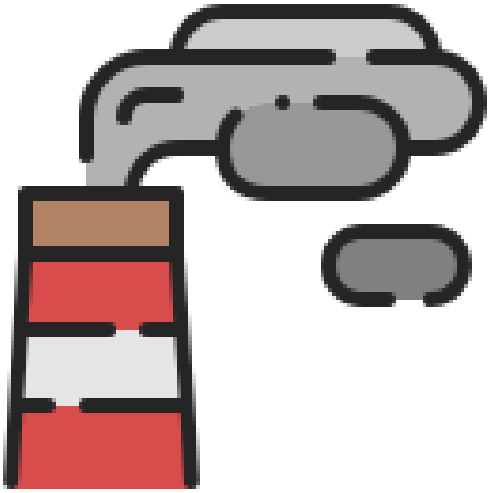
Практическое руководство к применению программы

Vibros – Расчёт выбросов котельной трубой



ООО “ПОТОК“ Программный комплекс “TEPLOOV” тел./факс: – (495) 565-38-39

potok@potok.ru www.potok.ru www.teploov.ru

Содержание

Vibros – Определение состава продуктов сгорания

1. Аннотация 3

2. Описание окон программы 5

2.1. Главная форма программы 5

2.2. Панель управления 8

2.3. Вкладка общие данные 10

2.4. Вкладка топливо 14

2.5. Вкладка котлоагрегаты 15

2.6. Настройки 19

2.7. Окно “Результаты расчета” 20

2.8. Диаграмма выбора высот трубы по “вредностям” 21

2.9. Диаграмма выбора высот трубы по “вредностям” 22

3. Термины 23

4. Выход оксидов азота 26

5. Список литературы 27

6. О пакете программ TEPLOOV 28

© 2026 ООО ПОТОК

1. Аннотация

Назначение и область применения:

Программа предназначена для автоматизированной подготовки данных по котельным установкам (при разработке раздела проекта **«Охрана окружающей среды»**) для последующего выполнения расчетов концентраций вредных выбросов в атмосферу по унифицированным программам расчета загрязнения атмосферы **(УПРЗА)** типа Эколог и других, согласованных с **ГГО им. А.И. Воейкова**.

Типы используемого топлива

- **Жидкое** - мазут.
- **Твёрдое** - уголь
- **Газообразное** - природный газ.

Характеристики топлива вводятся вместе с данными по котельной.

Основные возможности программы

Программа позволяет:

1. Определять количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу при сжигании топлива:
    - золы,
    - оксидов серы,
    - оксидов азота,
    - сумм оксидов серы и оксидов азота,
    - оксидов углерода,
    - пятиокиси ванадия.
2. Выполнять предварительный подбор диаметра и высоты дымовой трубы.
3. Определять ориентировочную концентрацию вредных веществ в приземном слое на промплощадке (с учетом фоновой концентрации или без нее).

© 2026 ООО ПОТОК

4. Решать обратную задачу – проверочный расчет предварительно подобранного варианта дымовой трубы.

*В зависимости от выбранного пользователем **«Варианта расчета»** программа автоматически подает исходные данные и осуществляет их логический контроль.*

Дополнительные возможности

1. **Блок накопления и хранения данных** по видам топлива.
2. Возможность использования при проектировании котельных с **водогрейными, паровыми или комбинированными котлами**, работающими на одинаковом топливе.
3. Поддержка котельных с **одной или несколькими одинаковыми трубами** (по высоте и диаметру).
4. Использование "Коэффициента избытка воздуха" для моделирования различных режимов работы котельной.
5. Моделирование работы существующих котельных на основе инструментальных замеров и конструктивных данных, позволяющее **оптимизировать выбросы** вредных веществ.
6. Проведение расчетов с произвольным набором **диаметров и высот труб**.
7. Возможность предварительного подбора дымовой трубы **по основному топливу** при максимальной нагрузке с проверкой на резервном топливе и других режимах работы.
8. Проведение **серии расчетов** с разными исходными данными и анализ результатов.
9. Опция **«Отмена»** позволяет вернуться к предыдущим десяти действиям.
10. Наличие **диаграмм и графиков**:
    - «Выбор трубы»
    - «Концентрация в приземном слое»
11. Возможность расчета при различных **настройках ПДК, их корректировка и повторный пересчет.**
12. **Экспорт исходных данных и результатов расчетов** в более чем 10 различных форматов**.**

Дополнительные возможности

Программа разрабатывалась с учетом обратной связи от пользователей. По вопросам внесения изменений или предложений обращаться на e-mail: **potok@potok.ru**.

© 2026 ООО ПОТОК

2. Описание окон программы

2.1. Главная форма программы

При старте программы будет открыто следующее окно:

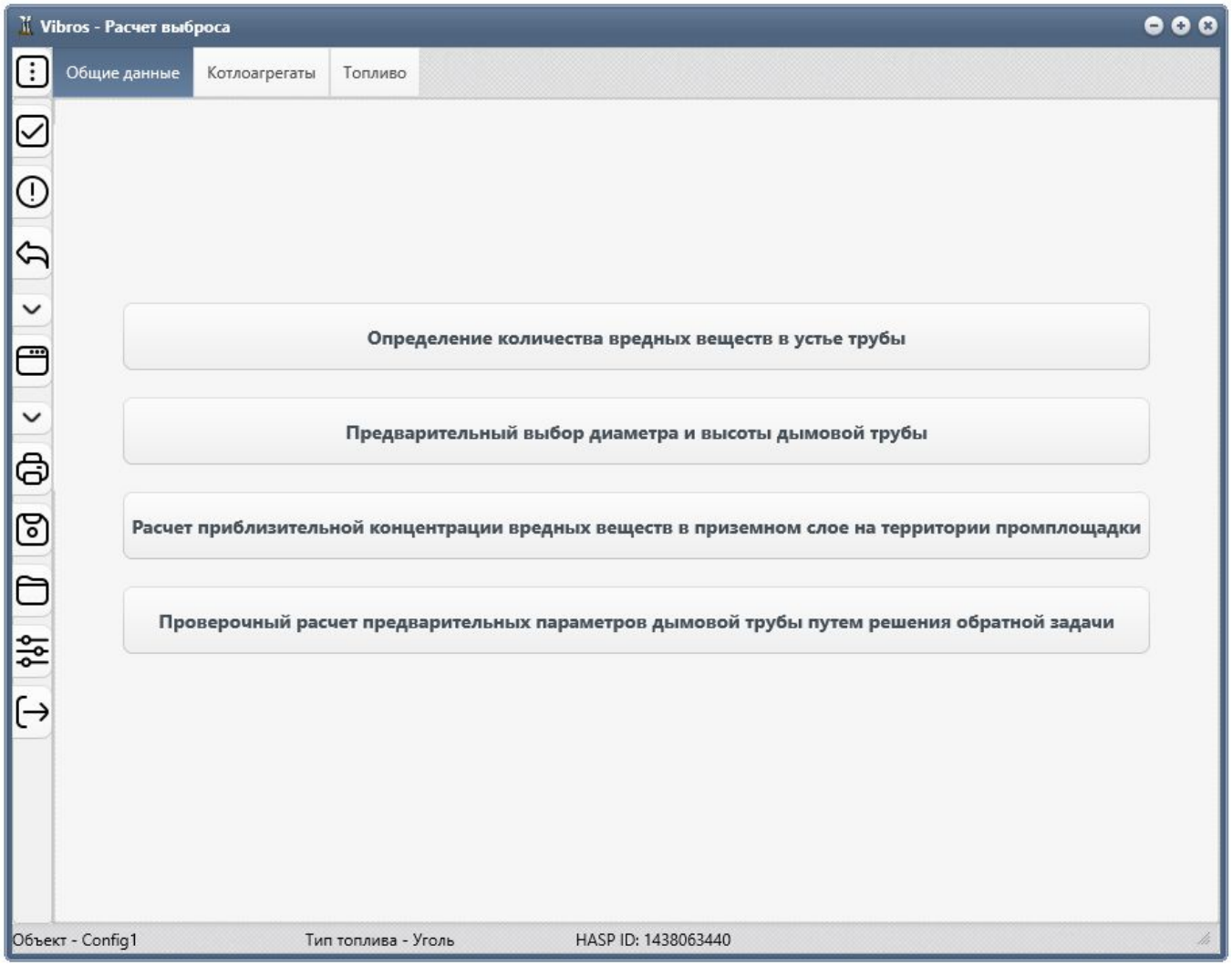


рис. 1. Главное окно программы

Для последующего расчета необходимо выбрать ту проектную ситуацию, которая будет выполнена.

© 2026 ООО ПОТОК

В таблице кратко описаны проектные ситуации и получаемые результаты:

№	Проектное действие	Входные данные	Выходные данные
1.а	Определение количества вредных веществ в устье трубы	Данные о топливе и характеристика котлоагрегатов. Выбор топлива производится по месторождениям из базы «Топливо».	Аналитические данные о продуктах сгорания при выбросе в атмосферу, (г/сек или т/год).
1.б	Предварительный выбор диаметра и высоты дымовой трубы	То же, плюс материал дымовой трубы. Возможность задать диаметр и/или высоту.	Расчётные и установочные диаметр и высота дымовой трубы. Графическое отображение расчётных высот трубы по типам «вредностей»
1.в	Расчёт приблизительной концентрации вредных веществ в приземном слое на территории про-м площадки без/или с учетом фоновой концентрации	То же	Расстояние до максимальной концентрации. Максимальная концентрация золы, оксидов серы, оксидов азота, сумм оксидов серы и оксидов азота, оксидов углерода, пяти окиси ванадия. Диаграмма концентраций в приземном слое.
1.г	Проверка необходима ли очистка дымовых	То же	Максимально допустимое содержание веществ в продуктах сгорания при

© 2026 ООО ПОТОК

	газов до не превышения ПДК		выбросе в атмосферу (г/сек или т/год) из расчёта не превышения ПДК в приземном слое.
2.	Предварительный выбор диаметра и высоты дымовой трубы. Выполняю-тся по потребности п. 1.в, 1.г	Данные инструментального замера о продуктах сгорания при выбросе в атмосферу (г/сек или т/год). плюс материал дымовой трубы. Возможность задать диаметр и/или высоту.	Те же, что в п. 1.б, 1.в, 1.г.

Таким образом, пользователь либо самостоятельно вводит **данные о количестве и составе веществ в выбросе** от котельной и программно **определяет параметры дымовой трубы**, либо заполняет **«входные» таблицы** полными данными о котельной установке и в **результате получает расчетные данные о количестве и составе выбросов**.

Программа анализирует введенные данные и формирует **оптимальный сценарий использования программного средства Vibros**.

Результаты этого этапа могут быть использованы в качестве **входных данных для программ УПРЗА** при подготовке раздела проекта **по охране окружающей среды**.

© 2026 ООО ПОТОК

2.2. Панель управления

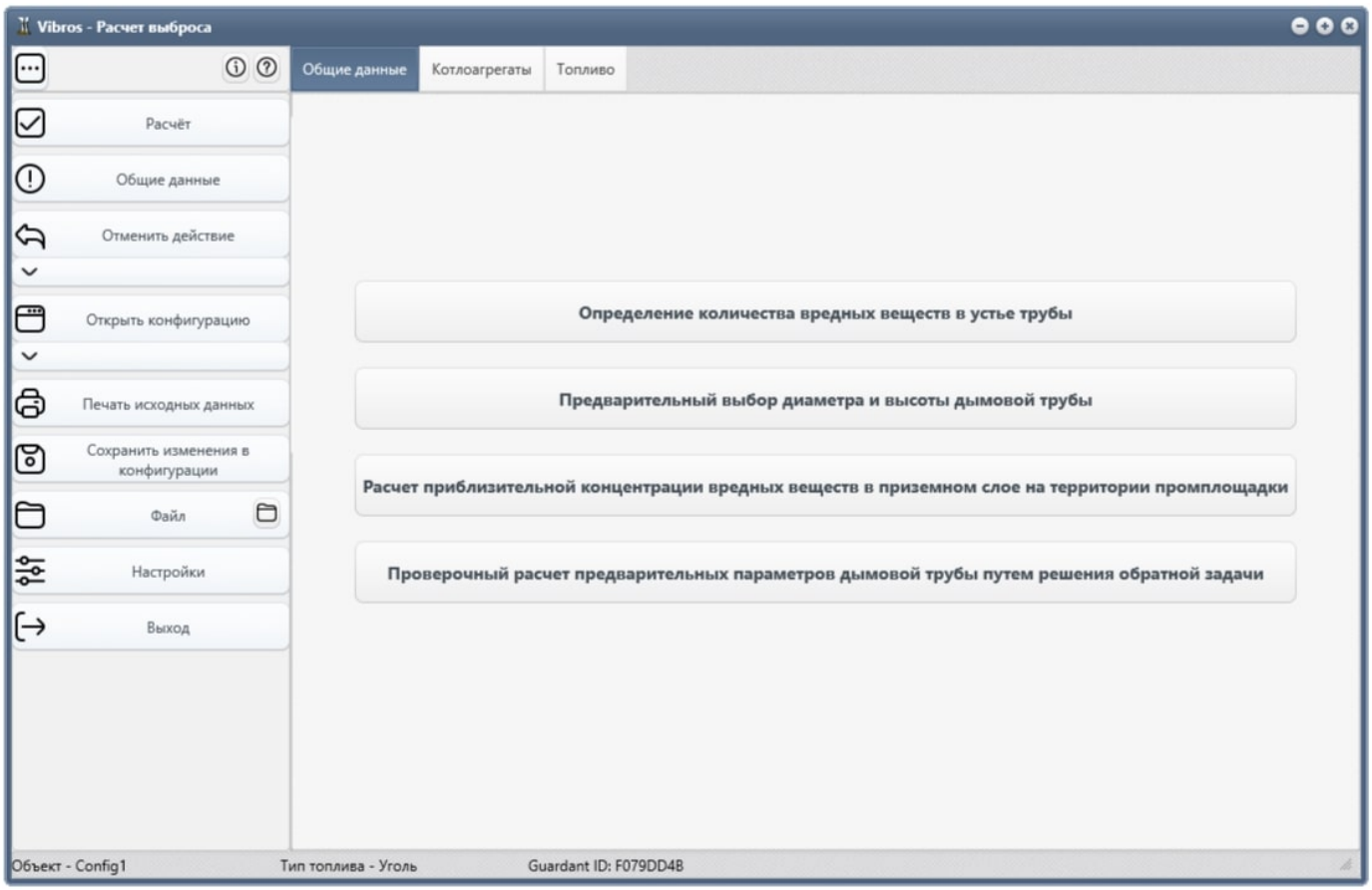


рис. 2. Описание вкладок панели управления

Нажатие на кнопку позволит **свернуть** или **развернуть «Панель управления»**.

При **развернутой** панели пользователю будут доступны следующие кнопки:

- **«О программе»**.
- **«Справка»**.

© 2026 ООО ПОТОК

Расшифровка и назначение кнопок

1. **Расчет** – выполнение расчета выбросов.

2. **Общие данные** – выбор проектной ситуации, типа топлива и котлоагрегатов.

3. **Отменить действие** – отмена последнего выполненного действия.

4. **Открыть конфигурацию** – загрузка сохраненной конфигурации.

5. **Печать исходных данных** – открытие окна для печати исходных данных.

6. **Сохранить изменения в конфигурации** – сохранение текущий конфигурации.

7. **Файл** – доступ к дополнительному меню работы с конфигурациями:

7.1. **Сохранить как** – сохранение текущей конфигурации.

7.2. **Удалить текущую конфигурацию** – удаление выбранной конфигурации.

7.3. **Новая конфигурация** – создание новой чистой конфигурации (все ранее сохраненные конфигурации будут удалены).

7.4. **Начальные значения** – установка стандартных значений в текущей конфигурации (сохраненные конфигурации не изменяются).

7.5. **Импорт конфигурации** – загрузка конфигурации из файла.

8. **Настройки** – задание значений **ПДК**.

9. Выход – выход из программы.

© 2026 ООО ПОТОК

2.3. Вкладка общие данные

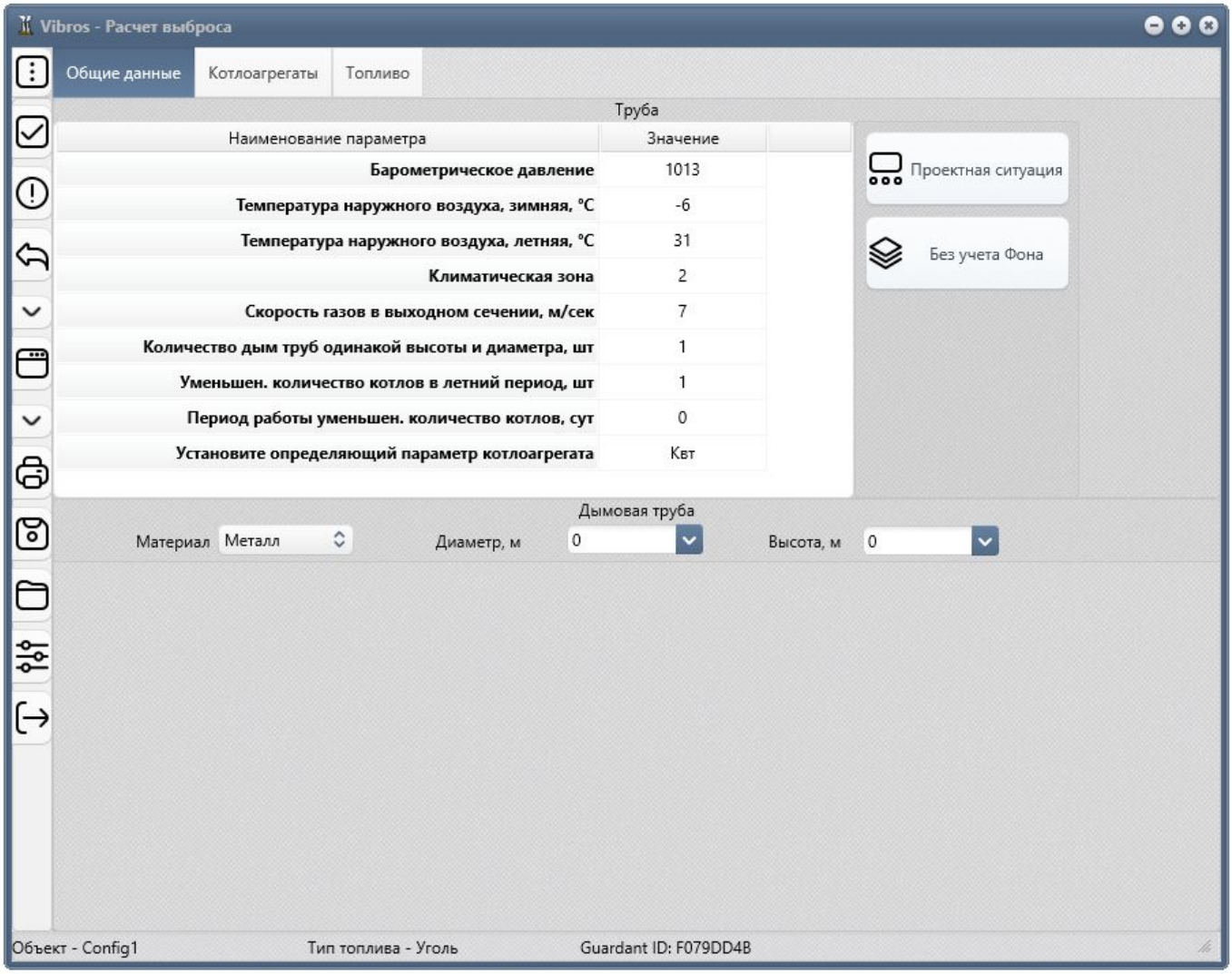


рис. 3. Общие данные

Программный выбор параметров дымовой трубы.

Выбор **высоты трубы** осуществляется на основе анализа условий сгорания для каждого компонента топлива и образования продуктов сгорания:

- **Sa** - зола
- **SO_2** - сернистый газ
- **CO** - оксид углерода
- **NO_2** - оксиды азота
- **SUM** - суммарные выбросы оксидов азота и серы
- **V_2O_5** - оксиды ванадия

© 2026 ООО ПОТОК

Первоначально принимается **наибольшая высота трубы**. Затем производится уточнение с учетом **естественной тяги** (самотяги) **в зимний и летний периоды** работы котельной. Итоговая высота обозначается в результатах как **«Расчетная высота трубы»**.

Если пользователь задал конкретное значение высоты, оно отображается как **«Установочная высота трубы»**.

Если заданы параметры **высоты или диаметра**, программа выполнит расчет в соответствии с указанными исходными данными. **Рекомендуемые значения** можно увидеть на диаграмме **«Подбор высот по вредностям»**.

Также можно задать **фоновые концентрации**, нажав соответствующую кнопку . Эти концентрации будут учтены при расчете.

© 2026 ООО ПОТОК

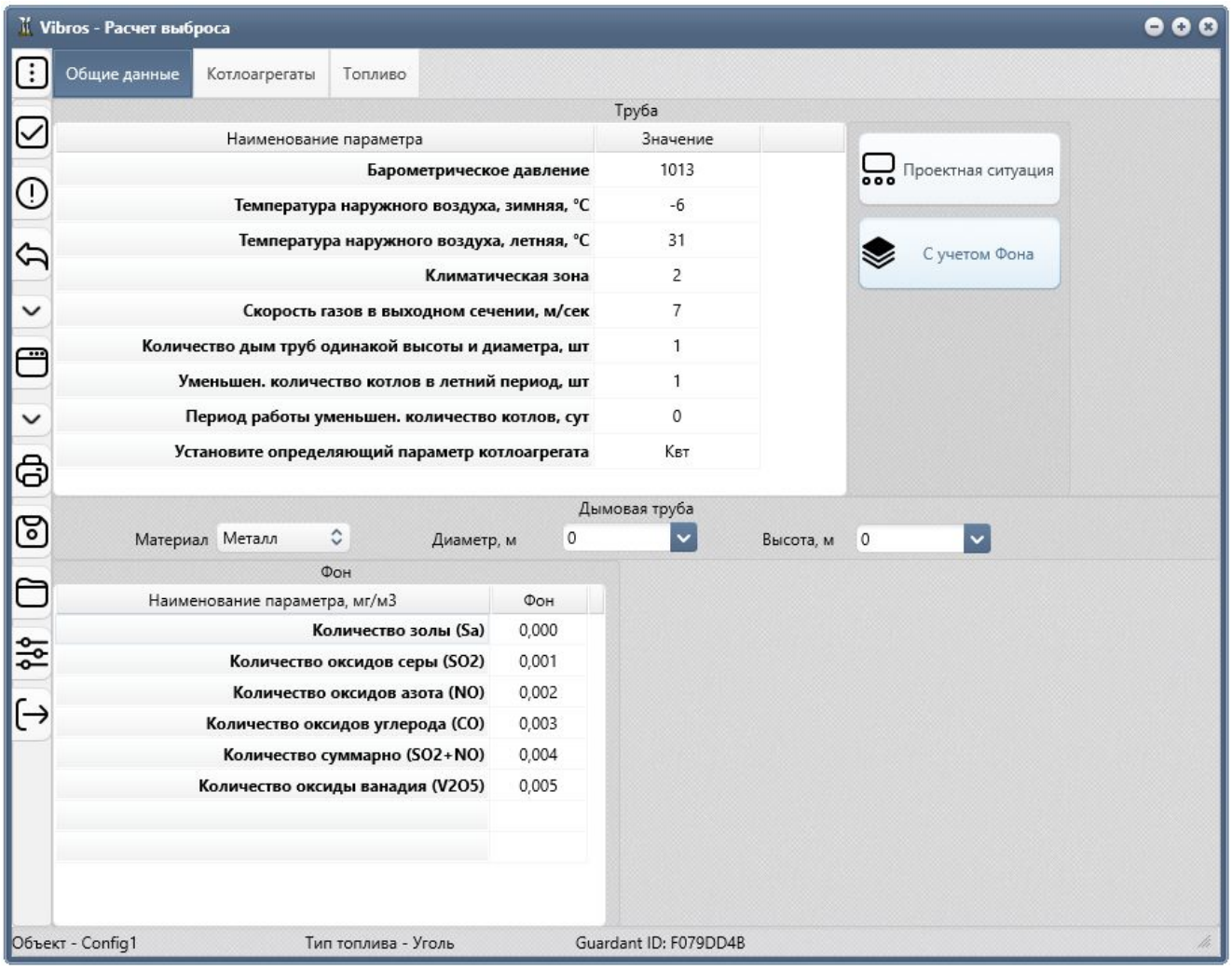


рис. 4. Фоновые концентрации

программе представлена **таблица фоновых концентраций**, позволяющая задать соответствующие значения.

Концентрация в приземном слое (мг/м³)

После выбора дымовой трубы пользователь может **дополнительно определить концентрацию** вредных веществ **с учетом или без учета фоновой концентрации**, а также **с учетом или без учета ПДК** для следующих веществ:

- **Зола**
- **Оксиды серы**
- **Оксиды углерода**

© 2026 ООО ПОТОК

- **Оксиды азота**
- **Суммарные оксиды азота и серы**
- **Оксиды ванадия**

Если при **установочной высоте трубы** концентрация в приземном слое превышает допустимые значения, программа автоматически рассчитывает **необходимый уровень очистки дымовых газов**.

В ходе расчета определяется **содержание загрязняющих веществ**, исключающее превышение ПДК (**с учетом фоновой концентрации или без, если фоновое содержание не задано в исходных данных**).

© 2026 ООО ПОТОК

2.4. Вкладка топливо

Выбрать тип и месторождение топлива можно на вкладке **«Топливо».**

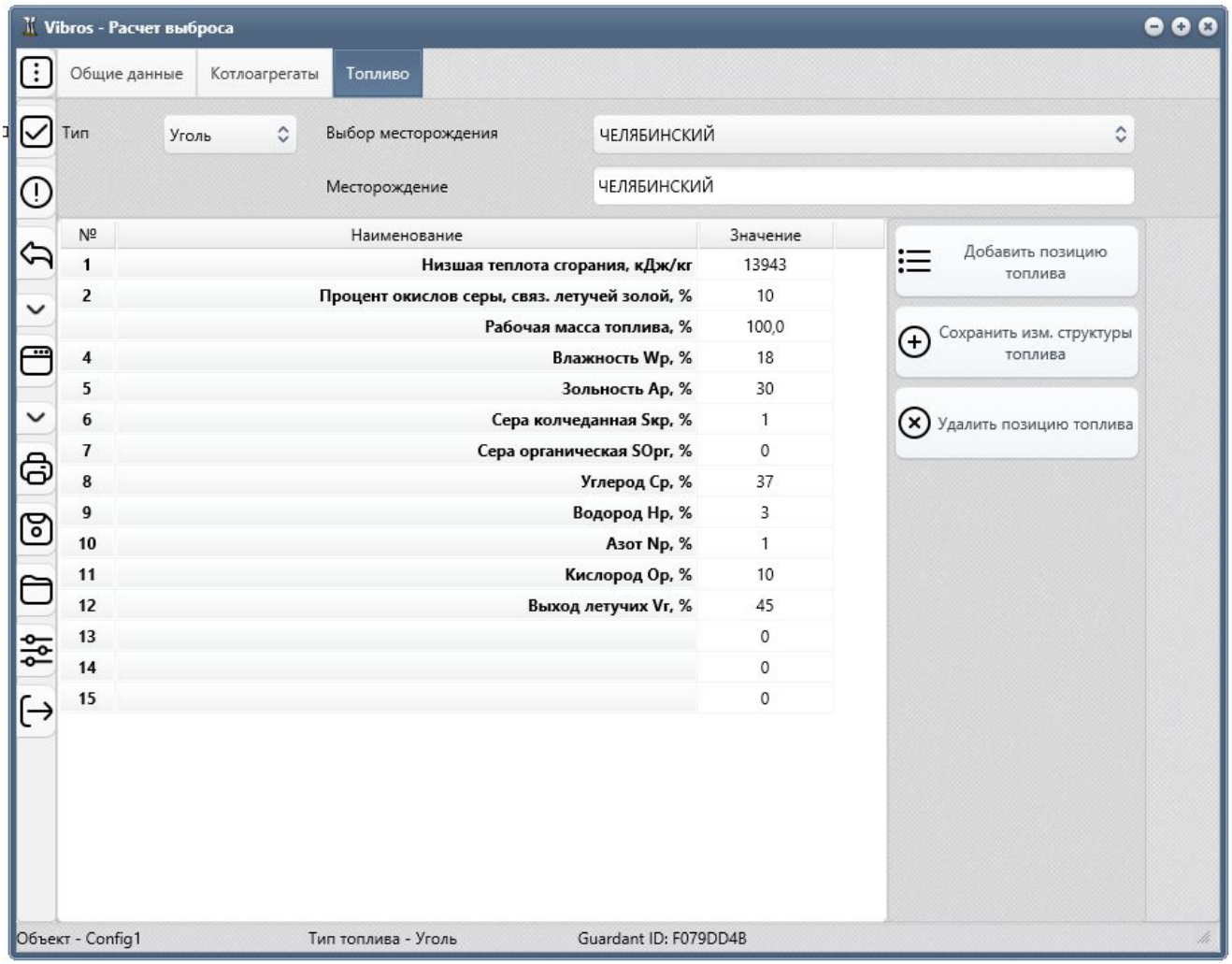


рис. 5. Выбор топлива

Доступные виды топлива для котельных:

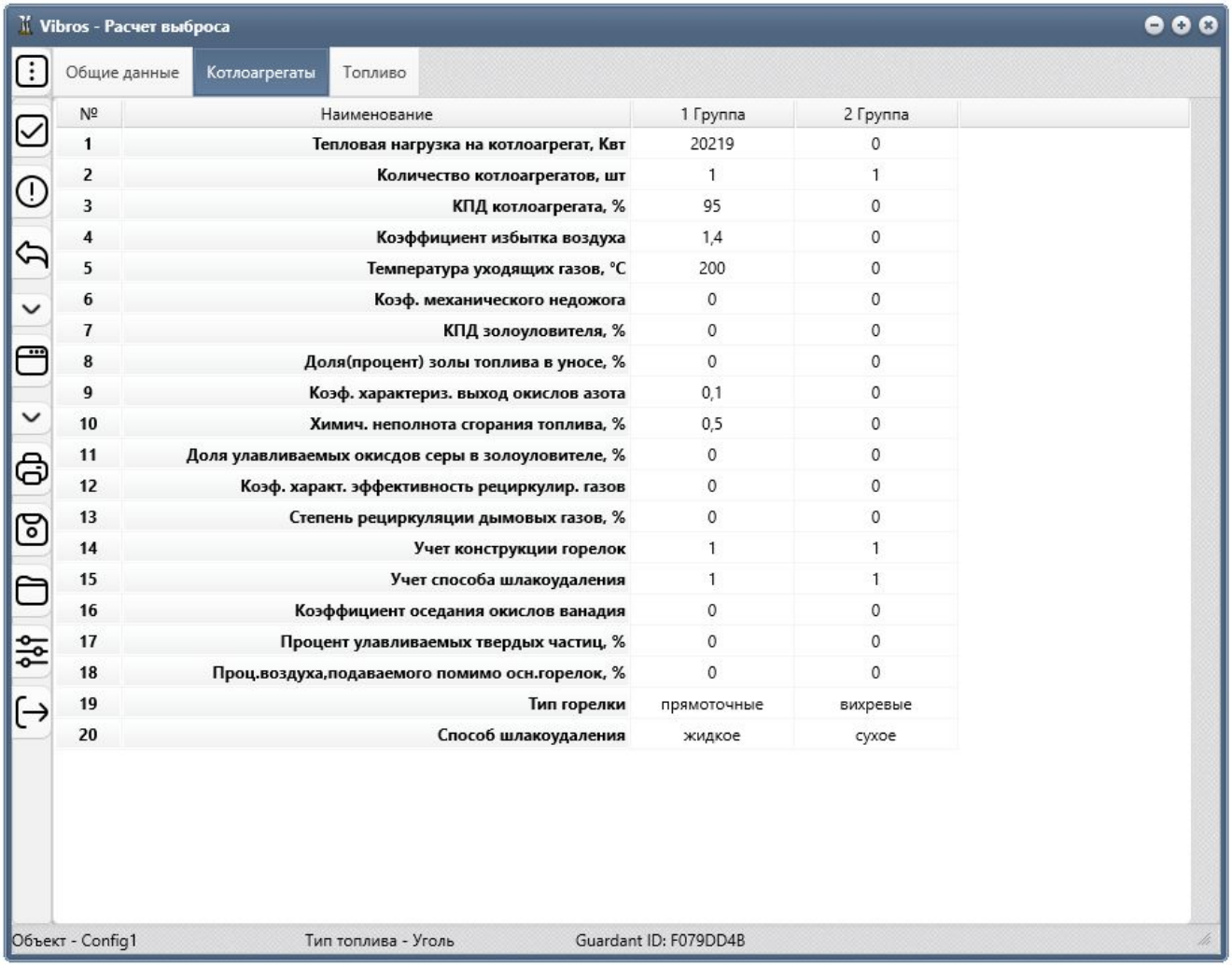
- **Жидким** (Мазут).
- **Твердым** (Уголь).
- **Газообразным** (природный газ).

Программа оснащена **блоком накопления и хранения данных о видах топлива**, поэтому при повторном расчете **с уже используемым топливом** вводить данные заново **не требуется**. Достаточно выбрать нужный **тип и месторождение** из **выпадающего списка**. Для **редактирования** существующих записей или **добавления нового топлива** используйте **редактор накопителя**.

© 2026 ООО ПОТОК

2.5. Вкладка котлоагрегаты

На вкладке **«Котлоагрегаты»** описываем характеристики котлоагрегата.



№	Наименование	1 Группа	2 Группа
1	Тепловая нагрузка на котлоагрегат, Квт	20219	0
2	Количество котлоагрегатов, шт	1	1
3	КПД котлоагрегата, %	95	0
4	Коэффициент избытка воздуха	1,4	0
5	Температура уходящих газов, °С	200	0
6	Коэф. механического недожога	0	0
7	КПД золоуловителя, %	0	0
8	Доля(процент) золы топлива в уносе, %	0	0
9	Коэф. характериз. выход окислов азота	0,1	0
10	Химич. неполнота сгорания топлива, %	0,5	0
11	Доля улавливаемых окисдов серы в золоуловителе, %	0	0
12	Коэф. характ. эффективность рециркулир. газов	0	0
13	Степень рециркуляции дымовых газов, %	0	0
14	Учет конструкции горелок	1	1
15	Учет способа шлакоудаления	1	1
16	Коэффициент оседания окислов ванадия	0	0
17	Процент улавливаемых твердых частиц, %	0	0
18	Проц.воздуха,подаваемого помимо осн.горелок, %	0	0
19	Тип горелки	прямоточные	вихревые
20	Способ шлакоудаления	жидкое	сухое

рис. 6. Описание характеристик котлоагрегата

Контролируемый химический недожог - эффективный метод снижения выбросов оксидов азота

Снижение выбросов **токсичных продуктов сгорания органического топлива** является одной из ключевых задач российской теплоэнергетики. Действующие нормы, включая **ГОСТ Р 50831-95**, устанавливают жесткие требования к выбросам в атмосферу. Однако большинство эксплуатируемых котлов имеют уровень выбросов NO_x, **значительно превышающий допустимые значения** (см. табл. 1).

© 2026 ООО ПОТОК

На сегодняшний день разработаны **две основные группы методов** снижения выбросов оксидов азота:

1. **Технологические (внутритопочные) методы** – снижение образования NO_x на стадии сжигания топлива.
2. **Очистка газов (DENOx)** – удаление NO_x из дымовых газов на стадии охлаждения продуктов сгорания.

Хотя системы **DENOx** широко применяются в развитых странах и обеспечивают высокий уровень очистки, их внедрение в России ограничено **высокой стоимостью, сложностью установки и длительными сроками реализации**.

Таблица 1

Малозатратные технологические мероприятия, обеспечивающие подавление выбросов NO_X

Мероприятие	Реализация	Снижение NO_X	Недостатки
Упрощенное двухступенчатое сжигание	Отключение части горелок по топливу	20-40%	Сложность реализации на котлах с малым количеством горелок
Упрощенная схема рециркуляции	Подача части дымовых газов с выхлопа ДС на всас ДВ	30-60%	Снижение КПД котла, требуется запас по тяге и дутью, увеличиваются собственные нужды
Впрыск влаги	Установка форсунок	15-20%	Снижение КПД котла
Нестехиометрическое сжигание	Рассогласование отношения топливо-воздух в горелках или по ярусам	35-55%	Снижение эффективности на пониженных нагрузках
Снижение избытка воздуха	Снижение общего избытка воздуха	10-30%	Возможность повышенного химнедожога

© 2026 ООО ПОТОК

Преимущества метода контролируемого умеренного недожога

С учетом планируемого увеличения энергетических мощностей и возможного **перехода с природного газа на уголь и мазут**, возникает необходимость **сокращения выбросов на существующем оборудовании**.

Один из **наиболее эффективных и доступных методов – контролируемый химический недожог**. Его применение при сжигании природного газа позволяет:

✓ **Снизить выбросы NO_x на 30–40%**

✓ **Повысить КПД котла**

✓ **Уменьшить общий экологический вред в 1,5–2 раза**

При этом суммарный вклад **CO и бенз(а)пирена** в общий уровень выбросов **не превышает 3–7%**.

Контроль параметров недожога

Для обеспечения **экологически безопасного режима** недожога необходимо ограничивать содержание вредных примесей в дымовых газах **(при коэффициенте избытка воздуха α = 1,4)**:

- **CO** – не более **100 ppm** (125 мг/м³)
- **Бенз(а)пирен (БП) – 60–100 нг/м³**

Таким образом, **режим контролируемого умеренного недожога** является **оптимальным с точки зрения экологии и эффективности сжигания топлива**.

Быстрое внедрение и минимальные затраты

Метод **легко реализуется на действующих котлах** в ходе наладочных испытаний.

Не требует значительных капитальных вложений, в отличие от сложных систем очистки.

Может быть **интегрирован при модернизации АСУ ТП котла**.

© 2026 ООО ПОТОК

Для его эффективного применения требуется установка **измерительных систем** для контроля содержания **O_2, CO и NO** в продуктах сгорания.

Используя в программе **«Коэффициент избытка воздуха»**, можно **промоделировать и выбрать оптимальный режим работы котла**.

© 2026 ООО ПОТОК

2.6. Настройки

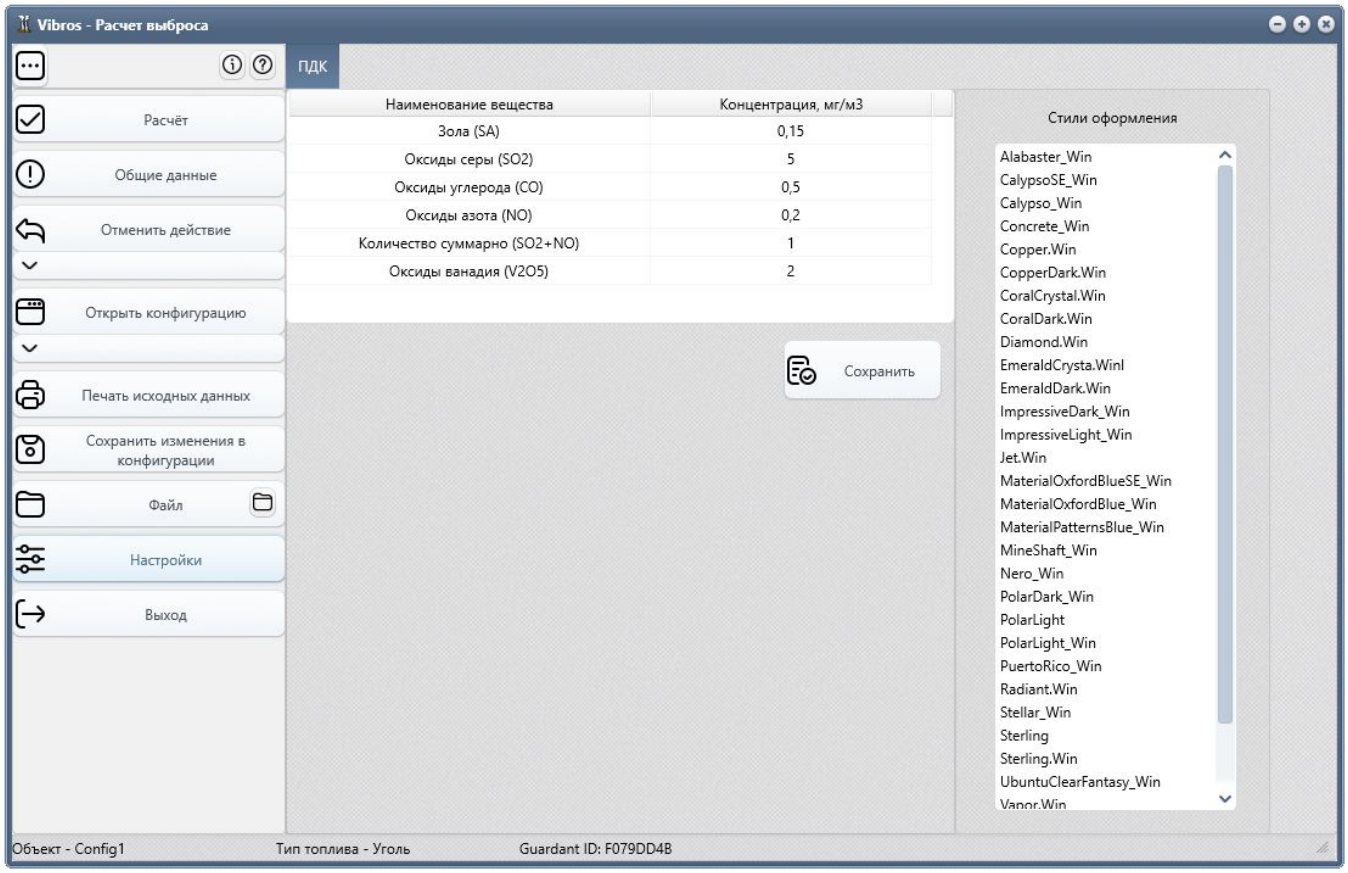


рис. 7. Настройки

Возможно изменять используемые (рекомендуемые) значения ПДК в соответствии с индивидуальными запросами пользователя, для последующего сохранения и использования в расчетах.

Так же в данном окне можно выбрать **Стиль оформления** программы.

© 2026 ООО ПОТОК

2.7. Окно “Результаты расчета”

По заданным исходным данным получаем следующие результаты расчета:

Объект - Config1

Печать результатов | Закрыть

Результаты расчета | Диаграмма выбора высот трубы по "вредностям" | Диаграмма концентраций в приземном слое

Период	Температура, °C	Число труб, шт	Диаметр трубы, м	Высота трубы, м	Скорость газов в выходном сечении, м/сек	Концентрац золы в приземном слое (Sa), г/сек	Концентрация оксидов серы (SO2), г/сек	Концентрация оксидов азота (NO), г/сек	Концентрация оксидов углерода(CO), г/сек	Концентрац. суммарно оксидов серы и азота (SO2+NO), г/сек	Концентрация оксидов ванадия (V2O5), г/сек	Расстояние максимальной концентрации, м	Объем дымовых газов, м³/час
Зима	-6	1	1,7	27,5	6,82	0	0,497	0,00302	0,1925	1,008	0,005	550	55706,4
Лето	31	1	1,7	28,4	6,82	0	0,497	0,00302	0,1925	1,008	0,005	568	55706,4

Фоновые концентрации в приземном слое	0	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005

Доотчистка для периода Зима	0	0	0	0	0	0
Доотчистка для периода Лето	0	0	0	0	0	0

	Период	Зима	Лето
1	Объём дымовых газов (нм³/сек)	15,474	15,474
2	Температура смеси газов обеих групп на выходе из трубы, °C	200	200
3	Часовой расход топлива, кг/час	5495,4	5495,4
4	Часовой расход топлива за вычетом механического недожога	5495,4	5495,4

	Концентрация веществ в устье трубы	Значение, Зима, г/сек	Значение, Лето, г/сек	Значение, тонн/год
1	Количество золы (Sa)	0,00	0,00	0,00
2	Количество оксидов серы (SO2)	27,499	27,499	867,215
3	Количество оксидов азота (NO)	0,056	0,056	1,779
4	Количество оксидов углерода (CO)	10,506	10,506	331,33
5	Количество суммарно (SO2+NO)	55,662	55,662	1755,357
6	Количество оксиды ванадия (V2O5)	0,00	0,00	0,00
7				
8				
9				

Зима	Перепад давления металлической дымовой трубы с учетом скоростного напора в устье, Па	20,72
Зима	Величина гравитационного напора, Па	15,854
Лето	Перепад давления металлической дымовой трубы с учетом скоростного напора в устье, Па	20,833
Лето	Величина гравитационного напора, Па	11,806

Уголь ЧЕЛЯБИНСКИЙ

рис. 8. Результаты расчета

Таблица фоновых концентраций **- заголовки аналогично вышестоящим.**

Таблица доотчистка **- заголовки аналогично вышестоящим.**

Параметры пере**падов давления** и величины **гравитационного напора** для расчетов не являются обязательными, их возможно использовать для последующего анализа.

© 2026 ООО ПОТОК

2.8. Диаграмма выбора высот трубы по “вредностям”

Диаграмма подбора высоты трубы в зависимости от "вредностей".

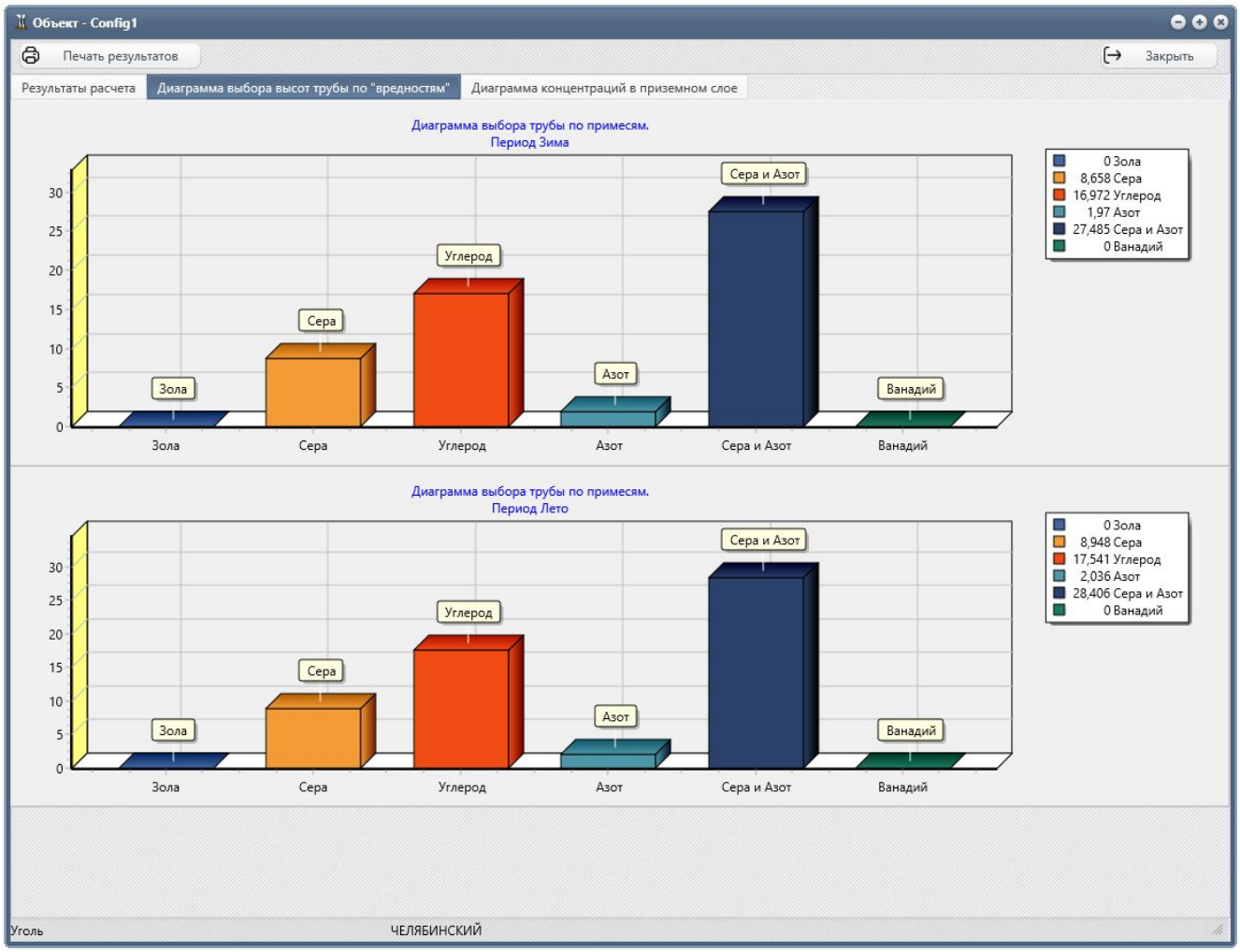


рис. 9. Диаграмма подбора высоты трубы в зависимости от “вредностей”

Позволяет наглядно просмотреть каким образом и по какому показателю была подобрана высота трубы

Если высота трубы задана пользователем, то можно посмотреть, как был осуществлен подбор трубы программой - провести анализ.

2.9. Диаграмма выбора высот трубы по “вредностям”

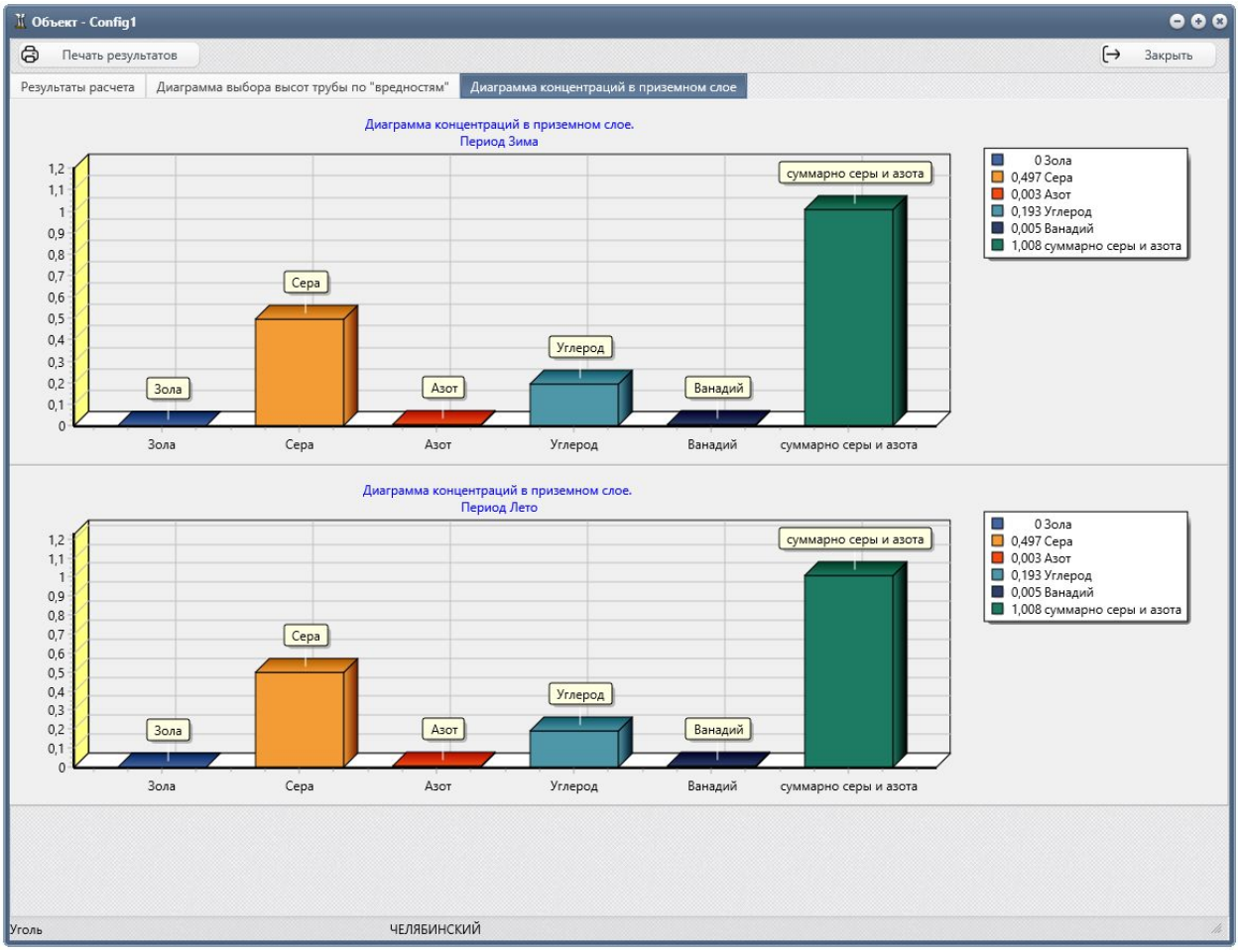


рис. 10. Диаграмма концентраций в приземном слое

Возможно визуально провести анализ полученных концентраций в приземном слое.

© 2026 ООО ПОТОК

3. Термины

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ (ПДК) — концентрация загрязняющего вещества в верхнем, пахотном слое почвы, которая не должна оказывать прямого или косвенного отрицательного влияния на окружающую среду, здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы.

ФОНОВАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ — содержание веществ в воздухе или воде, определяемое глобальными природными процессами или учитываемое до добавления выбросов от рассматриваемого источника.

ВЫБРОС — выделение веществ в атмосферу (Протокол к Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния относительно дальнейшего сокращения выбросов серы).

ВЫБРОСЫ СЕРЫ — все выбросы в атмосферу соединений серы, выражаемые в килотоннах диоксида серы (кт SO_2) происходящие от антропогенных источников, за исключением судов в международном сообщении за пределами территориальных вод (Протокол к Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния относительно дальнейшего сокращения выбросов серы).

ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА — поступление в атмосферный воздух или образование в нем загрязняющих веществ в концентрациях, превышающих гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха, установленные государством (Закон "Об охране атмосферного воздуха").

МАЗУТ — тяжелые фракции или остатки перегонки сырой нефти, а также их смеси, предназначенные для использования в качестве горючего для получения тепла или энергии (Международная конвенция о создании международного фонда для компенсации ущерба от загрязнения нефти).

© 2026 ООО ПОТОК

ДИОКСИД УГЛЕРОДА (син. углекислый газ, CO_2) — продукт окисления соединений, содержащих углерод. Образуется при дыхании организмов, сжигании углеродсодержащего топлива, а также при извержении вулканов и выветривании карбонатных горных пород. При повышении концентрации CO_2 в атмосфере формируется парниковый эффект.

КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА — совокупность физических, химических и биологических свойств атмосферного воздуха, отражающих степень его соответствия гигиеническим и экологическим нормативам (Закон "Об охране атмосферного воздуха").

КАЧЕСТВО АТМОСФЕРЫ — совокупность свойств атмосферы, определяющая степень воздействия физических, химических и биологических факторов на людей, растительный и животный мир, а также на материалы, конструкции и окружающую среду в целом (ГОСТ 17.2.1.03-84).

КОНТРОЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ — проверка соответствия содержания загрязняющих атмосферу веществ установленным требованиям.

САМОТЯГА — естественное движение газов в дымоходе за счет разницы температур и плотностей внутреннего и наружного воздуха. В расчетах учитывается для определения оптимальной высоты дымовой трубы в зимний и летний периоды.

РАСЧЁТНАЯ ВЫСОТА ТРУБЫ — высота дымовой трубы, определяемая программно на основе выбросов загрязняющих веществ, параметров горения и условий рассеивания.

УСТАНОВОЧНАЯ ВЫСОТА ТРУБЫ — заданная пользователем высота дымовой трубы, используемая при расчётах, если она была введена вручную.

КОНЦЕНТРАЦИЯ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ — содержание загрязняющих веществ в воздухе у поверхности земли, определяемое с учетом выбросов и фоновой концентрации.

© 2026 ООО ПОТОК

ДООЧИСТКА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ — процесс снижения концентрации загрязняющих веществ в отходящих газах котельной установки, применяемый в случае превышения допустимых уровней выбросов.

КОНТРОЛИРУЕМЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ НЕДОЖОГ — метод управления процессом горения, при котором снижение концентрации оксидов азота (NO_x) достигается за счет поддержания умеренного избытка воздуха и неполного сгорания топлива.

КООФИЦИЕНТ ИЗБЫТКА ВОЗДУХА (α) — отношение фактического количества воздуха, поступающего в топку, к стехиометрически необходимому количеству для полного сжигания топлива. Оптимальное значение позволяет снизить выбросы загрязняющих веществ.

ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ — процесс повышения температуры атмосферы Земли из-за накопления газов, задерживающих тепловое излучение, таких как CO_2.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ — способы уменьшения загрязнения на стадии горения топлива, включая оптимизацию режимов сжигания, снижение избытка воздуха и применение горелок с низким выбросом NO_x.

DENOx (ДЕНОКС) — технология каталитической или некаталитической очистки дымовых газов от оксидов азота, применяемая после сгорания топлива.

© 2026 ООО ПОТОК

4. Выход оксидов азота

Определение коэффициента, характеризующего выход оксидов азота, кг/т условного топлива (по методике, приведённой в л.8 разд.1.5).

Для котлоагрегатов с паропроизводительностью более 70 т/ч при сжигании газа и мазута во всём диапазоне нагрузок, а также при высокотемпературном сжигании твёрдого топлива с нагрузками выше 75% номинальной:

к = 12 * **DF** / (200 + **D**), (1)

где:

D, DF — номинальная и фактическая паропроизводительность котла, т/ч.

Для котлоагрегатов с паропроизводительностью **30 – 70 т/ч**:

к = **DF** / 20, (2)

Для водогрейных котлов мощностью более **125 ГДж/ч (30 Гкал/ч)**:

к = 2,5 * **QF** / (84 + **Q**), (3)

где:

Q, QF — номинальная и фактическая производительность котла, ГДж/ч.

При высокотемпературном сжигании твёрдого топлива с нагрузками котла ниже **75% номинальной** в формулы (1), (2), (3) вместо **DF** и **QF** подставляются **0,75 × D** и **0,75 × Q**.

При низкотемпературном сжигании твёрдого топлива в формулы (1), (2), (3) вместо **QF** и **DF** подставляются значения **Q** и **D**.

© 2026 ООО ПОТОК

5. Список литературы

1. **К.Ф. Роддатис**. *Котельные установки*.

2. **Ю.П. Соловьев**. *Проектирование теплоснабжающих установок для промышленных предприятий*.

3. **Ю.П. Гусев**. *Основы проектирования котельных установок*.

4. *Тепловой расчёт котельных агрегатов. Нормативный метод. Том 1, Руководящие указания*. Выпуск 34. Ленинград, 1973.

5. **С.И. Мочан**. *Аэродинамический расчёт котельных установок (Нормативный метод)*. Ленинград, 1977.

6. **В.П. Михеев, П. Медников**. *Сжигание природного газа*. Ленинград: Недра, 1975.

7. **СНиП 2-35-76**. *Котельные установки*. (актуальная версия СП 89.13330.2016 с учётом Изменения № 1 от 2021 года.)

8. *Сборник методик по расчёту выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами*. Гидрометеоиздат, 1986.

9. **ОНД-86 Госкомгидромет**. *Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий*. Ленинград, 1987.

10. *Энергетическое топливо СССР (ископаемые угли, горючие сланцы, торф, мазут и горючий природный газ)*. Справочник. Москва: Энергия, 1979.

11. *Методика определения валовых и удельных выбросов вредных веществ в атмосферу от котлов тепловых электростанций*. РД 34.02.305-90. Минэнерго СССР, Москва, 1991.

12. **П.В. Росляков, И.Л. Ионкин, Л.Е.** *Журнал «Теплоэнергетика»*, № 1, январь 2009.

© 2026 ООО ПОТОК

6. О пакете программ TEPLOOV

- ПОТОК - программа для расчёта систем отопления, охлаждения теплоснабжения калориферов и оборудования
- VSV - программа для аэродинамического расчета систем вентиляции, аспирации и пневмотранспорта.
- RTI - программа для расчёта потерь тепла и инфильтрации помещениями зданий
- KALOR - программа для расчёта калориферов и воздухонагревателей, подбор типовых приточных камер, секций орошения.
- BOLER - программа для тепловых расчетов бойлерных установок.
- STOL - программа для расчёта воздухообмена предприятий общественного питания, расчёт, подбор и анализ работы кондиционера (сплит-системы, фанкойл 5°C, 7°C, 10°C)
- VIBROS - программа для расчёта выбросов котельной трубой

© 2026 ООО ПОТОК