

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования

«Южно-Уральский государственный университет
Национальный исследовательский институт»
Институт естественных и точных наук
Факультет «Химический»
Кафедра «Экологии и химической технологии»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент, Большаков О.И.
к.х.н. и.с. ХИИД
О.И. Большаков 2017г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
В.В. Авдин
В.В. Авдин 2017г.

Экологическое обоснование размещения котельных в жилых районах

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 18.04.02.2017.454. ПЗ ВКР

Руководитель работы,
доцент, к.х.н.
С.Г. Ницкая
С.Г. Ницкая 2017г.

Автор работы
студент группы ЕТ-454
В.А. Иванцов
В.А. Иванцов 2017г.


Нормоконтролер, доцент,
к.т.н., с.н.с.
В.Р. Гофман
В.Р. Гофман 2017г.

Челябинск 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
Национальный исследовательский университет»
Институт естественных и точных наук
Факультет «Химический»
Кафедра «Экология и химическая технология»
Специальность «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и биотехнологии»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой, д.х.н.

 В.В. Авдин

« 19 » июля 2017 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студента

Иванцову Виталию Алексеевичу

Группа ЕТ-454

1 Тема работы

Экологическое обоснование размещения котельных в жилых районах

утверждена приказом по университету от «23» апреля 2017 г. № 835

2 Срок сдачи студентом законченной работы «25» мая 2017 года

3 Исходные данные к работе

Материалы учебной и производственной практики, литературные источники по проблеме исследования

4 Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Общая характеристика котельных
Воздействие объекта на атмосферный воздух
Расчет рассеивания выбросов котельной
Анализ воздействия объекта на атмосферный воздух

5 Перечень графического материала

Презентация выпускной квалификационной работы содержит _____ слайдов,
выполненных в программе PowerPoint 2013. Всего _____ листов

6 Дата выдачи задания 15 апреля 2017 г.

Руководитель _____



С.Г. Ницкая

Задания принял к исполнению _____



В.А. Иванцов

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

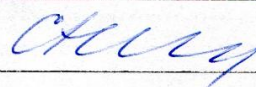
Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении руководителя
Обзор нормативно-технической литературы	23.06.2016	
Обзор используемых методик	5.12.2016	
Анализ воздействия объекта на атмосферный воздух	27.02.2017	
Расчет рассеивания в программе УПРЗА «Эколог-3»	04.04.2017	
Оформление пояснительной записки	25.05.2017	
Получение рецензии, отзыва, подготовка доклада	09.06.2017	

Заведующий кафедрой _____



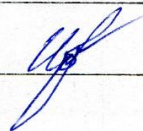
/В.В. Авдин/

Руководитель работы _____



/С.Г. Ницкая/

Студент-дипломник _____



/В.А. Иванцов/

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ	7
1.1 Природное и искусственное топливо	7
1.1.1 Состав различных видов топлива	8
1.1.2 Теплотехнические характеристики топлива.....	9
1.2 Сжигание газообразного топлива	13
1.2.1 Основные характеристики.....	13
1.2.2 Газовые горелки котлов.....	16
1.3 Слоевое сжигание твердого топлива	23
1.3.1 Топки для сжигания твердого топлива в слое.....	25
1.3.2 Топки с кипящим слоем.....	30
1.4 Сжигание топлива в пылевидном состоянии	31
1.4.1 Особенности сжигания твердого топлива	31
1.4.2 Технологическая схема пылеприготовления.....	32
1.4.3 Физические свойства угольной пыли.....	33
1.5 Котельные установки	38
1.5.1 Классификация котельных установок.....	38
1.5.2 Основные элементы водогрейных котлов	39
1.6 Паровой котел типа ДКВР	41
1.7 ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	43
2 ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕЩЕНИЯ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	49
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	50
ПРИЛОЖЕНИЯ:	51
ПРИЛОЖЕНИЕ А	51
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	53
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	61
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	63
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	66
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	68

РЕФЕРАТ

Иванцов В.А., Экологическое обоснование размещения котельных в жилых районах. – Челябинск: ЮУрГУ, ЕТ – 454, 2017. – 67 с., 21 ил., 2 табл., библиографический список – 17 наименований, 2 приложения.

В дипломной работе рассмотрены различные виды топлива, используемого при работе котельных. Определены приземные концентрации загрязняющих веществ при сжигании различного вида топлива. Проведен анализ нормативной санитарно-защитной зоны котельных, работающих на различном топливе.

ВВЕДЕНИЕ

Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) – разновидность тепловой электростанции, которая не только производит электроэнергию, но и является источником тепловой энергии в централизованных системах теплоснабжения в виде пара и горячей воды, в том числе и для обеспечения горячего водоснабжения и отопления жилых и промышленных объектов.

При проектировании городской инфраструктуры проектные организации мало уделяли внимания темпам увеличения численности и плотности населения. Густонаселенность спальных районов большинства городов выросла в очень короткие сроки. Городские администрации начали процесс уплотнения городской застройки за счет строительства высотных зданий почти на любом свободном участке земли.

По этой причине, во многих городах ТЭЦ, построенные еще в прошлом веке, не справляются с возросшими потребностями в тепловой энергии. В связи с этим, городские муниципалитеты вынуждены строить так называемые мини-котельные, обеспечивающие электроэнергией или теплом отдельно стоящие здания, не входящие в общую централизованную систему тепло- и электроснабжения.

ТЭЦ обычно, располагаются на окраинах городов. Это сделано для того, чтобы минимизировать вредное воздействие выбросов, образующихся при сжигании топлива на этих самых ТЭЦ.

Котельные, между тем, находятся в жилых районах, с очень плотной застройкой. Поэтому возникает вопрос – целесообразно ли размещать котельные вблизи жилых домов. Принцип работы мини-котельных и крупных ТЭЦ одинаков: происходит сжигание твердых и жидких видов топлива. Соответственно на мини-котельных выделяются такие же вредные вещества, такие как: оксиды азоты, серы, углерода, бенз(а)пирен, а также сажа и взвешенные вещества.

Целью работы является анализ различного вида топлив котельных, степень влияния выбросов загрязняющих веществ на качество атмосферного воздуха в жилой зоне.

Задачи:

1. Рассмотреть типы котельных установок, располагающихся в жилых зонах.
2. Рассмотреть разновидности представленного на рынке топлива, используемого в котельных.
3. Определить приземные концентрации загрязняющих веществ при сжигании различного топлива.
4. Оценить степень воздействия выбросов загрязняющих веществ котельных установок, работающих на различном топливе, на качество атмосферного воздуха в жилой зоне.

1 КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

1.1 Природное и искусственное топливо

Энергетическое топливо – это горючие вещества, которые экономически целесообразно использовать для получения тепловой или электрической энергии.

Все топлива могут быть разделены на природные и искусственные. К природным относятся органические (содержат углерод и его соединения) топлива, непосредственно извлекаемые из недр земли. Это – уголь, торф, сланцы, нефть, природный газ. Искусственные топлива получаются в результате переработки природных топлив на газовых, нефтеперерабатывающих, металлургических предприятиях. Искусственными топливами являются кокс, полукокс, доменный, коксовый, генераторный газы, газы пиролиза нефти, мазут.

Природные органические топлива являются невозобновляемыми энергетическими ресурсами, невосполняющимися и невозобновляющимися в настоящую геологическую эпоху. Отличительной особенностью невозобновляющихся источников энергии являются их высокий энергетический потенциал и относительная доступность и, как следствие, целесообразность извлечения.

Общие прогнозируемые геологические запасы каменного и бурого угля составляют 6000–15000 млрд тонн условного топлива. Геологических ресурсов нефти в мире в 20–30 раз меньше, чем угля, они составляют 286–515 млрд тонн условного топлива. Ресурс природного газа на Земле оценивается в 177–314 млрд тонн условных единиц.

Несмотря на огромные запасы органического топлива, расход их в настоящее время настолько велик, что даже при современном уровне использования любого из топлив просматривается перспектива их истощения в обозримом будущем. В связи с этим, особую актуальность приобретают инновационные энергетические технологии, обеспечивающие экологически чистое производство и экономию энергетических ресурсов, их сбалансированное потребление [1].

1.1.1 Состав различных видов топлива

Твердые и жидкие органические топлива представляют собой сложные химические соединения горючих и негорючих веществ, структура которых до настоящего времени изучена недостаточно. Методами химического анализа определяется только так называемый элементарный состав этих видов топлива, т.е. процентное соотношение в массе органического топлива тех или иных химических элементов.

Основными химическими элементами, входящими в состав любого твердого или жидкого топлива, являются: углерод (С), водород (Н), кислород (О), азот (N) и сера (S). Кроме указанных элементов в составе органического топлива имеется влага (W) и негорючие минеральные вещества, образующие при сжигании золу (A). Зола и влагу называют внешним балластом топлива.

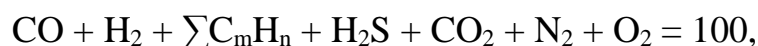
Процентное содержание указанных химических элементов по массе топлива называют элементарным составом рабочей массы топлива. Состав органического топлива представлен на рисунке 1.

Углерод С	Водород Н	Кислород О	Азот N	Сера S		Зола A	Влага W
				органическая	колчеданная		
Органическая масса топлива							
Горючая масса топлива							
Сухая масса топлива							
Рабочая масса топлива							

Рисунок 1 – Состав топлива.

Для одного и того же топлива количества минеральных примесей и влажность могут меняться в достаточно широких пределах в зависимости от условий его добычи, транспортировки и хранения. В связи с этим для удобства сравнительной характеристики теплотехнических свойств различных сортов топлива введены условные понятия сухой, горючей и органической масс топлива. Сухой массой называется обезвоженная, а горючей – обезвоженная и обеззоленная масса топлива.

Газовое топливо (природное и искусственное) представляет собой смесь горючих и негорючих газов. Состав газового топлива определяется содержанием соответствующих газов и для сухого топлива в общем случае представляется в следующем виде:



где CO , H_2 , $\sum C_m H_n$, H_2S – горючая часть газообразного топлива; CO_2 , N_2 , O_2 – негорючая часть газообразного топлива (балласт).

Составы некоторых природных и искусственных газообразных топлив приведены в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Расчетные характеристики твердых и жидких топлив

Месторождение и марка топлива	Состав рабочей массы топлива, %							Низшая теплота сгорания, МДж/кг
	W ^p	A ^p	S ^c _{орг+к}	C ^p	H ^p	N ^p	O ^p	
Уголь								
Кузнецкий Д	12,0	13,20	0,3	58,70	4,2	1,90	9,70	22,84
Кузнецкий Г	8,5	11,00	0,5	66,00	4,7	1,80	7,50	26,15
Грамотеинский	14,0	9,50	0,5	59,50	4,0	1,50	11,00	22,84
Подмосковный Б	32,0	25,20	2,7	28,70	2,2	0,60	8,60	10,43
Воркутинский Ж	5,5	23,60	0,8	59,60	3,8	1,30	5,40	23,67
Интинский Д	11,0	25,40	2,6	47,70	3,2	1,30	8,80	18,31
Бабаевский Б	56,5	7,00	0,5	25,40	2,4	0,20	8,00	8,76
Егоршинский ПА	8,0	23,90	0,4	60,30	2,5	0,90	4,00	22,42
Назаровский Б	39,0	7,30	0,4	37,60	2,6	0,40	12,70	23,03
Сланец горючий (Ленинградская область)	11,5	60,00	1,7	20,30	2,7	0,10	2,80	5,82
Торф фрезерный	50,0	6,30	0,1	24,70	2,6	1,10	15,20	10,22
Мазут								
Малосернистый	3,0	0,05	0,3	84,65	11,7	0,15	0,15	40,31
Сернистый	3,0	0,10	1,4	83,80	11,2	0,25	0,25	39,76
Высокосернистый	3,0	0,10	2,8	83,00	10,4	0,35	0,35	38,80
Нефть стабилизированная	3,0	0,10	2,9	81,80	11,8	0,20	0,20	39,81

1.1.2 Теплотехнические характеристики топлива

Состав топлива. Важнейшей характеристикой топлива, определяющей ряд показателей, используемых для анализа процессов, происходящих в разных топливоиспользующих установках, является состав топлива. Качество твердого и жидкого топлива как источника тепловой энергии в значительной мере определяется его элементарным составом. Основным горючим компонентом всех топлив является углерод. При полном сгорании 1 кг углерода выделяется 34,4 МДж теплоты. Содержание его в горючей массе разных видов топлива изменяется в широких пределах (от 50 в древесине до 95% в антраците), следовательно углерод обеспечивает преимущественную долю тепловыделения топлива.

Вторым по значению горючим компонентом является водород, при сгорании 1 кг которого выделяется 119 МДж теплоты. Содержание водорода в горючей массе твердых и жидких топлив изменяется от 2 (антрацит) до 10.5% (мазут).

Входящая в состав твердых и жидких топлив горючая сера окисляется при горении топлива с образованием сернистого газа SO_2 . При этом выделяется теплоты 9,3 МДж/кг S, что существенно меньше, чем при сгорании водорода и углерода.

Содержание серы в горючей массе твердых и жидких топлив изменяется от 0,5 до 7, в горючих сланцах до 15%. Образующийся при сжигании серы сернистый газ является токсичным (опасным для жизнедеятельности в окружающей среде), а также коррозионно-активным, приводящим к интенсивной коррозии металлических элементов топливоиспользующих установок.

Кислород и азот являются внутренним балластом топлива, так как их наличие снижает в топливе содержание основных горючих элементов – углерода и водорода. Содержание кислорода в топливе уменьшается по мере увеличения геологического возраста топлива.

Зола и влага являются внешним балластом твердого и жидкого топлива. Повышение содержания золы и влаги в рабочей массе топлива приводит к соответствующему уменьшению его горючей части, а значит к снижению тепловыделения при сгорании топлива. При сжигании влажных топлив затрачивается определенное количество теплоты на нагрев и испарение влаги, что дополнительно уменьшает количество выделившейся теплоты и соответственно снижает температуру горения.

Балластом газообразного топлива являются негорючие компоненты, такие как кислород, азот, углекислый газ и водяной пар, снижающие теплоту сгорания топлива. Присутствие в искусственных горючих газах токсичных газов CO, H₂S усложняет условия эксплуатации топливоиспользующих установок. При сгорании сероводорода образуется токсичный сернистый газ, опасный для жизни и загрязняющий окружающую среду.

Зона топлива. Минеральный несгораемый остаток, образующийся из примесей топлива при его сгорании, представляет собой золу. Содержание минеральных примесей в твердых топливах изменяется в широких пределах, составляя в древесном топливе 1–2 %, в угле 20–40%, в горючих сланцах до 70% и в жидком топливе до 1 %. В процессе горения минеральные примеси могут из твердом состоянии переходить в жидкое, образуя раствор, называемый шлаком. Важной характеристикой золы является ее плавкость. В лабораторных условиях плавкость золы определяют путем нагревания в электрической печи в полувосстановительной газовой среде (60 % CO и 40 % CO₂) пирамидки стандартных размеров, сформированной из мелкоизмельченной пробы испытуемой золы. Температура, при которой пирамидка начнет самопроизвольно сгибаться или вершина ее скругляется, носит название температуры начала деформации золы t_1 . Температура, при которой вершина пирамидки склоняется до ее основания, называется температурой размягчения золы t_2 . Температура начала жидкоплавного состояния t_3 соответствует температуре, при которой золовая пирамидка растекается по подставке.

По характеристике плавкости золы твердые топлива разделяются на три группы: с легкоплавкой золой ($t_3 < 1350$ °C), с золой средней плавкости ($t_3 = 1350–1450$ °C) и с тугоплавкой золой ($t_3 > 1450$ °C). Повышенное содержание золы в топливе снижает технико-экономические показатели котельных установок за счет увеличения затрат на шлако- и золоудаление, очистку поверхностей нагрева от загрязнения, газоочистку, а также за счет увеличения потерь теплоты со шлаком и золой [3].

Влага топлива. В твердом топливе принято различать внешнюю и внутреннюю влагу. Источниками внешней влаги являются поверхностные и грунтовые воды, влага атмосферного воздуха, которые при транспортировке и хранении топлива увлажняют его поверхность, проникают в капилляры и поры, особо развитые у торфа и бурых углей. Внешняя влага может быть удалена подсушкой топлива (обычно при температуре около 105 °С).

К внутренней влаге относят коллоидную и гидратную (кристаллогидратную) влагу. Коллоидная влага равномерно распределена по всей массе топлива, а ее количество зависит от химической природы и состава топлива. По мере увеличения геологического возраста топлива количество коллоидной влаги в нем существенно сокращается. Гидратная влага входит в структуру химических соединений минеральной части топлива. Количество гидратной влаги в топливе относительно невелико, но для ее удаления требуется нагревание топлива до высоких температур. При хранении на воздухе переувлажненное топливо теряет, а подсушенное приобретает влагу. Топливо с установившейся в естественных условиях влажностью называют воздушно-сухим.

Повышение влажности приводит к уменьшению теплоты сгорания топлива, увеличению объема продуктов сгорания и, как следствие этого, к снижению температуры горения. В результате уменьшается производительность котельного агрегата и увеличивается расход топлива. Повышенная влажность ухудшает сыпучесть топлива, а в зимнее время приводит к его смерзаемости, что резко затрудняет условия транспортирования и использования топлива.

Теплота сгорания топлива. Для характеристики качества топлива используется такой показатель, как теплота сгорания топлива – это количество теплоты, выделяющейся при полном сгорании 1 кг твердого или жидкого топлива или 1 м³ газового топлива.

В твердых и жидких топливах горючие элементы являются составной частью сложных и различных по своему химическому строению соединений. Точно рассчитать теплоту сгорания топлив невозможно, поэтому данный показатель для конкретных твердых и жидких топлив определяют экспериментально. С этой целью сжигают навеску топлива в атмосфере кислорода при повышенном давлении в специальном сосуде (калориметрической бомбе) и определяют с помощью водяного калориметра количество выделившейся при этом теплоты. По результатам измерений рассчитывается теплота сгорания топлива, которая называется теплотой сгорания по калориметрической бомбе Q_b .

Количество теплоты, выделившейся при полном сгорании топлива, зависит от того, в каком агрегатном состоянии в продуктах сгорания влага (выделившаяся из топлива или образовавшаяся в результате сгорания водорода) – в парообразном или жидком. Если в продуктах сгорания все водяные пары конденсируются и образуют жидкую фазу, то теплота сгорания называется высшей Q_v . Если же конденсации водяного пара не происходит, то теплоту сгорания называют низшей Q_n . Разница между высшей и низшей теплотами сгорания равна теплоте конденсации водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания топлива. Связь между высшей и низшей теплотами сгорания определяется выражением:

$$Q_B = Q_H + r_B G_{H_2O}$$

где r_B – теплота конденсации водяного пара, принимаемая равной 2,51 МДж/кг; G_{H_2O} – масса влаги, кг, содержащейся в продуктах сгорания 1 кг топлива.

В реальных условиях продукты сгорания топлив в подавляюще большинстве случаев покидают котельные установки при температуре более высокой, чем температура, при которой происходит конденсация содержащихся в них водяных паров, то есть выше точки росы. При этом теплота конденсации водяных паров полезно не используется и в тепловых расчетах не учитывается. В связи с этим в теплотехнических расчетах используется величина Q_H^P

Низшая теплота сгорания сухого газового топлива определяется как суммарная теплота сгорания входящих в него индивидуальных горючих газов с учетом концентрации каждого из них, МДж/м³:

$$Q_H^C = 0,01(\sum Q_{C_m H_n} C_m H_n + Q_{CO} CO + Q_{H_2} H_2 + Q_{H_2 S} H_2 S)$$

где $\sum Q_{C_m H_n}$, Q_{CO} , Q_{H_2} , $Q_{H_2 S}$ – низшая теплота сгорания единицы объема соответствующих газов, МДж/м³; $C_m H_n$, CO , H_2 , $H_2 S$ – содержание соответствующих горючих газов в сухом газовом топливе, %.

Теплота сгорания разных топлив неодинакова, колебания ее значений очень широкие. Для сравнения топлив по энергетической ценности, оценке эффективности их использования, а также для сопоставления отдельных видов топлива и подсчетов потребности в топливе используется понятие условное топливо, теплота сгорания которого принимается равной 29,33 МДж/кг. Тогда для пересчета расхода B – фактически используемого топлива в расход условного топлива $B_{усл}$ можно применить формулу:

$$B_{усл} = B Q_H^P / Q_{усл}$$

где Q_H^P – низшая теплота сгорания фактически используемого рабочего топлива; $Q_{усл}$ – теплота сгорания условного топлива.

Для учета влияния влажности и зольности на теплоту сгорания топлива используются также приведенные характеристики влажности W^B и зольности A^B , % кг/МДж:

$$W^B = W^P / Q_H^P; \quad A^B = A^P / Q_H^P$$

Приведенные характеристики W^B и A^B позволяют сравнивать разные топлива в сопоставимых единицах. При $W^B < 0,7$ % *кг/МДж топливо называется маловлажным, при $0,7 < W^B < 1,89$ – средневлажным, а при $W^B > 1,89$ – высоковлажным. Топливо, для которого $A^B \leq 1,0$ % *кг/МДж считается малозольным (антрациты и большая часть каменных углей). Для бурых углей $A^B = 1,9-2,4$, а для горючим сланцев $A^B = 5-10$ % *кг/МДж.

Летучие вещества и кокс твердого топлива. Все твёрдые топлива при нагревании без доступа воздуха претерпевают термический распад с выделением горючих и негорючих газов. Выделяющиеся газы по совокупности определяют выходом летучих. Твёрдый остаток, образующийся после выделения летучих веществ, называется коксом. В состав кокса входит углерод и прокаленные минеральные примеси. Выход летучих обычно относят на горючую массу топлива и обозначают. Выход летучих и свойства коксового остатка являются важными теплотехническими характеристиками топлива, определяющими условия организации сжигания.

Летучие вещества играют существенную роль при воспламенении топлива и на начальных стадиях горения, то есть в значительной мере определяют реакционную способность твердых топлив.

По мере увеличения геологического возраста природных твердых топлив выход летучих снижается, но относительное содержание горючих компонентов в их составе повышается [4].

1.2 Сжигание газообразного топлива

1.2.1 Основные характеристики

Горение. Быстро протекающее физико-химическое превращение в результате взаимодействия компонентов топлива с окислителем, при котором выделяется энергия в виде теплоты и света называется горением. В результате этого сложного процесса образуются продукты горения. Окислителем служит кислород. Процесс горения характеризуется высокой температурой и большой скоростью протекания химических реакций. Для начала горения необходим энергетический импульс, чаще всего нагревание горючего. В отличие от твердых и жидких видов топлива, которые не могут гореть без предварительного подогрева до температуры воспламенения, газовое топливо может гореть и холодным, если оно перемешано с воздухом в концентрационных пределах воспламенения. Таковую газоздушную смесь можно воспламенить искрой, открытым пламенем или теплотой раскаленного вещества.

Для горючим газов (H_2 , CO , CH_4 и др.), а также газообразного топлива существует такая температура нагрева, при которой топливовоздушная смесь загорается сама без какого-либо внешнего источника воспламенения. Эта температура самовоспламенения зависит от условия протекания процесса и для отдельных газов она колеблется в следующих пределах, °С:

- водород (410–630)
- монооксид углерода (610–660)
- метан (630–790)
- природный и доменный газ (около 530)

Важным параметром, характеризующим газоздушные смеси является скорость распространения пламени. В зависимости от того, распространяется ли

пламя в потоке газа, находящемся в ламинарном или турбулентном движении, различают нормальное и турбулентное распространение пламени.

При нормальном распространении пламени химические процессы протекают в очень тонком слое, называемом фронтом горения. В качестве основной характеристики химических реакций, протекающих во фронте горения, принята скорость нормального распространения пламени U_n , м/с, представляющая собой линейную скорость перемещения фронта горения в направлении к свежей смеси по нормали к поверхности фронта в данном месте.

Скорость нормального распространения пламени зависит от природы газа, состава смеси и температуры. Для водородовоздушных смесей U_n во много раз больше, чем для аналогичных смесей метана или оксида углерода. Предварительный подогрев топливовоздушной смеси увеличивает скорость распространения пламени, так как при этом ускоряются химические реакции горения и повышается температура горения.

Не всякая смесь горючего газа с воздухом способна к воспламенению и распространению пламени, но любую горючую смесь, как бы она ни была разбавлена, можно воспламенить, если применить достаточно мощный источник зажигания, в то же время не всякая смесь способна к распространению пламени.

Слишком бедные смеси (с большим избытком окислителя) и слишком богатые смеси (с большим избытком горючего) не способны к распространению пламени и, следовательно, не воспламеняются и не взрываются.

Увеличение количества окислителя или топлива сверх теоретического приводит к снижению температуры трения и скорости распространения пламени. При чрезмерном избытке топлива или окислителя тепловыделения в результате горения недостаточно для прогрева ближайших слоев до температуры их воспламенения и горение становится невозможным.

Газообразные виды топлива имеют верхнюю и нижнюю концентрационные границы воспламенения (взрыва). Предельная концентрация горючего в бедной смеси, ниже которой смесь становится неспособной к воспламенению, называется нижней концентрационной границей воспламенения.

Взрыв. При определенных условиях в замкнутом пространстве может произойти практически мгновенное сгорание газовой смеси с резким повышением температуры и давления. Такой процесс, называемый взрывом, связан с повышением давления до 0,8–1 МПа (8–10 кгс/см²).

В зависимости от способа подачи в топочную камеру газа и воздуха и условий их смешения различают следующие варианты организации процесса горения:

- с внешним (после горелки) смешением газа и воздуха, называемым диффузионным принципом сжигания;
- с полным предварительным (в горелке) смешением до образования однородной смеси, называемым кинетическим принципом сжигания;
- с неполным предварительным смешением без образования однородной смеси;

• с частичным предварительным смешением с образованием однородной смеси, но с недостатком окислителя в начальной смеси;

Для сжигания природного газа требуется определенное время τ_r , которое складывается из времени смещения $\tau_{см}$ газа с воздухом, времени нагрева τ_n газовой смеси до температуры воспламенения и времени $\tau_{х.р.}$, необходимого для протекания собственно химических реакций горения:

$$\tau_r = \tau_{см} + \tau_n + \tau_{х.р.}$$

На рис. 2а показана схема организации диффузионного принципа сжигания, в которой газ и воздух в пределах горелки не контактируют. Смешение компонентов горения в данном случае происходит в топочной камере.

Сгорание топлива осуществляется в тонком поверхностном слое факела, называемом фронтом диффузионного горения, к которому из внутренней части факела поступает газ, а из топки – воздух.

При осуществлении кинетического принципа сжигания наиболее длительная стадия процесса – смешение топлива с окислителем $\tau_{см}$ – переносится в горелку (рис. 2б). При этом $\tau_{х.р.}$ много больше $\tau_{физ}$, то есть $\tau_r = \tau_{х.р.}$. При достаточных температурах в топке процесс горения топлива происходит очень быстро и образуется короткий факел в виде голубого прозрачного конуса. Сгорание топлива в данном случае осуществляется на поверхности этого конуса, образующей фронт кинетического горения.

При реализации диффузионно-кинетического способа сжигания (в горелках с неполным и частичным предварительным смешением), при котором физическая и химическая стадии процесса соизмеримы по времени $\tau_{физ} = \tau_{х.р.}$, факел имеет два фронта горения (рис. 2 в,г): кинетический ФКГ в виде голубого прозрачного конуса и диффузионного ФДК, в котором происходит догорание топлива в прозрачном факеле бледно-голубого цвета [5].

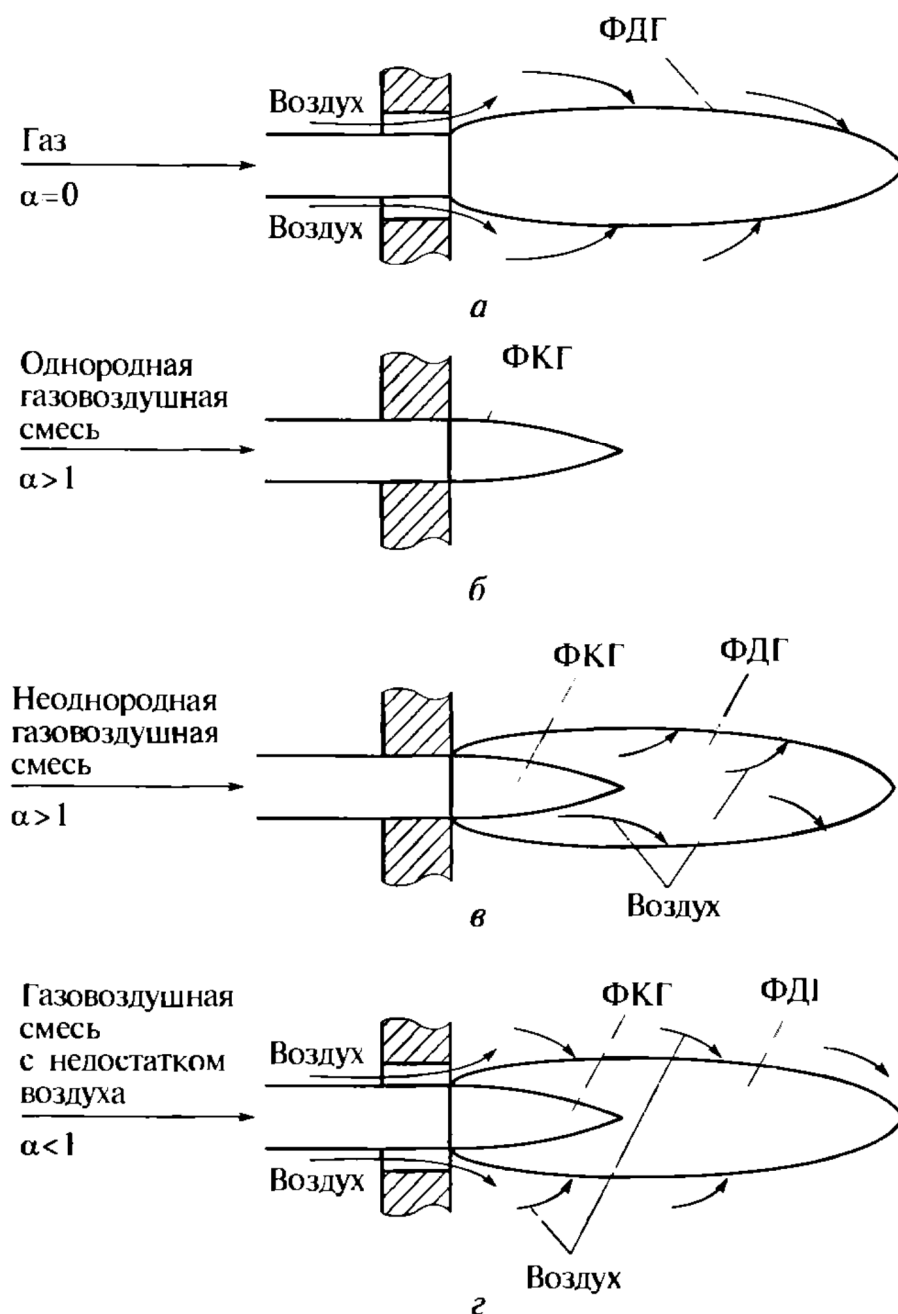


Рисунок 2 – Схемы, иллюстрирующие организацию принципов сжигания газа.

1.2.2 Газовые горелки котлов

Диффузионные горелки. В этих горелках газ вмешивается с воздухом преимущественно в топке вследствие взаимной диффузии (взаимного проникновения) газа и воздуха на границах вытекающего потока. Разновидностью диффузионных горелок является полая горелка (рис. 3), которая состоит из газового коллектора 2 диаметром 32–80 мм. Коллектор представляет собой стальную трубу, заглушенную с одной стороны торца, на котором имеются два ряда отверстий диаметром 1–3 мм, просверленных одно относительно другого под углом от 60 до 120°. Газовый коллектор устанавливают в щели 4, выполненной из огнеупорного

кирпича, опирающегося на колосниковую решетку 3. Газ через отверстия в коллекторе выходит в щель, равномерно распределяясь по ее длине. Воздух для горения поступает в ту же щель через колосниковую решетку за счет разрежения в топке или принудительно при включении вентилятора. В процессе работы футерованная щель разогревается, обеспечивая стабилизацию пламени на всех режимах работы горелки.

Подовые горелки могут работать при низком и среднем давлении газа, их используют в секционных котлах, котлах ТВГ, КВ-Г, ДКВР.

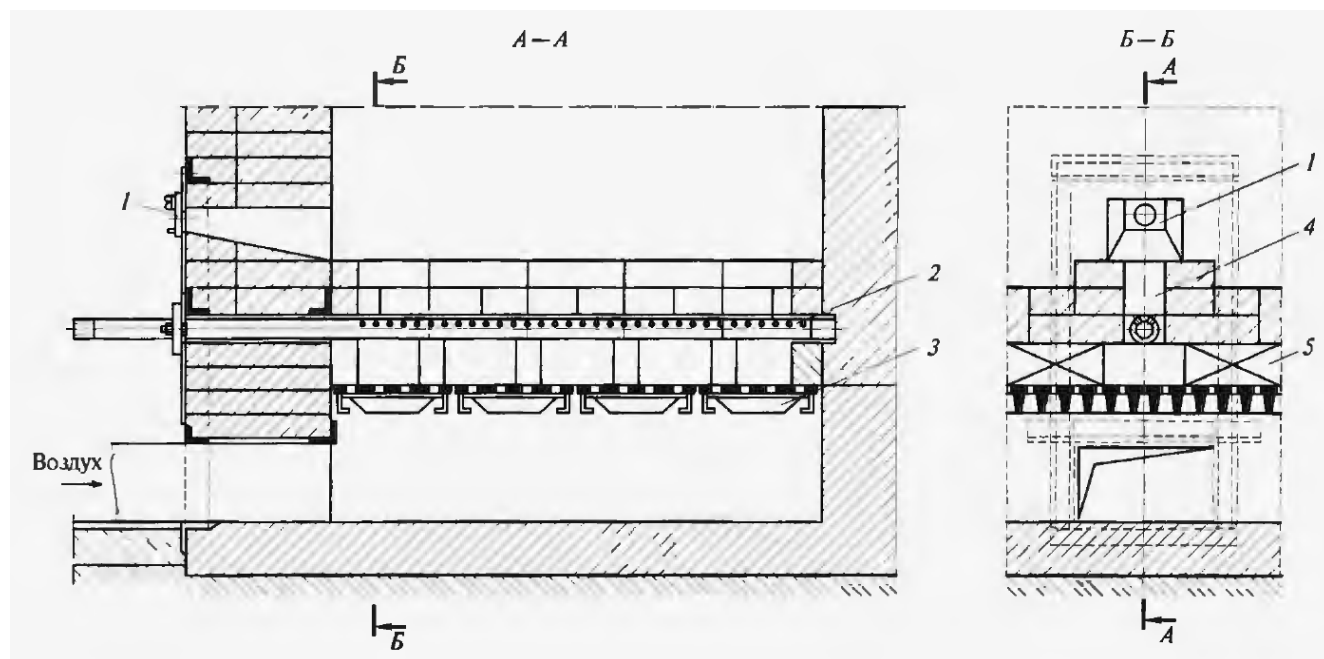


Рисунок 3 – Подовая горелка

Инжекционные горелки низкого и среднего давления. Газовая инжекционная горелка низкого давления, показанная на рис. 4, по принципу организации смешения газа с воздухом относится к горелкам с частичным предварительным смешением.

Подаваемая под давлением струя газа истекает с большой скоростью из сопла 1 в конфузор 2 и за счет своей энергии захватывает воздух в конфузоре, увлекая его внутрь горелки. Конфузор входит в состав смесителя наряду с горловиной 3 и диффузором 4. В смесителе происходит образование газозвушной смеси. Разрежение, создаваемые инжектором, с увеличением давления газа будет возрастать, при этом изменяется и количество подсасываемого первичного воздуха (от 30 до 70 %), необходимого для полного сгорания газа. Содержание воздуха, поступающего на горелку, можно изменять при помощи регулятора первичного воздуха б, представляющего собой шайбу, укрепленную на резьбе.

При вращении регулятора изменяется расстояние между шайбой и конфузуром, и таким образом регулируется расход воздуха.

Для полного сгорания топлива необходимо обеспечить дополнительное поступление части воздуха за счет разрежения в топке. Регулирование расхода этого воздуха, называемого вторичным, возможно путем изменения разрежения в топке.

Инжекционные горелки низкого давления выполняются с огневыми насадками 5 разной формы. Инжекционные горелки обладают свойством саморегулирования, когда естественным образом обеспечивается постоянство соотношения содержаний газа, поступающего на горелку, и подсосываемого горелкой первичного воздуха. В этом случае если подача воздуха в горелку при помощи шайбы будет отрегулирована по цвету пламени или показанию газоанализатора на полное сгорание газа, т.е. если горелка работает спокойно без шума, то для изменения ее нагрузки достаточно увеличить или уменьшить только подачу газа, не меняя положения воздушной шайбы.

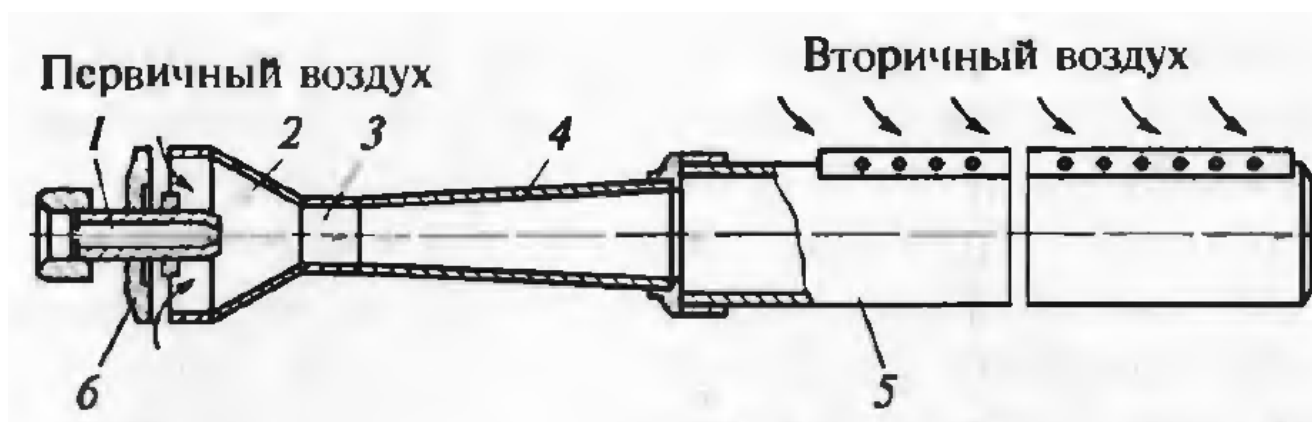


Рисунок 4 – Инжекционная горелка низкого давления.

Изменяя режим работы горелки, необходимо следить за устойчивостью пламени, так как характер горения газа зависит не только от расхода подаваемого в горелку первичного воздуха, поступающего в топку, и от изменения тяги.

Инжекционная горелка ИГК среднего давления конструкции Ф.Ф. Казанцева (рис. 5) относится к горелкам с полным предварительным смешением и устойчиво работает при давлении газа 2–60 кПа.

Газ, поступающий в горелку через газовое сопло 4, инжeksiрует (выбрасывает) воздух и в смесителе 2, состоящем из конфузора, горловины и диффузора, осуществляется полное перемешивание газа с воздухом.

Размещенный в конце диффузора пластинчатый стабилизатор 1 обеспечивает устойчивую работу горелок без отрыва и проскока пламени в широком диапазоне нагрузок. Стабилизатор состоит из тонких стальных пластин, расположенных на расстоянии примерно 1,5 мм одна от другой. Пластины стабилизатора стянуты между собой стальными стержнями, которые на пути движения газозвушной смеси создают зону обратных токов горячих продуктов сгорания и обеспечивают тем самым непрерывное поджигание газозвушной смеси. Фронт пламени удерживается на определенном расстоянии от устья горелки [6].

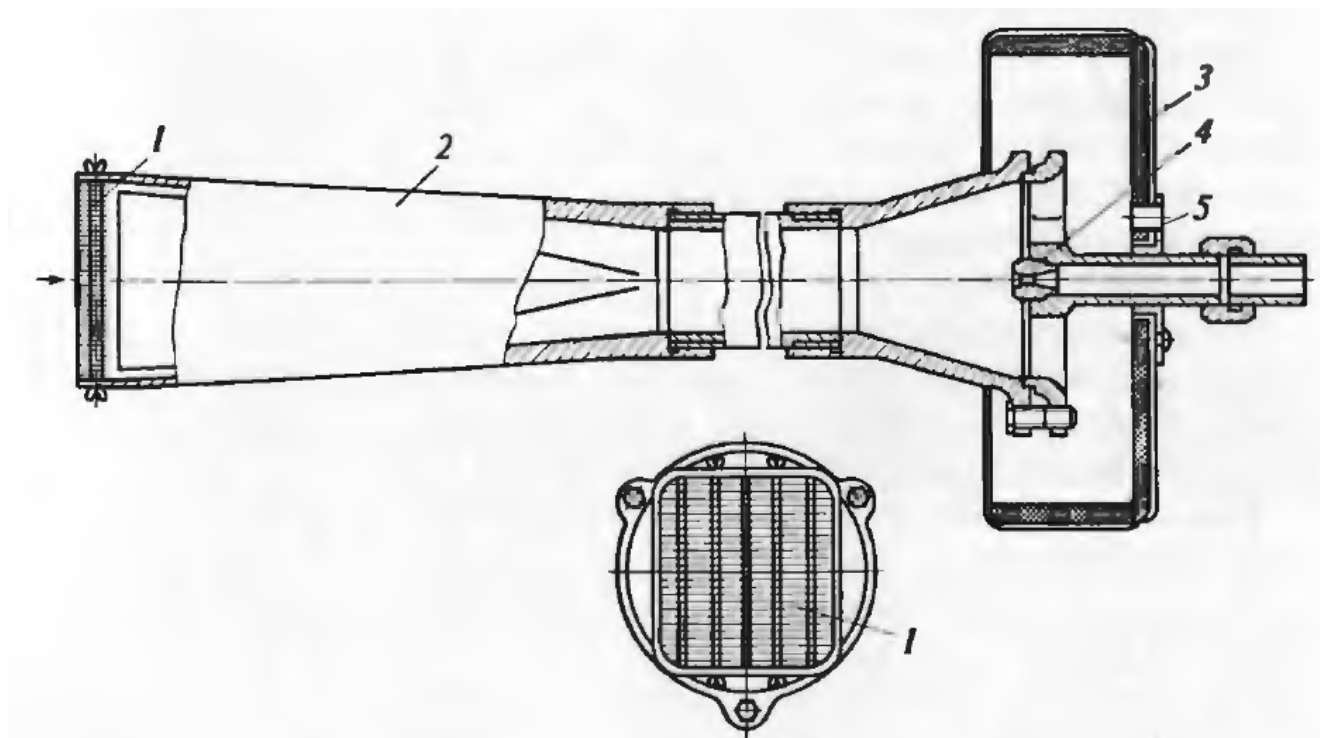


Рисунок 5 – Инжекционная горелка ИГК среднего давления конструкции Ф.Ф. Казанцева.

Изменение расхода воздуха достигается с помощью регулятора 3. На внутренней поверхности регулятора подачи воздуха крепится (наклеивается) шумопоглощающий материал. В регуляторе выполнено смотровое окно – гляделка 5 – для наблюдения за целостностью стабилизатора.

Благодаря хорошему перемешиванию газа вс воздухом инжекционные горелки работают с малосветящимся факелом и обеспечивают полное сгорание газа при малом коэффициенте расхода воздуха в горелке $\alpha = 1,05$. К преимуществам инжекционных горелок относятся:

- простота конструкции;
- устойчивая работа горелки при изменении нагрузок;
- надежность и простота обслуживания;
- отсутствие специального устройства для подачи воздуха (т.е. отсутствие вентилятора, электродвигателя для привода вентилятора, расхода электроэнергии, воздухопроводов к горелкам);
- саморегулирование, т.е. поддержание постоянным соотношения расхода газ:воздух;

Недостатками инжекционных горелок являются:

- значительные габариты горелок по длине, особенно при увеличении производительности. Так например, горелка ИГК-250-00 номинальной производительностью $135 \text{ м}^3/\text{ч}$ имеет длину около 2 м;
- высокий уровень шума у инжекционных горелок среднего давления при истечении газовой струи и иньектировании воздуха;

- зависимость поступления вторичного воздуха от разрежения в топке (для инжекционных горелок низкого давления), плохие условия смесеобразования в топке, приводящие к необходимости для обеспечения полного сгорания существенно увеличивать общий коэффициент расхода воздуха до $\alpha = 1,3-1,5$ и даже выше.

Горелки с принудительной подачей воздуха. У большинства горелок с принудительной подачей воздуха процесс образования газозвушной смеси начинается в самой горелке и завершается в топке. Воздух, необходимый для сгорания газа, подается с помощью вентилятора. Подача газа и воздуха осуществляется по отдельным трубам, поэтому такие горелки часто называют двухпроводными и смешительными. Работают они на газе низкого и среднего давления.

Для лучшего перемешивания в них чаще всего предусмотрен выход газа через многочисленные отверстия, направленные под углом к потоку воздуха. При этом различают горелки с центральной подачей газа, если его поток направлен от центра к периферии, и горелки с периферийной подачей газа, если поток направлен от периферии к центру горелки.

Во многих конструкциях горелок для улучшения смешения воздуха придают вращательное движение, для чего используют завихрители с постоянным и регулируемым углом установки лопаток или организуют тангенциальный ввод воздуха в горелку цилиндрической формы.

Горелки работают на горячем воздухе с его подогревом за счет использования теплоты отходящих газов. На ряде горелок с принудительной подачей воздуха имеется возможность регулирования длины и светимости факела. На котлах малой и средней мощности устанавливают горелки типов ГА, ГГВ, Г-1,0 и др.

Горелка ГА приведена на рис. 6. Газ под низким или средним давлением подается в распределительную камеру 2, из которой он поступает в газовые трубки 3. На концы трубок накручены конические головки б, в которых просверлены отверстия для выхода газа под углом к потоку воздуха. Конические головки имеют ребра, предназначенные для закручивания воздуха перед его смешиванием с газом. Расположенная в центре горелки трубка предназначена для наблюдения за процессом горения. В случае сжигания мазута эту трубку используют для установки форсунки. Свободные пространства между головками трубок в устье горелки уплотняют футеровкой 4 из жароупорного бетона. Это предохраняет горелку от перегрева и обеспечивает поступление воздуха только к газораспределительным головкам [7].

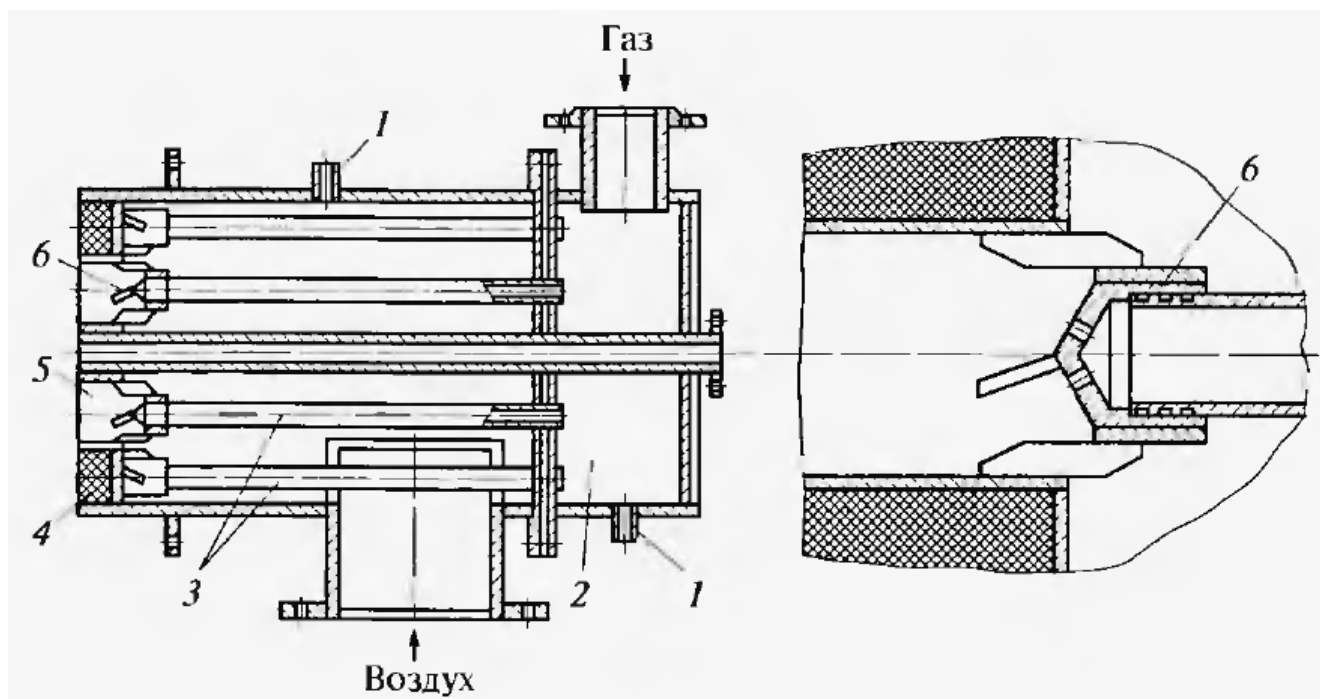


Рисунок 6 – Горелка ГА с принудительной подачей воздуха.

Горелка вихревая ГГВ приведена на рисунке 7. Газ из газового коллектора 2 истекает через отверстия, просверленные в один ряд, и под углом 90° поступает в поток воздуха, закрученный с помощью лопаток завихрителя 4. Лопатки приварены под углом 45° к наружной поверхности газового коллектора. Внутри газового коллектора расположена труба для наблюдения за процессом горения при работе на газовом топливе.

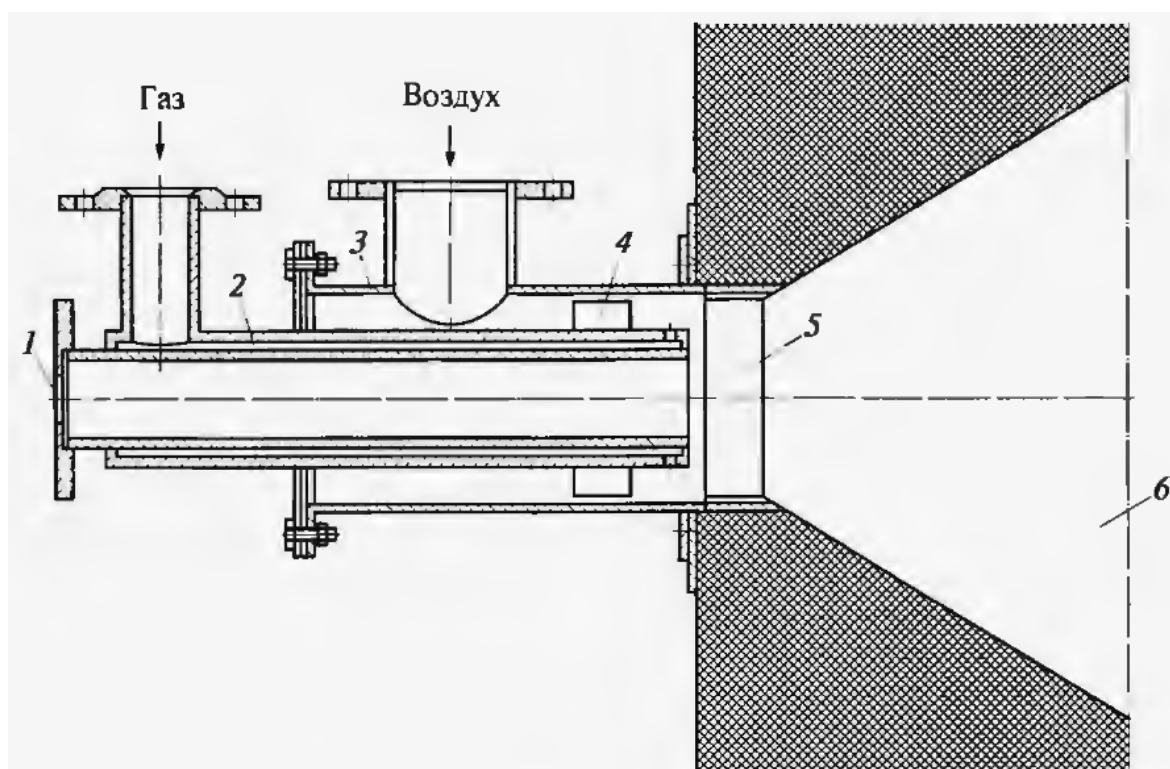


Рисунок 7 – Горелка газовая вихревая.

На рисунке 8 показана горелка для природного газа производительностью до $750 \text{ м}^3/\text{ч}$. Газ поступает в центральный трубопровод 4 горелки и попадает в камеру смешения 1 через ряд мелких отверстий в конусной насадке 2, установленной на выходе из трубопровода подачи газа. Воздух по трубопроводу 5 поступает в камеру смешения по межтрубному пространству, приобретая вращательное движение в результате тангенциального подвода к горелке при одновременном воздействии направляющих лопаток 3.

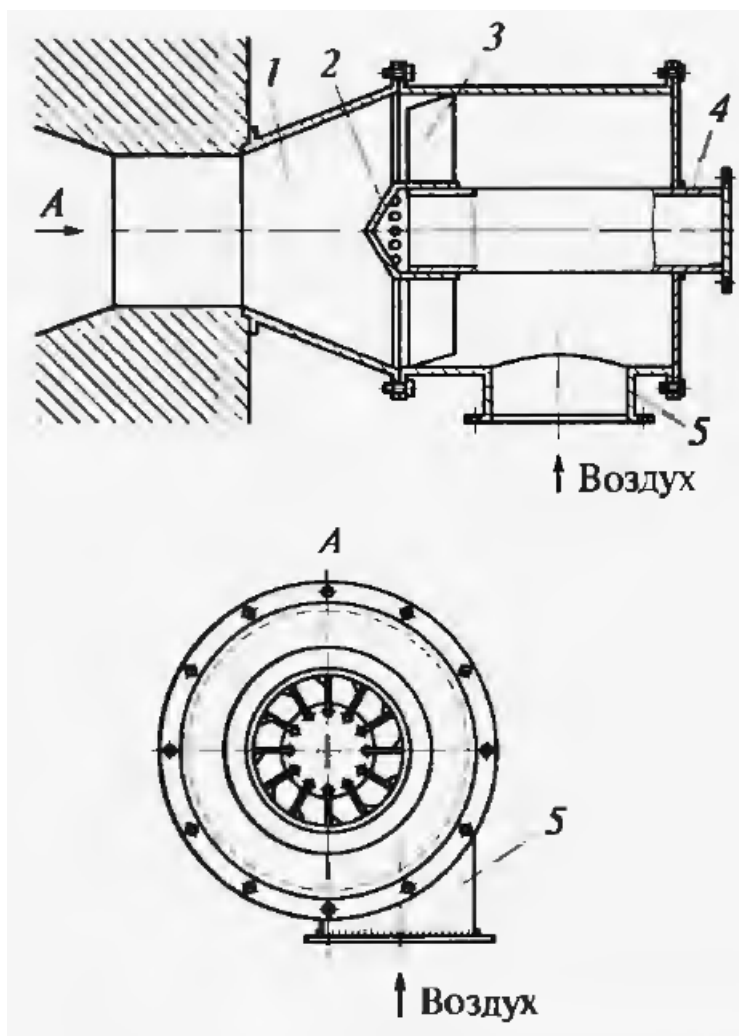


Рисунок 8 – Горелка природного газа.

Комбинированные горелки. В газомазутных ГМГ комбинированных горелках отдельно или совместно сжигается жидкое и газообразное топливо. Горелка ГМГ (рис. 9) состоит из трех вставленных одна в другую камер. Газ поступает в среднюю узкую камеру и выходит через один или два ряда отверстий 4, расположенных по окружности.

Необходимый для горения воздух поступает в горелку двумя потоками. Небольшая его часть (примерно 15 %) проходит через завихритель 3, состоящий из лопаток, установленных под углом непосредственно к корню факела. Этот воздух,

называемый первичным, способствует улучшению перемешивания с газом особенно при малых тепловых нагрузках котла. Основной поток воздуха, называемый вторичным, также проходит через завихритель 2 и закрученным потоком поступает к месту горения.

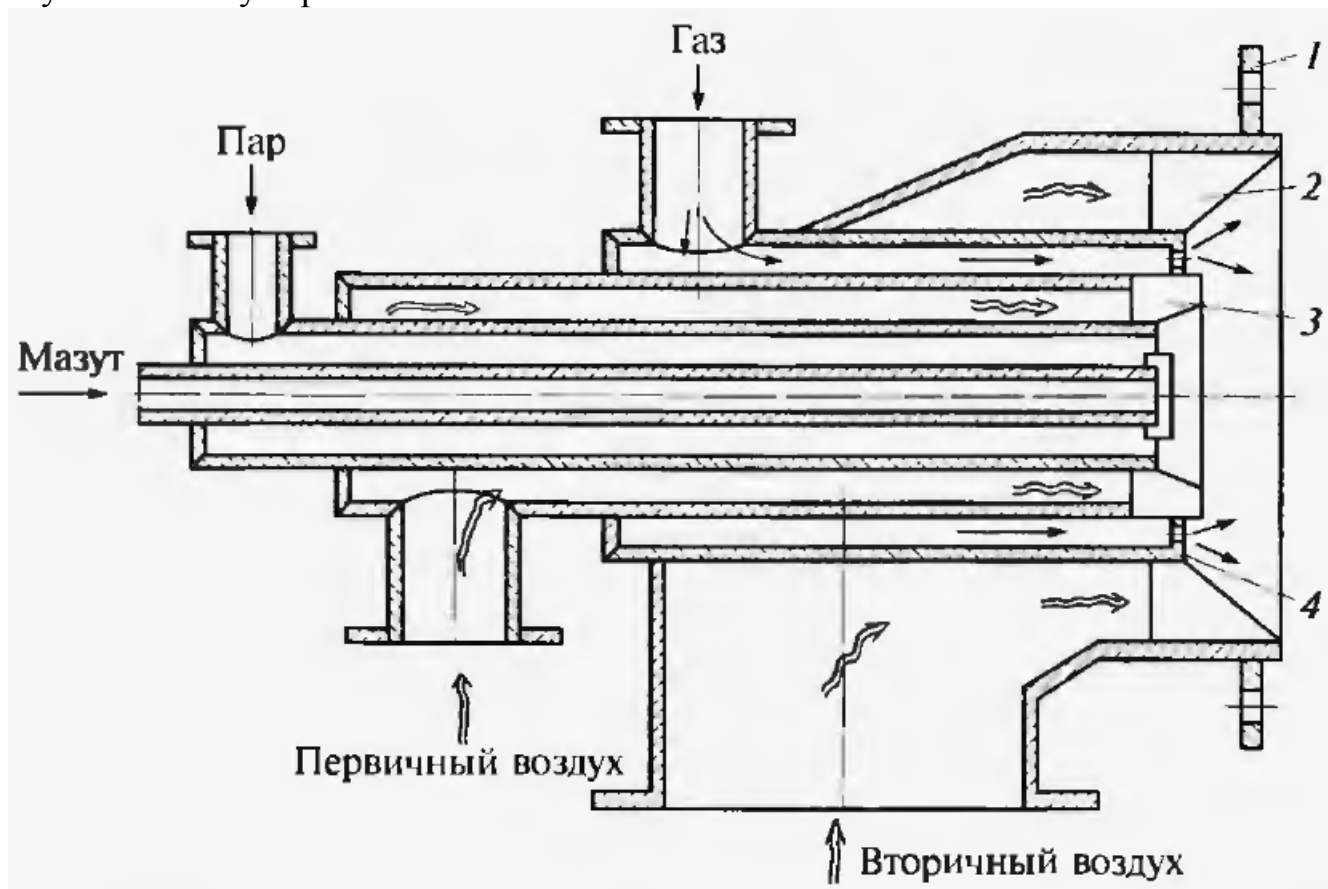


Рисунок 9 – Газомазутная горелка типа ГМГ.

1.3 Слоевое сжигание твердого топлива

Слоевые топки предназначены для сжигания твердого кускового топлива. Они просты в эксплуатации, применимы для различных сортов топлива, не требуют больших объемов топки, могут работать при значительных колебаниях тепловой нагрузки, отличаются относительно небольшим расходом энергии на собственные нужды и, главное, не требуют дорогих пылеприготовительных устройств.

Для сжигания твердого топлива в плотном слое применяют разнообразные топочные устройства, различающиеся как теплотехническими характеристиками (способами подвала топлива и воздуха, организацией смесеобразования, тепловой подготовкой), так и конструктивным исполнением. Обслуживание топки, в которой топливо сжигается в слое, сводится к следующим основным операциям: подача топлива в топку; шурование слоя, т.е. перемещение кусочков топлива относительно один другого и колосниковой решетки, на которой топливо сжигается, для улучшения условий подвода окислителя и удаления из топки шлака [8].

В зависимости от степени механизации указанных операций топочные устройства можно разделить на немеханизированные (все три операции выполняются вручную); полумеханические (механизированы одна или две операции); механические (механизированы все три операции).

По режиму подачи топлива в плотный слой различают топочные устройства с периодической и непрерывной загрузкой топлива.

По организации тепловой подготовки и воспламенения топлива в слое различают топки с нижним, верхним и смешанным воспламенением.

Структура горящего слоя твердого топлива, неподвижно лежащего на колосниковой решетке, при верхней загрузке топлива приведена на рисунке. В верхней части слоя после загрузки находится свежее топливо, ниже располагается горящий кокс, а непосредственно под решеткой – шлак. По мере движения при горении топливо и продукты его горения постепенно проходят все зоны. После загрузки на слой горящего кокса свежей порции топлива она постепенно нагревается, при этом происходит испарение влаги, выделение летучих. На рисунке показано примерное распределение температуры по высоте слоя. Область наиболее высокой температуры соответствует зоне горения кокса, т.е. здесь и выделяется основное количество теплоты.

Образующийся при горении топлива шлак в виде жидких капель стекает в с раскаленных кусочков кокса навстречу потоку воздуха. Оказавшись в слое более низких температур шлак охлаждается, и колосниковой решетки он достигает уже в твердом состоянии. Его периодически удаляют с решетки, хотя он служит защитой от перегрева, и кроме того, служит источником теплоты для подогрева воздуха, способствует распределению воздуха по слою.

Воздух, поступающий в слой топлива через решетку, называют первичным. Если первичного воздуха не хватает для полного сгорания топлива и над слоем имеются продукты неполного сгорания, то организуют дополнительную подачу воздуха в надслойное пространство. Такой воздух называют вторичным.

При верхней загрузке топлива на решетку осуществляется нижнее воспламенение топлива и встречное движение газозоудушного и топливного потоков. Этим достигается эффективное зажигание топлива и благоприятные условия его горения.

Первичные химические реакции между топливом и окислителем O_2 происходят в зоне раскаленного кокса. У основания слоя, в кислородной зоне происходит интенсивное расходование кислорода, одновременно образуются CO_2 и CO . К концу кислородной зоны содержание O_2 снижается до 1–2%, а концентрация CO_2 достигает максимума. Температура слоя в кислородной зоне резко возрастает, имея максимум там, где устанавливается наибольшая концентрация CO_2 . В восстановительной зоне кислород практически отсутствует. В этой зоне происходит восстановление CO_2 на раскаленном углероде по реакции: $CO_2 + C = 2CO$.

По высоте восстановительной зоны содержание CO_2 в газе уменьшается, тогда как содержание CO соответственно увеличивается. Толщины кислородной и восстановительной зон зависят, в основном, от типа и размеров кусков горящего топлива и температурного режима. С увеличением крупности топлива толщины зон

увеличиваются. Установлено, что толщина кислородной зоны составляет примерно 3–4 диаметра горящих частиц. Восстановительная зона толще кислородной в 4–6 раз [9].

1.3.1 Топки для сжигания твердого топлива в слое

Слоевые топки с неподвижной колосниковой решеткой и неподвижным слоем топлива. Топки слоевого сжигания с неподвижным слоем на неподвижной колосниковой решетке (рис. 10) применяются в котлах малой мощности, как правило, с ручным обслуживанием и периодической загрузкой топлива. Они содержат решетку из чугунных колосников 2, опирающихся на балки 4, заделанные в ее кирпичные стены 3. Под решетку подают специальным воздухопроводом 6 (с помощью вентилятора или за счет естественной тяги) воздух, используемый для горения топлива. В колосниках имеются отверстия круглого или щелевидного сечения, расширяющиеся вниз, чтобы исключить застревание в них шлака, проваливающегося в бункер 5. Свежие порции топлива сбрасывают равномерным слоем на решетку через загрузочное окно 1, закрываемое дверцей. 7 – труба для отвода газов.

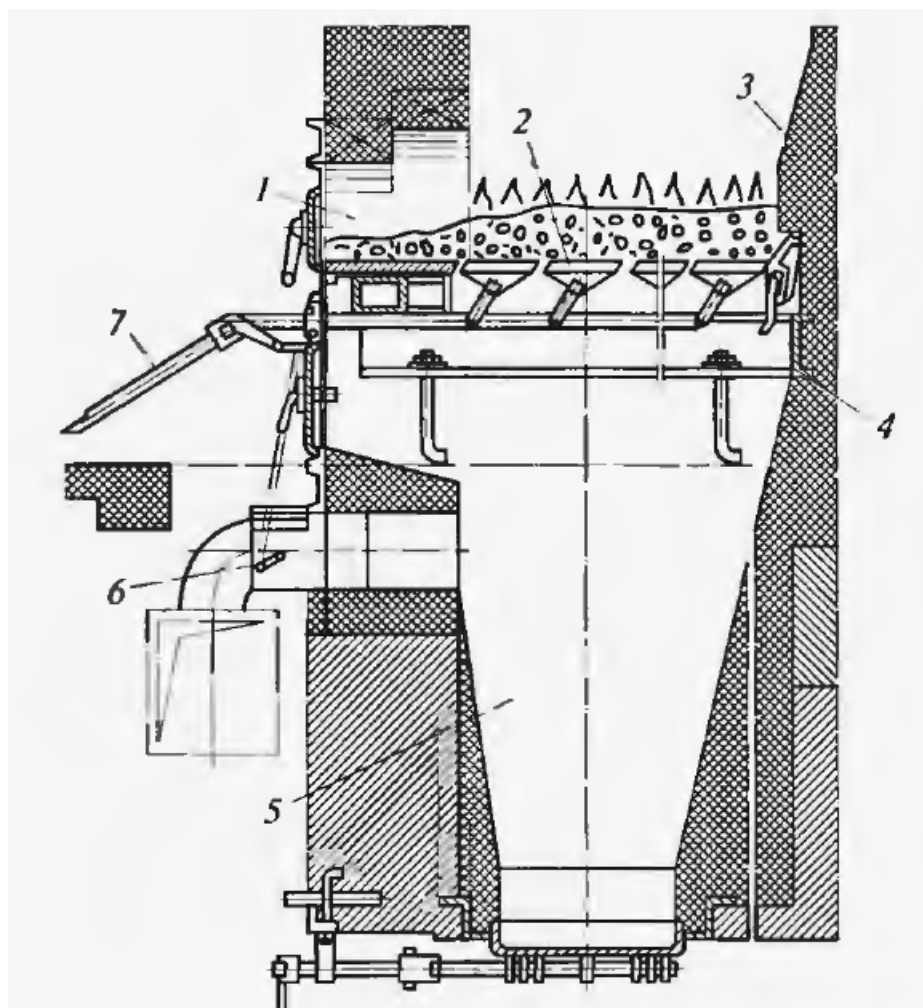


Рисунок 10 – Топка с колосниковой решеткой с ручным обслуживанием.

Обслуживание ручных слоевых топок связано со значительными интенсивными затратами тяжелого физического труда. Частичная механизация ручной топki может быть достигнута установкой поворотных или качающихся колосников (рис. 11). Этим облегчается одна из наиболее трудоемких печных операций – очистка решетки от шлака. При установке поворотных колосников колосниковая решетка составляется из 3–4 отдельных секций, каждая из которых состоит из поворотных колосников, закрепленных на общем валу. Для очистки топki от шлака секции поочередно включаются на выжиг топлива, после чего поворотом колосников шлак со всей секции сбрасывается в шлаковый бункер, установленный под решеткой. В отличие от поворотных колосников, где с решетки после выжига удаляется весь шлак, при работе с качающимися колосниками при периодическом их покачивании достигаются разрыхление шлака и удаление лишь низлежащего наиболее выгоревшего слоя. Процесс горения слоя топлива, находящегося выше, при этом не нарушается.

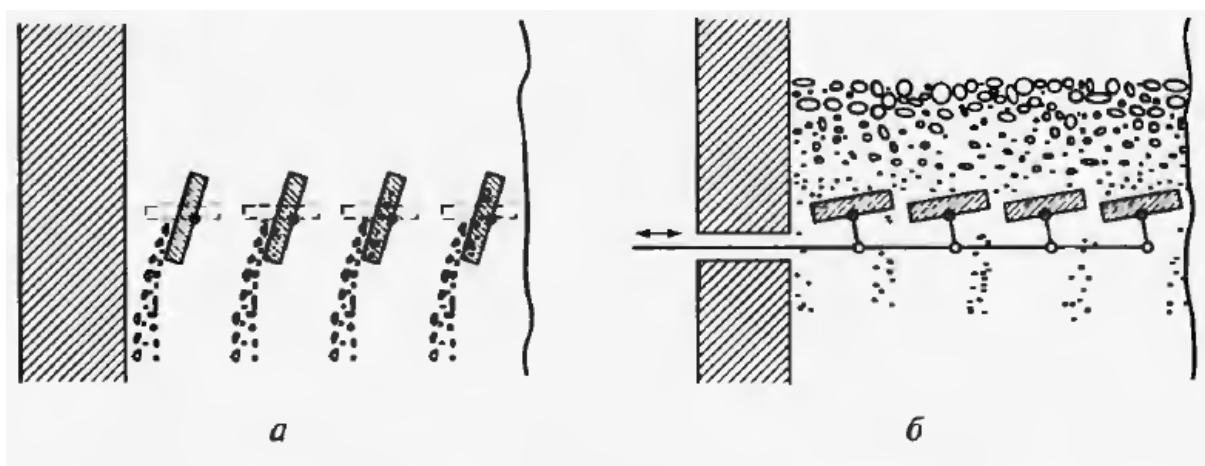


Рисунок 11 – Схема действия поворотных (а) и качающихся (б) колосников.

Полную очистку топki от шлака при наличии качающихся колосников проводят через 1–3 суток, а не 1–2 раза в смену, как это имеет место при неподвижных колосниках. Для поворотных и качающихся колосников применяют как ручной, так и механизированный приводы.

Облегчение труда машиниста, а также улучшение условий работы слоя достигается механизацией загрузки топлива на решетку с применением различных забрасывателей. В этом случае перед фронтом топki устанавливают бункер, из которого топливо поступает к забрасывателю, который подает его на слой. Используемые на практике забрасыватели топлива подразделяют на механические, пневматические и пневмомеханические. Схемы забрасывателей показаны на рис. 12. Обычно по ширине топki устанавливают несколько забрасывателей топлива [10].

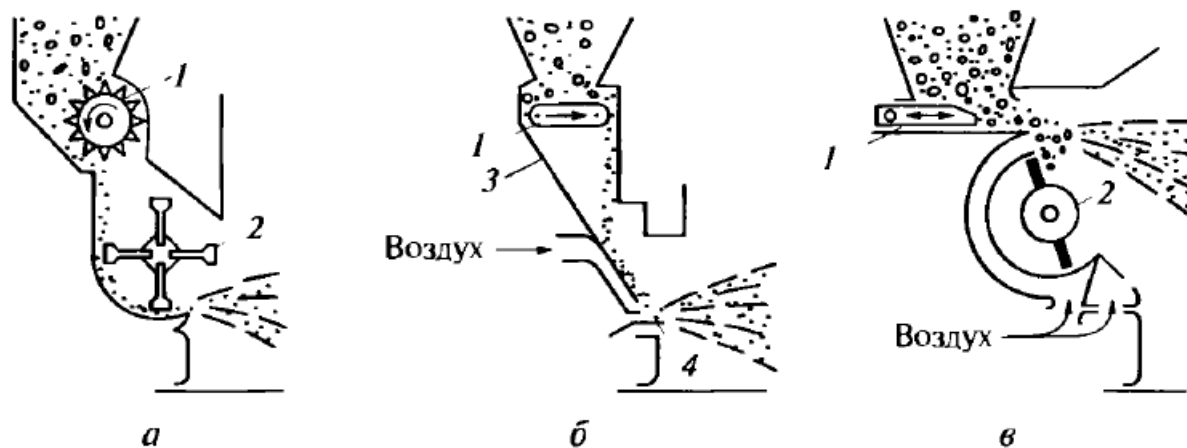


Рисунок 12 – Забрасыватели топлива: а – механический; б – пневматический; в – пневмомеханический; 1 – дозирующее устройство; 2 – метатель; 3 – разгонная плита; 4 – распределительная плита.

При использовании механического забрасывателя (рис. 12, а) подача топлива на решетку осуществляется непрерывно вращающимся со скоростью $550\text{--}800\text{ мин}^{-1}$ лопастным метателем 2, к которому топливо поступает с помощью дозирующего устройства. В пневматическом забрасывателе (рис. 12, б) топливо с разгонной плиты 3 сдувается на решетку воздухом, потоки которого устремляются из сопел круглой или щелевидной формы. Расход воздуха составляет $0,2\text{--}0,25\text{ м}^3/\text{кг}$ топлива, скорость истечения воздуха $30\text{--}80\text{ м/с}$.

В паровые пневматических забрасывателях используют пар, выходящий из сопел со скоростью около 400 м/с . Забрасыватели дают неравномерное по фракционному составу распределение топлива по длине решетки, что нежелательно. Механические забрасыватели подают более крупные куски топлива на заднюю часть решетки, а мелкие – на переднюю. Пневматические (паровые) забрасыватели, наоборот, загружают более крупные куски топлива ближе к фронту топки, а более мелкие куски в заднюю часть топки. По принципу действия пневмомеханический забрасыватель (рис. 12, в) сочетает в себе механическое и пневматическое воздействие на кусочки топлива, в результате чего достигается более равномерное распределение топлива разных фракций по длине решетки.

Топки с неподвижной колосниковой решеткой и перемещающимся слоем топлива. Для сжигания твердого кускового топлива используют топки с неподвижными наклонными решетками с перемещающимся слоем топлива (рис. 13, а). Топливо из бункера 1 сползает или подается дозатором в вертикальную шахту 9 и далее – на наклонно установленные колосниковые решетки 8. Для горения под решетки вводится по каналам 7 воздух, который пронизывает слой лежащего топлива.

По мере выгорания топливо перемещается на подпирющие (горизонтальные или слабонаклонные) дожигательные решетки 6, под которыми располагается золовый бункер 5. Для дожигания топлива в объеме топки 4 на ее стенах 2 предусмотрены сопла 3 для подачи вторичного воздуха. На рис. 13, б приведена топка

скоростного горения с вертикально перемещающимся зажатом слоем топлива, предназначенная для сжигания древесных отходов. Вертикальную шахту 9 образуют фронтальная кирпичная стена и зажимающая стена 11 с отверстиями, отделяющая топливо от топочной камеры 14. Окна 10 в верхней части до шахты обеспечивают проникновение в слой движущегося топлива топочных газов, интенсифицирующих протекание начальных фаз горения (нагрева топлива и выделения летучих). Подаваемый по воздушным каналам 7 воздух проходит через вертикальный слой топлива в сторону зажимающей стены и участвует в горении летучих и частично кокса. Продукты горения выводятся через отверстия в зажимающей стене. Часть воздуха подается на наклонную дожигательную решетку 6 и в объем топки через сопла 13.

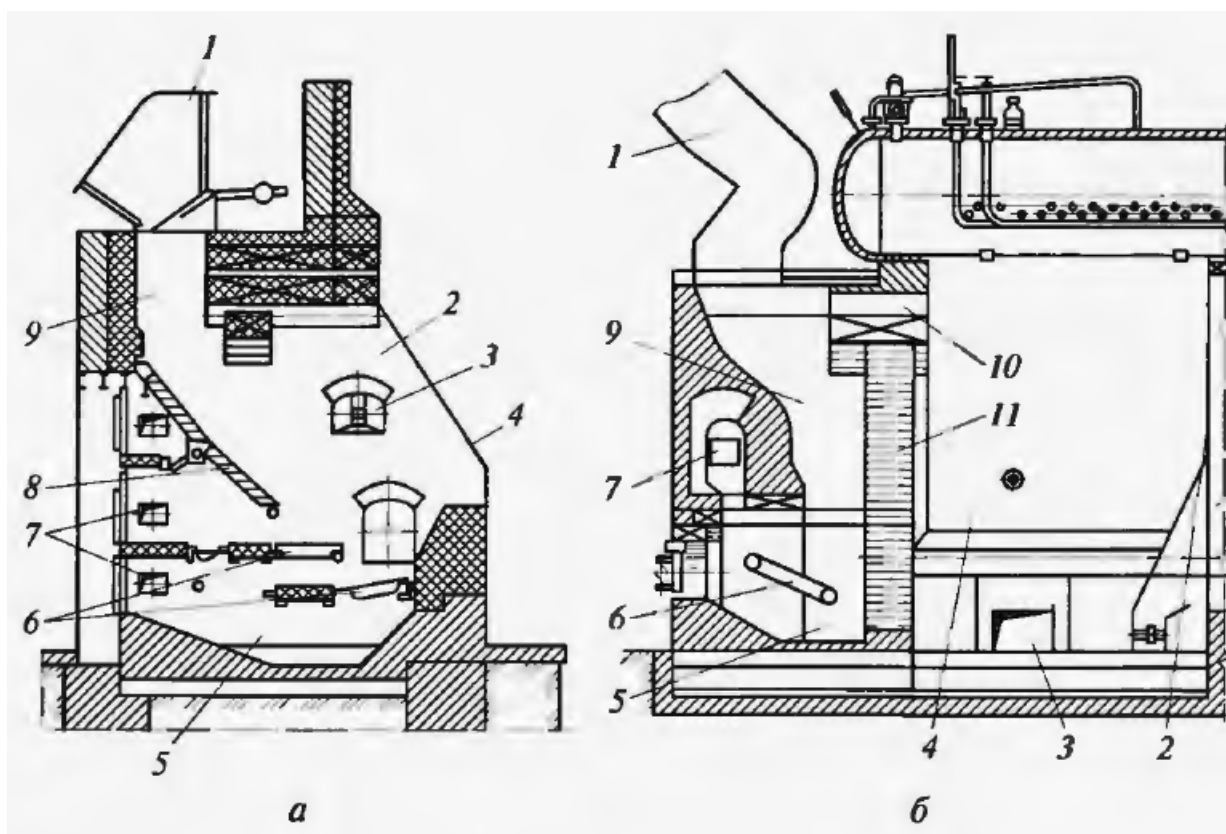


Рисунок 13 – Топки с неподвижными наклонными решетками с перемещающимся (а) и зажатом (б) слоями топлива: 1 – угольный бункер; 2 – стена топки; 3 – воздушное сопло; 4 – топочная камера (топка); 5 – золовый бункер; 6 – дожигательная решетка; 7 – воздушные каналы; 8 – колосниковая решетка; 9 – шахта; 10 – окно; 11 – зажимающая стена шахты.

Принцип слоевого сжигания в периодически перемешиваемом и перемещаемом слое реализуется в топках с шурующей планкой (рис. 14), в которой механизированы все три операции: подачи топлива в топку, шуровки слоя и удаления шлака. Топливо из бункера 3 поступает на горизонтальную неподвижную колосниковую решетку 10 с помощью шурующей планки 4, связанной штангой 2 с приводом 1.

В механических топках с цепными решетками полотно решетки 3 состоит из отдельных колосников, укрепленных на шарнирных цепях, надетых на две пары звездочек 6. Ведущая пара приводится во вращение электродвигателем через редуктор. Скорость движения решетки можно изменять от 1 до 18 м/ч. Топливо из загрузочного ящика поступает на движущуюся решетку. Желаемую толщину слоя топлива устанавливают шибером 2, который может перемещаться по вертикали. Необходимый для горения воздух подводится под решетку (между полотнами) и поступает в слой через зазоры в колосниках. По мере продвижения решетки топливо выгорает. Образующийся шлак сбрасывается с решетки шлаковынимателем 4 в шлаковый бункер 5 [12].

1.3.2 Топки с кипящим слоем

Эффективное сжигание твердого мелкозернистого (0–20 мм) топлива может быть достигнуто при использовании принципа кипящего слоя. При подаче воздуха под решетку плотный фильтруемый слой при определенных скоростях воздуха начинает расширяться, и при некотором дальнейшем увеличении скорости воздуха частицы приходят в движение.

Объем слоя в результате этого увеличивается в 1,2–1,8 раза в зависимости от интенсивности дутья и размера частиц топлива. Частицы топлива совершают возвратно-поступательное движение по высоте слоя, превращая слой топлива в подобие кипящей жидкости (рис. 15а). По мере выгорания мелкие частицы выносятся в объем топki и там сгорают.

В кипящем слое в отличие от плотного слоя температура горения ниже (до 1000–1200°C). Температуру кипящего слоя поддерживают на уровне, исключающем плавление золы, во избежание шлакования слоя. Это может быть достигнуто установкой в слое охлаждающих поверхностей, рециркуляцией дымовых газов. Кусочки топлива в кипящем слое интенсивно обдуваются воздухом, что способствует высокой скорости их сжигания.

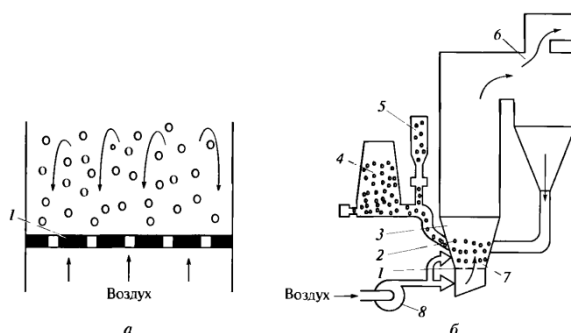


Рисунок 15 – Топки сжигания топлива в кипящем слое:

а – схема сжигания топлива; б – конструкция с высокотемпературным циклоном; 1 – решетка; 2 – топливо; 3 – топка; 4 – бункер угля; 5 – бункер присадки; 6 – высокотемпературный циклон; 7 – погруженная поверхность нагрева; 8 – вентилятор.

На рис. 15б показана схема топki с кипящим слоем, в которой топливо из бункера 4 подается в топку 3 на решетку 1. Под решетку вентилятором 8 нагнетается воздух. Из бункера 5 в топливо добавляется размолотый доломит для связывания образующихся при сжигании оксидов серы. Крупные частицы топлива, уносимые из топki в газоход, улавливаются в высокотемпературном циклоне и возвращаются на дожигание в топку.

Особый интерес к организации сжигания топлив в кипящем слое вызван следующим. Во-первых, для сжигания в кипящем слое пригодны различные твердые топлива, включая низкосортные, крупностью 0–20 мм. При этом значительно сокращаются расходы на топливоприготовление. Расположение погруженной поверхности нагрева 7 в кипящем слое, где коэффициент теплоотдачи составляет 200–300 Вт/(м²*К), обеспечивает существенное снижение металлоемкости установки. Работа с относительно низкотемпературным слоем приводит к значительному уменьшению загрязнения атмосферы, так как большая часть серы, содержащейся в топливе, остается в слое и удаляется вместе с золой. Благодаря более низкой температуре процесса отходящие из кипящего слоя газы практически не содержат токсичных оксидов азота [13].

1.4 Сжигание топлива в пылевидном состоянии

1.4.1 Особенности сжигания твердого топлива

На современных тепловых электрических станциях твердое топливо при сжигании в камерных топках предварительно измельчают и в виде пыли в смеси с воздухом вдувают в топочную камеру, где оно сгорает, находясь в потоке газов во взвешенном состоянии. Для превращения крупных кусков влажного топлива в пригодную для сжигания сухую угольную пыль твердое топливо подвергают процессу подготовки в системе пылеприготовления, заключающемуся в предварительном грубом дроблении на куски в несколько десятков миллиметров, подсушке и дальнейшем размоле до пылевидного состояния с размером частиц в несколько десятков или сотен микрометров. Превращением кускового топлива в угольную пыль достигается многократное увеличение поверхности реагирования.

Так, если кусочек угля диаметром 15 мм раздробить на частицы размером 50 мкм, то суммарная площадь поверхности полученных частиц в 300 раз будет больше поверхности исходной частицы. При увеличении поверхности реагирования существенно улучшаются условия сжигания, так как горение топлива является гетерогенным процессом (топливо и окислитель находятся в разных агрегатных состояниях – соответственно в твердом и газообразном), происходящим на поверхности частиц топлива. Основными преимуществами сжигания твердого топлива в пылевидном состоянии являются следующие:

- возможность сжигания с достаточно высоким КПД любого топлива, включая малореакционные антрациты, а также высоковлажные и высокозольные угли и отходы углеобогащения;

- практически неограниченная по условиям сжигания топлива единичная мощность котла;
- полная механизация топочного процесса, легкость регулирования, возможность полной автоматизации топочного процесса;
- отсутствие подвижных деталей в топке, что повышает эксплуатационную надежность агрегата.

Недостатками сжигания топлива в пылевидном состоянии являются:

- сложность, громоздкость и в большинстве случаев высокая стоимость оборудования пылеприготовления;
- значительный расход электроэнергии на приготовление пыли, например, для антрацита составляющей 25–30 кВт*ч/т;
- низкие (0,1–0,3 МВт/м³) объемные плотности тепловыделения в топке при факельном сжигании твердого топлива, что объясняется малой массовой концентрацией топлива в единице объема топки (20–30 г/м³), а также неблагоприятными условиями подвода окислителя к поверхности реагирования и отвода продуктов сгорания вследствие низкой относительной скорости горящих частиц в газоздушном потоке [14].

1.4.2 Технологическая схема пылеприготовления

Поступающее на электростанцию твердое топливо имеет обычно куски размером до 200 мм и более и до подачи его в углеразмольные мельницы претерпевает ряд подготовительных операций собственно перед процессом размола.

Первичная обработка топлива заключается в удалении из него металлических предметов и щепы, далее следуют грохочение и дробление. Удаление металлических предметов (болтов, гаек, железнодорожных костылей и т.д.) необходимо для предотвращения поломки механизмов системы пылеприготовления с помощью магнитных сепараторов. С помощью щепоуловителей удаляют из топлива древесную щепу, попадающую в уголь в процессе его добычи, что предотвращает забивание элементов системы пылеприготовления получающейся из щены «древесной ватой».

При поступлении высоковлажных топлив наблюдается потеря его сыпучести, что приводит к «замазыванию» пылеприготовительных механизмов, заключающемуся в налипании сырого топлива на их стенки. Для предупреждения этого явления производят частичную подсушку топлива, снижая содержание его внешней влаги на 4–6 %. В зимних условиях наблюдается смерзание влажного топлива и примерзание его к стенкам топливоподающих устройств. Для борьбы со смерзанием применяют отопление помещений всего тракта топливоподачи от разгрузочного сарая, куда поступает топливо при разгрузке железнодорожных вагонов, до бункеров сырого угля у мельниц.

Освобожденный от металлических предметов уголь подвергается грохочению для отделения крупных кусков топлива от мелких. Для этого топливо пропускают

сквозь качающиеся сита-решетки с размером отверстий 10–15 мм. Куски более 10–15 мм направляются в дробилки, а куски меньшего размера – мимо дробилок.

Качество дробления определяют путем отсева дробленого топлива на сите с размером ячеек 5 x 5 мм по величине остатка на сите в процентах от начальной массы пробы, обозначаемого R_5 (здесь индекс «5» указывает на размер отверстия в сите в миллиметрах).

Обычно дробление проводят так, чтобы остаток на сите с указанными ячейками составлял не более 20 %.

Для дробления топлива используют молотковые или валковые дробилки. В первом случае дробление топлива происходит за счет удара вращающихся молотков, шарнирно укрепленных на валу ротора. Валковые дробилки выполняют в виде вращающихся навстречу один другому валков с насаженными на них шипами – зубьями.

Из дробилки топливо поступает в систему пылеприготовления, где подвергается интенсивной подсушке и размолу, в результате чего получается угольная пыль, которая пневмотранспортом подается к горелкам котельного агрегата [15].

1.4.3 Физические свойства угольной пыли

Тонкость помола и зерновая характеристика угольной пыли. Угольная пыль представляет собой сухой тонкий порошок с размерами частиц от самых мелких пылинок крупностью 0,1 мкм до более крупных (300–500 мкм). Тонкость помола характеризуется остатками на стандартных ситах с ячейками размером 50; 90; 200; 500 и 1000 мкм. Остаток на сите обозначается обычно буквой R . Так, запись $R_{90} = 10\%$ означает, что остаток на сите с размером ячеек 90 мкм составляет 10 % исследуемой порции пыли, а вся остальная пыль проходит через ячейки этого сита.

Целесообразная тонкость помола топлива зависит от вида топлива, его стоимости, реакционной способности, конструкции топки и горелочных устройств и т.д., и определяется на основе технико-экономических расчетов. Уменьшение частиц пыли приводит к росту общей реакционной ее поверхности, что благоприятствует сжиганию топлива, однако связано с увеличением расхода энергии на пылеприготовление. С огрублением помола расход электроэнергии на пылеприготовление уменьшается, однако увеличиваются потери теплоты от механической неполноты сгорания. При выборе наиболее целесообразной тонкости помола в каждом конкретном случае сравнивают затраты на пылеприготовление, с дополнительными затратами, связанными с потерей топлива от механической неполноты сгорания.

Плотность пыли. Различают виды плотности пыли, кг/м^3 : насыпную, кажущуюся (объемную) и истинную.

Величина насыпной плотности используется при расчете емкости пылевых бункеров, производительности пылепитателей, забирающих угольную пыль из пылевого бункера и подающих ее в пылепроводы к горелкам.

Величина кажущейся плотности применяется при расчете пылевых циклонов, пылеугольных сепараторов, пневмотранспортных устройств подачи пыли.

Угольная пыль энергично адсорбирует воздух, вследствие чего насыпная плотность всегда меньше единицы. Пыль не выдерживает сосредоточенной нагрузки, поэтому в пылевом бункере можно утонуть. При проведении работ в бункере должны соблюдаться меры предосторожности.

Насыпная плотность свеженасыпной пыли находится в пределах 500–700 кг/м³, а уплотненной 800–900 кг/м³.

Влажность пыли. Важной характеристикой угольной пыли является ее влажность $W_{пл}$, %. Чем больше подсушена пыль, т.е. чем меньше $W_{пл}$, тем легче воспламеняется и лучше протекает процесс горения.

В процессе размола уголь подсушивается за счет теплоты горячего воздуха или топочных газов до величины, близкой к аналитической (гигроскопической) влажности топлива, т.е. влажности топлива, получаемой при подсушке до равновесного состояния в воздушной среде при температуре 20°C и относительной влажности 65%. Более глубокая подсушка не допускается из условий взрывобезопасности и самовозгорания пыли.

В то же время недостаточная подсушка угля затрудняет транспортирование пыли по трубам системы пылеприготовления и подачу ее к горелкам и резко ухудшает процесс размола, ведет к снижению производительности мельниц и увеличению расхода энергии на размол.

Взрываемость пыли. Угольная пыль почти всех топлив, за исключением АШ, обладает склонностью к образованию вместе с воздухом взрывоопасной смеси.

Наиболее взрывоопасными являются пылевидные частицы размером менее 0,2 мм торфа и сланца, менее 0,15 мм бурых углей и менее 0,12 мм каменных углей.

Взрыв угольной пыли может быть следствием воспламенения выделяющихся при нагревании пыли летучих горючих газов, вступающих в реакцию с кислородом газовой среды, в которой пыль находится.

На взрывоопасность угольной пыли влияет процентное содержание кислорода в пылевоздушной среде, величина выхода летучих, температура сушильного агента за мельницей, влажность и зольность рабочей массы топлива, влажность пыли, тонкость помола, концентрация пыли в пылевоздушной смеси.

Чем больше выход летучих, тем больше опасность срыва. Лишь при выходе летучих менее 8 % топливо является взрывобезопасным. Такими топливами, например, являются донецкий антрацит АЦ, полуантрацит ПА. Чем выше температура сушильного агента за мельницей, тем больше опасность взрыва, поэтому температура для большинства топлив не должна превышать 70–80 °С, а для тощих углей меньше 130 °С.

Чем больше влажность и зольность рабочего топлива, тем меньше опасность взрыва.

Чем пыль тоньше, тем больше ее поверхность и тем быстрее она прогревается и опасность взрыва возрастает.

Транспортные свойства угольной пыли. Угольная пыль хорошо транспортируется потоком воздуха или продуктами сгорания. Пылевоздушная смесь образует

весьма подвижную эмульсию, обладающую свойствами жидкости, и легко перекачивается по трубам. В индивидуальных системах пылеприготовления, располагаемых непосредственно у котельных агрегатов, концентрация пыли в вошущей смеси сравнительно невелика и составляет обычно 0,5–1 кг пыли на 1 кг воздуха.

При наличии центрального пылезавода транспортировка пыли из бункеров пылезавода к бункерам котлов осуществляется при высоких ее концентрациях (порядка 30–35 кг пыли/кг воздуха) по трубопроводам малого сечения перекачиваемыми насосами, в которых пыль вмешивается со сжатым воздухом, имеющим давление 0,5–1 МПа. Перекачка высококонцентрированной пылевоздушной смеси может проводиться на большие расстояния, порядка нескольких сотен метров.

1.4.4 Пылеугольные горелки

Пылеугольные горелки служат для организованного ввода угольной пыли и воздуха в топку. С помощью горелок и рациональной их компоновки в значительной мере организуется топочный процесс: достигаются устойчивое зажигание факела, смесеобразование, интенсивное выгорание пыли и бесшлаковочная работа котла.

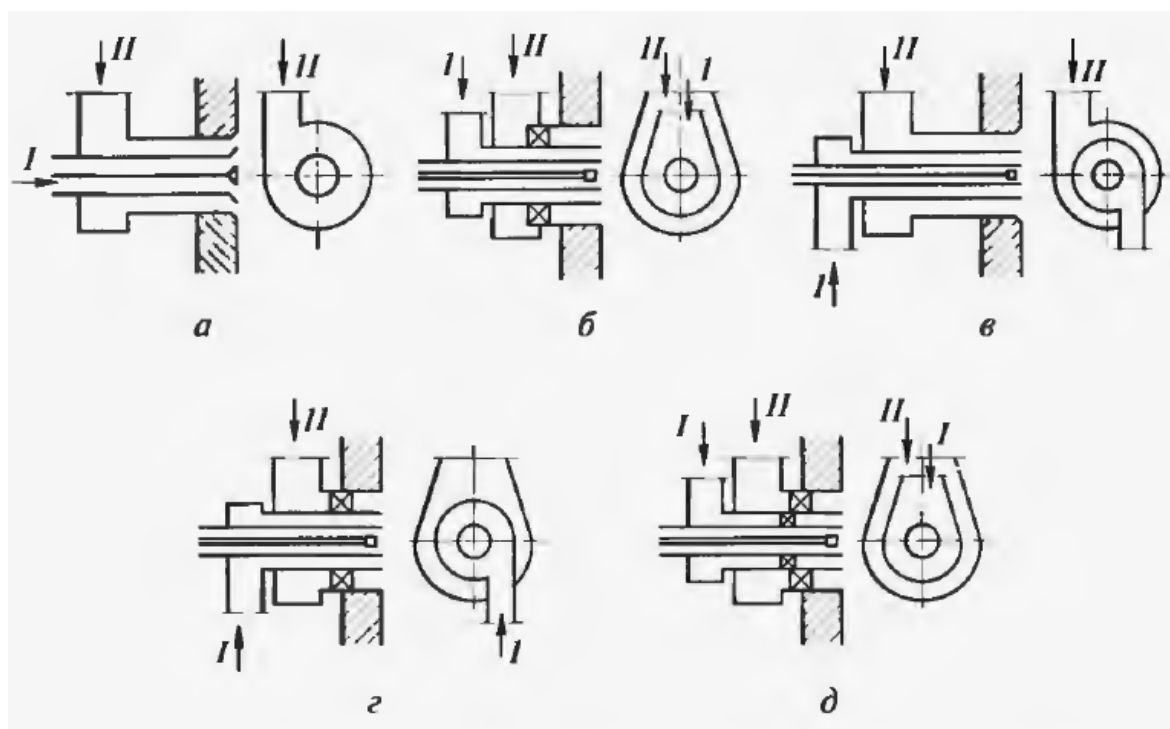


Рисунок 16 – Принципиальные схемы пылеугольных вихревых горелок: а – прямоточно-улиточная; б – прямоточно-лопаточная; в – двухулиточная; г – улиточно-лопаточная; д – лопаточно-лопаточная.

Для сжигания угольной пыли применяют два основных типа горелок: вихревые и прямоточные. Вихревыми называют горелки, у которых первичный или вторичный воздух закручиваются специальными завихрителями. Закручивание потоков достигается при помощи улиток, устанавливаемых на входе в горелку,

или лопаток, устанавливаемых в горелки аксиально или тангенциально в полке первичного или вторичного воздуха. Принципиальные схемы вихревых горелок приведены на рис. 16. Наименование горелки отражает способ ввода первичного (с пылью) и вторичного воздуха.

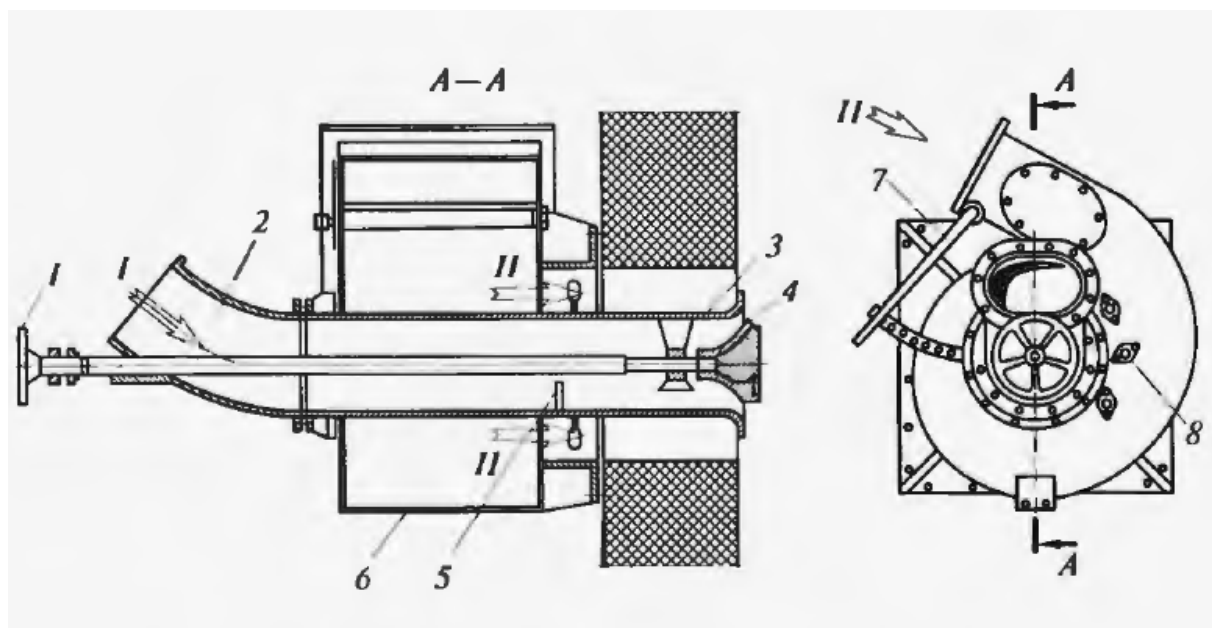


Рисунок 17 – Вихревая пылеугольная горелка ОРГРЭС.

Так, в вихревой пылеугольной горелке ОРГРЭС (рис. 17), выполненной по типу прямоточно-улиточной, первичный воздух с пылью подается через центральную трубу прямоточно без закручивания. Вторичный воздух, подаваемый в топку через горелку, закручивается улиткой б. Аэросмесь поступает в топку через центральную трубу, имеющую на конце чугунный наконечник 3 в виде конуса-рассекателя, который может перемещаться и тем самым обеспечивает хорошее «раскрытие» пылевоздушной смеси, а также подсос горячих топочных газов к корню факела, что интенсифицирует воспламенение топлива. Вторичный воздух, подаваемый через улитку, выходит в топку завихренным через кольцевое пространство, образуемое наконечником и обмуровкой. Для растопки, а также при необходимости подсвечивания пылеугольного факела в корпусе горелки имеется отверстие 8 для установки мазутной форсунки.

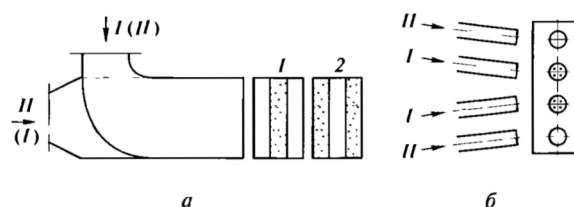


Рисунок 18 – Принципиальная схема прямоточных горелок: а – прямоточно-щелевая; б – прямоточно-сопловая горелка.

В прямоточно-щелевых горелках (рис. 18 а) подача в топку аэросмеси и вторичного воздуха осуществляется раздельно через узкие щели. Такие горелки выполняются с внешним 1 и внутренним 2 вводом вторичного воздуха. В прямоточно-сопловых горелках (рис. 18 б) ввод аэросмеси и вторичного воздуха осуществляется раздельно через круглые сопла.

Полнота сгорания топлива, условия эксплуатационно-надежной работы топки в значительной степени определяются размещением пылеугольных горелок. Наибольшее распространение для камерный топков получили способы фронтального, встречного и углового расположения горелок (рис. 19)

При фронтальном расположении горелок (рис. 19 а) газовые струи развиваются первоначально самостоятельно, а затем сливаются в общий поток. При ударе факела о заднюю стенку может произойти ее ошлакование. В связи с этим при фронтальном расположении горелок наиболее целесообразно применения вихревых горелок с относительно коротким широким факелом.

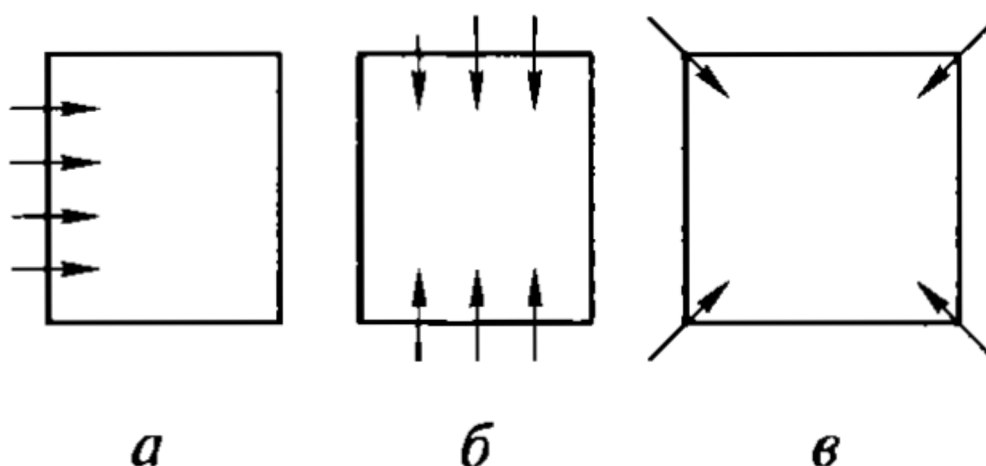


Рисунок 19 – Способы расположения горелок в топочной камере: а – фронтальное; б – встречное; в – угловое.

При встречном расположении (рис. 19, б) горелки могут располагаться на противоположных боковых, а также на фронтальной и задней стенках. Возможны встречно-лобовая и встречно-смещенная их компоновки. При встречно-смещенной компоновке горелок горячие потоки взаимно проникают один в другой. При этом имеет место лучшее заполнение факелом топочного объема, обеспечивается принудительный подход теплоты к корню факела, улучшается сгорание топлива при бесшлаковочном режиме работы экранов. В случае применения встречно-смещенной компоновки целесообразно использовать щелевые горелки. При угловом расположении горелок (рис. 19, в) возможны следующие схемы их установки: диагональная, блочная, тангенциальная. При таком размещении горелок возникает ряд конструктивных сложностей и возможно ошлакование стенок. При большом числе горелок вне зависимости от схемы их установки по высоте топки горелки могут располагаться в несколько ярусов [16].

1.5 Котельные установки

1.5.1 Классификация котельных установок

Котлы как технические устройства для производства пара или горячей воды отличаются многообразием конструктивных форм, принципов действия, используемых видов топлива и производственных показателей. Вместе с тем по способу организации движения воды и пароводяной смеси все котлы могут быть разделены на следующие группы:

- котлы с естественной циркуляцией (рис. 20 а);
- котлы с принудительным движением теплоносителя (воды, пароводяной смеси), (рис. 20 б,в).

В современных отопительных и отопительно-производственных котельных для производства пара используются в основном котлы с естественной циркуляцией, а для производства горячей воды – котлы с принудительным движением теплоносителя, работающие по прямоточному принципу.

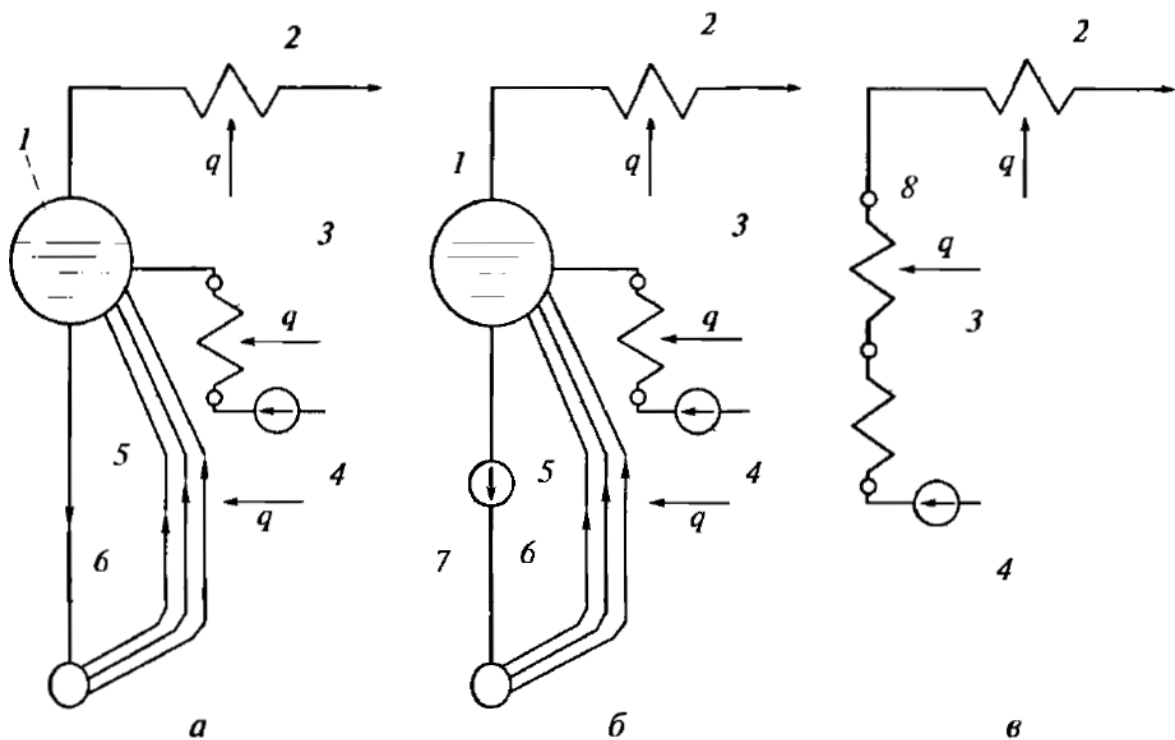


Рисунок 20 – Схема движения воды, пароводяной смеси и пара в котлах с циркуляцией теплоносителя: а – естественной; б – принудительной многократной; в – принудительной прямоточной; 1 – барабан; 2 – пароперегреватель; 3 – водяной экономайзер; 4 – питательный насос; 5 – обогреваемые трубы; 6 – опускные трубы; 7 – циркуляционный насос; 8 – испарительная поверхность нагрева; q – направление падающего теплового потока.

Современные паровые котлы с естественной циркуляцией выполняются из вертикальных труб, расположенных между двумя коллекторами (барабанами). Одна часть труб, называемых обогреваемыми «подъемными трубами», обогревается факелом и продуктами сгорания топлива (q – падающий тепловой поток), а другая, обычно не обогреваемая часть труб, находится вне котельной агрегата и носит название «опускные трубы». В обогреваемых подъемных трубах вода нагревается до кипения, частично испаряется и в виде пароводяной смеси поступает в барабан котла, где происходит ее разделение на пар и воду. По опускным не обогреваемым трубам вода из верхнего барабана поступает в нижний коллектор (барабан).

Движение теплоносителя в котлах с естественной циркуляцией осуществляется за счет движущего напора, создаваемого разностью весов столба воды в опускных и столба пароводяной смеси в подъемных трубах. Кратность циркуляции (отношение расхода воды, проходящего через циркуляционный контур, к расходу пара, производимого в нем) в таких котлах изменяется от 10 до 100.

В паровых котлах с многократной принудительной циркуляцией поверхности нагрева выполняются в виде змеевиков, образующих циркуляционные контуры. Движение воды и пароводяной смеси в таких контурах осуществляется с помощью циркуляционного насоса. Кратность циркуляции в этих котлах изменяется от 5 до 10.

В прямоточных паровых котлах кратность циркуляции составляет единицу, т.е. питательная вода, нагреваясь, последовательно превращается в пароводяную смесь, насыщенный и перегретый пар. В водогрейных котлах вода при движении по контуру циркуляции нагревается за один оборот от начальной до конечной температуры [16].

1.5.2 Основные элементы водогрейных котлов

Топки для сжигания газообразных, жидких и твердых топлив. При сжигании газа и мазута, а также твердого пылеугольного топлива используются, как правило, камерные топки. Топка ограничена фронтальной, задней, боковыми стенами, а также подом и сводом. Вдоль стен топки располагаются испарительные поверхности нагрева (кипятильные трубы) диаметром 50–80 мм, воспринимающие излучаемую теплоту от факела и продуктов сгорания. При сжигании газообразного или жидкого топлива пол камерной топки обычно не экранируют, а в случае угольной пыли в нижней части топочной камеры выполняют «холодную» воронку для удаления золы, выпадающей из горящего факела. Верхние концы труб вальцованы в барабан, а нижние присоединены к коллекторам путем вальцовки или сварки. У ряда котлов кипятильные трубы заднего экрана перед присоединением их к барабану разводят в верхней части топки в несколько рядов, расположенных в шахматном порядке и образующих фестон.

Горелки в топке могут быть расположены фронтально, на боковых стенах и в ее углах. В местах установки горелок стены могут не экранироваться и кипятиль-

ные трубы разводят таким образом, чтобы избежать необходимости перекрывать амбразуры горелок.

Для обслуживания топки и газоходов в котельном агрегате используется следующая гарнитура (рис. 21): лазы, закрываемые дверцы, гляделки, взрывные клапаны, шиберы, поворотные заслонки, обдувочные аппараты, дробеочистка.

Закрываемые дверцы (рис. 21, в), лазы в обмуровке (рис. 21 б, в) предназначены для осмотра и производства ремонтных работ при останове котла. Для наблюдения за процессом горения топлива в топке и состоянием конвективных газоходов служат гляделки (рис. 21, г, д). Взрывные предохранительные клапаны используются для защиты обмуровки от разрушения при хлопках в топке и газоходах котла и устанавливаются в верхних частях топки, последнего газохода агрегата, экономайзера (рис. 21, е) и в вводе (рис. 21, ж).

Размещение, число и размеры предохранительных клапанов выбираются проектной организацией из расчета 250 см^2 площади взрывного клапана на 1 м^3 объема топки или газоходов котла.

Взрывные клапаны представляют собой рамки из углового железа круглой или квадратной формы, закрытые листовым асбестом толщиной 2–2,5 мм, плотно закрепленные в соответствующих проемах, сделанных в кладке топки и дымоходах котла. В случае взрыва давлением образовавшийся панно асбестовый картон прорывается, и газы получают выход наружу, благодаря чему давление их падает и снижается возможность опасного разрушения. В момент взрыва створка клапана после разрушения картона откроется, а после выхода газов наружу через газоотводящий короб под действием своего веса или специальных грузов закроется. Для регулирования тяги и перекрытия боров служат чугунные дымовые шиберы (рис. 21, з) или поворотные заслонки [17].

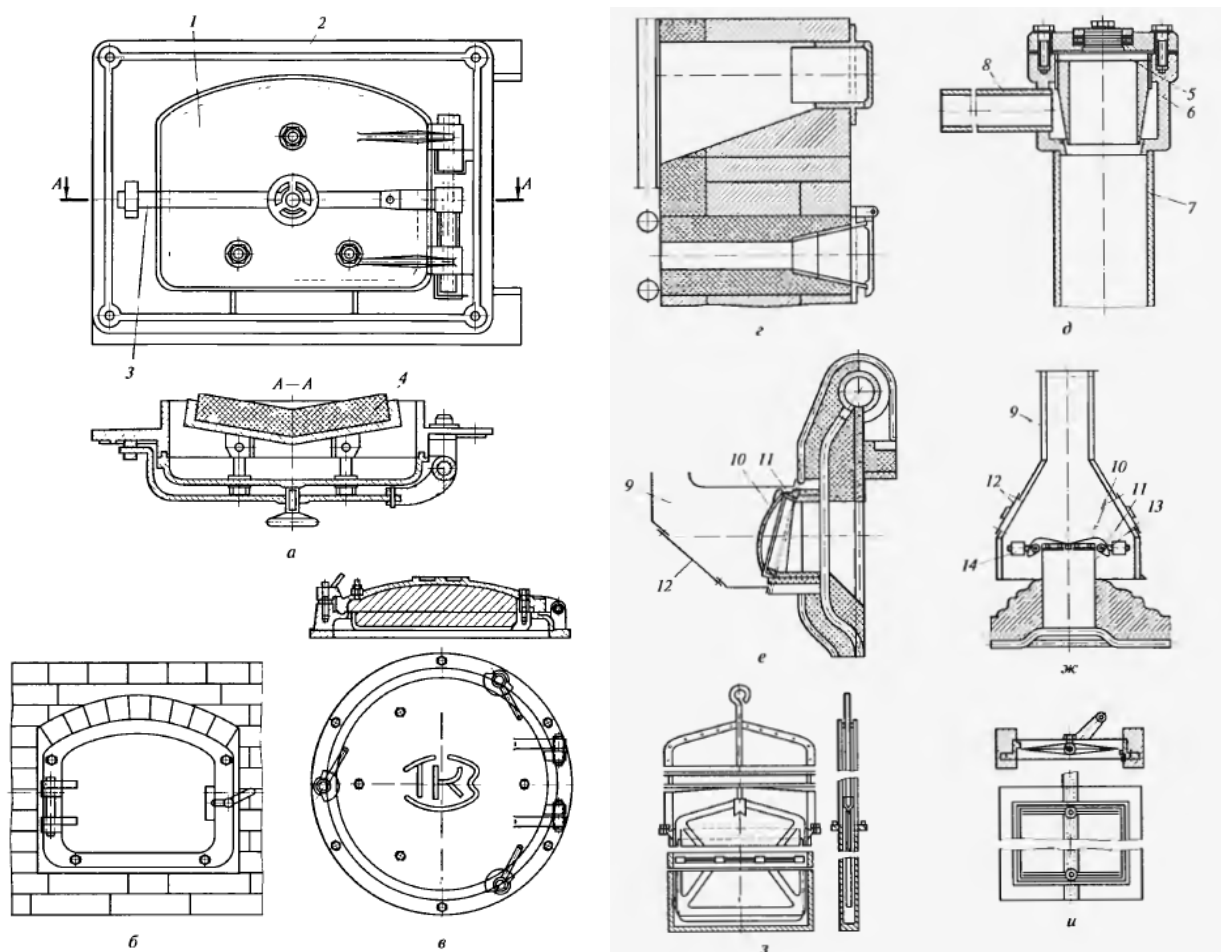


Рисунок 21 – Гарнитура котла: а – дверца с уплотнением и обмурованным металлическим экраном к топочной камере; б,в – лазы прямоугольной и круглой формы в обмуровке; г,д – гляделки для топочных камер и газоходов (г – под разряжением; д – под наддувом); е,ж – взрывные клапаны для установки в боковых стенах и потолке котельного агрегата; з – шибер; и – поворотная заслонка; 1 – дверца; 2 – рама; 3 – щеколда; 4 – экран; 5 – стекло; 6,11 – корпус; 7 – патрубок; 8 – труба для подвода воздуха; 9 – отводящий короб; 10 – створка клапана; 12 – люк; 13 – рычаг; 14 – груз.

При работе на газообразном топливе, чтобы предотвратить скопление горючих газов в топках, дымоходах и боровых котельной установки во время перерыва в работе, в них всегда должна поддерживаться небольшая тяга; для этого в каждом отдельном борове котла к сборному борову должен быть свой шибер с отверстием в верхней части диаметром не менее 50 мм [17].

1.6 Паровой котел типа ДКВР

Паровые котлы типа ДКВР. Вертикально-водотрубные котлы типа ДКВР предназначены для выработки насыщенного и перегретого пара с температурой 250, 370 и 440 °С, имеют несколько типоразмеров с рабочим давлением пара 1,4; 2,4; 3,9 МПа и номинальной производительностью 2,5; 4; 6,5; 10; 20; 35 т/ч.

Котлы типа ДКВР являются унифицированными. Они представляют собой двухбарабанные вертикально-водотрубные котлы с естественной циркуляцией. По длине верхнего барабана котлы ДКВР имеют две модификации – с длинным барабаном и укороченным.

У котлов паропроизводительностью 2,5; 4; 6,5 и 10 т/ч (раннего выпуска) верхний барабан значительно длиннее нижнего. У котлов производительностью 10 т/ч последней модификации и большей мощности верхний барабан значительно укорочен. Котлы типа ДКВР для работы на том или ином топливе комплектуются соответствующими топочными устройствами. Котлы марок ДКВР-2,3-13; -4-13 и -6,5-13 имеют одинаковое конструктивное оформление. На рис. 22 приведен котел ДКВР-6,5-13 с двумя изготовленными из стали 16ГС барабанами (верхний 2 и нижний 13), одинакового внутреннего диаметра 1000 мм. Нижний барабан укорочен на размер топки. Котел имеет экранированную топочную камеру 1 и кипяtilьный пучок 10. Топочные экраны и трубы кипяtilьного пучка выполнены из труб диаметром 51 x 2,5 мм. Топочная камера 1 разделена кирпичной стенкой 15 на собственно топку и камеру догорания 8, предназначение которой устранить опасность затягивания пламени в пучок кипяtilьных труб и снизить потери от химической неполноты сгорания.

Ход движения продуктов трения топлива в котле схематично изображен на рис. 23. Дымовые газы из топки выходят через окно, расположенное в правом углу стенки топки, и поступают в камеру догорания. С помощью двух перегородок 9 – шамотной (первая по ходу газов) и чугунной – внутри котла образованы два газохода, по которым дымовые газы движутся, поперечно омывая все трубы конвективного пучка. После этого они выходят из котла через специальное окно, расположенное с левой стороны в задней стенке котла.

Верхний барабан в передней части соединен с двумя коллекторами 16 трубами, образующими два боковых топочных экрана. Одним концом экранные трубы ввальцованы в верхний барабан, а другим приварены к коллекторам диаметром 108*4 мм. В задней части верхний барабан соединен с нижним барабаном пучком кипяtilьных труб, которые образуют развитую конвективную поверхность нагрева. Расположение труб коридорное с одинаковым шагом 110 мм в продольном и поперечном направлениях. Коллекторы соединены с нижним барабаном с помощью перепускных труб.

Питательная вода подается в котел по двум перфорированным (с боковыми отверстиями) трубам 5 под уровень воды в верхний барабан. По опускным трубам вода из барабана поступает в коллекторы 16, а по боковым экранным трубам пароводяная смесь поднимается в верхний барабан, образуя таким образом два контура естественной циркуляции.

Третий контур циркуляции образуют верхний и нижний барабаны котла и кипяtilьный пучок.

Опускными трубами этого контура естественной циркуляции являются трубы наименее обогреваемых последних рядов по ходу газов кипяtilьного пучка.

Вода по опускным трубам поступает из верхнего барабана в нижний, а пароводяная смесь по остальным трубам котельного пучка, имеющим повышенную теп-

ловую нагрузку, поднимается в верхний барабан. В верхнем барабане котла происходит разделение пароводяной смеси на пар и воду. Для снижения солесодержания и влажности пара в верхнем барабане установлено сепарационное устройство 6 из жалюзи и дырчатого листа, улавливающее капельки уносимой с паром котловой воды. При необходимости производства перегретого пара пароперегреватель устанавливается после второго или третьего ряда труб кипятильного пучка, заменяя часть его труб. Для котлов с давлением 1,4 МПа и перегревом 225–250 °С пароперегреватель состоит из одной вертикальной петли, а для котлов с давлением 2,4 МПа необходимы несколько петель из труб диаметром 32*3 мм.

В нижней части верхнего барабана имеются трубопровод 11 непрерывной продувки с целью снижения солесодержания котловой воды и поддержания его на заданном уровне, а также две контрольные легкоплавкие пробки 7, сигнализирующие об упуске воды.

Нижний барабан является шламотстойником; из него по специальному перфорированному трубопроводу 14 проводится пароводяная продувка котла. Кроме того, в нижнем барабане имеются линия для слива воды и устройство для подогрева паром в период растопки котла.

На верхнем барабане установлены два водоуказательных стекла, манометр 3, предохранительные клапаны 4, имеется патрубок для отбора пара на собственные нужды, парозапорный вентиль. Для защиты обмуровки и газоходов от разрушения при возможных взрывах котла в верхних частях топки и кипятильного пучка расположены взрывные предохранительные клапаны.

Очистка наружных поверхностей труб от загрязнений проводится паром через обдувочное устройство 12 – вращающуюся трубу с соплами. Рассматриваемый котел несущего каркаса не имеет, трубно-барабанная система его размещается на опорной раме, с помощью которой котел крепится к фундаменту. Паровые котлы производительностью 10, 20, 35 т/ч имеют рабочее давление 1,4; 2,4 и 3,9 МПа и выполняются как с пароперегревателем, так и без него. Обмуровка котлов типа ДКВР выполняется из шамотного и обыкновенного кирпича или облегченная из термоизоляционных плит.

Все котлы типа ДКВР и особенно котлы с повышенным рабочим давлением работают на химически очищенной и деаэрированной воде. Коэффициент полезного действия этих котлов при сжигании газа и мазута – 90 %.

1.7 ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

В продуктах горения органического топлива в котельных установках содержатся твердые частицы золы и несгоревшего топлива, оксиды серы (SO_2 , SO_3), азота (NO_x) и ванадия (V_2O_5). При неполном сгорании топлива в дымовых трах содержатся монооксид углерода (CO) и углеводороды типа CH_4 , C_2H_4 и бенз(а)пирен $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$.

Загрязнение вредными примесями атмосферы, почвы и воды ухудшает санитарно-гигиеническое состояние городов, поселков, полей, лесов, водоемов, оказывая вредное действие на организм человека и растительность, качество продукции

предприятий, увеличивает износ механизмов и разрушает строительные конструкции зданий и сооружений.

При неполном сгорании образуется монооксид углерода CO – чрезвычайно сильный отравляющий газ. При содержании в воздухе от 0,4 до 0,5 % CO вдыхание воздуха в течение нескольких минут уже опасно для жизни.

Образующиеся при сжигании топлива диоксид углерода CO₂ (углекислый газ) пропускает коротковолновое излучение Солнца, но эффективно поглощает длинноволновое излучение, отраженное от поверхности Земли. Поэтому CO₂, присутствующий в атмосфере, действует на ее защитные экранирующие свойства, уменьшая тепловые потери планеты. «Парниковых» эффект, связанный с накоплением CO₂ в атмосфере, – важнейший фактор, регулирующий околоземную температуру. Так, по данным некоторых исследователей, повышение концентрации CO₂ в атмосфере до 0,06 об.% (в настоящее время около 0,03 об.%) приведет к повышению среднегодовой температуры на Земле на 3–4 °С, что создает угрозу изменения климата, так как возможное таяние ледников и морского льда приведет к затоплению примерно четверти суши.

В результате мексико-биологических исследований установлено, что даже кратковременное воздействие на дыхательные органы человека диоксида серы SO₂ при его концентрации 130–650 мг/м³ вызывает сильное раздражение голосовых связок и последующее удушье. Особенно чувствительны к диоксиду серы растения: уже при концентрации SO₂, равной 1,3–2,6 мг/м³, в них нарушаются процессы фотосинтеза. При длительном воздействии SO₂ растения гибнут.

При сжигании органических топлив азот, содержащийся в воздухе и топливе, становится реакционноспособным, соединяясь с кислородом, образует оксиды NO, NO₂, N₂O. Основная доля оксидов азота (более 95 %) приходится на монооксид азота NO. Существуют два принципиально разных источника образования оксидов азота. При окислении атмосферного азота воздуха, расходуемого при сжигании топлива, образуются так называемые «термические» и «быстрые» оксиды азота, а оксиды азота, образующиеся при окислении азотсодержащих составляющих топлива, называются «топливными».

Термические оксиды азота образуются при горении любых видов топлива в области высоких температур (более 1500 °С). На выход оксидов азота наибольшее влияние оказывает температура в зоне горения, с повышением которой происходит экспоненциальный рост образования NO. Увеличение времени пребывания газов в зоне трения также приводит к почти пропорциональному росту образования NO. Зависимость выхода NO от коэффициента избытка воздуха имеет вид экстремальных кривых с максимумами при $\alpha = 1,05–1,35$, зависящими от вида сжигаемого топлива.

«Быстрые» оксиды азота образуются в корневой части факела при температурах 900–1300 °С, когда образование «термических» оксидов азота практически не происходит. Так же, как и для «термических» оксидов азота, образование «быстрых» оксидов азота в зависимости от избытка воздуха имеет экстремальный характер при $\alpha = 0,6–0,8$ и с повышением температуры в зоне реагирования оно возрастает. Доля «быстрых» оксидов азота в суммарном выбросе NO в энергетиче-

ских котлах не превышает 10–15 %. В котлах малой мощности их доля увеличивается до 30–50 %.

Азотсодержащие соединения, входящие в состав жидких и твердых топлив, являются источником образования топливных оксидов азота. Превращение азота топлива в оксиды азота происходит при наличии в зоне реакции достаточного количества кислорода уже при температуре 700–1000 °С. Наиболее токсичным веществом в продуктах горения является бенз(а)пирен, который образуется в результате неполного сгорания топлива из-за неудовлетворительного смещения топлива и окислителя, а также из-за торможения реакций окисления углеводородов у холодных стенок топочных устройств.

Степень опасности воздействия вредного вещества на живой организм определяется отношением концентрации вещества C_i к предельно допустимой концентрации (ПДК_{*i*}), мг/м³, в зоне нахождения человека: $K_i = C_i / \text{ПДК}_i$. Значение K_i должно быть меньше единицы. При одновременном содержании в воздухе нескольких вредных веществ степень опасности оценивается как суммарное воздействие каждое из вредных компонентов по формул:

$$\frac{C_{NO_2}}{\text{ПДК}_{NO_2}} + \frac{C_{NO}}{\text{ПДК}_{NO}} + \frac{C_{SO_2}}{\text{ПДК}_{SO_2}} + \frac{C_{SO_3}}{\text{ПДК}_{SO_3}} + \frac{C_{CO}}{\text{ПДК}_{CO}} \leq 1,$$

Для выброса твердых частиц

$$\frac{C_{зл}}{\text{ПДК}_{зл}} + \frac{C_c}{\text{ПДК}_c} + \frac{C_{V_2O_5}}{\text{ПДК}_{V_2O_5}} < 1,$$

где $C_{зл}$ – концентрация пылевых и сажистых элементов; $C_{V_2O_5}$ – концентрация V_2O_5 в твердых выбросах.

В нашей стране приняты три вида норм выбросов вредных веществ в атмосферу: предельно допустимые концентрации ПДК_{р.з.} – в рабочей зоне; ПДК_{м.р.} – максимальные разовые; ПДК_{сс} – среднесуточные. При этом ПДК_{р.з.} относится к рабочей зоне помещений котельной, ПДК_{м.р.} – показатель возможного повышенного кратковременного (в течение 20–30 мин) выброса вредных веществ (в котельной установке это обычно период пуска или резкого изменения нагрузки), а ПДК_{сс} является основным контролируемым показателем, цель которого не допустить неблагоприятного влияния вредного выброса на здоровье людей в результате длительного воздействия.

В табл. 2 приведены предельно допустимые концентрации вредных выбросов котельных [18].

Таблица 2 – Предельно допустимык концентрации вредных выбросов котельных, мг/м³

Вещество	ПДК _{м.р}	ПДК _{сс}
Диоксид азота	0,085	0,085
Моноксид азота	0,25	0,25
Триоксид серы	0,3	1
Диоксид серы	0,5	0,05
Моноксид углерода	3,0	1,0
Сероводород	0,008	0,08
Сажа	0,15	0,05
Пыль (золотые частицы)	0,5	0,15
Пентаоксид ванадия	–	0,002
Бенз(а)пирен	–	1*10 ⁻⁶

2 ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕЩЕНИЯ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

В крупных городах, где плотность населения растет с каждым годом, важным условием развития дальнейшей инфраструктуры жилых районов является энерго- и теплообеспеченность населения.

Ранее построенные ТЭЦ во многих городах оказываются в окружении жилой застройки, и в большинстве случаев не обеспечивают возрастающей потребности в теплоснабжении. Возникает необходимость строительства новых источников теплоты. Для определения степени влияния сжигания различного типа топлив котельных равной мощности на загрязнение атмосферного воздуха были проведены расчеты приземной концентрации загрязняющих веществ в районах расположения котельных. Расчеты проводились в программе «Интеграл Эколог-3,0».

Исходные данные для расчетов рассеивания представлены Приложении Ж.

Результаты проведенных расчетов приведены в отчетах в приложениях А, В, Д, Е.

Графическое представление расчетов приведено в приложениях Б, Г.

Анализ проведенных расчетов приземных концентраций позволил сделать вывод о целесообразности использования того или иного топлива для сжигания его на котельных, расположенных в жилой застройке.

Согласно проведенным расчетам приземных концентраций загрязняющих веществ при сжигании в котельных каменного угля, отчет о рассеивании загрязняющих веществ представлен в приложении А, можно сделать вывод, что каменный уголь является экологически нецелесообразным видом сжигаемого топлива для котельных небольшой мощности.

Воздействие выбросов при сжигании каменного угля присутствует по четырем показателям:

- 0301 Азота диоксид (Азот (IV) оксид).
- 6009 Азота диоксид, серы диоксид.
- 2902 Взвешенные вещества.
- 6204 Серы диоксид, азота диоксид.

Анализ рассеивания загрязняющих веществ при сжигании в котельных мазута показывает, что такой вид топлива, как мазут, также не целесообразно использовать в мини-котельных, находящихся в зоне жилой застройки.

В приложениях Д и Е представлены отчеты по рассеиванию загрязняющих веществ для котельных, использующих в качестве топлива природный газ и пеллеты. Полученные данные приземных концентраций загрязняющих веществ свидетельствуют о минимальном воздействии на атмосферный воздух этих видов топлив.

Согласно полученным данным приземных концентраций загрязняющих веществ при работе котельных одной мощности, можно сделать вывод, что для мини-котельных, построенных в зоне жилой застройки, с точки зрения воздействия загрязняющих веществ, подходит два вида топлива: природный газ и пеллеты.

Использование других видов топлив не нецелесообразно как экологически, так и экономически. При проектировке котельных на каменном угле следует учесть, что необходимы большие площади для хранения твердого топлива, отходов в виде золы, образующихся при сгорании, обеспечение проездов для транспортировки топлива и удаления отходов с территории котельной.

Котельные на мазуте также имеют ряд недостатков. Для котельных на мазуте, как и котельным на каменном угле, необходимы значительные площади для складирования топлива, таким котельным так же необходимо внедрение отопительных систем на склады, чтобы предотвратить в зимнее время года замерзания мазута.

Пеллеты являются достойной альтернативой традиционным видам топлива, таким как мазут и уголь. Единственным конкурентом может являться природный газ. Если рассматривать только стоимость топлива, то, безусловно, отопление газом в 3–4 раза дешевле, чем пеллетами. Однако значительные территории нашей страны не газифицированы. Также у пользователя могут возникнуть проблемы при подключении к магистральным газовым сетям (стоимость нового подключения, согласование проекта, ограничение по лимиту, низкое давление в газовой сети и т. д.). В таком случае отопление с помощью пеллетного котла может стать одним из предпочтительных вариантов. Сырьем для производства пеллет могут быть как деловая древесина, так и древесные отходы: кора, опилки, щепа и другие отходы лесозаготовки и лесопереработки, а также древесные отходы, образующиеся на промышленных предприятиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных расчетов приземных концентраций загрязняющих веществ при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива показана целесообразность использования в мини-котельных, находящихся в жилой зоне, газообразного топлива и пеллет.

1. Рассмотрены типы котельных установок, располагающихся в жилых зонах. Отмечено преимущественное использование котельных установок, работающих на природном газе или пеллетах.

Тип котельной установки определяется требуемой мощностью теплоснабжения для жилой застройки.

2. Рассчитаны приземные концентрации загрязняющих веществ для различного типа топлива. Показано, что для котельных, работающих на природном газе, при расходе газа 10 тыс. м³/год воздействие является незначительным – расчет приземных концентраций не требуется.

3. Отмечено, что использование пеллет минимизирует воздействие на окружающую среду не только в отношении атмосферного воздуха, но позволяет утилизировать древесные отходы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мельников, Н.В. Минеральные топлива: учебное пособие / Н.В. Мельников. – М.: Издательство «Недра», 1971. – 215 с.
2. Спейшер, В.А. Сжигание газа на электростанциях и в промышленности: учебное пособие / В.А. Спейшер. – М.: Издательство «Энергия», 1967. – 251 с.
3. Соколов, Б.А. Газовое топливо и газовое оборудование: пособие для подготовки операторов газифицированных котельных / Б.А. Соколов. – М.: Издательство «Профессионал», 2001. – 154 с.
4. Бахмат, Г.В. Теплопередача в промышленных аппаратах: учебное пособие / Г.В. Бахмат. – Тюмень: Издательство ТГУ, 2008. – 176 с.
5. Тарасюк, В.М. Эксплуатация котлов: учебное пособие / В.М. Тарасюк. – Киев: Издательство «Основа», 1999. – 287 с.
6. Померанцев, В.В. Основы практической теории горения: учебное пособие / В.В. Померанцев. – С.: Издательство «Энергия», 1973. – 264 с.
7. Деев, Л.В. Котельные установки и их обслуживание: практическое пособие / Л.В. Деев. – М.: Издательство «Высшая школа», 1979. – 270 с.
8. Делятин, Г.Н. Теплогенерирующие установки: учебник для вузов / Г.Н. Делятин. – М.: Стройиздат, 1986. – 559 с.
9. Павлов, И.И. Котельные установки и тепловые сети: учебник / И.И. Павлов. – М.: Издательство «Энергия», 1968. – 584 с.
10. Хзмалян, Д.М. Теория горения и топочные устройства: учебное пособие / Д.М. Хзмалян. – М.: Издательство «Энергия», 1976. – 488 с.
11. Нечаев, Е.В. Механические топки для котлов малой мощности: учебное пособие / Е.В. Нечаев. – М.: Издательство «Энергия», 1968. – 311 с.
12. Лунина, Н.В. Котлы малой, средней мощности и топочные устройства: учебное пособие / Н.В. Лунина. – М.: Издательство НИИинформтяжмаш, 1973. – 204 с.
13. Бузников, Е.Ф. Производственные и отопительные котельные: учебник / Е.Ф. Бузников. – М.: Издательство «Энергия», 1974. – 232 с.
14. Кузьмин, А.В. Котлы малой производительности: учебник / А.В. Кузьмин. – М.: Издательство НИИинформтяжмаш, 1975. – 124 с.
15. Резняков, А.Б. Горение натурального топлива: учебник / А.Б. Резняков. – Алма-Ата: Издательство «Наука», 1968. – 410 с.
16. Роддатис, К.Ф. Справочник по котельным установкам: справочник / К.Ф. Роддатис. – М.: Издательство «Энергия», 1975. – 370 с.
17. Спейшер В.А. Повышение эффективности использования газа и мазута в энергетических установках: учебное пособие / В.А. Спейшер. – М.: Издательство «Энергия», 1974. – 208 с.
18. Татищев С.В. Механизация небольших водогрейных и паровых котлов, работающих на твердом топливе: учебное пособие / С.В. Татищев. – М.: Издательство «Стройиздат», 1968. – 120 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ:

ПРИЛОЖЕНИЕ А

УПРЗА ЭКОЛОГ, версия 3.00 Copyright © 1990-2009 ФИРМА "ИНТЕГРАЛ"

Серийный номер ,
Предприятие номер ООО «Котельная»; Котельная на каменном угле

Город Челябинск

Отрасль 11100 Теплоэнергетика

Вариант исходных данных: 12345, Новый вариант исходных данных
Вариант расчета: 1, 123456
Расчет проведен на лето
Расчетный модуль: "ОНД-86 с учетом застройки"
Расчетные константы: E1= 0,01, E2=0,01, E3=0,01, S=999999,99

Метеорологические параметры

Вещество: 0304 Азот (II) оксид (Азота оксид)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	1	1	1	0,5300000	1	0,0786	176,2362	0,9730	0,0613	204,6564	1,1644
Итого:				0,5300000		0,0786			0,0613		

Вещество: 0328 Углерод (Сажа)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	1	1	1	0,0180000	1	0,0071	176,2362	0,9730	0,0056	204,6564	1,1644
Итого:				0,0180000		0,0071			0,0056		

Вещество: 0330 Сера диоксид (Ангидрид сернистый)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	1	1	1	0,0022320	1	0,0003	176,2362	0,9730	0,0002	204,6564	1,1644
Итого:				0,0022320		0,0003			0,0002		

Вещество: 0337 Углерод оксид

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	1	1	1	0,0200000	1	0,0002	176,2362	0,9730	0,0002	204,6564	1,1644

Итого:	0,0200000	0,0002	0,0002
---------------	------------------	---------------	---------------

Вещество: 0703 Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	1	1	1	0,0000010	1	0,0059	176,2362	0,9730	0,0046	204,6564	1,1644
Итого:				0,0000010		0,0059			0,0046		

Вещество: 2902 Взвешенные вещества

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	1	1	1	1,7000000	1	0,2016	176,2362	0,9730	0,1574	204,6564	1,1644
Итого:				1,7000000		0,2016			0,1574		

Посты измерения фоновых концентраций

№ поста	Наименование	Координаты поста	
		x	y

**Перебор метеопараметров при расчете
Набор-автомат**

Перебор скоростей ветра осуществляется автоматически

Направление ветра

Начало сектора	Конец сектора	Шаг перебора ветра
0	360	1

Расчетные области

Расчетные площадки

№	Тип	Полное описание площадки				Ширина, (м)	Шаг, (м)	Высота, (м)	Комментарий
		Координаты середины 1-й стороны (м)		Координаты середины 2-й стороны (м)					
X	Y	X	Y	X	Y				
1	Заданная	904	1100	904	404	752	50	50	0

Расчетные точки

№	Координаты точки (м)		Высота (м)	Тип точки	Комментарий
	X	Y			
1	900,00	789,00	2	точка пользователя	
2	900,00	689,00	2	точка пользователя	
3	850,00	740,00	2	точка пользователя	
4	950,00	740,00	2	точка пользователя	
5	852,00	608,00	2	точка пользователя	
6	660,00	864,00	2	точка пользователя	
7	1080,00	500,00	2	точка пользователя	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

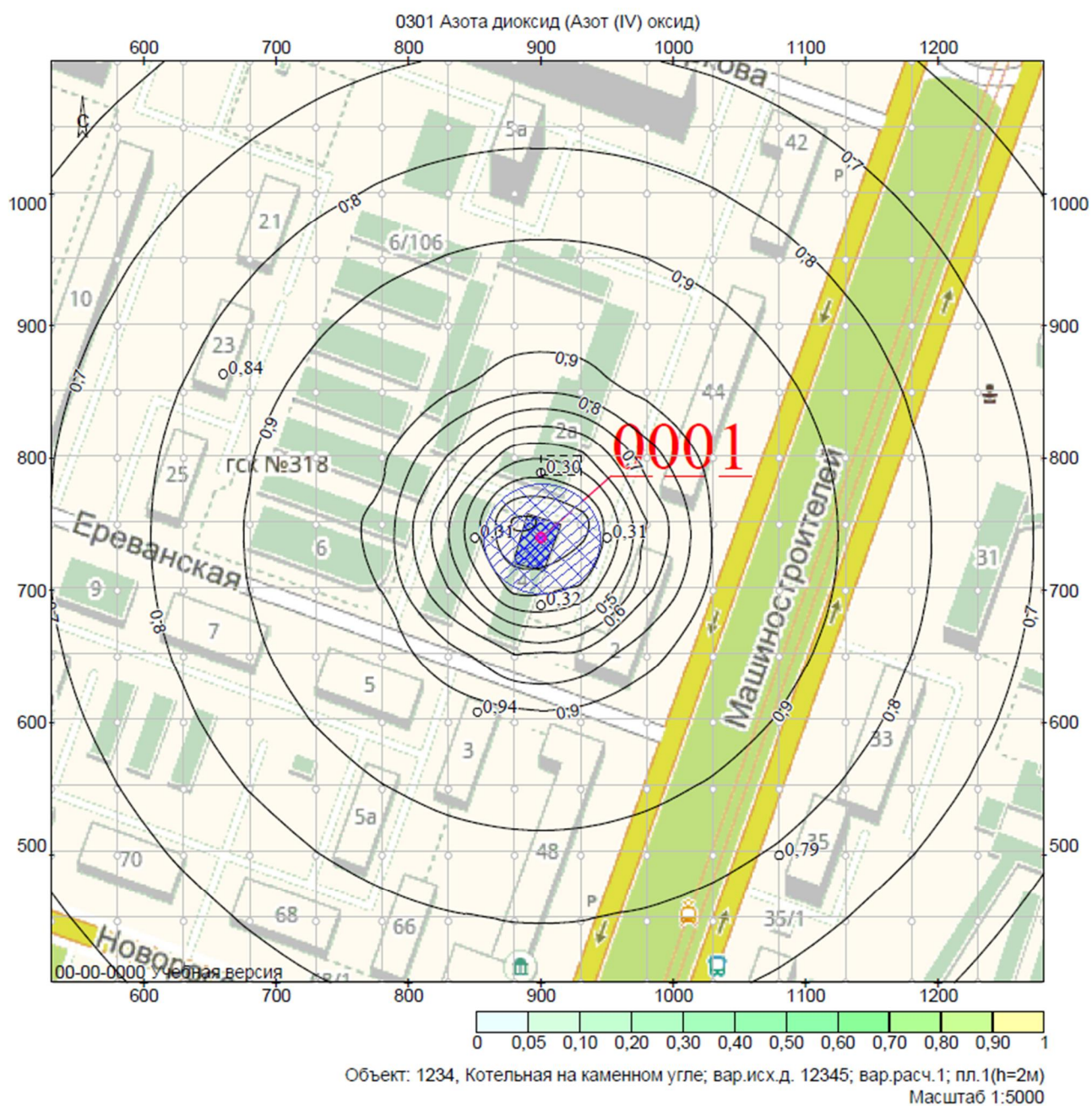


Рисунок Б-1 – Карта рассеивания Азота диоксида (Азот (IV) оксид).

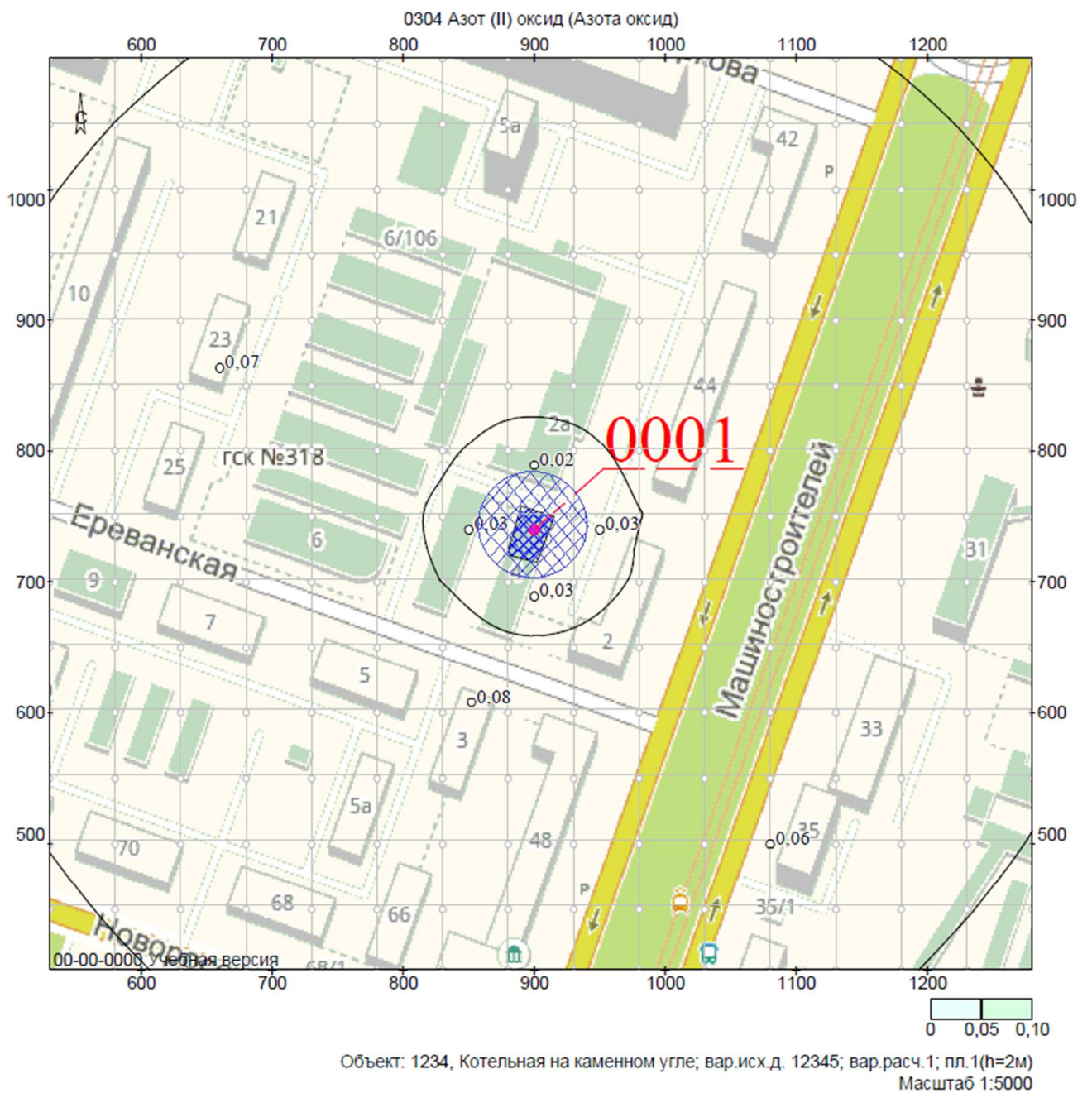
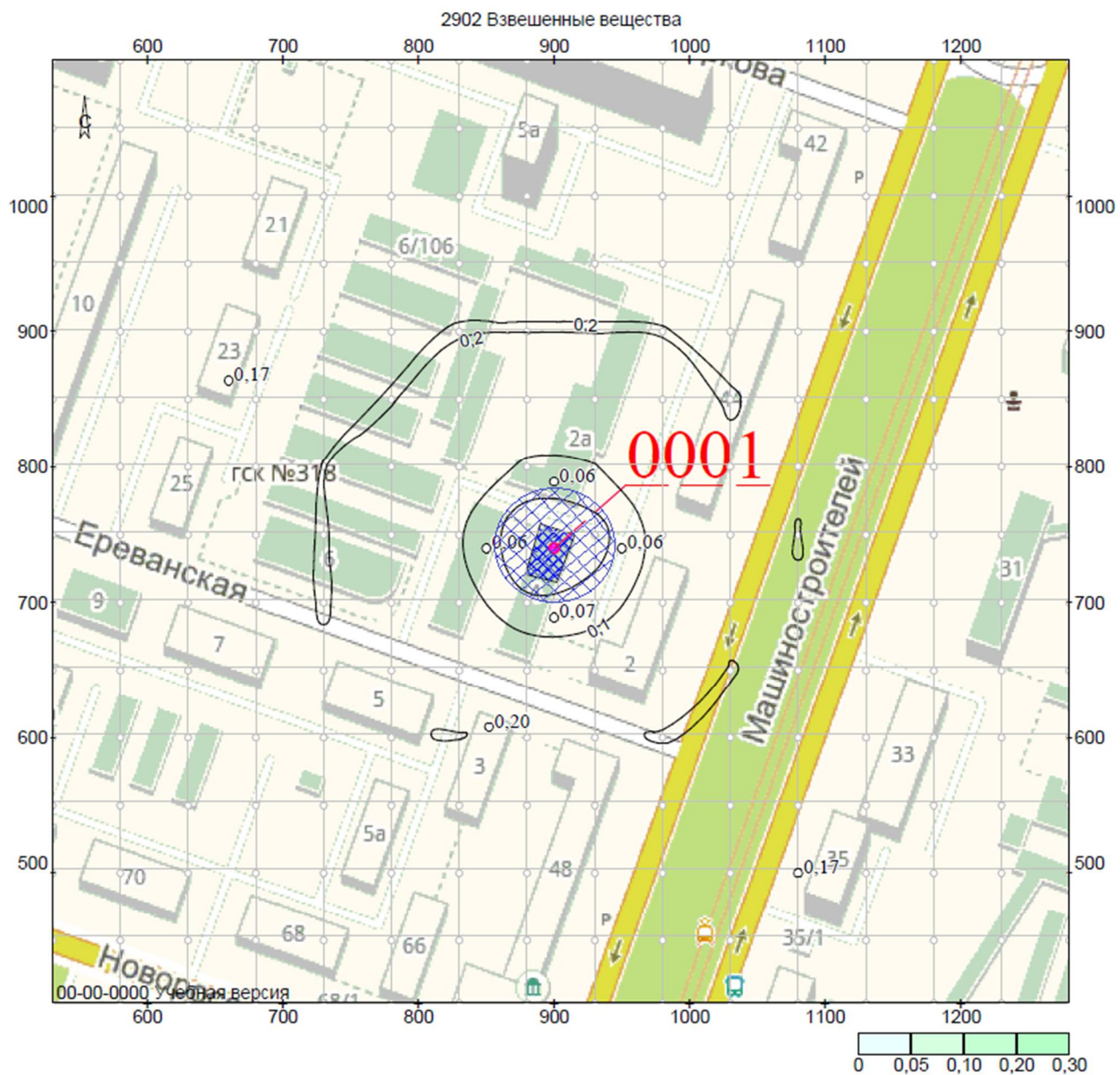
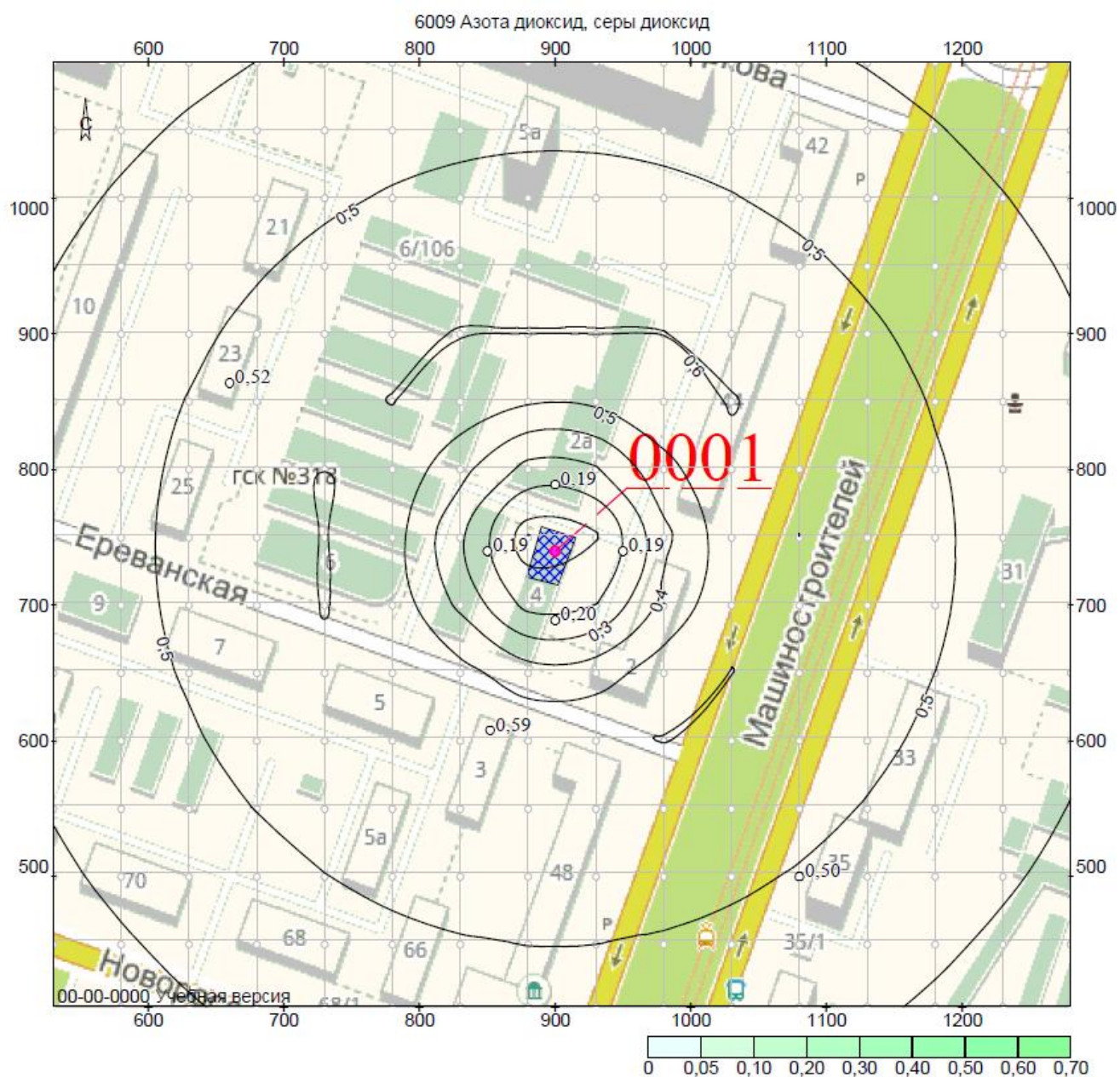


Рисунок Б-2 – Карта рассеивания Азота оксида (Азот (II) оксид).



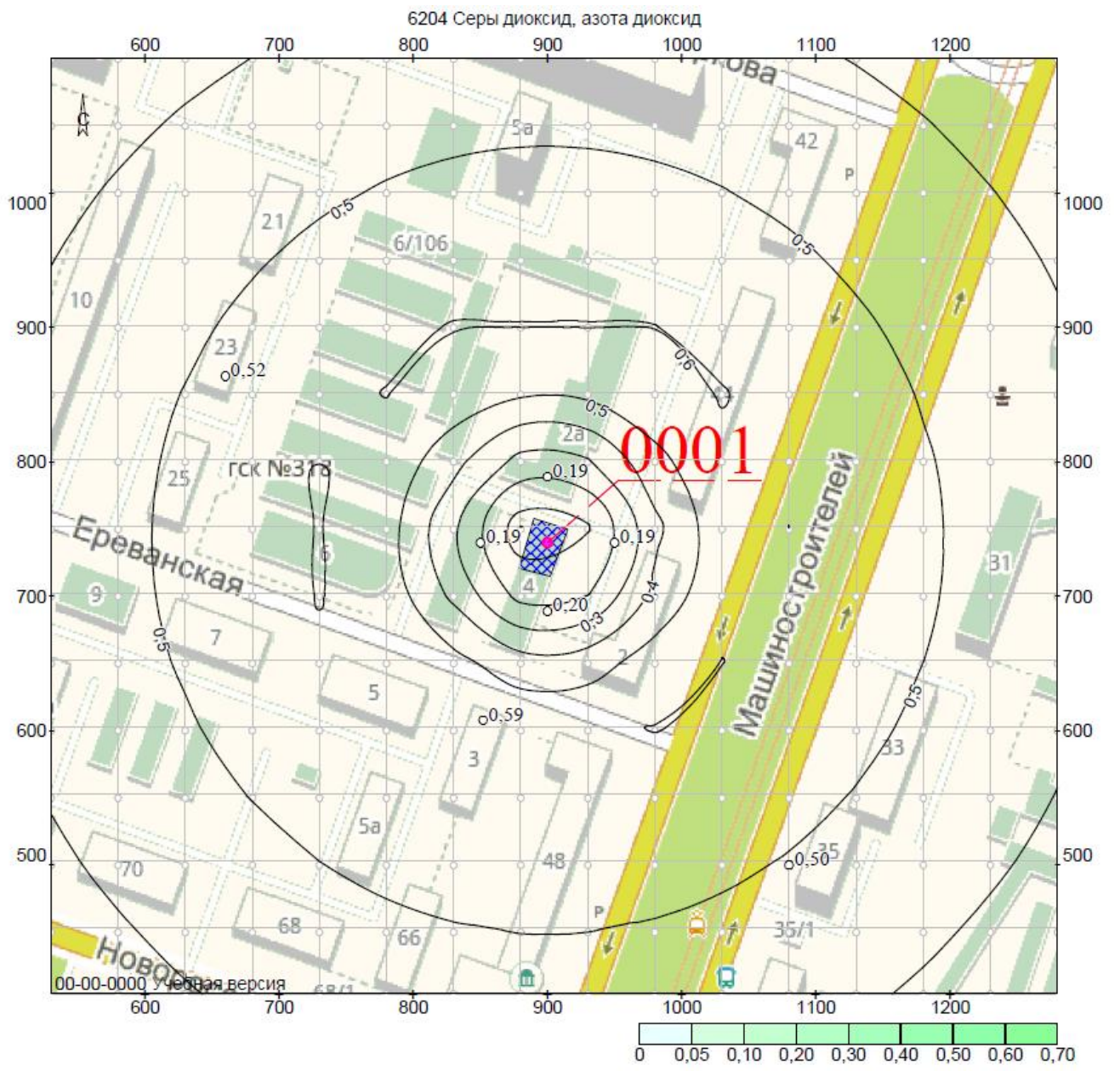
Объект: 1234, Котельная на каменном угле; вар.исх.д. 12345; вар.расч.1; пл.1(h=2м)
 Масштаб 1:5000

Рисунок Б-3 – Карта рассеивания взвешенных веществ.



Объект: 1234, Котельная на каменном угле; вар.исх.д. 12345; вар.расч.1; пл.1(h=2м)
 Масштаб 1:5000

Рисунок Б-4 – Карта рассеивания Азота диоксид, серы диоксид.



Объект: 1234, Котельная на каменном угле; вар.исх.д. 12345; вар.расч.1; пл.1(н=2м)
Масштаб 1:5000

Рисунок Б-5 – Карта рассеивания Серы диоксид, азота диоксид.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

УПРЗА ЭКОЛОГ, версия 3.00 Copyright © 1990-2009 ФИРМА "ИНТЕГРАЛ"

Серийный номер ,
Предприятие номер 1234; Котельная на мазуте

Город Челябинск

Отрасль 11100 Теплоэнергетика

Вариант исходных данных: 12345, Новый вариант исходных данных

Вариант расчета: 1, 123456

Расчет проведен на лето

Расчетный модуль: "ОНД-86 с учетом застройки"

Расчетные константы: E1= 0,01, E2=0,01, E3=0,01, S=999999,99

Метеорологические параметры

Средняя температура наружного воздуха самого жаркого месяца	24,1° С
Средняя температура наружного воздуха самого холодного месяца	-15,8° С
Коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы А	160
Максимальная скорость ветра в данной местности (повторяемость превышения в пределах 5%)	8 м/с

Структура предприятия (площадки, цеха)

Номер	Наименование площадки (цеха)
1	Здание котельной
1	Помещение котельной

Выбросы источников по веществам

Типы источников:

1 - точечный;

2 - линейный;

3 - неорганизованный;

4 - совокупность точечных, объединенных для расчета в один площадной;

5 - неорганизованный с нестационарной по времени мощностью выброса;

6 - точечный, с зонтом или горизонтальным направлением выборо

Вещество: 0301 Азота диоксид (Азот (IV) оксид)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	1	1	1	0,0144000	1	0,0043	176,2362	0,9730	0,0033	204,6564	1,1644
Итого:				0,0144000		0,0043			0,0033		

Вещество: 0304 Азот (II) оксид (Азота оксид)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	1	1	1	0,0100000	1	0,0015	176,2362	0,9730	0,0012	204,6564	1,1644
Итого:				0,0100000		0,0015			0,0012		

Вещество: 0328 Углерод (Сажа)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	1	1	1	1,3755350	1	0,5438	176,2362	0,9730	0,4245	204,6564	1,1644
Итого:				1,3755350		0,5438			0,4245		

Вещество: 0330 Сера диоксид (Ангидрид сернистый)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	1	1	1	0,0000200	1	0,0000	176,2362	0,9730	0,0000	204,6564	1,1644
Итого:				0,0000200		0,0000			0,0000		

Вещество: 0337 Углерод оксид

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	1	1	1	0,0335000	1	0,0004	176,2362	0,9730	0,0003	204,6564	1,1644
Итого:				0,0335000		0,0004			0,0003		

Вещество: 0703 Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	1	1	1	0,0000290	1	0,1720	176,2362	0,9730	0,1342	204,6564	1,1644
Итого:				0,0000290		0,1720			0,1342		

Посты измерения фоновых концентраций

№ поста	Наименование	Координаты поста	
		x	y

**Перебор метеопараметров при расчете
Набор-автомат**

Перебор скоростей ветра осуществляется автоматически

Направление ветра

Начало сектора	Конец сектора	Шаг перебора ветра
0	360	1

Расчетные области

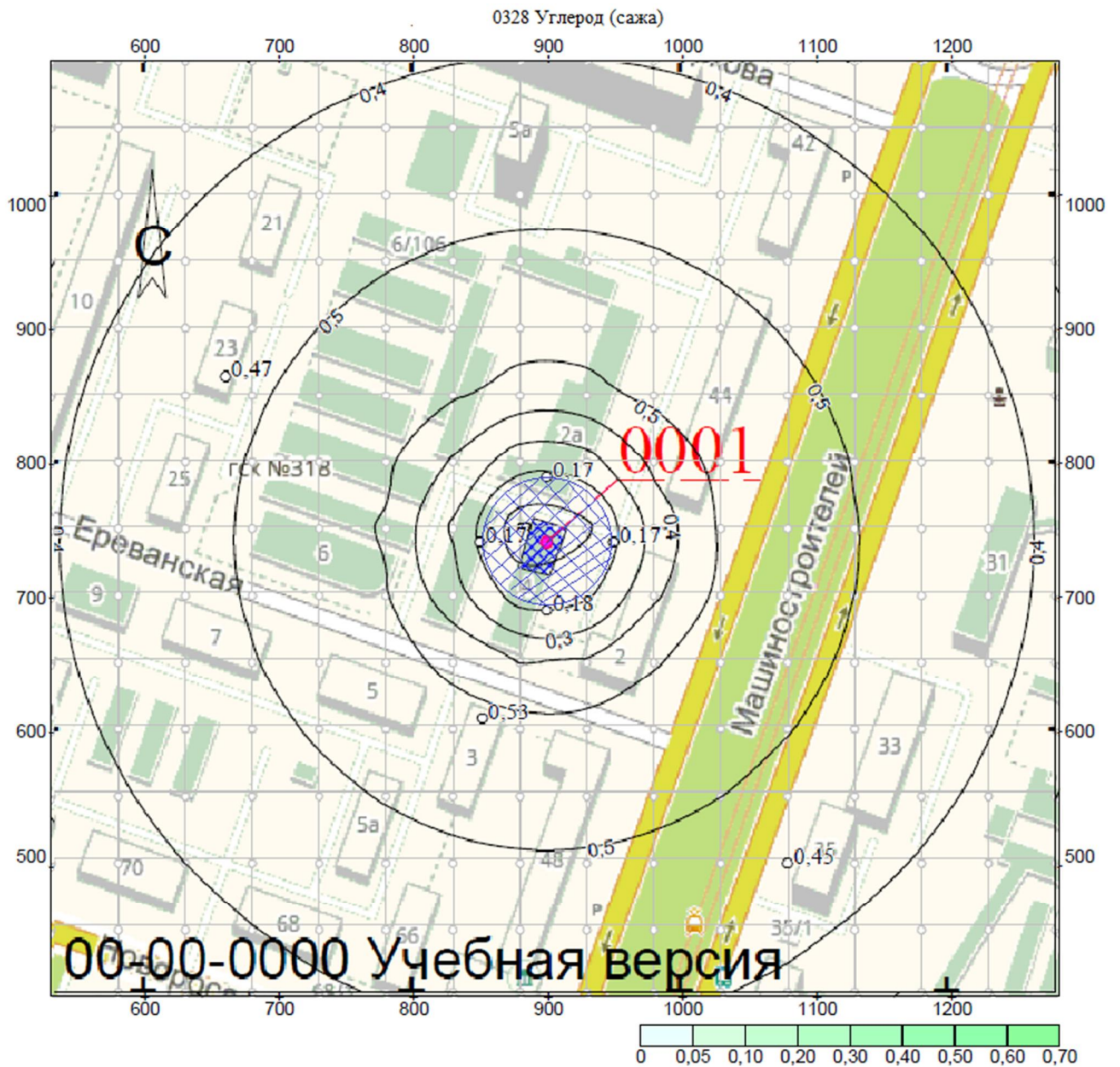
Расчетные площадки

№	Тип	Полное описание площадки				Ширина, (м)	Шаг, (м)	Высота, (м)	Комментарий	
		Координаты се- редины 1-й стороны (м)		Координаты сере- дины 2-й стороны (м)						
	X	Y	X	Y	X	Y				
1	Заданная		904	1100	904	404	752	50	50	0

Расчетные точки

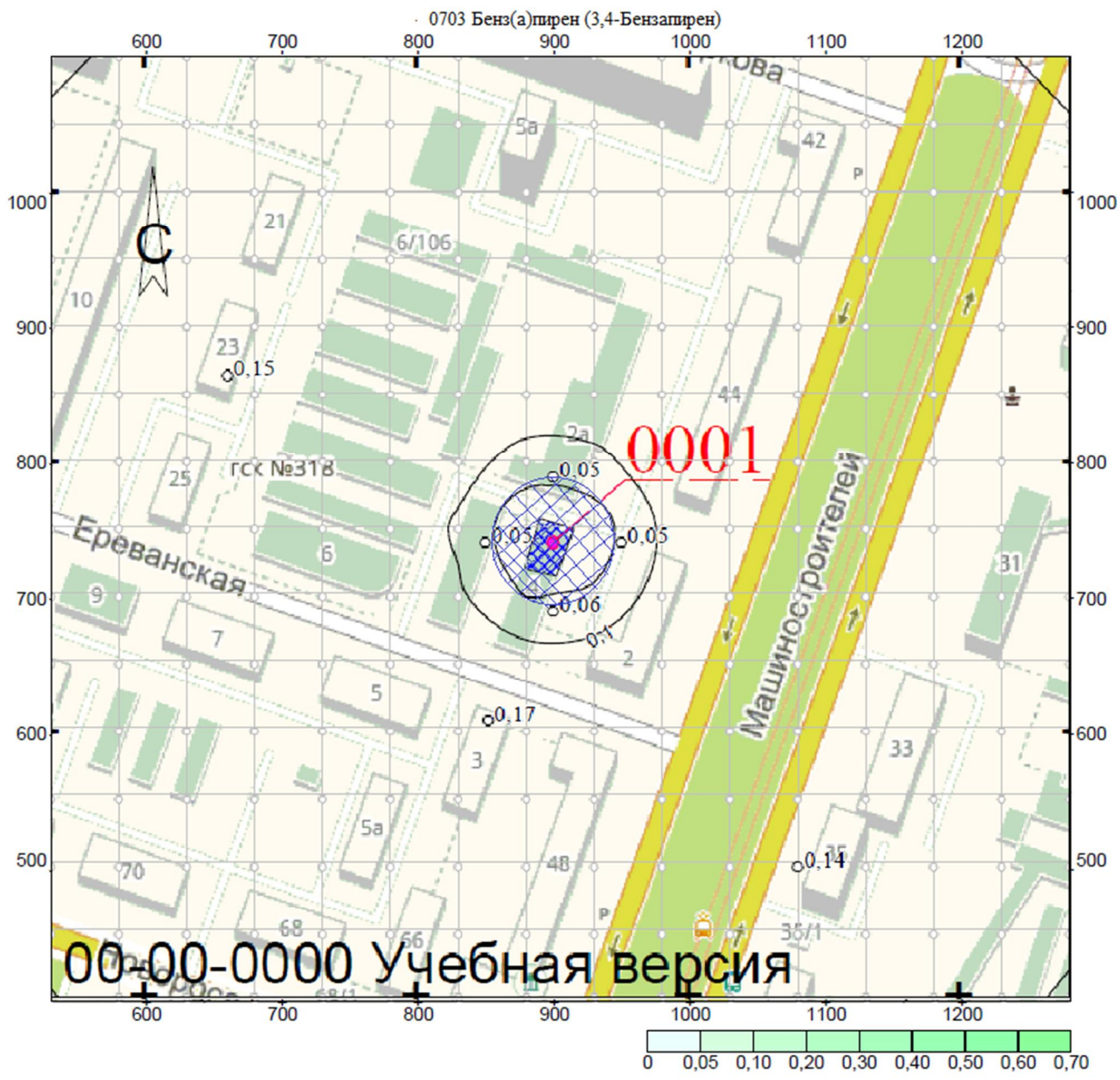
№	Координаты точки (м)		Высота (м)	Тип точки	Комментарий
	X	Y			
1	900,00	789,00	2	точка пользователя	
2	900,00	689,00	2	точка пользователя	
3	850,00	740,00	2	точка пользователя	
4	950,00	740,00	2	точка пользователя	
5	852,00	608,00	2	точка пользователя	
6	660,00	864,00	2	точка пользователя	
7	1080,00	500,00	2	точка пользователя	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г



Объект: 1234, Котельная на каменном угле; вар.исх.д. 12345; вар.расч.1; пл.1(h=2м)
Масштаб 1:5000

Рисунок Г-1 – Карта рассеивания Углерода (сажа).



Объект: 1234, Котельная на каменном угле; вар.исх.д. 12345; вар.расч.1; пл.1(н=2м)
 Масштаб 1:5000

Рисунок Г-2 – Карта рассеивания Бенза(а)пирена.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

УПРЗА ЭКОЛОГ, версия 3.00
Copyright © 1990-2009 ФИРМА "ИНТЕГРАЛ"

Серийный номер ,
Предприятие номер 1234; Котельная на пеллетах

Город Челябинск

Отрасль 11100 Теплоэнергетика

Вариант исходных данных: 12345, Новый вариант исходных данных

Вариант расчета: 1, 123456

Расчет проведен на лето

Расчетный модуль: "ОНД-86 с учетом застройки"

Расчетные константы: E1= 0,01, E2=0,01, E3=0,01, S=999999,99

Метеорологические параметры

Средняя температура наружного воздуха самого жаркого месяца	24,1° С
Средняя температура наружного воздуха самого холодного месяца	-15,8° С
Коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы А	160
Максимальная скорость ветра в данной местности (повторяемость превышения в пределах 5%)	8 м/с

Структура предприятия (площадки, цеха)

Номер	Наименование площадки (цеха)
1	Здание котельной
1	Помещение котельной

Выбросы источников по веществам

Типы источников:

1 - точечный;

2 - линейный;

3 - неорганизованный;

4 - совокупность точечных, объединенных для расчета в один площадной;

5 - неорганизованный с нестационарной по времени мощностью выброса;

6 - точечный, с зонтом или горизонтальным направлением выборо

Вещество: 0301 Азота диоксид (Азот (IV) оксид)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	1	1	1	0,0016000	1	0,0005	176,2362	0,9730	0,0004	204,6564	1,1644
Итого:				0,0016000		0,0005			0,0004		

Вещество: 0304 Азот (II) оксид (Азота оксид)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)

1	1	1	1	0,0010000	1	0,0001	176,2362	0,9730	0,0001	204,6564	1,1644
Итого:				0,0010000		0,0001			0,0001		

Вещество: 0328 Углерод (Сажа)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	1	1	1	0,0032000	1	0,0013	176,2362	0,9730	0,0010	204,6564	1,1644
Итого:				0,0032000		0,0013			0,0010		

Вещество: 0330 Сера диоксид (Ангидрид сернистый)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	1	1	1	0,000000e0	1	0,0000	176,2362	0,9730	0,0000	204,6564	1,1644
Итого:				0,000000e0		0,0000			0,0000		

Вещество: 0337 Углерод оксид

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	1	1	1	0,0012000	1	0,0000	176,2362	0,9730	0,0000	204,6564	1,1644
Итого:				0,0012000		0,0000			0,0000		

Вещество: 0703 Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	1	1	1	0,000000e0	1	0,0000	176,2362	0,9730	0,0000	204,6564	1,1644
Итого:				0,000000e0		0,0000			0,0000		

Вещество: 2902 Взвешенные вещества

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	1	1	1	0,0003840	1	0,0000	176,2362	0,9730	0,0000	204,6564	1,1644
Итого:				0,0003840		0,0000			0,0000		

Посты измерения фоновых концентраций

№ поста	Наименование	Координаты поста	
		x	y

**Перебор метеопараметров при расчете
Набор-автомат**

Перебор скоростей ветра осуществляется автоматически

Направление ветра

Начало сектора	Конец сектора	Шаг перебора ветра
0	360	1

Расчетные области

Расчетные площадки

№	Тип	Полное описание площадки				Ширина, (м)	Шаг, (м)	Высота, (м)	Комментарий
		Координаты се- редины 1-й стороны (м)		Координаты сере- дины 2-й стороны (м)					
		X	Y	X	Y				
1	Заданная	904	1100	904	404	752	50	50	0

Расчетные точки

№	Координаты точки (м)		Высота (м)	Тип точки	Комментарий
	X	Y			
1	900,00	789,00	2	точка пользователя	
2	900,00	689,00	2	точка пользователя	
3	850,00	740,00	2	точка пользователя	
4	950,00	740,00	2	точка пользователя	
5	852,00	608,00	2	точка пользователя	
6	660,00	864,00	2	точка пользователя	
7	1080,00	500,00	2	точка пользователя	

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

УПРЗА ЭКОЛОГ, версия 3.00 Copyright © 1990-2009 ФИРМА "ИНТЕГРАЛ"

Серийный номер ,
Предприятие номер 1234; Котельная на природном газе

Город Челябинск

Отрасль 11100 Теплоэнергетика

Вариант исходных данных: 12345, Новый вариант исходных данных

Вариант расчета: 1, 123456

Расчет проведен на лето

Расчетный модуль: "ОНД-86 с учетом застройки"

Расчетные константы: E1= 0,01, E2=0,01, E3=0,01, S=999999,99

Метеорологические параметры

Средняя температура наружного воздуха самого жаркого месяца	24,1° С
Средняя температура наружного воздуха самого холодного месяца	-15,8° С
Коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы А	160
Максимальная скорость ветра в данной местности (повторяемость превышения в пределах 5%)	8 м/с

Структура предприятия (площадки, цеха)

Номер	Наименование площадки (цеха)
1	Здание котельной
1	Помещение котельной

Выбросы источников по веществам

Типы источников:

1 - точечный;

2 - линейный;

3 - неорганизованный;

4 - совокупность точечных, объединенных для расчета в один площадной;

5 - неорганизованный с нестационарной по времени мощностью выброса;

6 - точечный, с зонтом или горизонтальным направлением выборо

Вещество: 0301 Азота диоксид (Азот (IV) оксид)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	1	1	1	0,0000960	1	0,0000	176,2362	0,9730	0,0000	204,6564	1,1644
Итого:				0,0000960		0,0000			0,0000		

Вещество: 0304 Азот (II) оксид (Азота оксид)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)

1	1	1	1	0,0000700	1	0,0000	176,2362	0,9730	0,0000	204,6564	1,1644
Итого:				0,0000700		0,0000			0,0000		

Вещество: 0337 Углерод оксид

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	1	1	1	0,0000540	1	0,0000	176,2362	0,9730	0,0000	204,6564	1,1644
Итого:				0,0000540		0,0000			0,0000		

Вещество: 0703 Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)

№ пл.	№ цех	№ ист.	Тип	Выброс (г/с)	F	Лето			Зима		
						См/ПДК	Xm	Um (м/с)	См/ПДК	Xm	Um (м/с)
1	1	1	1	0,000000e0	1	0,0000	176,2362	0,9730	0,0000	204,6564	1,1644
Итого:				0,000000e0		0,0000			0,0000		

Посты измерения фоновых концентраций

№ поста	Наименование	Координаты поста	
		x	y

**Перебор метеопараметров при расчете
Набор-автомат**

Перебор скоростей ветра осуществляется автоматически

Направление ветра

Начало сектора	Конец сектора	Шаг перебора ветра
0	360	1

Расчетные области

Расчетные площадки

№	Тип	Полное описание площадки				Ширина, (м)	Шаг, (м)	Высота, (м)	Комментарий
		Координаты середины 1-й стороны (м)		Координаты середины 2-й стороны (м)					
X	Y	X	Y	X	Y				
1	Заданная	904	1100	904	404	752	50	50	0

Расчетные точки

№	Координаты точки (м)		Высота (м)	Тип точки	Комментарий
	X	Y			
1	900,00	789,00	2	точка пользователя	
2	900,00	689,00	2	точка пользователя	
3	850,00	740,00	2	точка пользователя	
4	950,00	740,00	2	точка пользователя	
5	852,00	608,00	2	точка пользователя	
6	660,00	864,00	2	точка пользователя	
7	1080,00	500,00	2	точка пользователя	

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

	Топливо	Мазут		Природный газ		Каменный уголь		Пеллеты		ПДК _{сс}	ПДК _{мр}	Класс опасности
		Выбросы	Максимально-разовый выброс [г/с]	Валовой выброс [т/год]	Максимально-разовый выброс [г/с]	Валовой выброс [т/год]	Максимально-разовый выброс [г/с]	Валовой выброс [т/год]	Максимально-разовый выброс [г/с]			
301	Азот (IV) оксид (Азота диоксид)	0,00144	0,1456	0,000096	0,003064	3,255	0,02	0,0016	0.03008	0,04	0,2	3
304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,001	0,1	0,00007	0,0022	0,53	0,00325	0,001	0,02	0,06	0,4	3
337	Углерод оксид	0,00335	0,10475	0,000054	0,0017	0,02	0,6125	0,0012	0,036	3	5	4
703	Бенз/а/пирен (3, 4-Бензпирен)	9,3e-9	2,9e-8	6,33657e-13	1,97859e-11	0,000001	3,2E-08	6,3e-13	2e-11	1,0001		1
328	Сажа (кокс)	0.1375535	0,00102	0	0	0,018	0,562	0,0032	0,1	0,05	0,15	3
330	Оксид серы (в пересчете на SO ₂)	0,000002	0,0588	0	0	0,002232	0,072	0	0	0,05	0,5	3
2902	Взвешенные остатки	0	0	0	0	0,017	0,55	0,000384	0,012	0,15	0,5	3
	Удельная теплота сгорания, МДж	43,12		33,5		27		17,17				