



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра прикладной и системной экологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
бакалаврская работа

На тему «Оценка воздействия на окружающую среду деятельности котельной предприятия ООО «ПетербургГаз»»

Исполнитель _____ Третьяков Алексей Романович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____ кандидат технических наук
(ученая степень, ученое звание)

_____ Митрофанова Татьяна Николаевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

_____ (подпись)

_____ кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

_____ Алексеев Денис Константинович
(фамилия, имя, отчество)

06 06 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Общие сведения и характеристики угольных и газовых котельных ..	5
1.1 Элементы и состав оборудования котельной	5
1.2 Технические характеристики угольных котельных	6
1.3. Технические характеристики газовых котельных	10
Глава 2. Краткая характеристика хозяйственной деятельности ООО «Петербург газ».	14
2.1. Общие сведения и характеристика производственной площадки по адресу г. Кронштадт, Цитадельское шоссе д.10 лит А	14
2.2. Характеристика котельной и общие сведения о соответствии требованиям ООС.....	17
2.3. Обоснование размера санитарно-защитной зоны.....	20
Глава 3. Оценка воздействия котельной на окружающую среду	23
3.1. Характеристика предприятия как источника загрязнения атмосферного воздуха	23
3.1.1. Сравнительная характеристика выбросов ЗВ при функционировании котельной (газовой и угольной)	25
3.2. Оценка акустического воздействия	32
3.2.1. Оценка воздействия источников шума на окружающую среду котельной	34
3.3. Разработка природоохранных мероприятий для минимизации вреда окружающей среде в работе котельной	38
Заключение	411
Список литературы	Error! Bookmark not defined. 4
Приложение	488

Введение

Тепловая энергия является одной из самых распространенных видов энергии. Зачастую её используют для получения электричества, а также для различных бытовых и промышленных нужд, например, отопления помещений и горячего водоснабжения.

Для доставки горячей воды или водяного пара до пользователя используются специальные комплексы – это системы теплоснабжения. Главной составляющей сети теплоснабжения является котельная установка – это совокупность котла и вспомогательных установок. Для получения тепловой энергии в котле используют различные источники энергии от экологических солнечных, ветровых и геотермальных источников до органического и ядерного топлива.

По агрегатному состоянию органические виды топлива можно разделить на: жидкие, газообразные и твердые. Органическое топливо (уголь, мазут, газ) при сжигании на электростанции или в частной котельной выделяет в атмосферу различные продукты сгорания: золу, углекислый газ, оксиды азота, серы, углерода и другие. Данные вещества накапливаясь в атмосфере в больших количествах, приводят к нарушениям экологического равновесия и вызывают серьезные последствия в окружающей среде.

В настоящее время защите окружающей среды уделяется значительное внимание не только в нашей стране, но и во всем мире. Последовательно проводится политика декарбонизации мировой экономики, в частности предлагается постепенное сокращение использования угля в качестве энергоресурса из-за высокого, по сравнению с природным газом, уровнем выбросов твердых углеродных частиц и оксидов азота в атмосферу. Российская Федерация тоже принимает меры для постепенного перехода от угля в пользу более энергоёмких и экологически чистых видов топлива. Одной из таких мер является переоборудование котельных установок.

Оценка эффективности подобного перехода с экологической и экономической стороны имеет не только теоретическое, но и практическое значение, так как подобные исследования помогают оценить плюсы и минусы подобного перехода и изменение влияния на окружающую среду.

Актуальность выбранной темы объясняется необходимостью оценки влияния хозяйственной деятельности предприятий, имеющих котельные, для защиты природной среды и минимизация вреда выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при переходе на природный газ и альтернативные источники с последующим внедрением природоохранных мероприятий.

Цель исследования – анализ и оценка воздействия котельных ООО «Петербург газ» на окружающую среду и предложения по минимизации этого вреда.

Задачи:

- Провести анализ деятельности угольных и газовых котельных, с учетом технических и экологических характеристик;
- Дать характеристику производственной площадки, где находятся котельные и соответствие их требованиям по ООС и СЗЗ;
- Дать характеристику предприятия как источника загрязнения атмосферного воздуха;
- На основе анализ результатов по рассеиванию ЗВ, по акустическому рассеиванию и др. показателям выбрать оптимальный вариант котельной.

Для написания ВКР были использованы материалы из проекта обоснования границ санитарно-защитной зоны на объекте «Производственная площадка» предприятия ООО «ПетербургГаз» расположенная по адресу: г. Кронштадт, Цитадельское ш., д. 10, лит. А. Данные полученные при прохождении производственной практики в бюро специального проектирования «Сфера» и непосредственном участии в разработке проекта СЗЗ.

Глава 1. Общие сведения и характеристики угольных и газовых котельных

1.1 Элементы и состав оборудования котельной

Основным элементом электростанции или самостоятельным устройством для обеспечения отопления и горячего водоснабжения или промышленного тепло- и пароснабжения является котельная установка. Котельная – это комплекс связанных между собой тепловых энергоустановок, к основным её элементам относят:

- Котел – устройство, заполняемое водой и обогреваемое за счет энергии, получаемой в результате процесса сжигания топлива. В результате этого вода превращается в пар с давлением выше атмосферного или нагревается до необходимой температуры для дальнейшего использования вне самого устройства [6];
- Топка в которой сжигая топливо, получают нагретые до высоких температур дымовые газы;
- Газоходы, где перемещаются нагретые дымовые газы, соприкасаясь со стенками котла, отдавая им свою теплоту;
- Дымовые трубы, через которые дымовые газы выходят из газоходов в атмосферу.

Без этих частей не сможет функционировать даже самая простая теплогенерирующая установка. Кроме перечисленного основного оборудования для нормальной работы котла также необходима подготовка и подача топлива, удаление продуктов горения и др. Для этих целей на котельных также установлено вспомогательное оборудование, включающее:

- Тяговое устройство, создающее разрежение и усиливающее тягу, для быстрого удаления охлажденных дымовых газов и тем самым уменьшая размеры дымовой трубы;

- Устройства топливоподачи и пылеприготовления;
- Насосы – это питательные устройства для подачи воды в паровой котел.

Обычно в котельной устанавливаются баки в которых накапливаются конденсаты пара, поступившие от потребителя, а насосы откачивают эту воду и снова подают ее в паровой котел.

Большинство источников теплоснабжения представлено небольшими котельными установками с паровыми или водогрейными котлами. В зависимости от назначения они в свою очередь разделяются на энергетические, производственные, отопительные и производственно-отопительные [7].

Энергетические котельные установки производят пар на тепловых электростанциях. Эти установки оснащены котлами большой и средней мощности, производящими пар повышенных параметров. Производственно-отопительные и производственные котлы (паровые) производят перегретый пар под большим давлением (до 4 Мпа и 450 °С). Такой пар используют в различных отраслях промышленности от сушки и очистки до уплотнения растворов, а также для обеспечения теплом обогревателей, систем вентиляции и горячего водоснабжения [3]. Отопительные котлы (водогрейные) обеспечивают системы отопления, горячего водоснабжения и вентиляции жилых и производственных помещений.

1.2 Технические характеристики угольных котельных

Котельные установки на угле получили широкое распространение на территории России. Чаще всего их размещают в не газифицированных районах или регионах доставка газообразного жидкого топлива, в которые затруднительна. В случае с углем затраты на транспортировку минимальны и такая котельная работает с максимальной эффективностью.

Основными преимуществами угольных котлов являются:

- Доступность и низкая стоимость угля;
- Автономность т.е. независимость от магистральных энергоресурсов;
- Возможность эффективного сжигания даже угля низкого качества;
- Высокая пожарная безопасность – уголь не подвержен самовозгоранию;
- Низкая стоимость строительства котельной и низкие эксплуатационные расходы.

К основным недостаткам можно отнести:

- Необходимость иметь значительную площадь для хранения угля;
- Низкий уровень экологичности топлива;
- Затраты на ежедневную очистку топки от золы и шлаков;
- Необходимость очистки дымовых газов.

В зависимости от типа расположения угольные котлы принято подразделять на:

- Блочно-модульная котельная (Рисунок 1) – в последнее время подобные котельные становятся все более распространенными. Ее уникальными характеристиками являются миниатюрная прочная конструкция, высокая степень автоматизации и безопасности. Основное преимущество — это поставка максимально готового устройства сразу с завода в виде комплекса сложных транспортных модулей. Кроме комплекта основного оборудования в состав входит и вспомогательное (металлоконструкции, технические помещения). Такие котельные можно доставить не только железнодорожным, но и автомобильным транспортом. После доставки необходимо установить фундамент и подключить коммуникации;
- Стационарные – такие котельные строятся при невозможности установки блочно-модульных или требуется мощность больше 40 МВт. Они отличаются капитальными конструктивными элементами. Оборудование необходимо устанавливать на месте [1].



Рисунок 1 – Промышленная блочно-модульная котельная

В зависимости от степени механизации котельные разделяют на:

- Установки с ручным удалением шлака и загрузки топлива. Подача топлива в помещение с таким котлом осуществляется вручную с помощью тележки. Загрузка угля в топку и последующее удаление золы и шлака происходит также ручным способом;
- Механические котельные установки. Для механизации этих процессов мощность котла должна быть не менее 1 МВт. Автоматическая система топливоподачи включает дробилки, топливные бункеры, конвейеры (скребковые или ленточные) или ковшовые элеваторы. Удаление золы на таких котлах происходит гидравлическим или пневматическим способом [22].

Установив мощность, тип механизации и расположения котельной можно определить экологические показатели угольных котлов, которые обусловлены тремя факторами:

- Концентрация вредных газов в дыме (угарный газ, окислы серы и азота);
- Содержание в дымовых газах твердых загрязняющих частиц (золы уноса);
- Способы утилизации золы, хранения и загрузки угля.

1. Концентрация загрязняющих веществ в дыме. Опасные окислы возникают в результате сгорания азотосодержащих компонентов угля и серы. В котлах с низкой мощностью (до 4 МВт) невозможно повлиять на образование этих окислов, поэтому их концентрация определяется начальным содержанием этих веществ в угле [27]. Поэтому в подобных установках нормируется только полнота сгорания углерода, тем самым сокращая выбросы сажи и угарного газа. Экологические показатели по этому параметру гораздо выше у автоматических котельных установок, это достигается более равномерной подачей угля. Так для бурого угля содержание СО допускается 4000 мг/м^3 , а для котлов с ручной топкой только от 10000 мг/м^3 – это в 2.5 раза хуже [5].

2. Утилизация золы. Зола является несгораемым остатком из минеральных примесей топлива и относится к малоопасным отходам V класса. Количество золы, образовавшейся при сгорании угля, зависит только от исходной концентрации минеральных веществ в сжигаемом угле [2]. Зольность в зависимости от качества топлива может колебаться от 5-10% до 30-50% общей массы угля. Повышение экологических показателей этого критерия зависит не от технологий сжигания угля (минеральную пыль нельзя сжечь), а от способов золоудаления. Так, в небольших котельных установках зола механически выгребается из котла и складировается на территории. В процессе складирования вредные вещества с осадками вымываются в почву и грунтовые воды или попадают в атмосферу [9]. Поэтому на современные котельные установки работающие на угле устанавливаются герметичные кассетные зольники. В них несгоревшие остатки можно складировать или перевозить на золоотвалы с минимальной опасностью для окружающей среды

3. Зола уноса. Количество золы уноса зависит от вида сжигаемого угля. Так, бурый уголь склонен к «микровзрывам» в результате испарения связанной воды, а каменный к спеканию в шлак. Для сокращения выбросов твердых частиц в дымовых канал котельных установок создают полости, в которых резко снижается направление и скорость потока, позволяя собрать золу в кассетные зольники. Число полостей зависит от мощности котельной. Так в

котлах до 100 кВт их всего две, а в котлах от 300 кВт и выше устанавливают многоходовые теплообменники, в них зольники расположены последовательно после каждого нечетного хода газов [30]. Такая конструкция позволяет собирать большинство крупнодисперсных частиц, которые составляют основную массу пробы при экологических замерах.

1.3. Технические характеристики газовых котельных

Котельная установка, работающая на газообразном топливе, представляет собой комплекс устройств, предназначенных для получения энергии в виде пара и горячей воды за счет сжигания газа. Котельные работающие на газообразном топливе имеют ряд преимуществ перед угольными котлами. Например, переход на газ повышает КПД установки в среднем на 5-8%. Газ сгорает полностью без образования золы и шлака, что уменьшает расходы на чистку дымо- и газоходов и позволяет сделать котельную полностью автоматической [12].

По типу перемещения продуктов сгорания и воды коты подразделяются на две группы:

- Газотрубные – в которых газы циркулируют внутри труб;
- Водотрубные – в которых вода, нагретая до температуры кипения или пароводяная смесь циркулирует внутри труб.



Рисунок 2 – Промышленные газовые котлы

Основным элементом, отличающим газовые котельные от угольных, является газовая горелка. Они осуществляют подачу газу и воздуха в зону горения, создавая условия для устойчивого и полного сгорания топлива. По типу подачи газа котельные подразделяются на:

- Инжекторные с принудительной подачей воздуха или инжектирующего газа;
- Блочные (надувные) с принудительной подачей воздуха от встроенного вентилятора;
- Турбинные с подачей воздуха за счет давления газа.

Все горелки в независимости от типа схожи во многих конструктивных элементах: смесителями для перемешивания газа с воздухом, соплом для подачи определенного объема газа и стабилизаторы обеспечивающие устойчивый процесс горения. КПД на подобных установках может достигать 97-99% [2].

Также в зависимости от размера горелки выделяют промышленные котлы большой и малой мощности. У котлов мощностью больше 100 кВт устанавливают факельное устройство. Для этого на одну из стенок устанавливается специальное сопло, через которое выходит газозвудушная смесь.

Уровень загрязнения атмосферного воздуха выбросами зависит от технологического режима работы котельной, конструктивных особенностей, вида используемого топлива и других особенностей эксплуатации котельной. Вне зависимости от размера, типа и назначения работа котельной сопровождается выбросом загрязняющих веществ, оказывающих негативное воздействие на состояние атмосферы.

В котельных сжигающих природный газ в отличие от установок, работающих на угле, практически не образуются зола и шлак. Основными продуктами реакции горения являются пары воды и углекислый газ, кроме них в атмосферу попадают оксиды азота и оставшийся кислород. Если сгорание происходит не полностью, то в воздух попадают и другие горючие вещества – водород, сажа, угарный газ и т.д. Неполное сгорание происходит в следствии некачественно приготовленной смеси топливо-воздух, высокой температуры в топке и низкой скорости горения [27]. Для частичного решения данной проблемы в системы теплоснабжения устанавливаются топливосберегающие конденсационные котлы (Рисунок 3).



Рисунок 3 – Конструкция конденсационного газового котла.

Конденсационные котлы позволяют существенно сократить расход топлива. Происходит это в результате восстановления скрытого тепла, содержащегося в водяном паре с последующей конденсацией и передачи этого

тепла обратно к теплоносителю. В результате конденсации водяного пара устоявшийся КПД котла может увеличиться от 80 до 98%, что в первую очередь влияет на перерасход топлива [26].

Для уменьшения выбросов загрязняющих веществ на конденсационные котлы устанавливают инфракрасные горелки с полным перемешиванием смеси топливо-воздух. В конструкцию такой горелки установлены модулирующий газовый клапан и вентилятор для достижения оптимального состава горючей смеси. Рабочая поверхность горелки представляет собой сетку из легированной стали, на поверхности которой происходит беспламенное горение.

Основными достоинствами комбинации конденсационного котла с системой беспламенного горения являются:

- Расход топлива ниже в сравнении с обычными котельными установками;
- Конденсационная часть установки является мокрым сажеуловителем;
- Инфракрасная горелка сокращает вероятность недожога топлива, следовательно, уменьшает концентрацию вредных веществ, уходящих в атмосферный воздух с продуктами сгорания.

Глава 2. Краткая характеристика хозяйственной деятельности ООО «Петербург газ».

2.1. Общие сведения и характеристика производственной площадки по адресу г. Кронштадт, Цитадельское шоссе д.10 лит А

В 2021 году организацией ООО «ПетербургГаз» размещен материальный склад песка и щебня площадью по 15 м² (на песок и щебень) на территории объекта. Данный объект представляет собой промышленную площадку по адресу г. Кронштадт, Цитадельское ш., д. 10 лит. А. и включен в санитарную классификацию, как материальный склад и составляет 50 м² [21]. Обоснование и установление границ санитарно-защитной зоны было разработано фирмой ООО «ТехноТерра». Объект используется, как пункт по очистке природного газа от механических примесей с последующим добавлением одоранта. К потребителям газ поступает из подобных пунктов. В 2012 г. на территории промплощадки был проведен капитальный ремонт помещений и прилегающей территории, с установкой современного оборудования.

На территории промышленной площадки ООО «ПетербургГаз» площадью 7666 м² расположены:

- Административно-эксплуатационное здание;
- Здание ГРП высокого давления;
- Здание, в котором расположены подсобные помещения;
- Дизель-генератор;
- Открытая стоянка автотранспорта;
- Склад песка и щебня.

1. Административно-эксплуатационное здание. Ранее для тепло и водоснабжения здания использовался твёрдотопливный котел на каменном угле марки ПОРМЕТЕЙ 80, но в 2012 он был переоборудован. Для теплоснабжения

и горячего водоснабжения используется собственная котельная, работающая на природном газе. Котельная укомплектована котлом GRIZZLY 85. Резервное топливо отсутствует. Также котельная оборудована насосами («Oasis» CN-25/6 – 2 шт., «Oasis» CR-32/8 – 1 шт.). Внутри здания выделено отдельное помещение для мастерских. В них ведутся металлообрабатывающие и сварочные работы. Для металлообработки используют сверлильный и точильный станки. Станки работают без смазочно-охлаждающей жидкости по 150 часов в год. Непрерывность производственного цикла сверлильного станка – 5 мин, точильного – 1 мин. Помещение ремонтного участка не оборудовано вытяжной вентиляцией, выброс загрязняющих веществ осуществляется через оконный проем. Также к административному зданию примыкает закрытая стоянка автотранспорта (гараж для служебных автомобилей на 2 машины). Системой вытяжной вентиляции гараж не оснащен

2. *Здание ГРП высокого давления.* На территории промышленной площадки размещен газорегуляторный пункт. Он предназначен для снижения давления до заданного, поддержания этого давления и поставку потребителям природного газа. Газ через входной газопровод поступает на фильтр, где очищается от механических примесей, и через предохранительно - запорный клапан подается в регулятор давления, где давление газа снижается и поддерживается постоянным, независимо от расхода [28]. В случае повышения давления газа после регулятора выше допустимых значений, например в результате сбоя работы регулятора давления газа – срабатывает предохранительно-сбросной клапан (ПСК), в результате чего, излишки давления сбрасываются в атмосферу. Если давление газа продолжает возрастать и, сброс газа через ПСК достаточного эффекта не дал, срабатывает предохранительно-запорный клапан (ПЗК) и доступ газа потребителю через эту линию редуцирования прекращается [29].

В процессе стравливания газа при плановых осмотрах (ревизиях) оборудования ГРП, продувках фильтров, проверке параметров срабатывания

предохранительно-запорных и сбросных клапанов через продувочные свечи в атмосферу выделяются: метан, смесь природных меркаптанов.

Для теплоснабжения здания ГРП использовалась котельная работающая на угле ПРОМЕТЕЙ 40. В 2012 году она была заменена на котел, работающий на природном газе. Текущая котельная укомплектована одним водогрейным котлом WOLF NG-2E-48 85. Резервное топливо отсутствует.

3. *Аварийный дизель-генератор.* Для обеспечения бесперебойной работы в случае отключения электроэнергии на площадке установлен аварийный дизель-генератор марки SDMO J110 номинальной мощностью 80кВт. Эксплуатационная мощность- 40кВт.

4. *Открытая стоянка автотранспорта.* На территории предприятия находится открытая стоянка машино-мест: 10 легковых автомобилей сотрудников и микроавтобус Ford Tranzit. Легковые автомобили заезжают на территорию 365 раз в год, микроавтобус- 3 раза в сутки 365 дней в год.

5. *Склад инертных материалов.* Для нужд бригад, выезжающих на различные ремонтные работы газовых сетей в подземном исполнении, на площадке имеется открытый склад песка (15м²) и щебня (15м²).

Инженерное обеспечение предприятия (канализация и электроснабжение) осуществляется от городских инженерных коммуникаций. Вентиляция помещений боксов естественная, без механического побуждения. Забор воздуха на горение осуществляется непосредственно из помещения котельной. Отопление котельной осуществляется за счет тепловыделений от технологического оборудования и посредством системы воздушного отопления.

Также на территории имеется главный въезд для грузовых и легковых автомобилей, а также пожарной техники. Для заезда на территорию пожарных машин, техники для ликвидации аварийных ситуаций используется заезд через главный въезд по внутренней дороге и далее по всей территории и к каждому объекту. До 2012 года на территории промплощадки располагались склад угля для котельной и крышной золоотвал (Приложение А).

2.2. Характеристика котельной и общие сведения о соответствии требованиям ООС

Для теплоснабжения и горячего водоснабжения административно-эксплуатационное здание и ГПП оборудованы котельными. В здании администрации установлен водогрейный котел GRIZZLY 85 (Рисунок 4) со следующей схемой эксплуатации:

- Годовой расход топлива – 49 000 м³/год;
- Максимальный часовой расход природного газа- 9,8 м³/час;
- Время работы котла в год, час - 24 ч в сутки, 365 дней в год;



Рисунок 4 – Газовый-отопительный котел GRIZZLY 85 вид спереди и сзади

Данная установка предназначена для нагрева отопительной воды, а в случае работы с непрямонагреваемым резервуаром и для нагрева ГВС. Котел оснащен системой газового распределения с 9 трубками горелок. Подача газа в котел в зависимости от требуемого состояния системы регулируется после зажигания комбинированной газовой системой. Зажигание проводится запальной горелкой и после розжига газ подаётся на главную горелку. Максимальная мощность может достигать 85 кВт при этом КПД составляет 91%. Отвод продуктов сгорания из котла контролируется коллектором. Он в

свою очередь соединен с прерывателем тяги, который подключается к дымоходу. Для контроля и отслеживания температуры газов на выходе коллектор оборудован термостатом с системой контроля тяги дымохода. При превышении его температуры термостат и котел отключаются (закрывается подача газа в горелку) [16].

Второй газовый отопительный котел WOLF NG-2E-48 (Рисунок 5) установлен в здании газораспределительного пункта и используется только для теплоснабжения. Данная установка имеет следующий рабочий график:

- Годовой расход топлива – 26841,6 м³/год;
- Максимальный часовой расход природного газа- 4,8 м³/час;
- Время работы котла в год, час - (5592 часов в год);



Рисунок 5 – Газовый-отопительный котел WOLF NG-2E-48 без бойлера

Котел оборудован газовой атмосферной горелкой с 5 форсунками. Также для повышения производительности он оборудован датчиками погодных условий с системой регулировки. Система розжига аналогична котлу в административном здании. Система отвода газов схожа с котлом GRIZZLY, но система удаления отходящих газов не автоматическая. Для её контроля необходимо периодически проверять давление. В изгибах трубы для отвода отходящих газов также проделаны отверстия для чистки [17].

До 2012 года горячее водоснабжение и отопление обеспечивалось с помощью угольных котлов ПРОМЕТЕЙ на 80 кВт в административном здании и 40 кВт в помещении газораспределительного пункта. Это котлы со сварной стальной камерой и стальным трубчатым теплообменником работали по следующему графику:

1. ПРОМЕТЕЙ 80

- Годовой расход топлива – 160 000 кг/год;
- Максимальный часовой расход угля - 30 кг/час;
- Время работы котла в год, час - 24 ч в сутки, 365 дней в год;

2. ПРОМЕТЕЙ 40

- Годовой расход топлива – 21 000 кг/год;
- Максимальный часовой расход угля – 15 кг/час;
- Время работы котла в год, час - (5592 часов в год);

Конструкция котлов разработана для сжигания сухого бурого угля и каменного угля некоторых сортов и также их смеси. В качестве топлива использовался каменный уголь марки Д с размером фракций 5-50мм, зольностью порядка 14-19% и теплотой сгорания 3000-5500 ккал/кг. Образовавшиеся во время работы котла зола и шлак автоматически отправлялись в зольник. Дымовые газы вытягивались из котла и нагнетались в дымовую трубу дымососом. Так как температура отходящих газов невелика достаточно обычной металлической дымовой трубы [18].

Крышные, встроенно-пристроенные котельные установки мощностью меньше 200 Гкал не являются опасным загрязнителям окружающей среды. Размещение подобных котельных осуществляется в каждом конкретном случае на основании расчетов рассеивания загрязнений атмосферного воздуха и физического воздействия на атмосферный воздух, а также на основании результатов натурных исследований и измерений [21].

До 2012 года на территории промплощадки для безопасного хранения угля был создан открытый склад. Площадка выполнена из выровненного и

плотно утрамбованного естественного грунта. К самому складу проложена дорога для автотранспорта. Так как складирование угля, его разгрузка и загрузка – это также часть единого технологического процесса при эксплуатации котельной, поэтому его санитарно-защитная зона приравнивается к зоне котельной в случае не превышения ПДК [25].

Образующаяся в результате работы котельной зола является отходом производства V категории. Для данного отхода не нужны особые условия хранения, но для уменьшения пыления на территории предприятия была создана специальная площадка под навесом для размещения контейнеров. К площадке организован подъезд автотранспорта [20]. Зола собиралась из зольников с последующей упаковкой в герметичные пластиковые мешки, которые хранились до передачи в контейнеры, оборудованные крышками. После заполнения контейнеров их передавали на размещение в специализированные организации, арендующие полигон.

2.3. Обоснование размера санитарно-защитной зоны.

На рассматриваемой промплощадке расположены склады увлажненного песка и щебня (ранее на площадке размещалась зола). Данные материалы являются объектами V класса опасности – регламентированная СЗЗ составляет 50м [21].

Ориентировочный размер СЗЗ выдержан. Ближайшая жилая застройка расположена в восточном направлении на расстоянии 405 м – жилой дом №42 по ул. Зосимова.

Земельный участок, на котором расположена промышленная площадка, находится в территориальной зоне ТПД 1 – многофункциональные зоны с включением объектов производственного, складского назначения, инженерной инфраструктуры и общественно-деловой застройки [15].

Согласно текстовым данным представленным комитетом по градостроительству и архитектуре г. Санкт-Петербурга и составленному по этим данным плану градостроительного зонирования населенного пункта (Приложение Б), земельный участок объекта ограничен:

- на севере – с проезжей частью Цитадельского шоссе, далее с котельной ГУП «ТЭК СПб» и канализационной насосной станцией перекачки ГУП «Водоканал СПб» (за проезжей частью зона *ТИ1-2* – зона объектов инженерной и транспортной инфраструктуры, коммунальных объектов, объектов санитарной очистки II и III классов опасности);

- на северо-востоке – с проезжей частью Цитадельского шоссе, далее с котельной ГУП «ТЭК СПб», далее с незастроенной территорией, Кронверкским каналом и на расстоянии 195 м с территорией Морского кадетского корпуса (за проезжей частью зона *ТИ1-2*);

- на востоке – на расстоянии 10 м со зданием Цитадельское ш., д.4, лит. А (внутри расположены СТО, далее на расстоянии 75 м от границы промплощадки с территорией общеобразовательной школы №424, далее с Кронверкским каналом и на расстоянии 205 м с территорией Морского кадетского корпуса, и на расстоянии 212 м от границы участка – со спортивной площадкой Морского кадетского корпуса, далее на расстоянии 405 м – жилой дом №42 по ул. Зосимова (участок СТО - зона *ТПД_1* – многофункциональные зоны с включением объектов производственного, складского назначения, инженерной инфраструктуры и общественно-деловой застройки, территория школы – *ТД1-2_2* – общественно-деловая подзона объектов многофункциональной общественно-деловой застройки);

- на юго-востоке – с незастроенной территорией, далее на расстоянии 35 м от границы участка СТО (зона *ТР2* – зона рекреационного назначения – зеленых насаждений общего и зеленых насаждений ограниченного пользования с включением объектов инженерной инфраструктуры);

- на юге, юго-западе – с незастроенной территорией, далее с акваторией Финского залива (зона *TP2*);
- на западе – с незастроенной территорией, и на расстоянии 25 м с территорией воинской части, на которой расположены нежилые здания (незастроенная зона - зона *TP2*, территория воинской части - зона *TK* – зона специального назначения военных и иных режимных объектов с включением объектов общественно-деловой и жилой застройки, связанных с обслуживанием объектов данной зоны, а также объектов инженерной инфраструктуры);
- северо-западе – с проезжей частью Цитадельского шоссе, далее с незастроенной территорией и заброшенными зданиями (за проезжей частью зона *ТИ1-2*).

Основываясь на данных производственной деятельности промышленной площадки, находящихся на её территории зданий, используемого оборудования и положений пункта 1. Правил установления санитарно-защитных зон и использования земельных участков, расположенных в границах санитарно-защитных зон, утвержденных Постановлением Правительства РФ от 3 марта 2018 г. N 222 "Об утверждении Правил установления санитарно-защитных зон и использования земельных участков, расположенных в границах санитарно-защитных зон" рассматриваемый объект : «Производственная площадка», по адресу: г. Кронштадт, Цитадельское ш., д. 10, лит. А, не является источников химического, физического, биологического воздействия на среду обитания человека и организация санитарно-защитной зоны не требуется [13].

Для подтверждения этих выводов была проведена оценка воздействия объекта на окружающую среду. Результаты расчётов и измерений загрязнения атмосферы и акустического воздействия шума представлены в следующей главе.

Глава 3. Оценка воздействия котельной на окружающую среду

3.1. Характеристика предприятия как источника загрязнения атмосферного воздуха

Основным видом деятельности предприятия ООО «ПетербургГаз» является эксплуатация и ремонт газовых сетей. Данная промышленная площадка представляет собой земельный участок, деятельность которого не включена в санитарную классификацию. Основные работы по ремонту газовых сетей осуществляются за границами рассматриваемой промплощадки, на выезде.

Согласно проведенным исследованиям источниками выделения загрязняющих веществ в атмосферный воздух будут являться:

- ИЗА №0001. Дымовая труба котельной в административно-эксплуатационном здании;
- ИЗА №0002. Дымовая труба котла в здании ГРП;
- ИЗА №0003. Продувочная свеча (стравливание газа при ремонте и продувке пылеуловителей);
- ИЗА №0004. Продувочная свеча (стравливание газа из линий редуцирования);
- ИЗА №0005. Продувочная свеча (стравливание газа при проверке предохранительно-запорных и сбросных клапанов);
- ИЗА №0006. Дымовая труба аварийного дизель-генератора;
- ИЗА №6001. Ремонтный участок;
- ИЗА №6002. Сварочные работы на территории предприятия;
- ИЗА №6003. Гараж;
- ИЗА №6004. Проезд сторонних а/м;
- ИЗА №6005. Открытая стоянка а/м;

- ИЗА №6006. Склад щебня;
- ИЗА №6007. Работа погрузчика;
- ИЗА №6008. Проезд а/м, доставляющих сыпучие материалы.

Всего на территории промплощадки выявлено 14 источников выбросов, из них 8 неорганизованных площадных и 6 организованных точечных источника (Приложение В). Перечень загрязняющих веществ, которые будут выбрасываться в атмосферу в период эксплуатации объекта, значения предельно-допустимых концентраций (ПДК) и класс опасности данных веществ, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Перечень выбрасываемых загрязняющих веществ [19]

Вещество		Использ. критерий	Значение критерия, мг/м ³	Класс опасности
Код	Наименование			
123	диЖелезо триоксид (Железа оксид)	ПДК с/с	0.04	3
143	Марганец и его соединения	ПДК м/р	0.01	2
301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	ПДК м/р	0.2	3
304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	ПДК м/р	0.4	3
328	Углерод (Сажа)	ПДК м/р	0.15	3
330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	ПДК м/р	0.5	3
337	Углерод оксид	ПДК м/р	5	4
342	Фтористые газообразные соединения	ПДК м/р	0.02	2
344	Фториды плохорастворимые	ПДК м/р	0.2	2
410	Метан	ОБУВ	50.0	0
703	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	ПДК с/с	1.00*10 ⁻⁶	1
1325	Формальдегид	ПДК м/р	0.05	2
1716	Смесь природных меркаптанов	ПДК м/р	0.00005	3
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый)	ПДК м/р	5	4
2732	Керосин	ОБУВ	1.2	0
2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO ₂	ПДК м/р	0.3	3
2930	Пыль абразивная (Корунд белый)	ОБУВ	0.04	0
Всего веществ: 17				
В том числе твердых: 7				
Жидких/газообразных: 10				

Далее были рассчитаны максимальные и валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

3.1.1. Сравнительная характеристика выбросов ЗВ при функционировании котельной (газовой и угольной)

Оценка выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на период эксплуатации выполнена расчетным методом с использованием утвержденных методик для расчета, нормирования и контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. В связи с вступлением в силу распоряжения Минприроды России от 28 июня 2021 г. № 22-Р готовые проектные данные были пересчитаны в соответствии с новой методикой.

Для перерасчета использовалась обновленная методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 30 Гкал в час [9]. Были рассчитаны выбросы 5 газообразных (оксиды азота, оксид углерода, оксиды серы и безопорен) и 2 твердых (сажа, зола) загрязнителя по следующим формулам.

Суммарное количество оксидов азота NO_x в пересчете на NO_2 (г/с, т/год) выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами, определяются по формуле

$$M_{NO_x} = B * Q_i^r * K_{NO_2}^r * \beta_t * (1 - \beta_\delta) * k_n, \quad (1)$$

где B – расход натурального топлива за рассматриваемый период, nm^3/c (тыс. $nm^3/год$);

Q_i^r - низшая теплота сгорания топлива, МДж/ nm^3 ;

$K_{NO_2}^r$ – удельный выброс оксидов азота при сжигании газа, г/МДж;

β_t – безразмерный коэффициент, учитывающий температуру воздуха, подаваемого для горения;

β_δ – безразмерный коэффициент, учитывающий ступенчатый ввод воздуха в топочную камеру;

k_n – коэффициент пересчета, при определении выбросов в г/с $k_n = 1$, при определении выбросов в тоннах в год $k_n = 10^{-3}$.

Суммарное количество оксидом серы M_{SO_2} , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами, вычисляют по формуле

$$M_{SO_2} = 0,02 * B * S^r * (1 - \eta'_{SO_2}) * (1 - \eta''_{SO_2}), \quad (2)$$

где B – расход натурального топлива за рассматриваемый период, $\text{нм}^3/\text{с}$ ($\text{тыс.нм}^3/\text{год}$);

S^r – содержание серы в топливе на рабочую массу, %;

η'_{SO_2} – доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле;

η''_{SO_2} – доля оксидов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе попутно с улавливанием твердых частиц.

Расчет количества выбросов СО выполняется по данным инструментальных замеров. При отсутствии таких данных ориентировочная оценка суммарного количества выбросов оксида углерода M_{CO} , может проводится по следующей формуле

$$M_{CO} = 10^{-3} * B * Q_i^r * K_{CO} * \left(1 - \frac{q_4}{100}\right), \quad (3)$$

где B – расход натурального топлива за рассматриваемый период, $\text{нм}^3/\text{с}$ ($\text{тыс.нм}^3/\text{год}$);

K_{CO} – количество оксида углерода, образующееся на единицу тепла, выделяющегося при горении топлива;

Q_i^r – низшая теплота сгорания топлива, $\text{МДж}/\text{нм}^3$;

q_4 – потери тепла в следствии механической неполноты сгорания топлива, %.

k_n – коэффициент пересчета, при определении выбросов в $\text{г}/\text{с}$ $k_n = 1$, при определении выбросов в тоннах в год $k_n = 10^{-3}$.

Выброс бенз(а)пирена, поступающего в атмосферу с дымовыми газами, рассчитывается по формуле

$$M_{\text{бп}} = B * C_{\text{бп}} * V_{\text{сг}} * k_n, \quad (4)$$

где B – расход натурального топлива за рассматриваемый период, $\text{нм}^3/\text{с}$ ($\text{тыс.нм}^3/\text{год}$);

C_{bn} – концентрация бенз(а)пирена в топливе, %

V_{cz} – расчет объёма сухих дымовых газов при н.у., образующихся при полном сгорании 1кг (нм³) топлива.

k_n – коэффициент пересчета, при определении выбросов в г/с $k_n = 1$, при определении выбросов в тоннах в год $k_n = 10^{-3}$.

Суммарное количество твердых частиц (летучей золы и коксовых остатков) $M_{тв}$, поступающих в атмосферу с дымовыми газами котлов, вычисляют по формуле

$$M_{тв} = 0,01 * B * \left(a_{ун} * A^r + q_4 \frac{Q_i^r}{32,68} \right) * (1 - \eta_3), \quad (5)$$

где B – расход натурального топлива за рассматриваемый период, нм³/с (тыс.нм³/год);

A^r – зольность топлива на рабочую массу, %;

$a_{ун}$ – доля золы топлива в уносе, %;

Q_i^r – низшая теплота сгорания топлива, МДж/нм³;

q_4 – потери тепла в следствии механической неполноты сгорания топлива, %;

η_3 – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях.

Далее количество летучей M_3 , входящее в суммарное количество твердых частиц, уносимых в атмосферу, вычисляют по формуле

$$M_3 = 0,01 * B * a_{ун} * A^r * (1 - \eta_3), \quad (6)$$

Количество коксовых остатков (сажи), образовавшихся в топке в результате механического недожога топлива и выбрасываемых в атмосферу определяют по формуле

$$M_K = M_{тв} - M_3 \quad (7)$$

В настоящий момент на территории промплощадки расположены две котельных, работающих на газовом топливе (ист. №0001, 0002). Также для сравнения значений выбросов и экологической оценки рациональности перехода с бурого угля на газ были рассчитаны максимальные и валовые

выбросы от автоматических твердотопливных котельных, ранее расположенных на территории промплощадки (бывший ист. №0001, 0002). Значения максимальных и валовых выбросов приведены в таблицах.

- *Дымовая труба котельной в административно-эксплуатационном здании (ист. №0001).*

Таблица 1. Максимальные и валовые выбросы газовой котельной административно-эксплуатационного здания

Загрязняющее вещество		Максимально-разовый выброс ЗВ, г/с	Валовый выброс ЗВ, т/год
код	Наименование		
301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,0030454	0,053482
304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,0004949	0,008691
337	Углерод оксид	0,0092915	0,167384
703	Бенз(а)пирен (3,4-Бензпирен)	0,0000000002	0,00000001

- *Дымовая труба газового котла в здании ГРП (ист. №0002).*

Таблица 2. Максимальные и валовые выбросы газовой котельной газорегуляторного пункта:

Загрязняющее вещество		Максимально-разовый выброс ЗВ, г/с	Валовый выброс ЗВ, т/год
код	Наименование		
301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,0029150	0,058682
304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,0004737	0,009536
337	Углерод оксид	0,0045547	0,091691
703	Бенз(а)пирен (3,4-Бензпирен)	0,0000000021	0,000000004

Так как при сжигании природного газа не образуются оксиды серы сажа и угольная зола, они не представлены в таблице.

- *Дымовая труба котла в административно-эксплуатационном здании (бывший ист. №0001).*

Таблица 3. Максимальные и валовые выбросы угольной котельной административно-эксплуатационного здания

Загрязняющее вещество		Максимально-разовый выброс ЗВ, г/с	Валовый выброс ЗВ, т/год
код	Наименование		
301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0.0031254	0.0985615
304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0.0004987	0.0157279

Окончание таблицы 3.

Загрязняющее вещество		Максимально-разовый выброс ЗВ, г/с	Валовый выброс ЗВ, т/год
код	Наименование		
328	Углерод (Сажа)	0.0127071	0.4367474
330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0.0002411	0.0076032
337	Углерод оксид	0.0487538	1.5375013
703	Бенз(а)пирен (3,4-Бензпирен)	0,000000025	0,00000002
2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO ₂	0,008936858	0.28183276

- Дымовая труба угольного котла в здании ГРП (ист. №0002).

Таблица 4. Максимальные и валовые выбросы угольной котельной газорегуляторного пункта:

Загрязняющее вещество		Максимально-разовый выброс ЗВ, г/с	Валовый выброс ЗВ, т/год
код	Наименование		
301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0.0028806	0.0877642
304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0.0004597	0.0140049
328	Углерод (Сажа)	0.0017157	0.179600
330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0.0000320	0.0010090
337	Углерод оксид	0.0064700	0.2040392
703	Бенз(а)пирен (3,4-Бензпирен)	0,000000017	0,000000012
2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO ₂	0,001863853	0.51408000

Выбросы угольной золы классифицируют по содержанию в них двуокиси кремния [9]. Согласно техническому паспорту угля марки Д содержание двуокиси кремния в его угольной золе составляет 42.05% - это соответствует пыли неорганической (код 2908).

Далее была составлена таблица суммарного валового и максимального выбросов загрязняющих веществ угольной и газовой котельных

Таблица 5. Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу. в период работы газовых котельных (ист. № 0001, 0002)

код	Наименование	Класс опасности	ПДК		Суммарный выброс	
			Критерий	Знч. критерия	г/с	т/год
301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	3	ПДК м/р	0.2	0.0059604	0.1121640
304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	3	ПДК м/р	0.4	0.0009686	0.0182270
337	Углерод оксид	4	ПДК м/р	0.15	0.0138462	0.2590750

Окончание таблицы 5.

код	Наименование	Класс опасности	ПДК		Суммарный выброс	
			Критерий	Знч. критерия	г/с	т/год
703	Бенз(а)пирен (3,4-Бензпирен)	1	ПДК с/с	$1.00 \cdot 10^{-6}$	2.30E-09	1.40E-08
Всего веществ (4)					0.0207752	0.3894660
Твердых (0)					0	0
Жидких/газообразных (4)					0.0207752	0.3894660

Таблица 6. Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу. в период работы угольных котельных (бывшие ист. № 0001, 0002)

код	Наименование	Класс опасности	ПДК		Суммарный выброс	
			Критерий	Знч. критерия	г/с	т/год
301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	3	ПДК м/р	0.2	0.0060060	0.1863257
304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	3	ПДК м/р	0.4	0.0009584	0.0297328
328	Углерод (Сажа)	3	ПДК м/р	0.15	0.0144228	0.6163474
330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	3	ПДК м/р	0.05	0.0002731	0.0086122
337	Углерод оксид	4	ПДК м/р	0.15	0.0552238	1.7415405
703	Бенз(а)пирен (3,4-Бензпирен)	1	ПДК с/с	$1.00 \cdot 10^{-6}$	4.20E-08	3.20E-08
2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO ₂	3	ПДК м/р	0.3	0.0108007	0.7959128
Всего веществ (7)					0.0876849	3.3784714
Твердых (2)					0.0252235	1.4122602
Жидких/газообразных (5)					0.0624613	1.9662112

Загрязняющие вещества, попадающие в атмосферный воздух, принадлежат следующим классам опасности: I - 1 вещество, III - 5 веществ, IV – 1 вещество. Для расчета и моделирования рассеивания загрязняющих веществ была использована программа «УПРЗА Эколог 4.60» фирмы «Интеграл» на основании валовых выбросов и утвержденных Нормативов Предельно допустимых выбросов. Расчет приземных концентраций для газовых котельных проводился на расчетной площадке 500×700м с шагом 25м, а также в контрольных точках на границе рекреационной зоны и на границе

промплощадки. Для расчетов приземных концентраций угольных котельных были взяты из архивных источников. Сравнительные значения максимальных расчетных концентраций загрязняющих веществ в расчетных точках (доли ПДК м.р., ПДК с.сут. или ОБУВ) по результатам расчета рассеивания представлены в таблице 7.

Таблица 7. Результаты расчета рассеивания загрязняющих веществ в атмосферу без учета фона

Вещество		РТ1	РТ2	РТ3	РТ4	РТ5	РТ6	РТ7
код	наименование							
Газовая котельная (ист. № 0001, 0002)								
301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0.282	0.275	0.438	0.417	0.396	0.391	0.129
304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0.023	0.022	0.036	0.034	0.032	0.032	0.01
337	Углерод оксид	0.017	0.017	0.030	0.020	0.024	0.021	0.08
703	Бенз(а)пирен (3,4-Бензпирен)	Менее 0.001						
Угольная котельная (бывший ист. № 0001, 0002)								
301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0.394	0.384	0.612	0.583	0.554	0.547	0.180
304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0.038	0.036	0.059	0.055	0.052	0.052	0.016
328	Углерод (Сажа)	0.116	0.109	0.188	0.174	0.166	0.181	0.051
330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0.031	0.030	0.051	0.048	0.047	0.048	0.014
337	Углерод оксид	0.068	0.068	0.120	0.080	0.096	0.084	0.319
703	Бенз(а)пирен (3,4-Бензпирен)	Менее 0.001						
2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO ₂	0.303	0.454	0.606	0.606	0.303	0.454	0.106

Анализ результатов расчета рассеивания показал, что максимальные приземные концентрации загрязняющих веществ в расчетных точках на границе зоны рекреации (школа, спорт площадка) и на границе промплощадки не превысят 0,8 ПДК и 1 ПДК соответственно не требуют учета фона и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к проектируемым объектам [10]. Но котельные работающие на твердом топливе выбрасывают примерно в 1.5-2

раза больше загрязняющих веществ чем котельные работающие на газе. Также при работе угольных котельных в окружающую среду выбрасываются оксиды серы, зола и сажа. Наибольшие концентрации при сжигании угля достигаются для оксидов углерода, сажи и золы. Таким образом, проведенные вычисления показывают, что использование газового топлива с экологической точки зрения более предпочтительно. Концентрации загрязняющих веществ с оставшихся источников выбросов не относятся к теме работы, а также крайне малы в сравнении с выбросами котельных, поэтому не приводятся. Для более полного анализа воздействия котельных установок на окружающую среду также была проведена оценка акустического воздействия.

3.2. Оценка акустического воздействия

Нормирование источников непостоянного шума в жилых помещениях, общественных зданиях и на территории жилой застройки осуществляется по эквивалентным и максимальным уровням звука [23]. Допустимые уровни акустического давления представлены в таблице 8.

Таблица 8. Допустимые и максимальные уровни звукового давления

Назначение помещений или территорий	Время суток	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц*									Максимальные уровни звука, дБА
		31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Жилые комнаты квартиры	с 7 до 23 ч	79	63	52	45	39	35	32	30	28	55
	с 23 до 7 ч	72	55	44	35	29	25	22	20	18	45
Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам	с 7 до 23 ч	90	75	66	59	54	50	47	45	44	70
	с 23 до 7 ч	83	67	57	49	44	40	37	35	33	60

На территории промплощадки определено 13 источников шума: 8 постоянного и 5 непостоянного.

Источники постоянного шума

- ИШ-1 Проникающий шум на территорию через окна и фасад помещения мастерской;
- ИШ-2 Проникающий шум на территорию через окна и фасад помещения котельной;
- ИШ-2_1 Шум, проникающий на территорию через дымовую трубу встроенной в административно-эксплуатационное здание котельной;
- ИШ-3 Шум, проникающий на территорию через вент. системы с выходом на крышу административно-эксплуатационного здания;
- ИШ-4 Шум, проникающий на территорию через окна и фасада ГА здания ГРП;
- ИШ-5 Шум, проникающий на территорию через вент. решётки, окна и фасада А-Г здания ГРП;
- ИШ-6 Шум, проникающий на территорию через вент. решётки, окна и фасада 3-1 здания ГРП;
- ИШ-7 Шум, проникающий на территорию через вент. решётки, окна и фасада 3-1 здания ГРП;
- ИШ –8 Шум от трубы котельной отопительного отсека здания ГРП.

Источники непостоянного шума

- ИШ- 9 Открытая стоянка автотранспорта 11 м/м;
- ИШ- 10 Мусороуборочные операции;
- ИШ- 11 Работа погрузчика;
- ИШ- 12 Разгрузка песка и щебня;
- ИШ -13 Пост сварочных работ;

Для определения уровня возможного шумового воздействия от котельных и других объектов промплощадки были заданы 11 расчетных точек (Приложение Г), приведенных в таблице 9.

Таблица 9. Расположение расчетных точек измерения шумового воздействия

Нормируемый объект	Расчетная точка	Высота, м	Расстояние от участка до расчетных точек, м	Адрес
Граница участка с северной стороны	РТ1	1.5	На границе земельного участка	Цитадельское ш., д.10, лит.А
Граница участка северо-восточной стороны	РТ2	1.5		
Граница участка восточной стороны	РТ3	1.5		
Граница участка с юго-восточной стороны	РТ4	1.5		
Граница участка с южной стороны	РТ5	1.5		
Граница участка юго-западной стороны (территориальная зона ТР2)	РТ6	1.5		
Граница участка с западной стороны	РТ7	1.5		
Граница участка с северо-западной стороны	РТ8	1.5		
Территория, прилегающая к общеобразовательной школе № 424	РТ9	1.5	82 м от границ земельного участка	Цитадельское ш., д.10
Территория, прилегающая к сооружениям морского военного кадетского корпуса	РТ10	1.5	200 м от границ земельного участка	Ул. Зосимова, д. 15
Классные помещения общеобразовательной школы № 424	РТ11	3	146 м от границ земельного участка	Цитадельское ш., д.10

Основываясь на этих данных, далее были рассчитаны мощности акустического воздействия на окружающую среду от котельной.

3.2.1. Оценка воздействия источников шума на окружающую среду котельной

Оценка акустического воздействия котельной на период эксплуатации выполнена расчетным методом с использованием утвержденных методик для расчета, нормирования и контроля шумового воздействия. Для сравнения значения акустического воздействия и экологической оценки рациональности перехода с бурого угля на газ были также рассчитаны величины шумового давления от твердотопливных котельных, ранее расположенных на территории промплощадки (бывший ИШ 2_1, 8).

- *ИШ-2_1 Шум, проникающий на территорию через дымовую трубу встроенной в административно-эксплуатационное здание котельной - 1 шт., высота 5 м, диаметр 0.2м.*

Котельная встроенная, расположена в помещении административного здания. Встроенная котельная укомплектована одним водогрейным котлом Protherm GRIZZLY 85 KLO. Время работы котла - 24 ч в сутки. Уровень звукового давления от горелок котла Protherm GRIZZLY 85 KLO приведён в паспортных данных оборудования [16]. Октавный уровень звуковой мощности оборудования по восьми октавным уровням рассчитан по формуле [11].

$$L_p = L + 10 * \lg S, \quad (8)$$

где L – октавный уровень звукового давления, дБ;

S – площадь воображаемой поверхности в виде параллелепипеда со скругленными углами и ребрами, проходящей через расчетную точку T, м².

Таблица 10. Октавные уровни звуковой мощности от трубы котельной

Источники шума	Октавные уровни звуковой мощности, дБ при среднегеометрических частотах октавных полос, Гц								УЗМ, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Protherm GRIZZLY	67	67	65	61	57	52	46	40	63

- *ИШ – 8 Шум от трубы котельной отопительного отсека здания ГРП труба высота 6 м, диаметр 0.25м*

Уровень звукового давления от горелок котла WOLF NG-2E-48 85 приведён в паспортных данных оборудования [17]. Октавный уровень звуковой мощности оборудования по восьми октавным уровням рассчитан по формуле 8.

Таблица 11. Октавные уровни звуковой мощности от трубы котельной

Источники шума	Октавные уровни звуковой мощности, дБ при среднегеометрических частотах октавных полос, Гц								УЗМ, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
WOLF NG-2E-48 85	74	74	72	68	64	59	53	47	70

- *Бывший ИШ-2_1 Шум, принадлежащий на территорию через дымовую трубу встроенной в административно-эксплуатационное здание котельной - 1 шт., высота 9 м, диаметр 0.2м.*

Котельная встроенная, расположена в помещении административного здания. Встроенная котельная укомплектована одним водогрейным котлом ПРОМЕТЕЙ 80. Время работы котла - 24 ч в сутки. Уровень звукового давления от горелок котла ПРОМЕТЕЙ 80 приведён в паспортных данных оборудования [18]. Октавный уровень звуковой мощности оборудования по восьми октавным уровням рассчитан по формуле 8.

Таблица 12. Октавные уровни звуковой мощности от трубы котельной

Источники шума	Октавные уровни звуковой мощности, дБ при среднегеометрических частотах октавных полос, Гц								УЗМ, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ПРОМЕТЕЙ 80	76	76	74	70	66	61	55	48	72

- *Бывший ИШ – 8 Шум от трубы котельной отопительного отсека здания ГРП труба высота 8 м, диаметр 0.15м*

Уровень звукового давления от горелок котла WOLF NG-2E-48 85 приведён в паспортных данных оборудования [17]. Октавный уровень звуковой мощности оборудования по восьми октавным уровням рассчитан по формуле 8.

Таблица 12. Октавные уровни звуковой мощности от трубы котельной

Источники шума	Октавные уровни звуковой мощности, дБ при среднегеометрических частотах октавных полос, Гц								УЗМ, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ПРОМЕТЕЙ 80	73	73	71	67	63	58	52	46	69

Далее был произведен расчет уровней звукового давления. Акустический расчет проведен по программному продукту АРМ «Акустика» версия 3 ООО «Технопроект», имеющему экспертное заключение НИИСФ РААСН №542-34 от 27.06.2012г., согласно которому он может быть использован для оценки шумового воздействия промышленных предприятий и транспорта, определения санитарно-защитных зон и санитарных разрывов по фактору шума [4].

Таблицу 13. Суммарный уровень шума в дневное время

	Уровни звукового давления в октавных полосах частот, дБ								Эквивалентный уровень шума, дБА	Максимальный уровень шума, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
PT1	45	39.7	37.6	33.2	33	31.1	25.1	12.5	37.9	59.6
PT2	46.8	41.1	39.6	35.7	36.5	35.8	32	20	41.7	62.9
PT3	47.7	45.4	42.9	38.2	34.5	33.5	29.6	24.1	41.5	64.4
PT4	52.5	50.8	46.7	42	39.5	38.4	34.2	25.3	46	62.9
PT5	44.9	42.3	38.8	34.8	30.3	28.5	21.6	11.3	37.2	56.1
PT6	39.7	37	33.8	28.6	24.7	22.5	14	1.6	31.4	50.8
PT7	43.3	39.7	37	30.6	25.6	22.6	15.8	0.8	33.4	54.4
PT8	50	43	37.9	31.4	29.4	26.4	22.5	13.7	35.9	59
PT9	40.1	36.6	35.8	33.2	34.3	33.1	25.9	15.9	38.8	63.7
PT10	33.1	29.8	28.5	26.5	28	26.4	14.8	0	32	53.4
ПДУ территории, прилегающей к жилым домам, школам и другим учебным заведениям [23]										
7:00-23:00	75	66	59	54	40	47	45	44	55	70
PT11	21.5	18.1	18.2	16.9	13.9	14.5	8	-3.9	20.2	48.6
ПДУ для жилых комнат квартир и классных помещений [23]										
7:00-23:00	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55

Таблицу 14. Суммарный уровень шума в ночное время

	Уровни звукового давления в октавных полосах частот, дБ								Эквивалентный уровень шума, дБА	Максимальный уровень шума, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
PT1	41.3	31.4	35.4	31.6	32.3	30.6	24	7.2	36.8	36.8
PT2	45.2	33.8	37.1	33.3	36	35.6	31.7	18.1	41	46.3
PT3	42.5	33.2	38.4	31.3	29.7	30.2	24.3	9.3	36.4	50.8
PT4	38.4	30.1	34.5	28.1	26.9	26.1	19.3	0	32.7	49.7
PT5	38.8	29.8	32	28.1	23.9	25.3	15.9	0.3	31.2	46.2

Окончание таблицы 14.

	Уровни звукового давления в октавных полосах частот, дБ								Эквивалентный уровень шума, дБА	Максимальный уровень шума, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
РТ5	38.8	29.8	32	28.1	23.9	25.3	15.9	0.3	31.2	46.2
РТ6	30.7	22.7	25.6	21.6	17.1	20.4	8.9	0	25.2	39.9
РТ7	31.5	24.5	28.1	23.8	18.6	20.7	11.6	0	26.6	47.7
РТ8	34.5	25.6	29.8	25.3	25.3	23.3	12.8	0	29.8	50.6
РТ9	37	30.9	34.2	32.2	34.1	32.8	22.9	6.1	38.2	44.5
РТ10	29.8	23.2	26.3	25.5	27.9	26.3	14.6	0	31.6	37.5
ПДУ территории, прилегающей к жилым домам, школам и другим учебным заведениям [23]										
23:00-7:00	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
РТ11	18.4	11.5	16.9	16.3	13.5	13.9	1.5	-15	19.3	26.1
ПДУ для жилых комнат квартир и классных помещений [23]										
23:00-7:00	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45

По результатам расчетов уровни шума на границе территории предприятия не превышают допустимые для территорий, прилегающих к жилым домам в дневное и ночное время суток согласно п.9 и п.4 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 и предприятие не требует организации СЗЗ. Подобных расчетов уровней шума для угольных котельных не сохранилось, но т.к. октавные мощности труб угольных и газовых котлов отличаются всего на 3-5% можно предположить, что суммарные уровни шума будут одинаковыми. Исходя из этого можно сделать вывод о том, что при эксплуатации объекта уровни шума на период эксплуатации соответствуют требованиям СН 51.13330.2011 «Защита от шума» Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 [24].

3.3. Разработка природоохранных мероприятий для минимизации вреда окружающей среде в работе котельной

Негативное влияние объектов хозяйства на окружающую среду не ограничивается только территорией, прилегающей к источникам выбросов, а распространяется на многие километры. Согласно новым производственная площадка предприятия ООО «ПетербургГаз», расположенное по адресу: г. Кронштадт, Цитадельское ш., д. 10, лит.А относится к объектам III категории объектов по НВОС [14]. Поэтому ответственной за разработку и организацию мероприятий по минимизации негативного воздействия на окружающую среду выступает экологическая служба. Согласно проведенным расчетам наибольшее негативное воздействие оказывают две газовых котельных, необходимых для горячего водоснабжения и отопления. Для снижения негативного воздействия запланированы следующие природоохранные мероприятия:

Мероприятия по шумоглушению

Для снижения акустической нагрузки на территории, прилегающей к участку, проектом учтены в расчёт существующие мероприятия:

- Шумное вентиляционное оборудование необходимо доукомплектовать шумоглушителями;
- Фундаменты котельной и труб не должны быть связаны с фундаментами жилых домов;
- В последующих расчетах шума необходимо учитывать наличие сплошных ограждений высотой 3м, установленных по периметру участка, на выездах также планируется установить откатные ворота сплошного исполнения;
- Для контроля шумового воздействия необходимо обеспечить проведение мониторинга уровней шума в расчетных точках, ориентированных к нормируемым объектам.

Мероприятия по снижению выбросов в атмосферу

Исходя из полученных расчетов рассеивания, предлагаются следующие природоохранные мероприятия:

- Внедрение конденсорной технологии утилизации теплоты уходящих газов;
- Строго соблюдать периодичность плановых ремонтов и регламентов по эксплуатации и контролю технического состояния котельных.

Мероприятия санитарно-гигиенического контроля

Для подтверждения расчетных параметров химического и физического загрязнения атмосферного воздуха проектом предусматривается проведение натурных исследований и измерений в 2-х контрольных (РТ1– на южной границе участка, РТ2 - на юго-восточной границе участка- в направлении школьного стадиона):

- Исследование атмосферного воздуха - 30 дней исследований по диоксиду азота, взвешенным веществам, смеси природных меркаптанов, по каждому веществу в каждой контрольной точке;
- Измерение уровней шума – 4 раза в год, в дневное и ночное время суток.

Для угольных котельных список природоохранных мероприятиях расширяется:

В целях уменьшения выбросов в атмосферу:

- Реконструкция газоочистного оборудования путем дополнения существующей системы очистки дымовых газов установлением электрофильтров;
- Оснащение кузовных самосвалов, привозящих уголь и увозящих золу, укрывными пологам с целью уменьшения выделения пыли в атмосферу

Для сокращения сбросов сточных вод из зольников через централизованные системы отведения воды:

- Плановая очистка систем стока;
- Установка счетчиков и иных приборов учета воды.

Также возможно переход на более энергоемкие угли с меньшей зольностью для уменьшения массы отходов, направляемых на захоронение.

Заключение

В заключении сформулированы выводы, полученные при выполнении выпускной квалификационной работы. В работе проведена оценка деятельности котельных и их влияние на окружающую среду анализируя данные загрязнения атмосферного воздуха и акустической обстановки в районе функционирования данных объектов, полученные при прохождении производственной практики

— Котельная установка – это комплекс связанного между собой оборудования, служащего для горячего водоснабжения, теплоснабжения или производства пара. В зависимости от сжигаемого топлива выделяют несколько видов котельных. В работе рассмотрены котлы, работающие на твердом топливе и природном газе.

— Установки, сжигающие уголь, обладают большей автономностью, простотой в эксплуатации и низкой стоимостью, как строительства котельной, так и расходных частей. Её основными недостатками являются: низкий уровень экологичности топлива, дополнительные затраты на проведение очистки дымовых газов, низкая теплоотдача угля.

— Котельные, работающие на природном газе,кратно дороже в строительстве, а также цене на топливо. Но в них за счет полного сгорания газа практически не образуется зола и шлак, что повышает автономность и КПД котельной и уменьшает выброс ЗВ в атмосферный воздух. Также газовые котельные выбрасывают меньше видов загрязняющих веществ. Основной объём выбросов занимают водяной пар и углекислый газ.

— В работе рассматриваются газовые котельные установки, расположенные на территории промышленной площадки ООО «ПетербургГаз» в настоящее время и угольные котельные, работающие на ней до 2012 года. Основным видом деятельности на данном объекте является обеспечение надлежащей

работы газораспределительного пункта. На рассматриваемой промплощадке расположены открытые склады увлажненного песка и щебня, регламентированная СЗЗ – 50 м. Согласно проекту СЗЗ, максимальный класс опасности объектов, размещенных на промплощадке – V. Ориентировочный размер СЗЗ выдержан. Ближайшая жилая застройка расположена в восточном направлении на расстоянии 405 м – жилой дом №42 по ул. Зосимова. Для подтверждения этого вывода была проведена оценка выбросов загрязняющих веществ и акустического воздействия на окружающую среду

— По результатам расчетов выбросов ЗВ в атмосферу от угольной и газовой котельных выяснилось, что максимальные приземные концентрации загрязняющих веществ в расчетных точках на границе зоны рекреации и границе промплощадки предприятия по всем веществам и группам суммации не превысят 0,8 ПДК и 1 ПДК без учета фоновых концентраций. Но угольные котельные выбрасывают на 3 загрязняющих вещества больше чем газовые. Также максимальные расчетные концентрации ЗВ в расчетных точках в 1.5-2 раза выше у котельных, сжигающих уголь. Для угольных котельных наибольшие концентрации достигаются для оксидов углерода и азота, сажи и золы. Причем концентрация диоксида азота и золы практически равна ПДК и в случае неблагоприятных метеорологических условий или максимальной загрузки котла (в холодную зиму) возможны превышения по этим показателям.

— Уровни акустического воздействия объекта на окружающую среду не превышают нормы. Анализируя расчеты шумового воздействия можно заметить, что угольные котельные на 3-5% шумнее газовых. Но эта разница не существенна, особенно по сравнению с разницей между объемом выбросов ЗВ.

— Далее сравнивая объем природоохранных мероприятий, необходимых для минимизации вреда окружающей среде можно прийти к выводу, что комплекс мероприятий для угольной котельной больше на 4 пункта. При том эти пункты предполагают не только мониторинг за состоянием котельной, но и постоянную

модернизацию чтобы соответствовать с каждым годом ужесточающимся требованиям по контролю за выбросами ЗВ.

— Учитывая основные недостатки угольных и принимая во внимание экологические достоинства газовых котельных (кратно меньший выброс загрязняющих веществ, полное сгорание топлива и отсутствие золы и шлака). А также учитывая современные тенденции по постепенному переходу Российской Федерации в сторону более энергоёмких и экологически чистых видов топлива – угольные котельные не рекомендуются к установке с экологической точки зрения.

Цель работы достигнута, поставленные задачи выполнены

Список литературы

1. Белов М. П., Новиков В. А. и Рассудов Л. А. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: учебник для студ. высш. учеб. заведений [Текст]. - Москва : Издательский центр «Академия», 2007. - 3-е изд., испр. : стр. 576.
2. Брюханов О. Н. и Кузнецов В. А. Газифицированные котельные агрегаты [Текст]. - Москва : ИНФРА-М., 2005. - стр. 392.
3. Вафин Д. Б. Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие [Текст]. - Нижнекамск : Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ» , 2013. - стр. 176 .
4. ГОСТ 23337-14 «Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий» [Текст]. - Москва : Стандартинформ, 2019. - стр. 24.
5. ГОСТ 30735-2001. Котлы отопительные водогрейные теплопроизводительностью от 0,1 до 4,0 МВт. Общие технические условия [Текст]. - Москва : Изд-во стандартов, 2004.
6. ГОСТ Р 54974-2012. Котлы стационарные паровые, водогрейные и котлы-утилизаторы. Термины и определения [Текст]. - Москва : Стандартинформ, 2013.
7. Деев Л. В. и Балахничев Н. А. Котельные установки и их обслуживание. Практическое пособие [Текст]. - Москва : Высшшк, 1990. - стр. 239.
8. Крылов. Д. А. Негативное влияние элементов-примесей от угольных ТЭС на окружающую среду и здоровье людей [Текст] // Горный информационно-аналитический бюллетень. - Москва : ГИАБ, 2017 г.. - 12.
9. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час [Текст]. - Москва : НИИ «Атмосфера», 1999. - стр. 76.

10. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух [Текст]. - Москва : НИИ «Атмосфера», 2012. - стр. 224.
11. Оспиов Г. Л. Звукоизоляция и звукопоглощение. Учебное пособие под редакцией академика РААСН [Текст]. - Москва : изд-во "Астрель", 2004. - стр. 640.
12. Оценка перспектив и целесообразности перехода субъектов Российской Федерации, использующих нефтепродукты с целью теплоснабжения, на местные и возобновляемые виды топлива: [Электронный ресурс]. URL: <https://ac.gov.ru/files/attachment/8084.pdf>. (Дата обращения: 29.03.2022).
13. Постановление Правительства РФ от 3 марта 2018 г. N 222 «Об утверждении Правил установления санитарно-защитных зон и использования земельных участков, расположенных в границах санитарно-защитных зон» [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/-docs/all/115605/>. (Дата обращения: 12.02.2022).
14. Постановление Правительства РФ от 31.12.2020 N 2398 (ред. от 07.10.2021) Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий: [Электронный ресурс] URL: <https://www.szrf.ru/szrf/doc.php?n-b=100-&issid=1002021002020&do-cid=19>. (Дата обращения: 04.01.2022).
15. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 21 июня 2016 года N 524 «О Правилах землепользования и застройки Санкт-Петербурга»: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.assembly.spb.ru/ndoc/doc/0/550511-610?print=0>. (Дата обращения: 20.03.2022).
16. Руководство по монтажу и обслуживанию. Паспорт. Protherm GRIZZLY 65 - 150 KLO: [Электронный ресурс]. URL: https://kotly.vse-instrumenti.ru/uploads/series/165/73_Instruktsiya_Protherm_Grizli_KLO.pdf. (Дата обращения 03.03.2022).

17. Руководство по монтажу. Паспорт. WOLF NG2E-48 85: [Электронный ресурс]. URL: <https://petro-eng.ru/oborudovanie/wolf/wolf-ng2e.pdf>. (Дата обращения: 03.03.2022).
18. Руководство по эксплуатации. Паспорт. Котлы ПРОМЕТЕЙ Автомат 40-300 кВт v6.0: [Электронный ресурс] URL: <https://prometey54.ru/product/-prometey-automat/-prometey-automat40/>. (Дата обращения: 14.03.2022).
19. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" [Текст]. - Москва : Минздрав России, 2021. - стр. 1024.
20. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам [Текст]. - Москва : Минздрав России, 2021. - стр. 55.
21. СанПиН 2.2.1./2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов [Текст]. - Москва : Минздрав Росси, 2001. - стр. 51.
22. Смородин С. Н., Иванов А. Н. и Белоусов В. Н. Котельные установки и парогенераторы: учеб.пособие [Текст]. - СПб : ВШТЭ СПбГУПТД, 2018. - 2-е изд-е, испр. : стр. 185.
23. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [Текст]. - Москва : Госкомсанэпиднадзора, 1996. - стр. 6.
24. СН 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 [Текст]. - Москва : Госстрой, 2011. - стр. 34.
25. СП 89.13330.2016. Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76. [Текст]. - Москва : Минрегион России, 2012. - стр. 68.
26. Хиллов И. В. и Акулова А. Ш. Анализ эффективности эксплуатации двухконтурных настенных бытовых газовых котлов [Текст] // Журнал Инновация. Наука. Образование. - Москва : [б.н.], 2020 г.. - 23.

27. Черепанова Е. Д. и Пургин С. М. Сравнительная оценка воздействия на атмосферу выбросов котельной, работающей на разных видах топлива [Текст] // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. строительные технологии. - Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2017 г..
28. Шкаровский А. Л. Охрана окружающей среды. Оценка воздействия особо опасных и технически сложных объектов на окружающую среду: учебное пособие [Текст]. - СПб : Изд-во Политехнического ун-та, 2012. - стр. 99.
29. Шур И. А. Газорегуляторные пункты и установки [Текст]. - СПб : Недра, 1985. - стр. 288.
30. Экологические показатели котлов Терморобот ТР-150, ТР-300 [Электронный ресурс]: URL: <http://kratjek.ru/static/uploaded/files/docs/9571558-410136.pdf> (Дата обращения: 29.03.2022). .

Приложение А

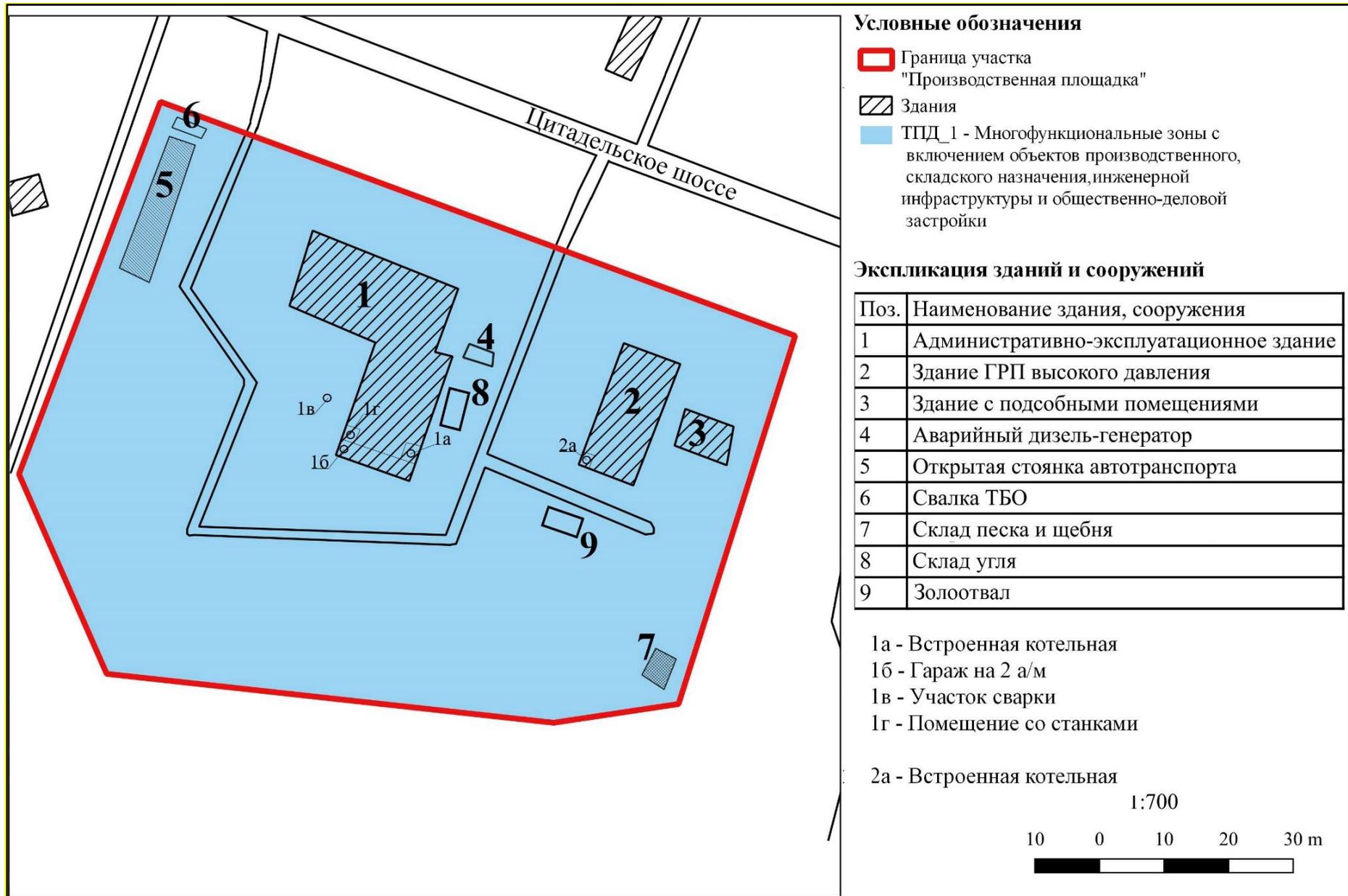


Рисунок А.1 – Генеральный план

Приложение Б



Рисунок Б.1 – Ситуационный план предварительной санитарно-защитной зоны

Приложение Г

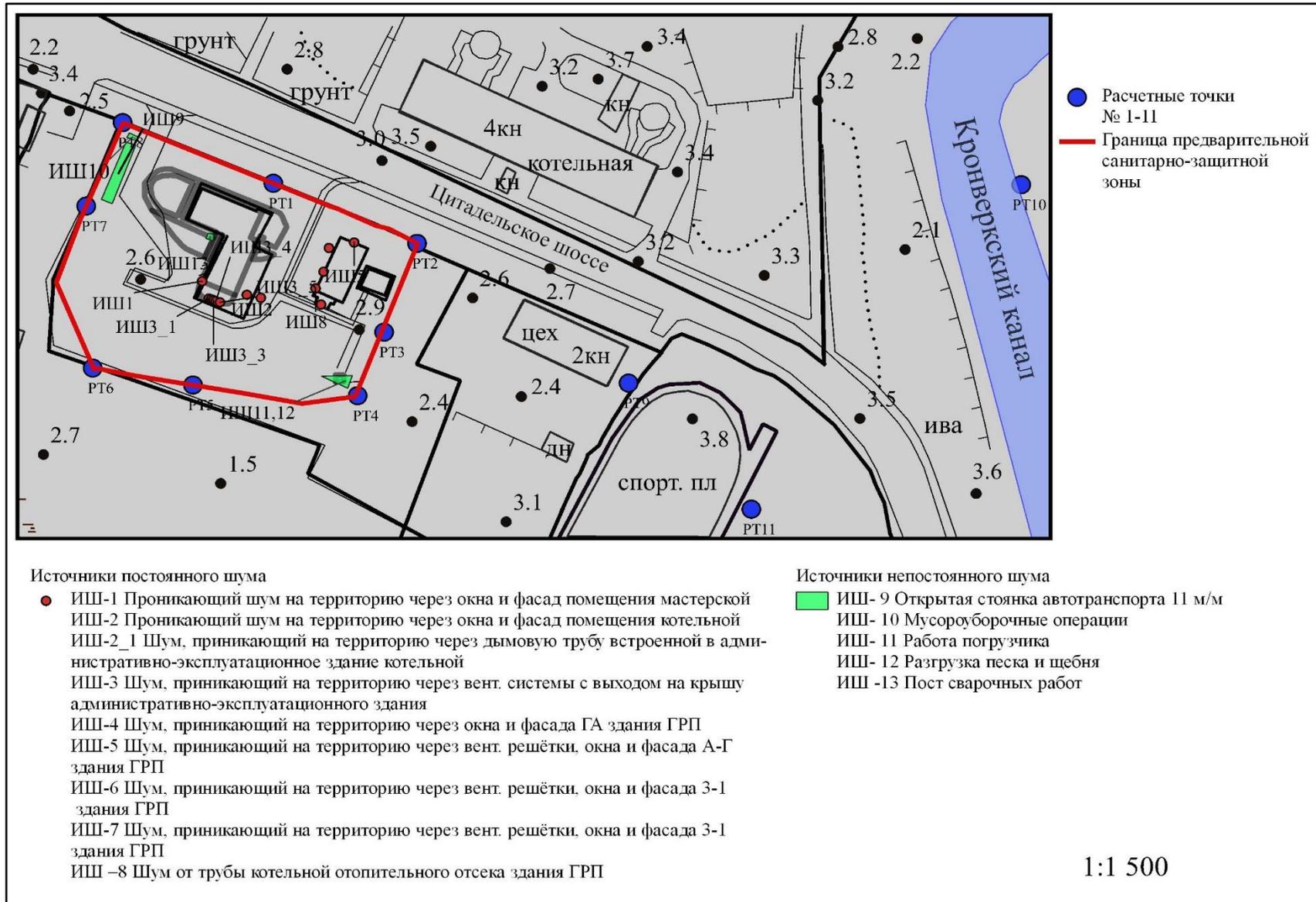


Рисунок Г.1 – Схема расположения источников шума и расчетных точек

