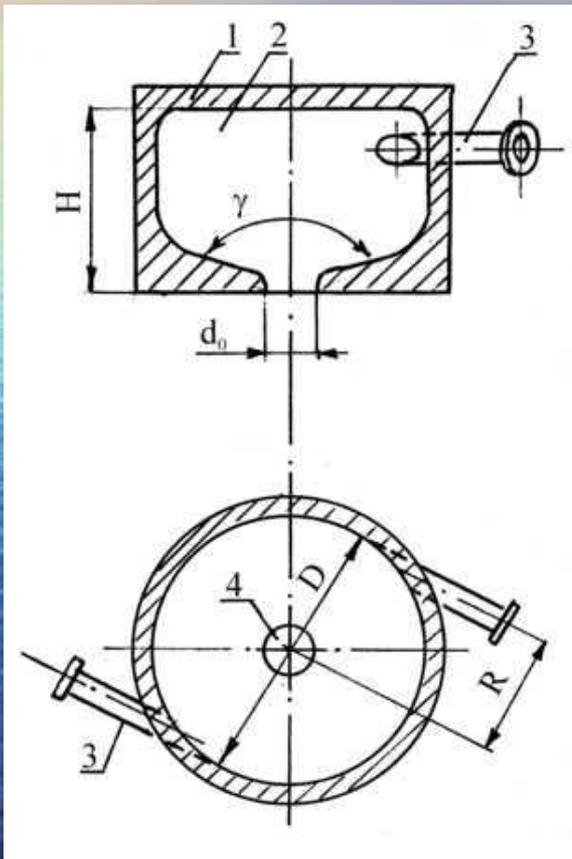
- Целью данной работы является создание программного средства, которое позволит рассчитывать конструктивные и режимные параметры газоочистной установки, показатели её работы, предоставлять пользователю результаты расчета в численном и графическом виде, создавать отчет.

Газоочистные установки

В данной работе нам необходимо автоматизировать процесс расчета следующих устройств:

- 1. центробежная форсунка для аппаратов мокрой очистки газов;
- 2. скруббер с подвижной шаровой насадкой;
- 3. газопромыватель типа ПВПР с провальными решётками и стабилизатором пенного слоя;
- 4. газопромыватель Вентури типа ГВПВ.

Механическая центробежная форсунка с тангенциальным вводом воды



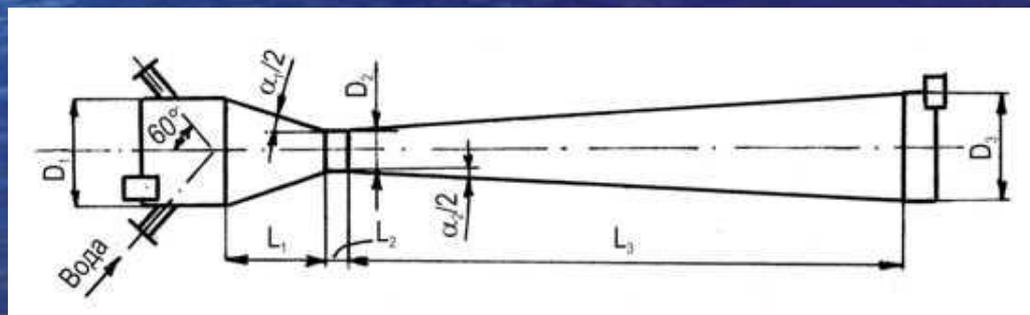
Центробежные форсунки относятся к классу механических форсунок. Их общим отличием является достаточно большой диапазон изменения угла раскрытия вытекающей струи α – от 8 до 180°.

Целью расчета является определение геометрических характеристик форсунки, определение числа форсунок и расхода воды на орошение.

1 – корпус; 2 – вихревая камера; 3 – подводящие патрубки; 4 – сопло

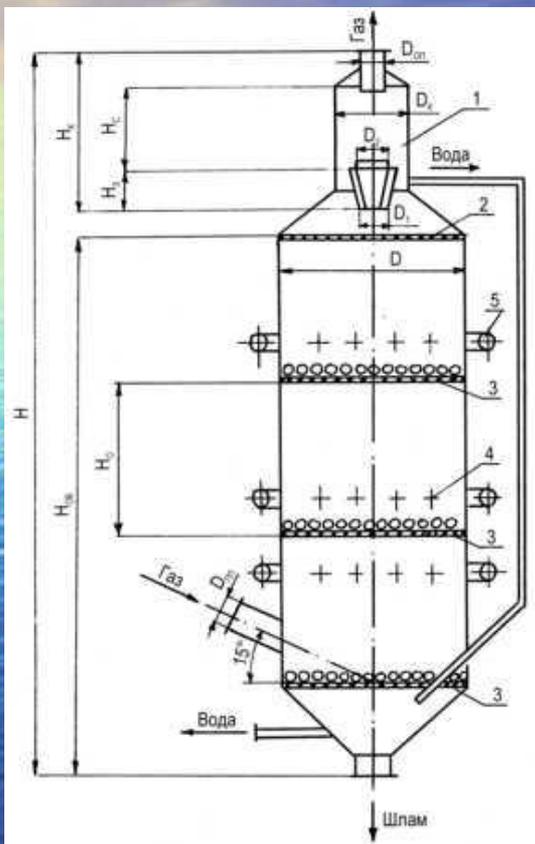
Газопромыватель Вентури ГВПВ

Работа скрубберов Вентури основана на захвате каплями воды пылевых частиц с последующем их осаждении в каплеуловителе. Дробление воды осуществляется турбулентным газовым потоком. Для очистки технологических газов разработан нормализованный типоразмерный ряд скрубберов. Скруббер ГВПВ рассчитан на очистку газа с начальной запыленностью не выше 30 г/м³ и температурой до 400 °С. Производительность скрубберов по условиям выхода 17...84 тыс. м³/ч при гидравлическом сопротивлении трубы Вентури от 6 до 12 кПа.



Нормализованная труба Вентури скруббера ГВПВ

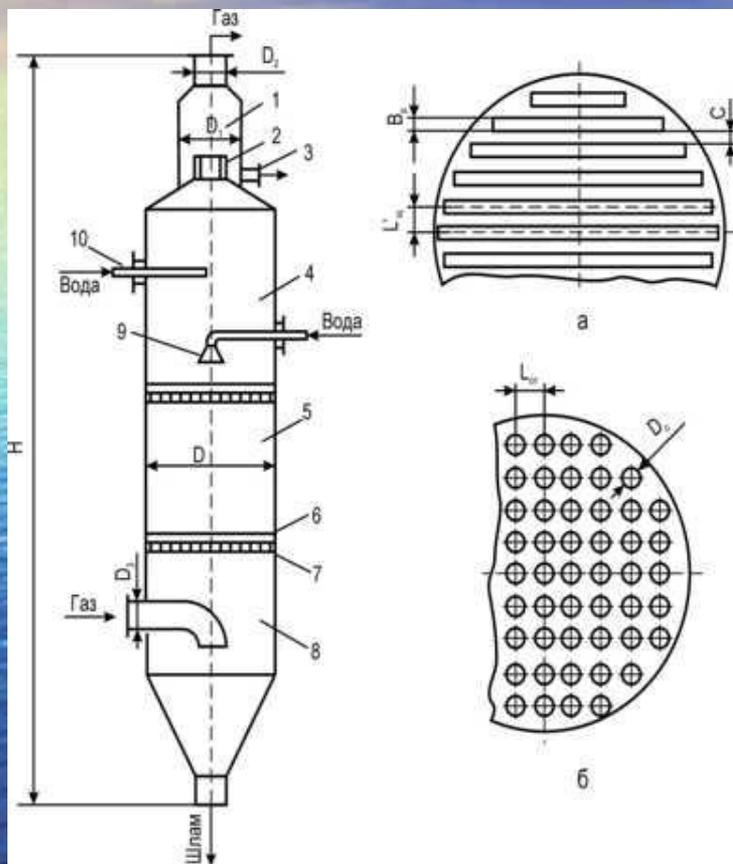
Скруббер с подвижной шаровой насадкой



Скрубберы с подвижной шаровой насадкой являются аппаратами мокрой очистки газов от пыли и растворимых в воде соединений. Они обеспечивают степень очистки газа от пыли с размерами более 2 мкм с эффективностью $\eta = 96...99\%$ и от соединений фтора при $pH = 7$ с эффективностью $\eta = 97...99\%$. Обладая меньшей, чем скрубберы Вентури эффективностью, они требуют относительно меньших энергозатрат и рабочих площадей для установки.

1 – каплеуловитель; 2 – ограничительная решетка; 3 – опорно-распределительная решетка; 4 – оси форсунок (8...16 форсунок в ряду); 5 – коллектор подвода воды

Газопромыватель ПВПР с провальными решётками и стабилизатором пенного слоя



Пенные аппараты для очистки от пыли и растворимых в воде соединений выбросов металлургического производства по способу отвода жидкости подразделяются на два типа: с переливными устройствами и с так называемыми провальными решетками. Аппараты второго типа характерны тем, что при противоточном движении жидкости и очищаемого газа вода как бы проваливается через решетку. Эффективная очистка газа от пыли и растворимых в воде соединений достигается при работе аппарата в пенном режиме со скоростями газа, меньшими критической. Для увеличения диапазона рабочих скоростей на провальную решетку устанавливают стабилизатор пены, имеющий сотовую конструкцию.

1 – брызгоуловитель; 2 – центробежный завихритель; 3 – отвод воды из брызгоуловителя в шлакоприемник; 4 – верхняя секция; 5 – средняя секция; 6 – стабилизатор пены; 7 – провальная решетка; 8 – нижняя секция; 9 – ороситель; 10 – форсунка для периодического орошения завихрителя;

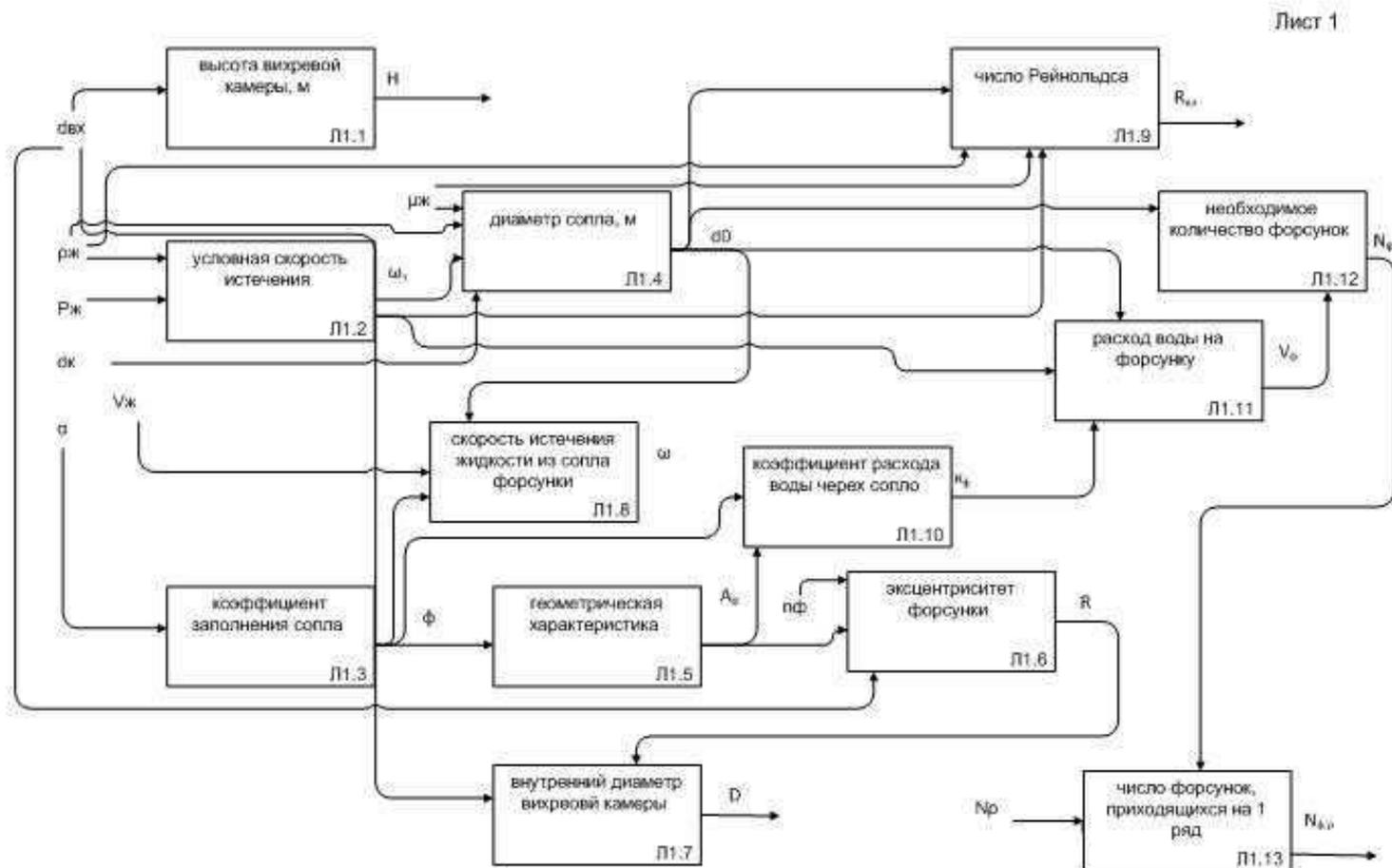
а – шедевая б – дырчатая решетки

Характеристика варианта расчета в электронных таблицах MS Office Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Проект: Разработка программного обеспечения УМК							
2	Разработчики: Терентьев А.Ю., Черемисина Е.Ю.							
3	Расчет центробежной форсунки для аппаратов мокрой очистки газов							
4	общий расход воды на орошение (предварительное)	$V_{ж}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,034		d_0	0,02612	диаметр сопла
5	избыточное давление воды перед форсункой	$P_{ж}$	Па	20000		R	0,06264	эксцентриситет форсунки
6	плотность воды на орошение	$\rho_{ж}$	$\text{кг}/\text{м}^3$	998,2		D	0,14528	внутренний диаметр вихревой камеры
7	коэффициент динамической вязкости воды	$\mu_{ж}$	Па*с	0,001		H	0,02400	высота вихревой камеры
8	рекомендуемый оптимальный диаметр капель распыляемой	$d_{к}$	м	0,0004		$N_{ф,р}$	15,0	число форсунок, приходящихся на 1 ряд
9	заданный угол раскрытия форсунки	α	град	120		$\kappa_{ф}$	0,17188	коэффициент расхода воды через сопло
10	заданное число входных каналов вихревой камеры	$n_{ф}$		2		$N_{ф}$	58,3	необходимое количество форсунок
11	заданный диаметр входного канала вихревой камеры	$d_{вх}$	м	0,02		$V_{ф}$	0,00058	расход воды на форсунку
12	заданное число рядов форсунок	$N_{р}$		4		$A_{ф}$	4,08995	геометрическая характеристика
13						$\omega_{с}$	6,33026	условная скорость истечения
14						$Re_{св}$	164374,92438	число Рейнольдса
15						ω	174,23523	скорость истечения жидкости из сопла форсунки
16						ϕ	0,36424	коэффициент заполнения сопла
17						$N_{ф}$	60	уточненное количество форсунок
18						$V_{ж}$	0,03497	общий расход воды на орошение (окончательное значение)

Схема расчёта параметров центробежной форсунки

Расчет центробежной форсунки для аппаратов мокрой очистки газов

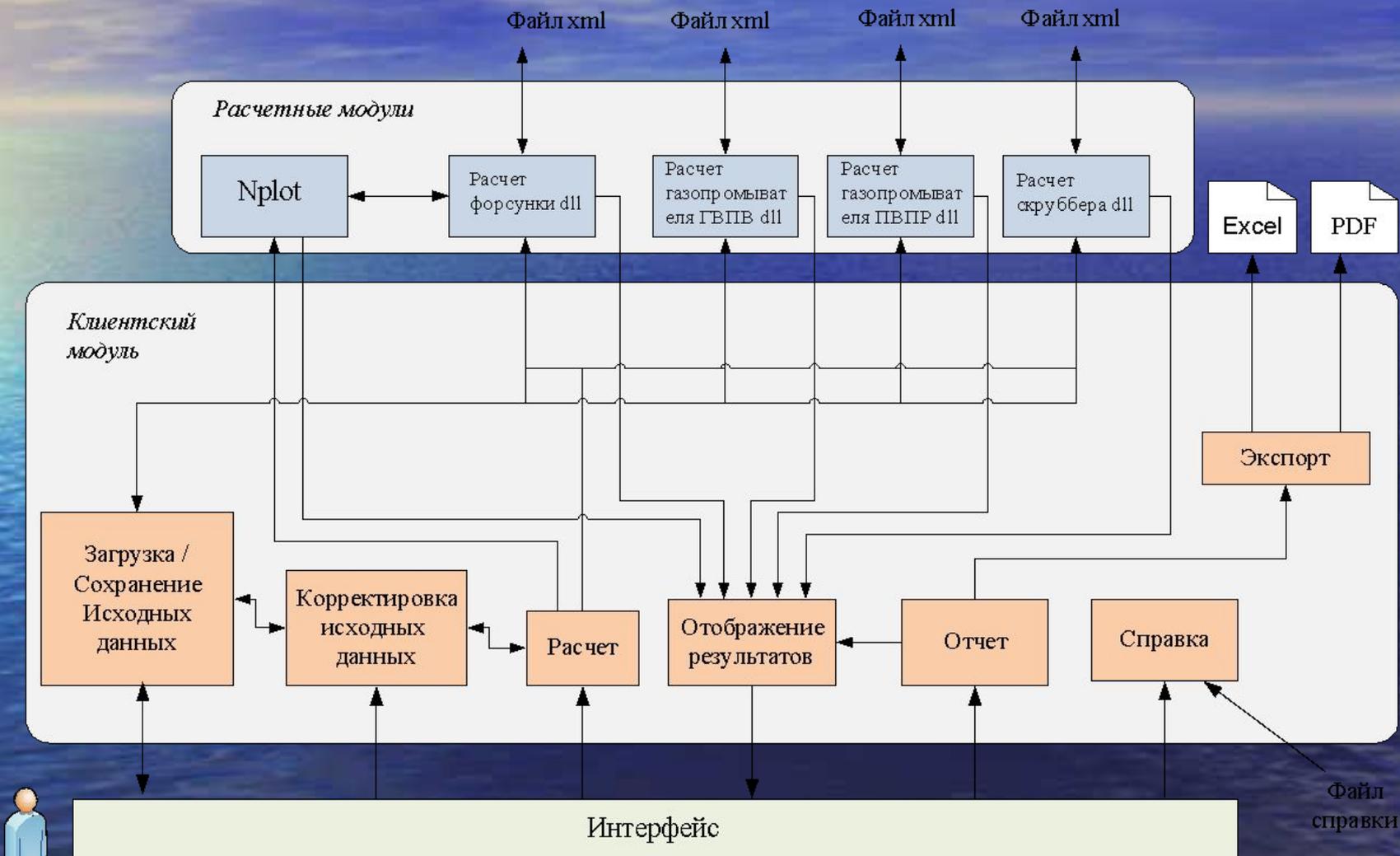


Спецификация внешних функций

Следующим этапом разработки является этап создания спецификаций внешних функций

Наименование переменной	Единицы измерения	Расчетное уравнение (список обозначений в отдельной таблице)
Высота вихревой камеры	м	$H = 1,2d_{вк}$
условная скорость истечения	м/с	$\omega_3 = \sqrt{2P_ж / \rho_ж}$
коэффициент заполнения сопла		$\varphi = 1 - 0,001134\alpha^{1,322}$
диаметр сопла	м	$d_o = 18,3 / d_k * (Re_3)^{0,59}$
геометрическая характеристика		$A_\phi = \pi \cdot d_o \cdot R / 2 \cdot n_\phi \cdot F_{вк} = (1 - \varphi)\sqrt{2} / \varphi\sqrt{\varphi}$
эксцентриситет форсунки	м	$R = A_\phi n_\phi d_{вк}^2 / 2d_o$
внутренний диаметр вихревой камеры	м	$D = 2K + d_{вк}$
скорость истечения жидкости из сопла форсунки	м/с	$\omega = 4V_ж / (\pi \cdot d_o^2 \cdot \varphi)$
число Рейнольдса		$Re_3 = \omega_3 d_3 \rho_3 / \mu_ж$
коэффициент расхода воды через сопло		$K_\phi = \left(\sqrt{A_\phi^2 / (1 - \varphi) + 1 / \varphi^2} \right)^{-1}$
расход воды на форсунку	м ³ /с	$V_\phi = K_\phi \cdot \pi \cdot d_o^2 \cdot \omega_3 / 4$
необходимое количество форсунок	штук	$N_\phi = V_ж / V_\phi$

Архитектура ПП



Исходные данные

Параметры газовой среды

Расход сухого газа на очистку при нормальных условиях, м ³ /с	<input type="text" value="0,45"/>
Влажность очищаемого газа, кг/м ³	<input type="text" value="0,01"/>
Температура очищаемого газа, С	<input type="text" value="306"/>
Избыточное давление газа в скруббере, кПа	<input type="text" value="15"/>
Плотность газа в рабочих условиях, кг/м ³	<input type="text" value="0,96"/>
Концентрация пыли в очищаемом газе, г/м ³	<input type="text" value="28"/>
Плотность орошения газа жидкостью, дм ³ /м ³	<input type="text" value="0,5"/>
Плотность орошающей жидкости, кг/м ³	<input type="text" value="1000"/>
Коэффициент испарения воды	<input type="text" value="0,45"/>

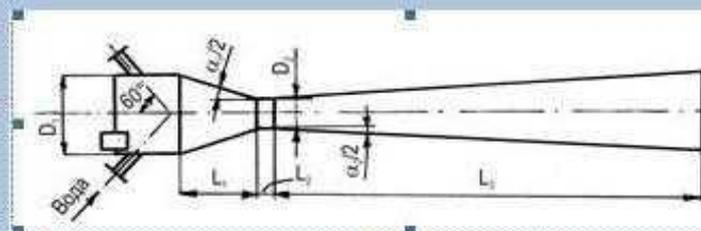
Выбор типа пыли

Прочие параметры

Коэффициент расхода воды	<input type="text" value="0,72"/>
Барометрическое давление на местности, кПа	<input type="text" value="101,3"/>

Характеристики трубы Вентури

Гидравлическое сопротивление трубы Вентури засчёт орошения влагой, кПа	<input type="text" value="5"/>
Коэффициент сопротивления "сухой" трубы Вентури	<input type="text" value="0,120"/>
Коэффициент сопротивления циклона	<input type="text" value="18"/>
Площадь живого сечения горловины трубы Вентури, м ²	<input type="text" value="0,1"/>
Угол закрытия конфузора, град	<input type="text" value="26"/>
Угол раскрытия конфузора, град	<input type="text" value="5"/>
Коэффициент для гидравлического сопротивления орошаемого циклона, В1	<input type="text" value="0,63"/>
Коэффициент для гидравлического сопротивления орошаемого циклона, А1	<input type="text" value="-0,3"/>



Расчёт

Сохранить

Выход из программы

Параметры газовой среды и жидкости

Температура газа на выходе из скруббера, С	75,691
Содержание влаги в газе на выходе из скруббера, кг/м3	0,01
Температура водяного пара на выходе из скруббера, С	123,683
Расход воды на орошение очищаемого газа, м3/с	0
Объёмный расход влажного газа на выходе из скруббера при рабочих условиях, м3/с	0,507
Скорость газа в каплеуловителе, м/с	1,794
Расход воды на одну форсунку, м3/с	0
Скорость газа в горловине, м/с	84,477
Необходимое количество форсунок для подачи орошающей жидкости	2,73

Гидравлические сопротивления

Гидравлическое сопротивление "сухой" трубы Вентури, кПа	25,997
Гидравлическое сопротивление каплеуловителя, кПа	0,028
Гидравлическое сопротивление трубы Вентури засчёт орошения влагой, кПа	-0,141
Полное гидравлическое сопротивление скруббера ГВПВ, кПа	51,854
Полное гидравлическое сопротивление трубы Вентури, кПа	25,857

Характеристики газопромывателя ГВПВ

Тип ГВПВ	0,006-400
Диаметр входного патрубка, м	0,273
Диаметр горловины, м	0,085
Диаметр выходного патрубка, м	0,219
Длина трубы Вентури, м	1,85
Длина горловины, м	0,012
Масса трубы Вентури, кг	0
Длина диффузора трубы Вентури, м	1,635
Длина конфузора трубы Вентури, м	0,203
Диаметр отверстия форсунки, м	0,014
Коэффициент сопротивления "мокрой" трубы Вентури	-0,079

Эффективность газопромывателя

Относительный унос пыли	1
Суммарная энергия, затрачиваемая на очистку газа, Па	326853,892
Степень очистки газа	0
Содержание пыли в очищенном газе, г/м3	28
Количество осаждаемой из газа пыли, г/с	0

Характеристики каплеуловителя

Тип каплеуловителя	КЦТ-5,00
Внутренний диаметр каплеуловителя, м	0,6
Полная высота каплеуловителя, м	2
Расстояние между осями ввода и отвода газа, м	0,87
Масса каплеуловителя, кг	168

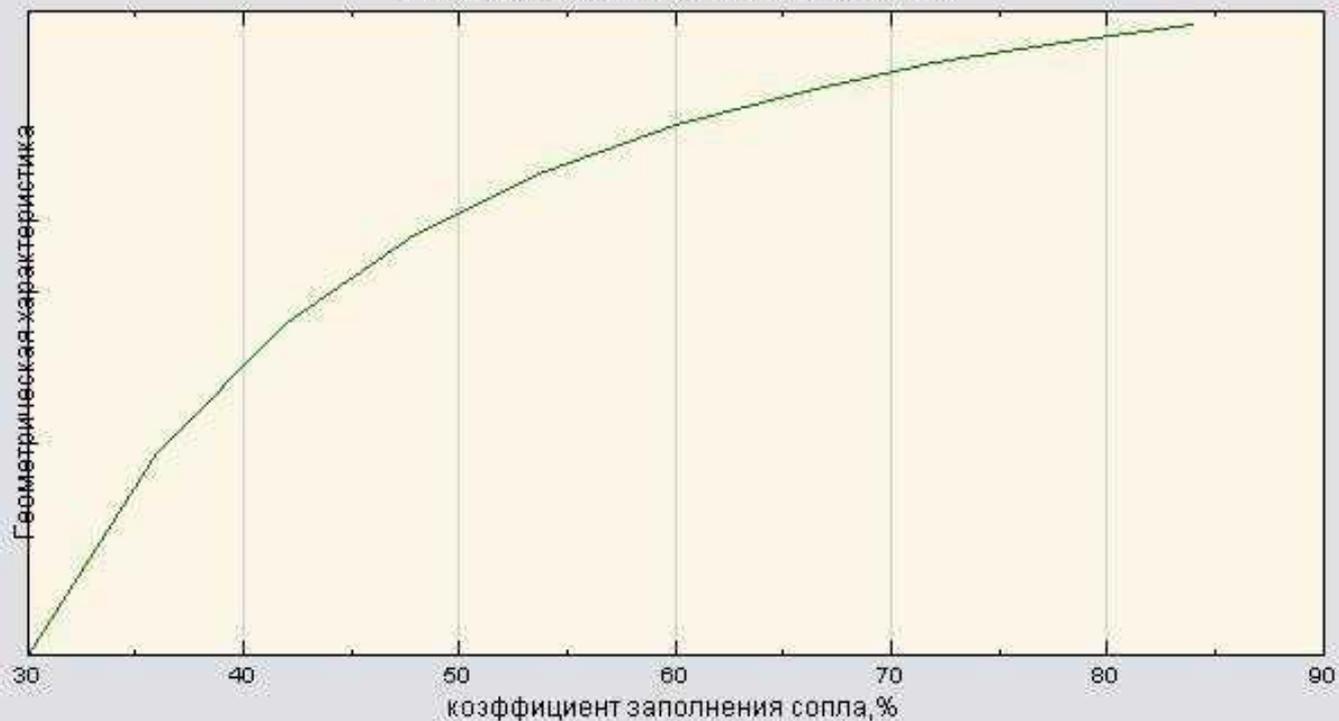
Переход на главную форму

Выход из программы

График



Зависимость Геометрической характеристики от коэффициента заполнения сопла



Влияние параметров

коэффициент заполнения сопла:

от до

Построить

Закреть



Расход сухого газа
в нормальных усл

Температура газа
в скруббер, с

Влажность газа
скруббер, кг/м³

Барометрическое
давление на местности, кПа

Избыточное давл
газа, кПа

Начальная темп
орощающей жид

Плотность орош
жидкости, кг/м³

Количество секц

Расстояние меж
щелей решётки,

Толщина решётки

Ширина щели ре

Свободное сечение
опорно-распределительной
решётки, м²/м²

Плотность материала
шаров, кг/м³

Насыпная плотность
шаров, кг/м³

Диаметр шаров насадки, м

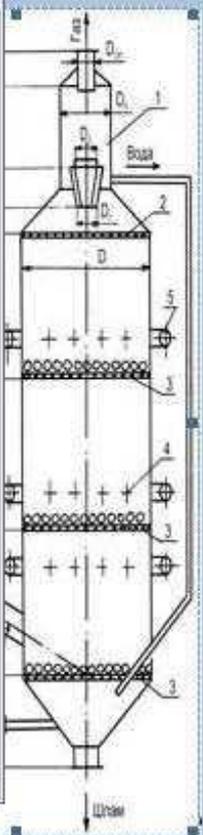
Сохранить как

Папка:

- 1.xml
- nunit.framework.xml

Имя файла:

Тип файла:



очищенном газе, кг/м³

Выбор типа пыли

Проект "Учебно-методический комплекс Экология 3"**Расчёт газопромывателя типа ПВПР с провальными решётками и стабилизатором пенного слоя**

Исходные данные

Температура очищаемого газа, град С	145
Плотность влажного газа, кг/м ³	1,12
Избыточное давление газа, кПа	15
Барометрическое давление газа, кПа	145
Температура воды на орошение, град С	20
Плотность орошающей жидкости, кг/м ³	1000
Влажность очищаемого газа, кг/м ³	0,01
Расход сухого газа на очистку при нормальных условиях, м ³ /с	2,7
Удельное орошение газа жидкостью, м ³ /м ³	0,05
Концентрация пыли в очищаемом газе, г/м ³	200
Тип печи	3
Свободное сечение дырчатой решётки, м ² /м ²	0,14
Диаметр отверстия дырчатой решётки, м	3
Длина трубыщелевой решётки, м	20
Высота провальной решётки, м	4
Количество провальных решёток	1

Справка

Скрыть Назад Вперед Домой Печать Параметры

Содержание Поиск Избранное

- [-] Справка по работе с прог...
 - [?] Необходимость ПП
 - [?] Специфика ПП
- [-] Теоретическая часть
 - [-] Расчет газопромывате...
 - [?] Описание газопром...
 - [?] Методика расчета
 - [+] Расчет скруббера с по...
 - [+] Расчет газопромывате...
 - [+] Расчет центробежной

Описание газопромывателя типа ПВПР [Previous](#) [Top](#) [Next](#)

Описание газопромывателя типа ПВПР [Previous](#) [Top](#) [Next](#)

Пенные аппараты для очистки от пыли и растворимых в воде соединений выбросов металлургического производства по способу отвода жидкости подразделяются на два типа: с переливными устройствами и с так называемыми провальными решетками. Аппараты первого типа имеют ограниченное применение из-за зарастания решетки пылевыми отложениями. Аппараты второго типа характерны тем, что при противоточном движении жидкости и очищаемого газа вода как бы проваливается через решетку. В зависимости от скорости газа (u_r) в аппарате устанавливаются различные гидродинамические режимы. При $u_r = 0,2 \dots 0,6$ м/с наблюдается режим "смоченной" решетки, характерный весьма незначительным количеством воды на ней. При $u_r = 0,6 \dots 0,7$ м/с наблюдается барботажный режим, при котором резко возрастает гидравлическое сопротивление слоя воды на решетке, через который барботируют пузырьки газа. При $u_r = 0,8 \dots 2,2$ м/с жидкость на решетке турбулизируется образованием пены, в которой происходит разрушение, слияние и образование новых газовых пузырьков. Увеличение скорости до критической и выше приводит к прорыву газовых струй через слой пены, сопровождающемуся его колебанием, т.е. образуется так называемый волновой режим. Эффективная очистка газа от пыли и растворимых в воде соединений достигается при работе аппарата в пенном режиме со скоростями газа, меньшими критической. Для увеличения диапазона рабочих скоростей на провальную решетку устанавливают стабилизатор пены, имеющий сотовую

Исходные данные

Характеристики жидкости

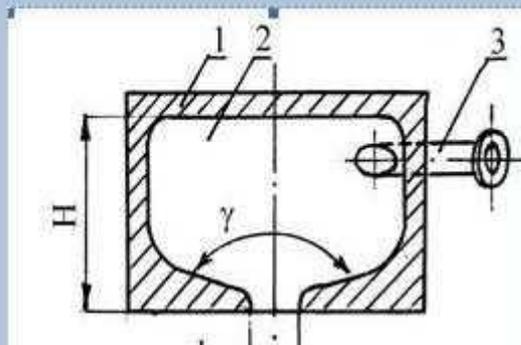
Общий расход воды на орошение, м³/с:

Избыточное давление воды перед форсункой, Па:

Плотность воды на орошение, кг/м³:

Коэффициент динамической вязкости воды, Па·с:

Оптимальный диаметр капель распыляемой воды, м:



Ошибка



Значение не попадает в заданный диапазон!

ОК

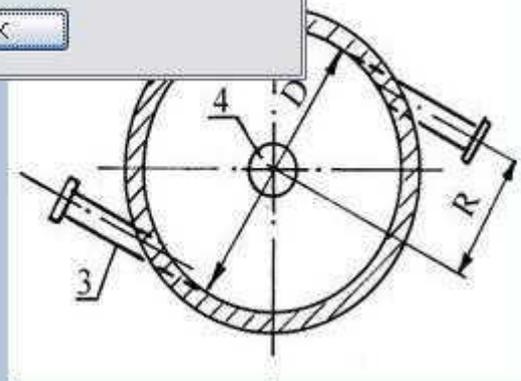
Характеристики форсунки

Угол раскрытия форсунки, град:

Число входных каналов вихревой камеры:

Диаметр входного канала вихревой камеры, м:

Число рядов форсунок:



Расчёт

Сохранить

Выход из программы

Исходные данные

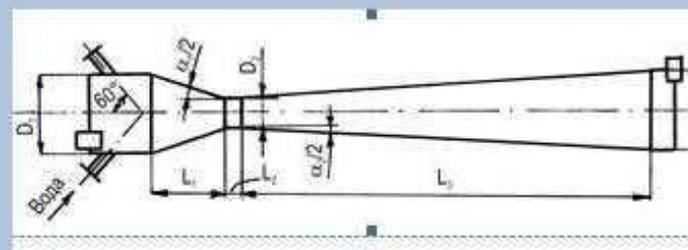
Расход сухого газа на очистку при нормальных условиях, м ³ /с	<input type="text" value="0,45"/>	Коэффициент расхода воды	<input type="text" value="0,72"/>
Влажность очищаемого газа, кг/м ³	<input type="text" value="0,01"/>	Площадь живого сечения горловины трубы Вентури, м ²	<input type="text" value="0,1"/>
Температура очищаемого газа, С	<input type="text" value="306"/>	Гидравлическое сопротивление трубы Вентури засчёт орошения влагой, кПа	<input type="text" value="5"/>
Избыточное давление газа в скруббере, кПа	<input type="text" value="15"/>	Коэффициент сопротивления "сухой" трубы Вентури	<input type="text" value="0,120"/>
Плотность газа в рабочих условиях, кг/м ³	<input type="text" value="0,96"/>	Коэффициент сопротивления циклона	<input type="text" value="18"/>
Концентрация пыли в очищаемом газе, г/м ³	<input type="text" value="28"/>		
Плотность орошения газа жидкостью, дм ³ /м ³	<input type="text" value="0,5"/>		
Плотность орошающей жидкости, кг/м ³	<input type="text" value="1"/>		
Коэффициент испарения воды	<input type="text" value="0"/>		
Барометрическое давление на местности, кПа	<input type="text" value="1"/>		
Угол закрытия конфузора, град	<input type="text" value="2"/>		
Угол раскрытия конфузора, град	<input type="text" value="5"/>		
Коэффициент для гидравлического сопротивления орошаемого циклона, В1	<input type="text" value="0,63"/>		
Коэффициент для гидравлического сопротивления орошаемого циклона, А1	<input type="text" value="-0,3"/>		
Выбор типа пыли	<input type="text" value=""/>		

Сообщение



Введите данные !

OK



Расчёт

Сохранить

Выход из программы

Заключение

В процессе проектирования и создания программного средства «Учебно-методический комплекс Экология 3» было создано следующее:

- тестовый файл расчета и проверки методики расчета Excel;
- функциональная схема проектируемой программы;
- программное средство для расчета параметров очистных устройств;
- архитектура программного средства;
- справочная система программы;
- руководство пользователя.

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

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