Российское акционерное общество "Газпром"

Всероссийский научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий
(ВНИИГАЗ)

Информационно-рекламный центр газовой промышленности
(ИРЦ Газпром)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

(раздел "Охрана атмосферного воздуха")

Москва 1994

gost.e-ecolog.ru

Ответственный за выпуск О.Я.Ульрих
Компьютерная верстка Н.П.Архипова

Подписано в печать 28.10.94 Формат 60x84/8 Офсетная печать
Усл.печ.л.6,11 Уч.-изд.л.7,0 Тираж 590 экз. Заказ 405

Ротапринт ИРЦ Газпром. Адрес: 109172, Москва, Народная ул. 4
Телефон 272-63-16

1. Общие положения

1.1. Настоящий технологический регламент на проектирование в области охраны атмосферного воздуха распространяется на объекты компрессорных станций (КС) в соответствии с нормами [1], конкретизирует и развивает общеотраслевые нормативные документы [2-6 и др.], содержит исходные данные о характеристиках оборудования и технологических процессах и обеспечивает решение следующих задач:

соблюдение требований по охране атмосферного воздуха от загрязнения при проектировании, строительстве и вводе в эксплуатацию новых и реконструируемых КС;

определение состава, количества и параметров выбросов источников загрязняющих веществ (ЗВ);

расчет валовых выбросов ЗВ;

разработка предложений по нормативам предельно допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ и соблюдение требований по нормативам ПДВ;

выбор оптимальных технических и проектных решений, способствующих обеспечению социально-эколого-экономической сбалансированности хозяйственного развития объекта, снижению уровня негативного воздействия на окружающую среду до назначенного приемлемого уровня.

1.2. В соответствии с технологическими процессами на КС [1] и результатами экспериментальных исследований их воздействия на атмосферу учитываются выбросы ЗВ от различных источников:

отходящие продукты сгорания тепловых двигателей (газотурбинных и поршневых газоперекачивающих агрегатов и электроагрегатов);

отходящие продукты сгорания котельных и огневых нагревательных установок (если имеются);

природный газ в технологических установках (пуск и останов газотурбинных установок (ГТУ), газомотокомпрессоров (ГМК), газотурбинных и поршневых электрогенераторов, продувка и стравливание газа из аппаратов и коммуникаций).

Перечисленные выбросы ЗВ являются основными при эксплуатации КС.

Системы вентиляции и кондиционирования предусматриваются при проектировании в соответствии с действующими нормативами и правилами, предъявляемыми к помещениям производственных зданий и сооружений.

Поэтому в настоящем регламенте выбросы от вентиляционных систем, от складов ГСМ, из системы суфлирования и дегазаторов масла не рассматриваются.

1.3. Методические положения и исходные данные настоящего регламента даны для природного газа, удовлетворяющего по компонентному составу требованиям ГОСТ 5542-87 [6] и ОСТ 51.40-83 [7].

При использовании природного газа, отвечающего этим требованиям и, в частности, по массовым концентрациям сероводорода и меркаптановой серы (соответственно не более 0,02 и 0,036 $г/м^3$), в продуктах сгорания фиксируется либо их отсутствие, либо "следы" (в пределах чувствительности приборов) диоксида серы.

В качестве аварийного резерва (с кратковременным режимом работы при отключении основных источников электроснабжения) на КС могут быть установлены дизельные электроагрегаты, работающие на дизельном топливе или керосине по ГОСТ 10227-86 [8,9]. При использовании дизтоплива с содержанием сернистых соединений в отходящих газах присутствует диоксид серы, а также определенное количество органических соединений.

1.4. При размещении проектируемых компрессорных станций (цехов) на одной промплощадке с эксплуатируемыми КС (КЦ) расчеты рассеивания в атмосфере проводятся совместно для проектируемых и эксплуатируемых объектов.

Если расстояние между проектируемой и эксплуатируемой КС больше 5,0 км, то их взаимное влияние учитывается в составе общего фона загрязнения атмосферы.

1.5. Расчетные режимы задаются по технологической части проекта по следующим параметрам: тип и число рабочих агрегатов, температура атмосферного воздуха, используемая и располагаемая мощности. Отношение используемой и располагаемой мощности определяется коэффициентом загрузки агрегата.

Для расчета годового валового выброса ЗВ принимается используемая мощность агрегата, а для расчета концентрации ЗВ в атмосфере - располагаемая мощность.

1.6. Перечень ЗВ, подлежащих контролю на КС, дан в табл. 1*

---

* Все таблицы см. в Приложении 1.

Для газотурбинных, поршневых и электроприводных КС, использующих природный газ, отвечающий требованиям ГОСТ (см. п.1.3), значимые уровни концентраций в атмосферном воздухе характерны для следующих ЗВ: оксидов азота, оксида углерода, метана.

1.7. Для выбросов ЗВ, обладающих эффектом суммации вредного воздействия (согласно перечню, утвержденному Минздравом СССР), расчеты по загрязнению атмосферы следует выполнять с учетом эффекта суммации (в том числе для ЗВ фонового уровня). В частности, среди веществ, указанных в табл. 1, эффектом суммации обладают диоксид азота и диоксид серы; диоксид азота, озон и формальдегид.

1.8. В целях определения приоритетных (первоочередных) направлений по снижению выбросов ЗВ устанавливается категория опасности ЗВ для проектируемой территории, согласно следующей градации [10]:

Категория опасности ЗВ	I	2	3
Индекс критерия опасности i-го ЗВ	10^5	10^3-10^5	10^3

Критерий опасности i-го ЗВ ($\frac{\text{г/с}}{\text{мг/м}^3}$ или $\frac{\text{т/год}}{\text{мг/м}^3}$) определяется по формулам

$$КОВ_1 = (M_1/ПДК_{с.с_1})^{a_1}; \quad КОВ_1 = (G/ПДК_{с.с_1})^{a_1}, \qquad (1)$$

где M_1 и G - мощность выброса и валовый выброс за год i-го ЗВ на контролируемой территории, г/с и т/год;

$ПДК_{с.с_1}$ - среднесуточная предельно допустимая концентрация i-го ЗВ, мг/м^3 (принимается по табл. 1);

a_1 - постоянная, учитывающая класс опасности i-го ЗВ (принимается по табл. 1).

Для КС основными загрязняющими веществами первой категории опасности как по мощности выброса, так и по объему годовых валовых выбросов, являются оксиды азота.

1.9. Воздухоохранные мероприятия предусматриваются по максимально возможному снижению выброса каждого загрязняющего вещества в последовательности возрастания индекса критерия опасности (т.е. в первую очередь - для ЗВ 1-й категории опасности, затем 2-й и т.д.).

В целях определения приоритетности воздухоохранных мероприятий для отдельных источников проводится ранжирование и классификация источников загрязнения КС для каждого загрязняющего вещества по значению величины Ф, (г/с)/(мг·м/м^3)

$$\Phi = \frac{M_1}{ПДК_1 * H}, \qquad (2)$$

где M_1 - мощность выброса ЗВ, г/с;

$ПДК_1$ - максимальная предельно допустимая концентрация для атмосферного воздуха населенных мест, мг/м^3;

H - высота источника загрязнения, м.

При H<10 м значение Ф вычисляется как при H = 10 м.

Если в зоне влияния КС радиусом до 200 максимальных высот труб имеется территория, подлежащая охране, то в соответствии с [2] в формуле (2) $ПДК_1$ заменяется на 0,8 $ПДК_1$.

При значениях $0,001<\Phi<0,01$ для источника выброса устанавливаются нормативы ПДВ на уровне фактических выбросов при полной нагрузке и нормальной работе оборудования. Выбросы данного вещества от источника отражаются в данных инвентаризации выбросов ЗВ КС.

При значениях $\Phi>0,01$ проработки ведутся в полном объеме в соответствии с требованиями [2] по тем ЗВ, для которых выполняется неравенство

$$\frac{C_M}{ПДК_1} > 0,5, \qquad (3)$$

где C_M - максимальная расчетная концентрация данного вещества, мг/м^3.

Расчетные значения Ф для всех источников загрязнения КС представлены в табл.2. Минимальные и максимальные значения выбросов ЗВ по источникам загрязнения приняты по [11-17].

По каждому ЗВ от источника загрязнения в табл. 2 приведен приоритетный (ранжированный по значению Ф) перечень источников выбросов.

Согласно данным табл. 2, в первую очередь для источников выбросов КС необходимо проектировать мероприятия по снижению выбросов NO_x, в последовательности: ГТУ —— ГМК —— котлоагрегат —— газотурбинные и поршневые электрогенераторы. Вторыми по значимости являются выбросы метана при операциях пуска-остановки ГПА, третьими

- выбросы CO от ГТУ, ГМК, котлоагрегатов, газотурбинных и поршневых электрогенераторов.

Принимаемые меры должны обеспечить ПДК ЗВ в атмосферном воздухе селитебных территорий и 0,8 ПДК в местах массового отдыха населения.

1.10. Оценка уровня загрязнения атмосферы районов расположения компрессорных станций проводится для штатных рабочих условий эксплуатации КС (расчетные режимы 1 и 2) и аварийных условий эксплуатации КС (расчетные режимы 3 и 4).

Расчетный режим 1: в расчет вводится мощность выброса вредных веществ (оксидов азота, оксида углерода и др.) при условии одновременной работы проектного числа рабочих агрегатов ГТУ, ГМК, основных источников теплоснабжения (штатные котельные промплощадок и инфраструктуры), а также вспомогательного электротехнологического оборудования (подогреватели, испарители, штатные газотурбинные и поршневые электрогенераторы). Расчет проводится поквартально с учетом только периода работы оборудования. Например, мощность выбросов от котельных учитывается только в период отопительного сезона (как правило 1 и 1Y кварталы).

Расчетный режим 2: в расчет вводится мощность залповых выбросов природного газа от организованных источников периодического действия при одновременном выполнении проектных технологических операций пуска и останова ГПА, агрегатов электроснабжения, операций стравливания газа из аппаратов очистки (пылеуловители), из технологических коммуникаций при проведении плановых ремонтов.

Расчетный режим 3 характерен для аварийной ситуации в случае отключения штатных систем электро- и теплоснабжения. Расчет проводится по схеме режима 1 с заменой мощностей выбросов источников штатного электро- и теплоснабжения на мощности выбросов источников резервно-аварийного электро- и теплоснабжения. Расчет проводится поквартально.

Расчетный режим 4: в расчет вводятся мощности выбросов в период вынужденных (аварийных) остановок отдельных компрессорных цехов либо всей КС. Расчет проводится поквартально.

2. Выбросы загрязняющих веществ с продуктами сгорания энерготехнологического оборудования

Раздел включает расчет выбросов ЗВ с продуктами сгорания газотурбинных агрегатов, газомотокомпрессоров, поршневых и газотурбинных электрогенераторов, котельных установок и огневых подогревателей.

Расчеты валовых выбросов ЗВ и их рассеивания в атмосфере проводятся по четырем среднемесячным гидравлическим режимам работы системы газопроводов (январь, апрель, июль, октябрь).

2.1. Выбросы ЗВ с продуктами сгорания газотурбинных агрегатов

2.1.1. Показатели выбросов оксидов азота и углерода с продуктами сгорания для различных типов ГТУ, эксплуатируемых на компрессорных станциях, представлены в табл.3 для номинального режима по данным РД 51-162-92 [11].

Номинальный режим в станционных условиях по ГОСТ 28775-90 - мощность 100%, расчетные температура, давление и относительная влажность, соответственно, 15^0С, 0,1013 МПА и 60%.

Из указанных в табл.3 турбоагрегатов в настоящее время продолжают серийно выпускаться следующие: ГПА-Ц-6,3; ГПУ-6; ГПУ-10; ГТН-16М; ГПА-Ц-16; ГПУ-16; ГТН-25-1.

2.1.2. Показатели выбросов оксидов азота и углерода агрегатов ГТК-10 и ГТ-750-6 с модернизированными камерами сгорания (различные технические решения с разной степенью уменьшения выхода оксидов азота) даны в табл.4.

Технические решения, характеризующиеся данными табл. 4, готовы для серийного использования [11]:

ГТК-10Э1 - штатная камера сгорания с новыми регистрами и изменением отверстий в горелках (конструкция Южниигипрогаза);

ГТК-10Э2 - штатная камера сгорания с дополнительными трактами подвода первичного воздуха (АО "ОРМА" - "Невский завод"); штатная камера сгорания с перераспределением воздушных потоков, осуществляемым индивидуально для каждой камеры сгорания (конструкция АО "ЭКАМС");

ГТК-750-6Э1 - штатная камера сгорания с дополнительными трактами подвода первичного воздуха (конструкция АО "ОРМА" - "Невский завод").

Кроме того, для серийно выпускаемых ГПА ведутся следующие работы по модернизации камеры сгорания в целях снижения выхода оксидов азота.

Для агрегата ГПА-Ц-16 (двигатель НК-16СТ) в процессе разработки находятся два технических решения СГНПП "Труд": доработка штатной камеры сгорания с заменой существующих 32 горелок на многогорелочную камеру сгорания (137 горелок); доработка штатной камеры сгорания с использованием новых "гомогенных" горелок (32 шт.), унифицированных с горелками разрабатываемого двигателя НК-36 СТ.

Ожидается (по результатам стендовых испытаний) почти двухкратное уменьшение выхода оксидов азота с одновременным снижением оксида углерода.

Проведены стендовые испытания камер сгорания и подготовлена документация. В 1995 г. должны быть проведены работы по модернизации камер сгорания ремонтных двигателей на КМЗ (т.е. проведение модернизации в процессе заводских ремонтов двигателей НК-16 СТ, которая должна обеспечить соответствие ГОСТ 28775-90 (C_{NOx}^{15} = 100 мг/нм^3), т.е. уменьшение мощности выброса - в 1,7 раза по сравнению с данными табл.3. 1995 г. - начало серийного внедрения, которое может осуществляться в процессе капитальных ремонтов на КС.

Для агрегата ГПУ-16 (двигатель ДЖ-59П) в НПО "Машпроект" проведены работы, в результате которых достигнуто соответствие концентрации ЗВ в отходящих газах ГОСТ 28775-90. Поскольку ресурс между капитальными ремонтами двигателей составляет 20 тыс.ч, модернизацию камер сгорания на уже выпущенных двигателях невозможно осуществить в ближайшие 4-5 лет.

Расход и температура продуктов сгорания в процессе модернизации камер сгорания не изменяются.

2.1.3. Показатели выбросов оксидов азота и углерода с продуктами сгорания на номинальном режиме для разрабатываемых типов ГТУ приведены в табл. 5 по данным техзаданий (или техусловий), которые соответствуют требованиям ГОСТ 28775-90.

2.1.4. Для новых (разрабатываемых) типов ГТУ при отсутствии данных о параметрах выброса для номинального режима приближенную их оценку рекомендуется проводить по следующим соотношениям:

расходы ($нм^3/с$ и $м^3/с$) продуктов сгорания на выхлопе

$$Q^0_{п.с} = 3,5 \times 10^{-3} Ne^0; \quad (4)$$

$$V^0_1 = 8,9 \times 10^{-3} Ne^0; \quad (5)$$

мощность выброса (г/с)

$$M^0_1 = 0,832 \times 10^{-6} \frac{Ne^0}{\eta^0_e} \times C_1^{15}, \quad (6)$$

где Ne^0 - номинальная мощность, КВт;

η^0_e - номинальный КПД;

C_1^{15} - приведенная (к 15% O_2) концентрация загрязняющего вещества;

температура продуктов сгорания на выхлопе принимается $t^0_{п.с} = 420^0С$.

2.1.5. Концентрации оксидов азота в продуктах сгорания и мощности выброса, представленные в табл.3-5, определены [11] как сумма оксида азота (в пересчете на диоксид азота) и диоксида азота.

Доля диоксида азота в суммарной концентрации оксидов азота на срезе дымовой трубы составляет 10% для регенеративных ГТУ (ГТ-700-5, ГТК-5, ГТ-750-6, ГТК-10) и 5% для безрегенеративных ГТУ (агрегаты остальных типов).

2.1.6. Геометрические характеристики выхлопных труб (шахт) для эксплуатируемых типов ГПА представленные в табл.6, носят справочный характер, так как проекты конкретных КС могут быть выполнены с некоторыми отклонениями ($\pm$10%).

В технических заданиях (технических условиях) предусматривается возможность поставки ГПА разрабатываемых типов с различной высотой выхлопных труб (по требованию заказчика). Поэтому высота выхлопной трубы в определенных пределах является предметом оптимизации при выполнении расчетов рассеивания в атмосфере загрязняющих веществ.

При отсутствии точных данных о геометрических характеристиках выхлопных труб (шахт) для разрабатываемых типов ГПА рекомендуется применять следующие усредненные величины: высота 20-25 м, скорость продуктов сгорания на срезе 20 м/с.

2.1.7. Определение параметров (мощности выброса, расхода и температуры продуктов сгорания) выбросов оксидов азота с продуктами сгорания при расчете рассеивания их в атмосфере выполняется по формулам табл.7, связывающим фактический (проектный) и номинальный режимы (о - индекс номинального режима).

2.1.8. Для расчета рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосфере определяются их основные параметры в следующей последовательности.

Из технологической части проекта берутся следующие данные для четырех расчетных среднемесячных режимов (январь, апрель, июль, сентябрь): тип и число рабочих ГПА в цехе (или КС) $n_{раб}$, располагаемая мощность одного ГПА $Ne^{рас}$, кВт, температура атмосферного воздуха t_a, ^{0}С.

Температура атмосферного воздуха принимается [2] для июля - средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца, для остальных месяцев - средняя месячная.

По температуре атмосферного воздуха и значению располагаемой мощности одного агрегата, согласно формулам табл.7, проводится расчет мощности выбросов оксидов азота M_{NOx}, г/с, расхода продуктов сгорания $Q_{п.с}$, нм^3/с и температуры $T_{п.с}$, К.

Мощность выброса оксида углерода M_{CO} для всех режимов принимается равной номинальной величине M^{o}_{CO} по данным табл.3 - 5.

Объемный расход (при фактической температуре) V_1 (м^3/с) и скорость ω (м/с) продуктов сгорания на выхлопе ГТУ определяются соответственно по следующим соотношениям:

$$V_1 = Q_{п.с} \frac{T_{п.с}}{273} ; \quad \omega = \frac{V_1}{S} , \qquad (7)$$

где S - площадь сечения выхлопной трубы, м^2.

Пример определения исходных данных и расчета мощности выбросов загрязняющих веществ для КС, оснащенной агрегатами типа ГПУ-16, дан в табл. 8.

2.1.9. Расчет валовых выбросов. Из технологической части проекта для четырех расчетных среднемесячных режимов (январь, апрель, июль, октябрь) берутся следующие данные: температура атмосферного

воздуха t_a, ^{0}C; используемая (рабочая) мощность Ne, кВт; число рабочих ГПА в цехе (или КС) $n_{раб}$.

Мощность выброса оксидов азота (в пересчете на диоксид азота) одного ГПА вычисляется по данным табл.3 - 5 и формулам табл.7 для значений используемой мощности и среднемесячной температуры наружного воздуха данного месяца.

Мощность выброса оксида углерода одного ГПА для всех режимов (независимо от мощности) принимается равной номинальной величине M^0_{CO} (по табл. 3 и 4).

Валовый выброс загрязняющего вещества за месяц для цеха (КС) вычисляется по формуле (т/мес)

$$G_1^{мес} = 0,0864 \times n_{раб} \times M_1 \times \tau \quad , \qquad (8)$$

где τ - число дней в месяце.

Годовой валовый выброс загрязняющего вещества для цеха (КС) вычисляется усреднением выбросов расчетных месяцев по следующей формуле (т/год):

$$G_1^{год} = 2,967 \sum_{1=1}^{4} G_1^{мес} \quad . \qquad (9)$$

Годовые валовые выбросы раздельно оксида и диоксида азота на срезе выхлопных шахт определяются следующим образом: для регенеративных ГТУ (ГТ-700-5; ГТК-5; ГТ-750-6; ГТК-10) доля диоксида азота в суммарном содержании оксидов азота составляет 10% , для безрегенеративных ГТУ (остальные типы) - 5%, остальные - оксид азота.

Пример расчета годовых валовых выбросов оксидов азота и углерода для КС,оснащенной агрегатами ГПУ-16, приведен в табл. 9.

2.2. Выбросы загрязняющих веществ с отходящими газами газомотокомпрессоров (ГМК)

2.2.1. Показатели выбросов оксидов азота и углерода с отходящими газами ГМК, эксплуатируемых в отрасли, для номинального режима работы агрегата (по экспериментальным данным ВНИИгаза) представлены в табл.10 (концентрации оксидов азота и оксида углерода

приведены в мг/нм^3 сухих продуктов сгорания по усредненным данным для каждого типоразмера ГМК, определенным в результате станционных испытаний агрегатов с различной наработкой и техническим состоянием в различных климатических условиях).

2.2.2. Работы, проводимые ВНИИгазом по замене штатных систем зажигания на форкамеры в целях уменьшения выбросов оксидов азота, обеспечили уровни концентраций на ГМК типа 10 ГКН и 10 ГКМ, характеризующиеся данными табл. 11.

2.2.3. Справочные данные о геометрических размерах выхлопных труб ГМК показаны в табл. 12.

2.3. Выбросы загрязняющих веществ с уходящими газами котельных установок и огневых подогревателей

2.3.1. На КС, оснащенных газотурбинными ГПА, теплоснабжение обеспечивается как правило за счет утилизации теплоты отходящих газов ГПА; при этом работа котельной планируется только в аварийном режиме. В этом случае котельные рассматриваются как резервные источники выбросов ЗВ, для которых определяется только мощность выбросов ЗВ (г/с); годовые валовые выбросы (т/год) не рассчитываются.

Мощность выбросов ЗВ от резервной котельной учитывается только в расчете рассеивания при аварийном режиме работы КС (по п. 1.10 расчетный режим 3). Для КС, оснащенных газомоторными агрегатами, а также при теплоснабжении КС штатными котельными, время работы которых регламентировано продолжительностью отопительного сезона (180-300 дней), определяются как мощность выброса ЗВ (г/с), так и валовые выбросы ЗВ (т/год). Мощность выбросов ЗВ штатных котельных учитывается в расчетах рассеивания по I-му и IV-му кварталам при условии одновременной работы всех типов энерготехнологического оборудования, эксплуатируемого в данный период (по п.1.10 расчетный режим 1).

2.3.2. Показатели выбросов ЗВ водогрейных и паровых котлов и подогревателей, работающих на природном газе, которые могут быть использованы на КС и в инфраструктуре газотранспортных предприятий представлены в табл. 13-15.

Данные табл. 13-15 определены по расчетным методикам [13-16], поэтому в дальнейшем значения мощности выбросов (г/с) оксидов азо-

та и оксида углерода будут уточняться по результатам экспериментальных исследований дифференцированно для каждого типа котлоагрегата.

Пример расчета выбросов оксидов азота и оксида углерода от котлоагрегатов (по методикам [13, 15]) дан в табл. 16.

2.3.3. Расчет мощности выбросов (г/с) оксидов азота и оксида углерода для огневых подогревателей проводится по методике [15].

2.4. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами агрегатов электростанций собственных нужд

2.4.1. Газотурбинные и поршневые электрогенераторы могут использоваться в качестве как штатных, так и резервно-аварийных источников электроснабжения.

Выбросы от штатных источников электроснабжения учитываются согласно п.1.10 в расчетном режиме 1, а от резервно-аварийных в расчетном режиме 3. Валовые выбросы (т/год) для резервно-аварийных источников не рассчитываются.

2.4.2. В качестве топлива в мотогенераторах и газотурбинных электроагрегатах используется природный газ. В качестве топлива для дизель-генераторов используется дизельное топливо по ГОСТам [8,9].

Основными ЗВ отработавших газов мотогенераторов являются оксиды азота и оксид углерода, а при работе дизель-генераторов - помимо указанных оксидов - оксиды серы, альдегиды, углеводороды, сажа и бенз(а)пирен.

2.4.3. Типы газотурбинных и поршневых электрогенераторов, применяемых на КС, их технологические параметры и показатели выбросов ЗВ, полученные расчетным путем согласно методике [17], представлены в табл. 17-18.

В дальнейшем мощности выбросов ЗВ будут уточняться по результатам экспериментальных исследований дифференцированно для каждого типа дизелей.

3. Выбросы природного газа на КС

3.1. Структура выбросов природного газа на КС

Выбросы природного газа на КС по их действию во времени относятся к организованным залповым (эпизодическим) выбросам и неорганизованным. Источниками выбросов являются свечи.

Организованные выбросы природного газа в соответствии со штатными технологическими процессами КС поступают в атмосферу при:

запуске ГПА (работа пусковой расширительной турбины - турбодетандера и продувка контура нагнетателя);

остановке ГПА (стравливание газа из контура нагнетателя);

обслуживании установки очистки газа (продувка аппаратов);

стравливании газа из всех технологических коммуникаций цеха для проведения ремонтного обслуживания или в экстраординарной ситуации.

Нештатные ситуации, при которых совмещаются во времени операции с выбросами природного газа, представляют собой:

аварийную (вынужденную) остановку всех агрегатов цеха одновременно (например, при отключении внешнего электроснабжения и отказа включения резервного источника), в этом случае происходит одновременное стравливание газа из всех работающих ГПА цеха;

аварийную остановку компрессорного цеха (с остановкой всех ГПА и стравливанием газа из технологических коммуникаций) в случаях, оговоренных ПТЭ, т.е. при пожарах, стихийных бедствиях и др. [18].

Все штатные операции, при которых осуществляются залповые выбросы природного газа, одновременно не производятся (в любых комбинациях).

Объем и время действия залпового выброса из каждого источника одинаков как в штатных, так и нештатных ситуациях.

Время пуска газотурбинных ГПА всех типов не превышает 30 мин.

Время остановки ГПА составляет 5-10 мин (в зависимости от типа). Время продувок аппаратов установки очистки - не более 30 с. Время стравливания газа из технологических коммуникаций цеха, как правило, не превышает 30 мин.

В соответствии с ОНД-86 значение мощности выброса природного газа должно быть отнесено к 20-30-минутному периоду усреднения [2].

Частота и годовое число запусков-остановок определяются по усредненным статистическим показателям.

При использовании различных систем безрасходной продувки установок очистки газа выбросы природного газа отсутствуют.

При наличии продувок принимается частота продувок один раз в сутки в течение 30 с.

Аварийные остановки всего цеха (с остановкой всех ГПА, а также со стравливанием технологических коммуникаций) относятся к событиям с малой вероятностью реализации. Экспертно их частота может быть оценена как 1 раз в 5 лет.

3.2. Выбросы природного газа при пуске ГПА

Данные о количестве природного газа, выбрасываемого в процессе одного запуска ($Q_{CH_4}^{пуск}$, м^3), для эксплуатируемых и разрабатываемых типов ГПА представлены в табл.19 и 20. Эти величины включают в себя потребность газа для работы пускового турбодетандера по данным технических условий (или технических заданий), усредненное количество газа (40-200 м^3) для продувки контура нагнетателя и усредненные затраты (50 м^3) импульсного газа для работы кранов [19].

При использовании в качестве рабочего тела для турбодетандера сжатого воздуха количество выбрасываемого природного газа определяется как разница расхода на запуск и расхода на турбодетандер (см. табл. 19,20).

Значение мощности выброса (г/с) для расчета концентраций в атмосфере по ОНД-86 [2] определяется для 30-минутного интервала усреднения по формуле

$$M_{CH_4}^{пуск} = 0{,}55\ Q_{CH_4}^{пуск}\ \gamma_{20}, \qquad (10)$$

где γ_{20} - плотность природного газа для стандартных условий (при 20^{0}С, 0,1013 МПа), кг/м^3.

3.3. Выбросы природного газа при остановке ГПА

Наиболее мощный залповый выброс природного газа возможен при одновременной остановке всех ГПА цеха через свечи стравливания газа из контура нагнетателей.

Примерные данные геометрического объема контура и количества стравливаемого газа для некоторых типов ГПА при рабочем давлении в газопроводе 7,6 МПа (данные носят справочный характер, так как геометрические характеристики обвязки нагнетателей могут различаться при конкретном проектировании), представлены в табл. 21.

Количество выбрасываемого (стравливаемого) газа из контура нагнетателя при остановке ГПА определяется по формуле ($м^3$)

$$Q^{ост}_{CH_4} = V_к \times \frac{P_{ср}}{0,1013} \times \frac{293}{T_{ср}} \times \frac{1}{Z_{ср}}, \qquad (11)$$

где $V_к$ - геометрический объем контура нагнетателя и технологических коммуникаций между кранами NN 1 и 2 (определяется проектом), $м^3$;

$P_{ср}$ - среднеарифметическое давление на входе и выходе нагнетателя (определяется из технологической части проекта), $кг/см^2$;

$T_{ср}$ - среднеарифметическая температура на входе и выходе нагнетателя (определяется из технологической части проекта), К;

$Z_{ср}$ - коэффициент сжимаемости газа при $P_{ср}$ и $T_{ср}$.

Количество газа, выбрасываемого (стравливаемого) из всех работающих ГПА при остановке цеха, определяется по формуле ($м^3$)

$$Q^{кц}_{CH_4} = n_{раб} \times Q^{ост}_{CH_4}, \qquad (12)$$

где $n_{раб}$ - проектное число рабочих ГПА в цехе, шт.

Значение мощности выброса (г/с) при остановке цеха определяется для 30-минутного интервала усреднения по формуле

$$M^{ост}_{CH_4} = 0,55\ Q^{кц}_{CH_4} \times \gamma_{20}. \qquad (13)$$

3.4. Выбросы природного газа из установок очистки

Количество газа, выбрасываемого при продувке установки очистки, принимается $Q^{пр}_{CH_4} = 240$ $м^3$ при рабочем давлении в газопроводе 5,6 МПа и $Q^{пр}_{CH_4} = 325$ $м^3$ при рабочем давлении в газопроводе 7,6 МПа (назначено из условий: расход при продувке 8 $м^3/с$, время продувки 30 с;

продувка осуществляется сразу из всех аппаратов установки через общий продувочный коллектор).

3.5. Суммарные выбросы природного газа по компрессорному цеху

Годовой валовый выброс природного газа по цеху определяется по формуле ($м^3$)

$$Q_{CH_4}^{год} = (Q_{CH_4}^{пуск} + Q_{CH_4}^{ост}) \times n_{раб} \frac{8760}{K_n} + 365\ Q_{CH_4}^{пр} . \qquad (14)$$

где K_n - наработка на 1 пуск-остановку, ч (принимается K_n = 250 ч по среднестатистическим данным парка газотурбинных ГПА с учетом поправки на наладочные, не удавшиеся и другие не учтенные попытки пусков).

Примерный расчет выбросов природного газа для одного из КЦ компрессорной станции проектируемого газопровода дан в табл. 22.

4. Оценка уровня загрязнения атмосферы в районе расположения КС. Расчет рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосфере

Расчет рассеивания ЗВ в атмосфере проводится на основе рекомендаций ОНД-86 [2].

Расчеты рассеивания выбросов вредных веществ в атмосфере районов расположения КС выполняются по действующим в настоящее время программным комплексам УПРЗА.

4.1. Подготовка исходных данных для расчета концентрации ЗВ в атмосфере

Для расчета концентрации ЗВ в атмосфере учитываются:

теплотехнические и геометрические параметры источников выбросов вредных веществ;

фоновые концентрации загрязняющих веществ от источников, не принадлежащих данному ведомству;

физико-географические и климатические условия местности расположения промышленных площадок и участков жилой застройки.

4.1.1. Используемые в расчетах параметры выбросов загрязняющих веществ с отработавшими продуктами сгорания и основные теплотехнические параметры топливоиспользующего оборудования КС определяются согласно разделам 2-3 настоящего регламента.

4.1.2. Близко расположенные группы источников однотипных технологических установок рекомендуется свести к одному условному источнику, соответственно для каждой из этих групп [19].

В результате объединения (или агрегирования) источников, как правило, для каждого цеха, оснащенного ГПА (газотурбинными установками и газомотокомпрессорами) одного типа, формируется группа из трех агрегированных источников:

выхлопная труба агрегата;

свеча пуска;

свеча стравливания.

Для однотипного топливоиспользующего оборудования (котлоагрегаты, генераторы, подогреватели) проводят объединение источников выбросов в один.

Для котельных возможен случай, когда по технологии дымоходы от различных типов котлов сводятся в одну дымовую трубу. В этом случае проводят усреднение параметров источника выделения.

4.1.3. Для расчета загрязнения атмосферного воздуха доля мощности выбросов диоксида и оксида азота в суммарной мощности оксидов азота определяется аналогично п. 2.1.5.

4.1.4. При проведении расчетов рассеивания вредных веществ необходимо учитывать эффект суммации веществ, присутствующих в продуктах сгорания, а также в фоновом загрязнении [20-21].

Для вредных веществ, выбрасываемых источниками КС, характерны следующие группы суммации, которые необходимо учитывать в расчетах рассеивания.

Загрязняющие вещества, выбрасываемые ГПА (как газотурбинными установками, так и газомотокомпрессорами) при использовании газа, не содержащего сернистые соединения, суммируются с диоксидом серы только фонового загрязнения (согласно п. 1.7 настоящего регламента).

При включении резервных установок дизельного электроснабжения, а также котельных агрегатов, работающих в основном на жидком топливе, содержащем сернистые соединения, с продуктами сгорания в атмосферу выбрасывается сернистый ангидрид. В этом случае в расчетах

учитывается суммация по 1 и 2 группам (расчетный режим 3), представленным ниже.

Группа суммации	*$ПДК_{м.р}$, мг/м^3*
1 - озон, диоксид азота, формальдегид	$ПДК_{формальдегид}$=0,035; $ПДК_{NO_2}$ = 0,085
2 - диоксид серы и диоксид азота	$ПДК_{NO_2}$ = 0,085 ; $ПДК_{SO_2}$ = 0,5

4.2. Фоновое загрязнение атмосферы

4.2.1. Фоновая концентрация является характеристикой загрязнения атмосферы, которая представляет собой суммарную концентрацию, создаваемую всеми другими источниками, исключая рассматриваемые, и определяется для всей территории, попадающей в зону влияния источников загрязнения.

4.2.2. Фоновая концентрация устанавливается для каждого вредного вещества по данным наблюдений местных органов Роскомгидромета и выдается по запросам заинтересованных организаций в трехмесячный срок [22].

Значения фоновой концентрации пересматриваются не реже, чем один раз в пять лет с обязательной корректировкой после ввода, закрытия или реконструкции крупных источников загрязнения атмосферы.

4.2.3. Для районов расположения КС с населением до 10 тыс. чел. значение фонового загрязнения принимается равным 0. При учете в расчетах рассеивания значений выбросов загрязняющих веществ от котельных жилых поселков фоновым загрязнением атмосферы можно пренебречь.

4.2.4. Для городов с населением не более 250 тыс. чел., в которых не проводятся регулярные наблюдения за загрязнением атмосферы, при отсутствии значительных промышленных источников выбросов принимаются следующие значения фоновых концентраций по основным наиболее распространенным примесям: SO_2 - 0,1 мг/м^3, NO_2 - 0,03 мг/м^3, CO - 1,5 мг/м^3, пыль - 0,2 мг/м^3.

4.2.5. При отсутствии необходимых данных учет фонового загрязнения воздуха от совокупности источников выбросов проводится расчетным путем [10,22].

При рассмотрении влияния данного предприятия на атмосферу проводится исключение из фоновой концентрации $C_Ф$ вклада предприятия на основе расчетов

$$C'_Ф = C_Ф \ (1-0,4 \frac{C}{C_Ф}) \text{ при } C < 2C_Ф; \qquad (15)$$

$$C'_Ф = 0,2 \ C_Ф \text{ при } C > 2C_Ф, \qquad (16)$$

где $C'_Ф$ - значения фоновой концентрации вредного вещества, полученные без учета вклада рассматриваемого предприятия;

C - наибольшее значение концентрации, создаваемой предприятием в точке размещения поста.

4.3. Метеорологические характеристики и коэффициенты, определяющие условия рассеивания ЗВ в атмосфере

4.3.1. На основе генплана КС выполняется карта-схема предприятия со взаимным расположением отдельных зданий и сооружений основных технологических объектов и границей территории КС (рис. 1)*.

На карту-схему наносятся все источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, контролируемые и неконтролируемые, а также задействованные в периоды неблагоприятных метеоусловий (НМУ).

На ситуационной карте-схеме района размещения предприятия наносится граница территории предприятия с указанием всех промплощадок, их взаиморасположения и граничащих с ними производственных объектов (рис. 2), включая расположение жилых массивов, зон отдыха, постов наблюдений за загрязнением атмосферы, различных промышленных зон, лесов, сельскохозяйственных угодий, транспортных магистралей.

При наличии двух и более промплощадок на КС (объединении) определение уровня загрязнения атмосферы района их расположения проводится раздельно для каждой из них, в случае отсутствия взаимного влияния их выбросов (при удалении друг от друга промплощадок на 5 км и более).

---

* Рисунки размещены в Приложении 2.

Все материалы по размещению КС используются для привязки заводской системы координат источников выбросов предприятия к системе координат района расположения КС.

4.3.2. Климатические условия района расположения предприятия запрашиваются у территориальных органов Роскомгидромета, на подконтрольной территории которого располагается предприятие, или определяется по климатическому справочнику [23,24].

Для проведения расчетов необходимо выбирать следующие метеорологические характеристики и коэффициенты, определяющие условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере:

А - коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, принимается в соответствии с ОНД-86. Значения коэффициента А, соответствующие неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосфере максимальна, даны ниже;

F - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе (для ЗВ, присутствующих на КС, принимается равным 1);

η - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности. В случае ровной или слабо пересеченной местности расположения КС (с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км) $\eta = 1$;

температура: по СНиП 2.01.01-82 [23] средняя максимальная температура воздуха наиболее жаркого месяца (расчетный режим 1-2 в п.1.10); для остальных кварталов 1, П, 1У принимается средняя месячная температура воздуха расчетного квартала.

Значение коэффициента А	*Территории, по которым должны приниматься соответствующие значения коэффициента*
250	Для районов Средней Азии южнее 40^0 с.ш.; Бурятии и Читинской обл. (п. Агинский) Для Европейской территории СНГ: для районов Российской Федерации южнее 50^0 с.ш. (юг Волгоградской обл.; Ростовская и Астраханская обл.; Калмыкия, Дагестан, Кабардино-Балкария, Северная Осетия, Чечня; Краснодарский и Ставропольский края), районов Кавказа, Молдовы

Значение коэффициента А	*Территории, по которым должны приниматься соответствующие значения коэффициента*
	Для Азиатской территории СНГ: для Казахстана, Дальнего Востока (Амурская обл.; Приморский и Хабаровский края; Камчатская, Сахалинская и Магаданская обл., Республика Саха (Якутия) и остальной территории Сибири (Красноярский край, Читинская и Иркутская обл.; Бурятия, Тыва; Алтайский край; Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский авт. округ; Тюменская, Новосибирская и Омская обл.) и Средней Азии
180	Для Европейской территории СНГ и района Урала от 50 до 52^0 с.ш.: юг Саратовской и Оренбургской обл., Волгоградская обл. (кроме юга), Белгородская обл., Воронежская обл.(кроме севера), север Ростовской обл.
160	Для Европейской территории СНГ (за исключением Центральной области) и района Урала севернее 52^0 с.ш.: Карелия; Республика Коми; Архангельская, Ленинградская, Псковская, Новгородская, Тверская, Вологодская, Ярославская, Костромская, Кировская, Пермская, Свердловская, Курганская, Челябинская обл.; Башкортостан; Удмуртия; Татарстан; Республика Марий Эл; Чувашия, Мордовия; Оренбургская обл. (без юга), Самарская, Ульяновская, Нижегородская, Пензенская, Тамбовская, Липецкая, Курская, Орловская, Брянская и Смоленская обл.; север Воронежской обл., Саратовская обл. (без юга)
140	Центр Европейской территории: Московская, Тульская, Рязанская, Владимирская, Калужская и Ивановская обл.

Используемая в расчетах при оценке достаточности природоохранных мероприятий скорость ветра U^*, превышаемая в данной местности в среднем многолетнем режиме в 5% случаев запрашивается в

территориальных органах Роскомгидромета или рассчитывается по методике [22] на основе данных по климатическому справочнику [24]. Среднеквартальную скорость ветра, применяемую для определения зоны загрязнения, также запрашивают в территориальных органах Роскомгидромета или определяют по справочнику. В противном случае возможен вариант автоматического выбора ее программой расчета УПРЗА, если она не задается.

Пример расчета концентрации оксидов азота в атмосфере дан в табл. 23.

4.4. Расчет размеров санитарно-защитной зоны

4.4.1. Для КС (КЦ) должна быть установлена санитарно-защитная зона (СЗЗ), размеры которой определяются классом опасности рассматриваемого производства. Достаточность СЗЗ подтверждается расчетами прогнозируемых уровней загрязнения, а также результатами лабораторных исследований атмосферного воздуха в районах размещения аналогичных действующих КС (КЦ).

4.4.2. При корректировке размера СЗЗ с учетом преобладающих направлений ветра (P>12,5%) запрещается сокращение по направлениям, имеющим P<12,5%.

4.4.3. Границы и размеры санитарно-защитной зоны проверяются расчетом в соответствии с требованиями ОНД-86 фактического загрязнения атмосферного воздуха (существующее положение) и с учетом перспективы развития предприятия (реконструкции, изменения производительности, ликвидации ряда производств, строительство новых технологических объектов) [25].

Границей зоны загрязнения является линия равных концентраций, за которой общая концентрация по каждому ингредиенту выброса или по сумме ингредиентов, обладающих эффектом суммации, не превышает максимально разовую ПДК в атмосфере населенных мест

$$C_{общ} < ПДК . \qquad (17)$$

Граница СЗЗ по условиям охраны атмосферного воздуха отсчитывается от крайних точечных или организованных источников выделения вредных веществ на предприятии (а не от ограды предприятия или наиболее мощных источников) [26].

Полученные по квартальным расчетам размеры зон загрязнения уточняются отдельно для различных направлений ветра и среднеквартальной розы ветров района расположения предприятия

$$l = L_0 \frac{P}{P_0}, \qquad (18)$$

где l - расчетный размер зоны загрязнения, м;

L_0 - расчетный размер участка местности в данном направлении, где концентрация вредных веществ (с учетом фоновой концентрации от других источников) превышает ПДК, м;

P - среднегодовая повторяемость направлений ветра рассматриваемого румба (P_0 = 12,5%), %. Значения l и L_0 отсчитываются от границы источников.

Граница СЗЗ устанавливается по максимальным радиусам загрязнения при расчетах рассеивания и корректировки на розу ветров [26].

Пример расчета СЗЗ для КС дан в табл. 24.

Для построения границы зоны загрязнения, откорректированной по розе ветров (L, м), радиус по румбам наносят на луче каждого из восьми направлений от границы источников в заданном масштабе ситуационной карты-схемы. Построение изолинии зоны загрязнения проводится зеркально по отношению к розе ветров, т.е. при северо-западном направлении ветра радиус откладывается на луче юго-восточного направления. Граница санитарно-защитной зоны принимается по максимальным значениям радиусов загрязнения.

Граница СЗЗ предприятия должна быть нанесена в ситуационном плане (карте-схеме) района размещения предприятия с обозначением контура площадки предприятия и ближайших жилых районов.

При необходимости размещения новых производств на площадках существующих предприятий, расположенных в жилой зоне, возможность строительства их должна быть подтверждена расчетами ожидаемого загрязнения атмосферного воздуха, а также документом за подписью руководителей соответствующего министерства или ведомства о создании СЗЗ нормативных размеров и переселении населения с ее территории к моменту окончания строительства данного производства [26]. Санитарно-защитная зона должна быть планировочно организована, озеленена и благоустроена.

5. Комплекс воздухоохранных мероприятий на КС и их технический уровень

К воздухоохранным мероприятиям для действующих и новых предприятий отрасли, унифицированным по всем видам энергетического оборудования, относятся: планировочные, технологические и специальные. Планировочные мероприятия, влияющие на уменьшение воздействия выбросов предприятия на жилую зону, предусматривают:

размещение объектов предприятия на площадке, обусловливающее минимальную повторяемость попадания отходящих (дымовых) шлейфов на селитебную зону;

организацию санитарно-защитной зоны;

выбор площадки для строительства новых цехов КС, гарантирующий ПДК населенных и рабочих мест с учетом взаиморасположения новых и действующих цехов и населенных пунктов и господствующих направлений ветра.

Технологические мероприятия включают:

внедрение при строительстве КС прогрессивных типов агрегатов нового поколения, соответствующих требованиям ГОСТ 28775-90;

утилизацию теплоты отходящих газов ГТУ для выработки электроэнергии или теплоснабжения КС;

применение воздушных и электрических систем запуска ГПА;

использование безрасходных систем продувки технологических аппаратов;

повышение общей надежности ГПА, позволяющее сократить число операций пуск-останов ГПА;

распределение нагрузки либо между агрегатами либо между компрессорными цехами с минимумом энергозатрат и загрязнения атмосферного воздуха продуктами сгорания топлива, и т.п.;

проектирование строительства цехов в комплексе с реконструкцией действующих цехов, в которых предусматривается переоснащение на новые типы ГПА;

планирование модернизации эксплуатируемых агрегатов в цехах, расположенных на одной промплощадке с новыми цехами.

Разработка и внедрение технических решений по модернизации являются развивающимся процессом, поэтому приведенные в п.2.1. данные должны периодически уточняться ВНИИгазом по результатам испытаний опытных и серийных образцов.

Модернизация всех эксплуатируемых ГПА не может быть единовременным мероприятием, а должна быть привязана к действующей системе техобслуживания и ремонта в соответствии с планами, разрабатываемыми эксплуатирующей организацией.

К специальным мероприятиям, направленным на сокращение объемов и токсичности выбросов и на снижение приземных концентраций, следует отнести сварку соединений газопроводов с оборудованием и арматурой, что сокращает неорганизованные выбросы.

Улучшению условий рассеивания выбросов способствуют изменения геометрических характеристик дымовой (выхлопной) трубы (главным образом ее высоты).

Кроме допускаемой высоты дымовых труб для новых типов ГПА, технически возможно увеличение высоты дымовых труб эксплуатируемых ГПА. Однако в настоящее время такие решения проработаны только для двух типов (ГПА-Ц-6,3 и ГПА-Ц-16) на уровне эскизного проекта.

Нормализация качества атмосферного воздуха достигается за счет конкретной комбинации технологических, планировочных и специальных мероприятий дифференцированно для каждого вида энергетического оборудования.

Исходные данные для расчета показателей выбросов различных типов ГПА и их модификаций даны для ГТУ в п.2.1, для ГМК в п.2.2 для котлоагрегатов и огневых подогревателей и дизелей в п.2.3-2.4.

5.1. Мероприятия по снижению выбросов оксидов азота газотурбинных ГПА

Технический уровень качества проекта экологических решений для газотурбинных КС оценивается на основе критериев, принятых в мировой практике [12].

В большинстве промышленно развитых стран для ГТУ, работающих на природном газе, установлены нормы концентраций оксидов азота в отходящих газах (или эквивалентные им значения удельных выбросов на единицу топлива), нормы на оксид углерода устанавливаются реже.

Так, ограничение по оксиду углерода в действующих нормах Германии и Италии - 100 мг/нм^3 (15% O_2), а в качестве ближайшей ступени нормирования концентраций оксидов азота во всех странах названо значение 150 мг/нм^3.

Концентрации оксидов азота эксплуатируемых и серийно выпускаемых зарубежных ГТУ находятся в диапазоне 100-150 мг/нм^3. Все газотурбинные фирмы ведут интенсивные работы для достижения концентрации оксидов азота 80-100 мг/нм^3.

Требования ГОСТ 28775-90 и заданные характеристики разрабатываемых ГТУ соответствуют мировому уровню. Этому уровню соответствуют (или близки к нему) показатели некоторых серийных ГПА (ГПУ-6, ГПА-Ц-16, ГПУ-16, ГТН-16, ГТН-25-1).

Метод впрыска пара (воды) в камеру сгорания ГТУ для подавления оксидов азота используется за рубежом на электростанциях. Однако на КС он не применяется из-за расхода значительного количества воды (равного расходу топлива) при жестких требованиях к ее качеству, что создает проблему захоронения стоков (рассолов).

Известный метод селективного каталитического восстановления (каталитические реакторы) на зарубежных компрессорных станциях не нашел применения по экологическим причинам, обусловленным необходимостью использования значительного количества аммиака. Кроме того, стоимость оборудования (приближающаяся к стоимости ГПА) высока, а эксплуатационные затраты велики.

В зарубежной и отечественной практике приоритетным методом ограничения образования оксидов азота для ГТУ, используемых на КС, является так называемый "сухой метод", т.е. усовершенствование их камер сгорания.

Перечень технических решений (готовых к реализации и разрабатываемых) приведен в разделе 2.1.

5.2. Мероприятия по ограничению выбросов оксидов азота в атмосферу от поршневых газоперекачивающих и энергетических установок

Приоритетными направлениями ограничения выбросов оксидов азота для ГМК являются:

регулировка и оптимизация эксплуатационных режимно-технологических параметров;

модернизация технологических узлов ГМК.

По первому направлению наиболее эффективным (унифицированным для всех типов ГМК) методом является снижение мощности (при ее избытке). Снижение мощности на 30% в диапазоне 1,0 Ne^0 - 0,7 Ne^0

обеспечивает на 50% и более снижение выбросов оксидов азота, при чем степень снижения выбросов колеблется в широких пределах дл каждого типа агрегата.

Для реализации второго направления ВНИИгазом разработан срав нительно просто реализуемый как при производстве новых, так и н действующих агрегатах метод уменьшения выбросов оксидов азота пу тем модернизации систем наддува.

Значительное снижение выбросов оксидов азота с отходящими га зами ГМК достигается обеспечением высокой эффективности сгорани топлива путем внедрения форкамерного воспламенения и систем плаз менного зажигания.

ВНИИгазом разрабатываются перспективные конструкции форкаме для всех типов агрегатов.

В настоящее время наибольший эффект снижения выбросов оксидо азота (в 2,5-8 раз) ГМК может достигаться при сочетании модернизации системы наддува с форкамерно-факельным зажиганием.

Известно, что за рубежом, в первую очередь в США, на КС успешно применяются установки денитрификации отходящих газов ГМК. В отечественной практике это направление снижения выбросов оксидо азота не получило развития в основном из-за значительных эксплуатационных затрат, связанных с использованием аммиака и изготовлением необходимых катализаторов.

5.3. Оценка соответствия воздухоохранных мероприятий международным требованиям по ограничению выбросов ЗВ

В 1989 г. Советский Союз присоединился к "Протоколу об ограничении выбросов окислов азота или их трансграничных потоков", принятому по материалам Конвенции 1979 г. "О трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния". В соответствии с ним участник Конвенции принимает эффективные меры, чтобы не позднее 31.12.1994 г. национальные годовые выбросы не превышали уровня 1987 г. [27].

По классификации "Протокола" компрессорные станции относятся к "крупным стационарным источникам".

Отраслевая концепция выполнения требований "Конвенции" предполагает компенсацию (уменьшение) выбросов нового источника за счет эксплуатируемых источников.

Исходя из этого, проверка соответствия "Конвенции" производится по следующей схеме.

Для новых КС, размещаемых на одной промплощадке с действующими КС, проводится расчет годовых валовых выбросов промплощадки с учетом и без учета выполненных и планируемых мероприятий по ограничению выбросов действующих цехов (модернизация камер сгорания, замена ГПА или сокращение их числа при реконструкции).

Если эффект мероприятий на действующих КС (КЦ) промплощадки не менее величины выбросов новых КС (КЦ), то требования "Конвенции" выполняются уже на уровне промплощадки.

Если это условие не соблюдается или если на данной промплощадке нет действующих цехов, то подобная оценка выполняется в целом для проектируемой системы (или ее участка).

Если выполненных или планируемых мероприятий недостаточно для компенсации дополнительных выбросов в пределах проектируемой системы, то подобная оценка осуществляется для отрасли в целом.

6. Мероприятия по регулированию выбросов в период неблагоприятных метеоусловий

Объем сокращения выбросов при неблагоприятных метеоусловиях (НМУ) для КС в каждом конкретном районе устанавливают и корректируют в соответствии с РД 52.04.52-85 местные органы охраны природы в зависимости от специфики выбросов, особенностей рельефа, застройки жилых зон [28].

В районе расположения КС при наступлении НМУ должно быть обеспечено снижение концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы по трем режимам, при этом по первому режиму на 15-20, по второму на 20-40 и по третьему на 40-60%.

К мероприятиям при первом режиме работы относятся организационно-технические мероприятия, когда не требуется существенных затрат и не снижается производительность предприятия, но обеспечивается сокращение концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы примерно на 15-20%:

запрещение вскрытия и продувки технологических аппаратов и емкостей (в целях предотвращения залповых выбросов);

исключение работы оборудования на форсированном режиме;

прекращение испытания оборудования при изменении технологического режима, приводящего к увеличению выбросов вредных веществ в атмосферу;

рассредоточение во времени работы технологических агрегатов, не участвующих в едином непрерывном технологическом процессе, при работе которых выбросы вредных веществ в атмосферу достигают максимальных значений;

инструментальный контроль выбросов вредных веществ в атмосферу непосредственно в источниках и на границе санитарно-защитной зоны.

При втором и третьем режимах работы КС мероприятия должны обеспечить снижение концентраций ЗВ в приземном слое атмосферы до 40 и 60%, соответственно. Они включают в себя все мероприятия, разработанные для первого режима, а также мероприятия, влияющие на технологические процессы и сопровождающиеся снижением производительности КС.

При необходимости регулирование выбросов в периоды НМУ может быть осуществлено следующими способами:

маневрированием резервных ГПА, когда на единой промплощадке с новыми и старыми цехами, работающими в едином гидравлическом режиме, временно выключаются из работы ГПА с повышенными выбросами (например, ГТК-10) и замещаются включением в работу ГПА нового цеха;

снижением загрузки работающих ГПА и включением в работу дополнительного агрегата для восстановления общей рабочей мощности цеха;

снижением загрузки работающих ГПА и соответственно уменьшением производительности КС;

остановкой оборудования при близких сроках начала планово-предупредительных работ по ремонту технологического оборудования и наступления НМУ;

прекращением пусковых работ на аппаратах и технологических линиях, сопровождающихся выбросами в атмосферу.

7. Система контроля источников выбросов и загрязнения атмосферы на КС

Система контроля источников загрязнения атмосферы состоит из следующих подсистем:

разработки нормативно-технической документации;

создания методов и технических средств контроля;

контроля за выбросами ЗВ в атмосферу и соблюдением нормативов ПДВ;

сбора, обобщения, анализа и хранения информации о выбросах.

На КС первоочередному контролю подвергаются источники, выбросы которых превалируют (в основном выбросы оксидов азота при эксплуатации газоперекачивающих агрегатов).

Для стационарных технологических процессов время непрерывного контроля концентраций ЗВ должно составлять не менее 1 ч.

Для циклических технологических процессов время непрерывного контроля должно составлять не менее трех периодов цикличности процесса, но не менее 1 ч.

Контроль на КС следует осуществлять:

непосредственно в источниках выбросов;

в специально выбранных контрольных точках (постах) на границе СЗЗ или в селитебной зоне района жилой зоны, в которой расположена КС, по фактическому загрязнению атмосферы.

7.1. Система контроля выбросов в источнике (на выхлопе ГТУ) организуется следующим образом.

Соответствие экологических характеристик (показателей токсичности отходящих газов) требованиям технических условий при поставке новых ГПА (а также двигателей авиационного и судового типов, ремонтируемых в заводских условиях) контролируется в процессе испытаний приемки-сдачи агрегата в соответствии с "Типовой методикой проверки экологических характеристик опытных образцов ГТУ" (ВНИИгаз, 1991 г.).

Контроль экологических характеристик в процессе эксплуатации осуществляется периодически в соответствии с "Временной инструкцией по проведению контрольных измерений вредных выбросов газотурбинных установок на компрессорных станциях (ВНИИгаз, 1992 г.).

Фактические валовые выбросы с продуктами сгорания ГТУ определяются ежеквартально на базе статистической обработки фактических

данных о времени и режимах работы в соответствии с "Временной инструкцией по учету валовых выбросов оксидов азота и углерода на газотурбинных компрессорных станциях по измеренному количеству топливного газа" (ВНИИгаз, 1992 г.)

Контроль за состоянием атмосферы района расположения КС может проводить АСК "Экология" (автоматическая система контроля выбросов и атмосферы), разработанная НИПИАСУтрансгаз.

Контроль загрязнения атмосферы осуществляется в соответствии с РД 52.04.186-89.

Для районов расположения КС предусматривается постоянный контроль атмосферного воздуха в пределах жилой зоны на содержание оксидов азота и эпизодический (1 раз в год) на содержание оксида углерода и метана.

Соблюдение требований контроля источников выбросов и атмосферы на КС обеспечит предупреждение неблагоприятного влияния загрязнения воздуха на окружающую среду.

Список использованной литературы

1. ОНТП 51-1-85. Общесоюзные нормы технологического проектирования. Магистральные трубопроводы. Часть 1. Газопроводы. Мингазпром, 1985.

2. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. - Л.: Гидрометеоиздат. 1987.

3. ГОСТ 17.2.3.02-78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями. - М.: Изд. стандартов. 1979.

4. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.-М.: Изд. по строительству. 1972.

5. Пособие по составлению раздела проекта (рабочего проекта) "Охрана окружающей природной среды" к СНиП 1.02.01-85. Госстрой СССР.-М.: ЦНИИПРОЕКТ. 1992.

6. ГОСТ 5542-87. Газы горючие природные для промышленного и коммунального назначения. Технические условия. -М.: Изд. стандартов. 1988.

7. ОСТ 51.40-83. Газы горючие природные, подаваемые в магистральные газопроводы.

8. ГОСТ 305-82. Топливо дизельное. Технические условия.

9. ГОСТ 10227-86. Топливо реактивное. Технические условия.

10. ОНД-90. Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы. Часть 1. ВНИИ Охраны природы. Санкт-Петербург, 1992.

11. РД 51-162-92. Каталог удельных выбросов загрязняющих веществ газотурбинных газоперекачивающих агрегатов.-М.: ВНИИгаз. 1992 (ротапринт).

12. Снижение выбросов загрязняющих веществ с отходящими газами газотурбинных ГПА. Щуровский В.А. и др. Обз. инф. Сер. "Природный газ и защита окружающей среды".-М.: ВНИИЭгазпром. 1991.

13. РД 34.02.305-90. Методика определения валовых и удельных вредных веществ в атмосферу от котлов тепловых электростанций.-М.: 1991.

14. РД 51-100-85. Руководство по нормированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на объектах транспорта и хранения газа. -М.: ВНИИгаз. 1985 (ротапринт).

15. Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в котлах производительностью до 30 т/ч.-М.: Гидрометеоиздат. 1985.

16. Временная методика нормирования расхода газа в котлах малой и средней мощности.-М.: 1983.

17. Смайлис В.И. Малотоксичные двигатели. - Л.: Машиностроение. 1972.

18. Правила технической эксплуатации магистральных газопроводов.-М.: Недра. 1989.

19. Рекомендации по объединению источников при подготовке числового материала для расчетов загрязнения атмосферы на ЭВМ.-Л.: ГГО им. Воейкова. 1983.

20. Список предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. N 3086-84 от 27.08.84 с дополнением и изменениями.-М.: Минздрав СССР.

21. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух.-Л.: ЛДНТП. 1991.

22. Временные указания по определению фоновых концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе для нормирования выбросов и установления предельно допустимых выбросов.-М.: Гидрометеоиздат. 1981.

23. СНиП 2.01-82. Строительная климатология и геофизика.-М., 1983.

24. Справочник по климату. ГГО им. Воейкова. -М.: Гидрометеоиздат. 1983.

25. Методические указания по расчету внешней границы и установления размеров санитарно-защитной зоны от промышленного предприятия.-М.: ВЦНИИОТ. 1985.

26. СанПиН 4946-89. Санитарные правила по охране атмосферного воздуха населенных мест.-М.: Минздрав СССР. 1989.

27. Постановление СМ СССР от 28.04.1989г. N 356 "О принятии СССР протокола об ограничении выбросов окислов азота или их трансграничных потоков к конвенции 1979 года о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния".

28. РД 52.04.52-85. Регулирование выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях.- Л.: Гидрометеоиздат. 1987.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1

Характеристика основных загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу на КС

Наименование вещества	ПДК и ОБУВ, мг/м^3	Класс опасности ЗВ	Постоянная, учитывающая класс опасности ЗВ, a_1
Оксиды азота (в т.ч. диоксид азота)	$ПДК_{м.р}$ = 0,085 $ПДК_{с.с}$ = 0,04 $ПДК_{р.з}$ = 5,0(NOx) $ПДК_{р.з}$ = 2,0(NO_2)	2	1,3
Оксид азота	$ПДК_{м.р}$ = 0,4 $ПДК_{с.с}$ = 0,06	3	1,0
Оксид углерода	$ПДК_{м.р}$ = 5 $ПДК_{с.с}$ = 3 $ПДК_{р.з}$ = 20	4	0,9
Метан	ОБУВ = 50	4	0,9
Диоксид серы	$ПДК_{м.р}$ = 0,5 $ПДК_{с.с}$ = 0,05 $ПДК_{р.з}$ = 10,0	3	1,0
Альдегиды (принято по формальдегиду)	$ПДК_{м.р}$ = 0,035 $ПДК_{с.с}$ = 0,003 $ПДК_{р.з}$ = 0,5	2	1,3
Бенз(а)пирен	$ПДК_{с.с}$ = 0,1 мкг/100м^3 $ПДК_{р.з}$ = 0,00015	1	1,7
Сажа	$ПДК_{м.р}$ = 0,15 $ПДК_{с.с}$ = 0,05 $ПДК_{р.з}$ = 4	3	1,0

Таблица 2

Классификация источников выделения ЗВ на КС

Источники выделения ЗВ	Высота источника выброса Н, м (мин.-макс.)	Мощность выброса ЗВ М, г/с (мин.-макс.)	Величина Ф (мин.-макс.)	Ранжирование по значению Ф	
				источников выбросов	ЗВ
Газотурбинная установка	5-28	NOx - 1,5-23,0	0,7-27,0	1	1
		CO - 0,6-40,0	0,004-1,0		3
Газомотокомпрессор	10-15	NOx - 3,5-19,0	2,7-22,0	2	1
		CO - 0,4-0,7	0,005-0,01		3
Нагнетатель турбодетандера	5-10	CH_4 - 2100-5600	8-20	3	2
Котлоагрегат*	15-30	NOx - 0,01-13,0	0,008-10,4	5	1
		CO - 0,05-13,0	$(7 \cdot 10^{-4})$-0,2		3
Газотурбинные и поршневые электрогенераторы	5-10	NOx - 2,8-8,0	0,5-18,8	4	1
		CO - 0,1-5,0	0,004-0,2		3
		SO_2 - 0,1-0,3	0,04-0,12		6
		A** - 0,02-0,04	0,13-0,26		5
		Б - $(0,6\text{-}1,3) \cdot 10^{-6}$	0,12-0,26		5
		C - 0,3-0,7	0,4-0,9		4
		У - 0,9-2,0	0,003-0,008		7

* - работают только в аварийном режиме;
** - загрязняющие вещества: А - альдегиды; Б - бенз(а)пирен; С - сажа; У - углеводороды.

Таблица 3

Показатели выбросов оксидов азота и углерода с продуктами сгорания эксплуатируемых ГТУ на номинальном режиме [11]

Тип ГТУ	Расход продуктов сгорания на выхлопе		Тем-ра продуктов сгорания на выхлопе $t^0_{пс}$, °С	Содержание кислорода в сухих продуктах сгорания Co_2,%	Отношение объёмов сухих и влажных продуктов сгорания $K_в$	Мощность выброса M^0_{NOx}, г/с	Концентрация C_{NOx} (сухие продукты сгорания), мг/нм^3		Мощность выброса M^0_{CO}, г/с	Концентрация C_{CO} (сухие продукты сгорания), мг/нм^3	
	$Q^0_{пс}$, нм^3/с	V^0_1, м^3/с					фактическая	приведенная к 15% O_2		фактическая	приведенная к 15% O_2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Центавр	12,9	32,3	410	16,8	0,955	1,66	135	195	0,62	50	72
ГТ-700-5	35,4	72,2	283	18,55	0,973	6,89	200	488	1,72	50	122
ГТК-5	35,4	72,2	283	18,6	0,974	6,89	200	490	1,72	50	123
ГТ-6-750	37,1	93,4	415	17,50	0,962	3,57	100	171	5,35	150	257
ГТЧ-6	37,1	93,5	415	17,3	0,960	3,56	100	163	5,35	150	245
ГТ-750-6	45,6	96,1	302	18,56	0,973	15,5	350	841	2,66	60	144
ГПА-Ц-6,3	47,1	101,8	317	18,0	0,968	3,04	70	140	6,52	150	298
ГПА-Ц-8	47,7	107,1	340	17,4	0,961	4,83	110	181	6,58	150	247
ГПУ-6	23,3	59,3	423	16,3	0,95	2,41	109	140	5,18	234	300

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ГТК-10	66,5	137,1	290	18,3	0,971	22,6	350	788	2,58	40	89
ГПУ-10	68,1	150,4	330	18,1	0,969	4,3	70	143	1,84	30	61
ГТН-10И	40,6	119,9	533	15,8	0,945	7,68	200	232	1,92	50	58
ГТНР-10	66,6	129,9	259	18,5	0,973	11,7	180	434	1,95	30	72
Коберра182	60,7	152,1	411	17,0	0,957	7,84	135	201	8,13	140	208
ГТК-16	79,2	198,8	412	16,8	0,955	7,57	100	142	1,51	20	28
ГТН-16	67,4	168,1	408	16,7	0,954	11,6	180	252	12,9	200	280
ГТН-16-М-1	66,6	169,2	420	16,7	0,954	6,88	108	150	13,8	217	300
ГПА-Ц-16	80,5	202,0	412	17,2	0,960	7,73	100	160	30,9	400	638
ГПУ-16	76,2	176,2	358	17,4	0,961	6,4	88	145	0,73	10	16
ГТН-25 И	92,5	258,8	491	16,1	0,948	12,7	145	177	2,63	30	37
ГТН-25	117,3	301,3	438	16,6	0,953	13,4	120	165	39,2	350	480
ГТН-25-1	80,2	227,0	500	15,7	0,944	12,5	165	187	37,8	500	568

Таблица 4

Показатели выбросов оксидов азота и оксидов углерода модернизированных ГТУ на номинальном режиме [11]

Тип ГТУ		Расход продуктов сгорания на выхлопе		Тем-ра продуктов сгорания на выхлопе $t_{пс}$, °С	Содержание кислорода в сухих продуктах сгорания Co_2, %	Отношение объёмов сухих и влажных продуктов сгорания K_B	Мощность выброса M^0_{NOx}, г/с	Концентрация C_{NOx} (сухие продукты сгорания), мг/нм^3		Мощность выброса M^0_{CO}, г/с	Концентрация Ссо (сухие продукты сгорания), мг/нм^3	
		$Q^0_{пс}$, нм^3/с	V^0_1, м^3/с					фактическая	приведенная к 15% O_2		фактическая	приведенная к 15% O_2
ГТК-10	Э1	66,5	137,1	290	18,3	0,971	10,9	170	383	3,23	50	111
ГТК-10	Э2	66,5	137,1	290	18,3	0,971	5,17	80	180	2,58	40	89
ГТК-10	Э3	66,5	137,1	290	18,3	0,971	2,45	38	85	1,16	18	40
ГТ-750-6	Э1	45,6	96,1	302	18,6	0,973	3,77	85	204	2,22	50	120

Таблица 5

Показатели выбросов оксидов азота и оксидов углерода новых (разрабатываемых) ГТУ на номинальном режиме по данным техзаданий

Тип ГТУ	Расход продуктов сгорания на выхлопе		Тем-ра продуктов сгорания на выхлопе $t^0_{пс}$, °С	Содержание кислорода в сухих продуктах сгорания C_{O_2}, %	Отношение объёмов сухих и влажных продуктов сгорания $K_в$	Мощность выброса M^0_{NOx}, г/с	Концентрация C_{NOx} (сухие продукты сгорания), мг/нм^3		Мощность выброса M^0_{CO}, г/с	Концентрация C_{CO} (сухие продукты сгорания), мг/нм^3	
	$Q^0_{пс}$, нм^3/с	V^0_1, м^3/с					фактическая	приведенная к 15% O_2		фактическая	приведенная к 15% O_2
ГТН-6У (6МВт)	26,1	65,0	406	16,9	0,956	2,58	103	150	5,16	207	300
(8МВт)	26,3	65,3	406	15,7	0,944	3,27	132	150	6,55	264	300
ГПА-Ц-6,3А (Д-336)	25,9	63,8	400	16,6	0,953	2,72	110	150	5,43	220	300
ГПА-Ц-6,3Г (6МВт) (НК-14 СТ)	28,9	71,6	403	17,1	0,958	2,71	98	150	5,42	197	300
(8МВт)	29,4	80,1	470	16,2	0,949	3,33	119	150	6,66	240	300
ГПА-12 "Урал"	35,2	98,4	490	15,7	0,944	4,39	132	150	8,8	265	300
ГПУ-16А	51,7	136,9	450	16,2	0,949	5,88	120	150	11,8	240	300
ГПА-Ц-16АЛ (АЛ-31 СТ)	45,8	127,7	488	15,5	0,942	5,97	138	150	11,9	277	300
ГПА-Ц-16А (НК-38 СТ)	43,5	114,2	443	15,7	0,944	5,48	133	150	10,9	267	300
ГПА-Ц-25	80,6	201,7	410	16,3	0,950	9,06	118	150	18,1	237	300

Таблица 6

Справочные данные о размерах выхлопных труб (шахт) эксплуатируемых ГТУ

Тип ГТУ	Высота выхлопной трубы (шахты) H, м	Диаметр (размеры) выхлопной трубы (шахты) D, м	Площадь сечения выхлопных труб (шахты) S, $м^2$	Скорость продуктов сгорания на срезе выхлопной трубы (шахты) W, м
Центавр	5,3	1,35	1,43	22,6
ГТ-700-5	13,0	2,8	6,2	11,6
ГТК-5	22,0	3,0	7,1	10,2
ГТ-6-750	14,0	3,0	7,1	13,2
ГТН-6	23,5	2,5	4,9	19,1
ГТ-750-6	25,0	2,0(2шт)	6,28	15,3
ГПА-Ц-6,3	9,0	2,3Х2,9	6,7	15,2
ГПА-Ц-8	9,0	2,3Х2,9	6,7	16,0
ГТК-10	22,0	2,3(2шт)	8,3	16,5
ГПУ-10	12,2	2,6Х3,0	7,8	19,3
ГТН-10И	12,3	1,7Х2,5	4,3	28,2
ГТНР-10	22,0	1,6(2шт)	4,0	32,3
Коберра 18	11,3	3,0	7,1	21,4
ГТК-16	22,0	3,3	8,5	23,4
ГТН-16	28,0	3,2	8,0	21,0
ГПА-Ц-16	13,5	2,8Х4,3	12,0	16,8
ГПУ-16	13,0	2,8Х4,1	11,5	15,3
ГТН-25И	16,5	3,0	7,1	36,6
ГТН-25	18,0	4,2	13,9	21,7
ГТН-25-1	18,0	3,4	9,1	24,9

Таблица 7

Формулы для расчета параметров выбросов с продуктами сгорания

Тип агрегата	Формулы величин		
	Мощность выброса оксида азота M_{NOx}, г/с	Расход продуктов сгорания на выхлопе ГТУ $Q_{пс}$, нм^3/с	Температура продуктов сгорания на выхлопе агрегата $T_{пс}$, К
Регенеративные: ГТК-10, ГТ-750-6, ГТ-700-5, ГТК-5	$M_{NOx}=M^{o}_{NOx}\times(\frac{Ne}{Ne^{o}})^{1.65}\times(\frac{T_a}{288})^{4.65}$	$Q_{пс}=Q^{o}_{пс}\times(\frac{Ne}{Ne^{o}})^{0.33}\times(\frac{288}{T_a})^{0.67}$	$T_{пс}=T^{o}_{пс}\times(\frac{Ne}{Ne^{o}})^{0.14}\times(\frac{T_a}{288})^{0.93}$
Безрегенеративные (кроме ГТН-10И и ГТН-25И)	$M_{NOx}=M^{o}_{NOx}\times(\frac{Ne}{Ne^{o}})^{1.33}\times(\frac{T_a}{288})^{3.33}$		
ГТН-10И, ГТН-25И	$M_{NOx}=M^{o}_{NOx}\times(\frac{Ne}{Ne^{o}})^{1.5}\times(\frac{T_a}{288})^{2.5}$	$Q_{пс}=Q^{o}_{пс}\times\frac{288}{T_a}$	$T_{пс}=T^{o}_{пс}\times(\frac{Ne}{Ne^{o}})^{0.4}\times(\frac{T_a}{288})^{0.75}$

Примечание. Номинальные параметры M^{o}_{NOx}, Ne^{o}, $T^{o}_{пс}$, $Q^{o}_{пс}$ принимаются по табл.3-5. Ne - эффективная мощность агрегата, кВт; T_a - температура атмосферного воздуха, К.

Таблица 8

Пример определения параметров выбросов для расчета рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере (КС-6 Интинская)

Наименование параметра	Формула или источник	Январь	Апрель	Июль	Октябрь
1	2	3	4	5	6
Тип агрегата	Проект	ГПУ-16			
Число работающих агрегатов в цехе $n_{раб}$, шт.	Проект	18	18	18	18
Средняя температура наружного воздуха t_a, ^0C	СНиП 2.91.01-82	-18,8	-5,0	-	-11,0
Средняя максимальная температура воздуха наиболее жаркого месяца t_a^{max}, ^0C	СНиП 2.91.01-82	-	-	18,9	-
Располагаемая мощность ГПА $Ne^{рас}$, кВт	Проект	18,4	17,1	13,9	17,5
Мощность выброса на номинальном режиме:					
оксидов азота M^0_{NOx}, г/с	Таблица 3	7,3	7,3	7,3	7,3
оксида углерода M^0_{CO}, г/с	То же	3,66	3,66	3,66	3,66
Расход продуктов сгорания на выхлопе ГТУ на номинальном режиме $Q^0_{пс}$, $нм^3/с$	-"-	76,2	76,2	76,2	76,2

Продолжение табл.8

1	2	3	4	5	6
Температура продуктов сгорания на выхлопе ГТУ на номинальном режиме $T^0_{пс}$, К	Таблица 3	631	631	631	631
Температура продуктов сгорания на режиме располагаемой мощности $T_{пс}$, К	$T_{пс}=T^0_{пс}\times(Ne^{рас}/Ne^0)^{0,14}\times(T_а/288)^{0,93}$	572,9	595,7	626,5	585,1
Расход продуктов сгорания на режиме располагаемой мощности $Q_{пс}$, $нм^3/с$	$Q_{пс}=Q^0_{пс}\times(Ne^{рас}/Ne^0)^{0,33}\times(288/T_а)^{0,67}$	86,75	81,75	72,1	83,62
Объемный расход продуктов сгорания на режиме располагаемой мощности V_1, $м^3/с$	$V_1=Q_{пс}\times T_{пс}/273$	182,1	178,4	165,4	179,2
Площадь сечения на срезе выхлопной шахты S, $м^2$	Таблица 6	11,5	11,5	11,5	11,5
Скорость продуктов сгорания на срезе выхлопной шахты W^0, м/с	$W^0 = V_1/S$	15,8	15,5	14,4	15,6

Продолжение табл.8

1	2	3	4	5	6
Мощность выброса на режиме располагаемой мощности (на срезе выхлопной шахты):					
оксидов азота M_{NOx}, г/с	$M_{NOx}=M^{o}_{NOx}\times(Ne^{pac}/Ne^{o})^{1,33}\times(T_a/288)^{3,33}$	5,80	6,28	6,33	6,00
оксида углерода M_{CO}, г/с	$M_{CO}=M^{o}_{CO}$	3,66	3,66	3,66	3,66
Суммарная по КС мощность выброса на режиме располагаемой мощности (на срезе выхлопной шахты):					
оксидов азота ΣM_{NOx}, г/с	$\Sigma M_{NOx}=n_{раб}\times M_{NOx}$	104,4	113,0	114,0	108,0
оксида углерода ΣM_{CO}, г/с	$\Sigma M_{CO}=n_{раб}\times M_{CO}$	65,9	65,9	65,9	65,9

Таблица 9

Пример расчета валового выброса оксидов азота и углерода (КС-6 Интинская)

Наименование параметра	Формула или источник	Январь	Апрель	Июль	Октябрь
1	2	3	4	5	6
Тип ГПА	Проект		ГПУ-16		
Число работающих агрегатов на КС $n_{раб}$, шт.	Проект	18	18	18	18
Используемая мощность одного ГПА Ne, кВт	Проект	17,4	14,6	13,3	14,9
Средняя температура наружного воздуха t_a, ^{0}C	СНиП 2.91.01-82	-18,8	-5,0	13,5	-11,0
Мощность выброса на номинальном режиме работы ГПА:					
оксидов азота M^0_{NOx}, г/с	Таблица 3	7,3	7,3	7,3	7,3
оксида углерода M^0_{CO}, г/с	То же	3,66	3,66	3,66	3,66
Мощность выброса на рабочем режиме ГПА:					
оксидов азота M_{NOx}, г/с	$M_{NOx}=M^0_{NOx}\times(Ne/Ne^0)^{1,33}\times(T_a/288)^{3,33}$	5,39	5,09	5,61	4,85
оксида углерода M_{CO}, г/с	$M_{CO}=M^0_{CO}$	3,66	3,66	3,66	3,66
Месячный валовый выброс по КС:					
оксидов азота $G^{мес}_{NOx}$, т/мес	$G^{мес}_{NOx}=0,0864\times n_{раб}\times M_{NOx}\times\tau^*$	259,6	237,3	270,5	233,6
оксида углерода $G^{мес}_{CO}$, т/мес	$C^{мес}_{CO}=0,0864\times n_{раб}\times M_{CO}\times\tau$	176,5	170,8	176,5	176,5

Продолжение табл.9

1	2	3	4	5	6
Годовой выброс по КС:					
оксидов азота $G_{NOx}^{год}$, т/год	$G_{NOx}^{год} = 2,967 \times \sum_{i=1}^{4} \times G_{NOx}^{мес}$	2970,1	2970,1	2970,1	2970,1
оксида углерода $G_{CO}^{год}$, т/год	$G_{CO}^{год} = 2,967 \times \sum_{i=1}^{4} \times G_{CO}^{мес}$	2077,3	2077,3	2077,3	2077,3
В том числе:					
диоксида азота $G_{NO_2}^{год}$, т/год	$G_{NO_2}^{год} = 0,05 \times G_{NOx}^{год}$	148,5	148,5	148,5	148,5
оксида азота $G_{NO}^{год}$, т/год	$G_{NO}^{год} = G_{NOx}^{год} - G_{NO_2}^{год}$	2821,5	2821,5	2821,5	2821,5

*τ - число дней в месяце.

Таблица 10

Показатели выбросов оксидов азота и углерода с продуктами сгорания эксплуатируемых ГМК на номинальном режиме

Тип ГМК	Расход влажных продуктов сгорания на выхлопе		Температура продуктов сгорания на выхлопе, ^{0}С	Содержание кислорода в сухих продуктах сгорания, C_{O_2}, %	Отношение объемов сухих и влажных продуктов сгорания $K_в$	Мощность выброса M^0_{NOx}, г/с	Фактическая концентрация (сухие продукты сгорания) C_{NOx}, мг/нм^3	Мощность выброса M^0_{CO}, г/с	Фактическая концентрация (сухие продукты сгорания) C_{CO}, мг/нм^3
	$Q^0_{пс}$, нм^3/с	V^0_1, м^3/с							
10 ГК	1,76	4,4	410	11,5	0,9	3,5	2200	0,4	250
Купер-Бессемер	1,76	4,4	410	11,5	0,9	3,5	2200	0,4	250
10 ГКМ	1,84	3,01	410	11,9	0,91	3,2	1900	0,4	250
10 ГКН	3,01	6,3	300	14,0	0,92	5,2	1900	0,7	250
10 ГКНАМ	2,93	6,15	300	14,2	0,93	5,2	1900	0,7	250
МК-8	5,76	13,57	370	15,3	0,94	19,0	3500	-	-
МК-8М	5,76	12,93	340	15,2	0,94	14,1	2600	-	-

Таблица 11

Номинальные экологические характеристики газомотокомпрессоров с форкамерными системами зажигания

Тип ГМК / Тип форкамеры	Удельные номинальные выбросы оксидов азота в сухих продуктах сгорания C^0_{NOx}, мг/нм^3	Номинальная мощность оксидов азота M^0_{NOx}, г/с	Удельный номинальный выброс, г/м^3 топливного газа
10ГМК / ФКУ-140	1300	2,45	28,0
10ГКН / ФКУ-165	1600	4,85	44,6
10ГКМ / *	1000	1,75	20,0
10ГКН / *	1000	2,85	26,3
МК-8 / *	1800	10,08	59,1
МК-8М / *	1300	7,46	41,9

* - перспективные конструкции форкамер.

Таблица 12

Справочные данные о размерах выхлопных труб эксплуатируемых газомотокомпрессоров

Тип ГМК	Диаметр выхлопной трубы, м	Высота выхлопной трубы, м	Площадь сечения выхлопной трубы, $м^2$	Скорость продуктов сгорания на срезе выхлопной трубы, м/с
10 ГК ЖМВ	0,25	12,0	0,049	89,8
(Купер-Бессемер)	0,30	10,0	0,070	62,9
10 ГКМ	0,25	12,0	0,049	93,9
10 ГКН	0,35	12,0	0,096	65,6
10 ГКМАМ	0,35	12,0	0,096	64,1
МК-8	0,6	12-15	0,283	48,0
МК-8М	0,6	12-15	0,283	45,7

Таблица 13

Показатели выбросов оксидов азота и оксида углерода с продуктами сгорания котлоагрегатов малой производительности (водогрейных) огневых подогревателей и испарителей на номинальном режиме

Марка котла	Номинальная теплопроизводительность, Гкал/ч	Расход влажных продуктов сгорания перед дымовой трубой		Мощность выброса оксидов азота, г/с	Среднее значение концентрации оксидов азота (сухие пр.сгорания), мг/нм^3	Мощность выброса оксидов углерода, г/с
		$Q_{пс}$, нм^3/с	V_1, м^3/с			
1	2	3	4	5	6	7
Универсал-6 (односторонний)	0,12-0,22	0,05-0,10	0,09-0,17	0,012-0,022	280	0,04-0,08
Универсал -3	0,18-0,46	0,08-0,20	0,14-0,34	0,018-0,046	280	0,06-0,16
Универсал-5 (двусторонний)	0,18-0,51	0,08-0,22	0,14-0,37	0,018-0,05	280	0,06-0,18
Универсал-6 (двусторонний)	0,24-0,55	0,10-0,24	0,17-0,41	0,024-0,055	280	0,08-0,20
Надточия (модель 3)	0,24-0,56	0,11-0,25	0,19-0,43	0,024-0,055	280	0,09-0,20
Энергия 3;6	0,33-0,74	0,15-0,33	0,26-0,56	0,034-0,075	280	0,12-0,28
КСТМ	0,34-1,50	0,16-0,73	0,27-1,24	0,040-0,190	300	0,13-0,50
Тула-1	0,43-0,81	0,19-0,35	0,32-0,60	0,050-0,090	310	0,16-0,29
Минск-1	0,49-0,93	0,21-0,39	0,36-0,66	0,054-0,100	310	0,17-0,32
Факел	0,85	0,34	0,58	0,090	320	0,28
Братск	0,85	0,34	0,58	0,090	320	0,28
ФНКВ(1:1М)	0,90-1,0	0,45-0,50	0,77-0,85	0,120-0,130	320	0,36-0,39

Продолжение табл.13

1	2	3	4	5	6	7
ТВГ-1,5	0,50	0,60	1,02	0,160	310	0,50
ТВГ-4	4,00	1,60	2,72	0,510	390	1,28
КВГ-4	4,00	1,54	2,62	0,500	390	1,25
КВГМ-4	4,00	1,50	2,55	0,500	390	1,22
КВГ-6,3	6,50	2,50	4,25	0,800	390	2,03
КВГ-6,5	6,50	2,40	4,08	0,800	390	1,97
ТВГ-8	8,00	3,40	5,78	1,100	390	2,70
КВГМ-10	10,00	3,90	6,63	1,240	390	3,10
КВГМ-20	20,00	7,70	13,09	2,500	390	6,20
Огневые подогреватели	0,07-2,10	0,02-0,76	0,03-1,29	0,006-0,240	360	0,02-0,63
Огневой испаритель ОП-1	0,51	0,18	0,31	0,050	325	0,15
Огневой испаритель ОП-2	0,85	0,31	0,53	0,090	350	0,25
Огневой испаритель ОП-3	1,23	0,44	0,75	0,140	380	0,35
Огневой испаритель ОП-4	2,13	0,76	1,29	0,240	380	0,63

Примечания: 1) перед дымовой трубой принята средняя температура продуктов сгорания, равная 200°С; 2) содержание кислорода в сухих продуктах сгорания равно 1-3 %об.; 3) K_B = 0,83; наличие оксида углерода в уходящих газах котлоагрегатов, огневых подогревателей и испарителей возможно только при условии содержания кислорода > 1%об. и согласно методике [13] усредненное значение концентрации СО при этом для всех типов агрегатов равно 800 мг/нм^3.

Таблица 14

Показатели выброса оксидов азота и оксида углерода с продуктами сгорания паровых котлов малой производительности на номинальном режиме

Марка котла	Номинальная паропроизводительность, т/ч	Расход продуктов сгорания перед дымовой трубой		Концентрация (сухие прод. сгорания) оксидов азота, мг/нм^3	Мощность выброса оксидов азота, г/с	Мощность выброса оксида углерода, г/с
		$Q_{пс}$, нм^3/с	V_1, м^3/с			
Е-0,4/9Г; Е-1/9Г	0,6-1,0	0,27-0,45	0,459-0,765	280	0,06-0,11	0,2-0,35
ММЗ-0,8-9	0,8	0,23	0,39	265	0,05	0,22
МЗК-7АГ-1 (Е-1-9ГН)	1,0	0,29	0,49	290	0,07	0,22
Е-1/9-1Г	1,0	0,29	0,49	290	0,07	0,22
ДКВР-2,5/13	2,5	0,67	1,14	290	0,16	0,5
ДКВР-4/13	4,0	1,12	1,90	310	0,26	0,84
ДЕ-4-14 ГМ	4,0	0,96	1,63	300	0,24	0,72
ДКВР-6,5/13	6,5	1,79	3,04	310	0,46	1,35
ДЕ-65-14ГМ	6,5	1,55	2,64	325	0,42	1,16
ДКВР-10/13	10,0	2,77	4,71	360	0,83	2,08
ДЕ-10-14ГМ	10,0	2,36	4,01	360	0,71	1,77
АПВ-2	12,0	2,96	5,03	360	0,89	2,22
ДЕ-16-14ГМ	16,0	3,79	6,44	360	1,14	2,85
ДКВР-20/13	20,0	6,64	11,29	400	2,19	4,99
ДЕ-25-14ГМ	25,0	5,89	10,01	400	1,95	4,43

Примечания: 1) перед дымовой трубой принято среднее значение температуры продуктов сгорания 200°С; 2) содержание кислорода в сухих продуктах сгорания равно 1-3% об.; 3) показатели выбросов оксидов азота и оксида углерода приведены при α=1,05, что соответствует содержанию кислорода 1% об.

Таблица 15

Показатели выброса оксидов азота с продуктами сгорания котлоагрегатов теплопроизводительностью более 125 ГДж/ч и паропроизводительностью более 30 т/ч на номинальном режиме

Марка котла	Номинальная теплопроизводительность, ГДж/ч (паропроизводительность, т/ч*)	Расход продуктов сгорания перед дымовой трубой		Среднее значение концентрации оксидов азота (сухие прод.сгорания), мг/нм^3	Мощность выброса оксидов азота, г/с
		$Q_{пс}$, нм^3/с	V_1, м^3/с		
КВГМ-30	125,18	11,8	20,1	127	1,34
ТВГМ-30	125,18	11,3	19,2	127	1,29
ПТВМ-30М	166,9	15,9	27,0	140	2,01
КВГМ-50	208,6	19,1	32,5	150	2,6
ПТВМ-50	208,6	20,5	34,9	150	2,8
КВГМ-100	417,0	38,2	64,9	175	6,07
ПГВМ-100	417,0	43,0	73,1	175	6,84
КВГМ-180	751,0	77,6	131,9	188	13,3
ПТВМ-180	751,0	77,6	131,9	188	13,3
ГИ-50-14	(50,0*)	12,0	20,4	290	3,2

Примечания: 1) перед дымовой трубой принято усредненное значение температуры уходящих газов 200°C; 2) содержание кислорода в сухих продуктах сгорания равно 13% об.; 3) показатели выбросов оксидов азота приведены при α=1,05, что соответствует содержанию кислорода в уходящих газах 1% об.; 4) показатели выбросов оксида углерода не приводятся, так как согласно методике при α=1,05 оксид углерода в уходящих газах данных типов котлоагрегатов отсутствует.

Таблица 16

Пример расчета выбросов оксидов азота и оксида углерода от котлоагрегатов

Показатель	Расчетная формула или источник	Значение
1	2	3
Для котлоагрегатов теплопроизводительностью более 125 ГДж/ч		
Тип котла		КВГМ-30 (водогрейный)
Расход топливного газа В, г/с	Паспортные данные	750,5
Фактическая теплопроизводительность $N_{ф}$, ГДж/ч	Расчет выполнен при $Q_{ф} = Q_{н}$	125,2
Низшая теплота сгорания топлива $Q^{н}_{р}$, МДж/м^3	Принимается усредненное значение для природного газа Ямальского месторождения	35,56
Расход условного топлива $B_{у}$, г у.т./с	$B \cdot Э$	900,6
Калорийный эквивалент Э	по [14]	1,2
Коэффициент, характеризующий выход оксидов азота, К	$K = \frac{2,5 \times N_{ç}}{84 + N_{н}}$	1,5
Мощность выброса оксидов азота M_{NOx}, г/с	$M_{NOx}=B_{у} \cdot K \cdot \beta \ 10^{-3}$	1,34
Мощность выброса оксида углерода M_{CO}, г/с	$M_{CO} = 0,001 \ C_{CO} \cdot B$	1,98
Содержание оксида углерода в зависимости от вида сжигаемого топлива C_{CO}, кг/тыс.м^3	$C_{CO} = \frac{q_{3} \cdot R \cdot Q^{н}_{р}}{1013}$	2,6
Время работы котлоагрегата τ, ч	Период отопительного сезона	5760
Валовые выбросы оксидов азота C_{NOx}, т/год	$C_{NOx}=M_{NOx} \cdot \tau \ 3600 \cdot 10^{-6}$	27,8
Валовые выбросы оксида углерода C_{CO}, т/год	$C_{CO}=M_{CO} \cdot \tau \cdot 3600 \cdot 10^{-6}$	41,1

Продолжение табл.16

1	2	3
Для котлоагрегатов малой производительности		
Тип котла		Универсал-6 (односторонний)
Расход топливного газа B, тыс. $м^3/ч$	Паспортные данные	0,03
Низшая теплота сгорания топлива $Q_p^н$, $МДж/м^3$	Принимается усредненное значение для природного газа Ямальского м-ния	35,56
Мощность выброса оксидов азота M_{NOx}, г/с	$M_{NOx}=0,001 \cdot B \cdot Q_p^н \cdot K_{NOx}$	0,02
Мощность выброса оксида углерода M_{CO}, г/с	$M_{CO}=0,001 \cdot B \cdot Q_p^н \cdot K_{CO}$	0,08
Параметр, характеризующий количество оксидов азота, образующихся на 1 ГДж теплоты, K_{NO_2}, кг/ГДж	Согласно методике [15]	0,07
Количество оксида углерода, образующееся на единицу теплоты, выделяющейся при горении топлива, K_{CO}, кг/ГДж	Принимается по табл.1 методики [15]	0,25
Время работы котлоагрегата, ч	Период отопительного сезона	5760
Валовые выбросы оксидов азота C_{NOx}, т/год	$C_{NOx}=M_{NOx} \cdot \tau \cdot 3600 \cdot 10^{-6}$	0,46
Валовые выбросы оксида углерода C_{CO}, т/год	$C_{CO}=M_{CO} \cdot \tau \cdot 3600 \cdot 10^{-6}$	1,66

Примечание: β - безразмерный коэффициент, учитывающий степень снижения выбросов оксидов азота в результате технических решений, для котлоагрегатов, эксплуатируемых в газовой промышленности, $\beta=1$.

Таблица 17

Показатели выбросов оксидов азота и оксида углерода с продуктами сгорания электрогенераторов, работающих на природном газе на номинальном режиме

Тип агрегата	Расход продуктов сгорания на выхлопе		Температура продуктов сгорания на выхлопе, $T_{пс}$, °С	Мощность выброса ЗВ, г/с	
	$Q_{пс}$, нм³/с	V_1, м³/с		оксидов азота	оксида углерода
		Газотурбинные генераторы			
ПАЭС-2500	28,4	64,8	350	8,5	5,7
ПАЭС-1600	18,2	41,5	350	5,5	3,6
		Газомоторные генераторы			
Растэн	11,4	31,0	470	3,4	2,3
11ГД100М	11,4	26,0	350	3,4	2,3
		Дизель-генераторы			
БЭС-630	1,3	3,5	470	0,4	0,3
АГ-68	1,3	3,5	470	0,4	0,3
Volvo	0,6	3,3	470	0,2	0,12

Примечания: 1) согласно данным [17], средняя концентрация в сухих продуктах сгорания (мг/нм³) принята: C_{NOx} = 300, C_{CO} = 200; 2) содержание кислорода в сухих продуктах сгорания равно 6-8,5 % об.; 3) K_B = 0,86-0,88.

Таблица 18

Номинальные показатели выбросов ЗВ при эксплуатации дизель-генераторов, работающих на дизельном топливе

Тип агрегата	Расход продуктов сгорания на выхлопе		Температура продуктов сгорания на выхлопе, $T_{пс}$, ^0C	Мощность выброса ЗВ с отработавшими газами M_1, г/с						
	$Q_{пс}$, $нм^3/с$	V_1, $м^3/с$		NO_x	CO	SO_2	A*	Б*·10^{-6}	C*	У*
ПЭ-6	1,33	2,79	300	4,7	1,5	0,3	0,04	1,3	0,7	2,0
11 ГД 100	1,27	2,66	300	4,5	1,4	0,3	0,04	1,3	0,6	1,9
АС-804	0,80	1,59	270	2,8	0,9	0,2	0,02	0,8	0,4	1,2
АС-814	0,64	1,27	270	2,2	0,7	0,15	0,02	0,64	0,3	1,0
6Г4 36/45	0,54	1,13	300	1,9	0,6	0,12	0,016	0,54	0,3	0,8
КАС-500	0,60	1,26	300	2,1	0,7	0,14	0,018	0,6	0,3	0,9

Примечание: * А - альдегиды; Б - бенз(а)пирен; С - сажа; У - углеводороды. Средняя концентрация (C_1, $мг/нм^3$) в отработавших (сухих) газах дизелей при номинальной нагрузке принята по данным [17] равной: NO_x - 3500; CO - 1120; SO_2 - 230; А - 30; Б - 0,001; С - 500; У - 1500; содержание кислорода в сухих отработавших газах составляет 6-8,5% об., $K_в$ =0,86-0,88.

Таблица 19

Количество природного газа, выбрасываемого при пуске эксплуатируемых типов ГПА

Тип ГТУ	Расход газа на работу пускового турбодетандера, $м^3$	Расход газа на пуск ГПА, $м^3$
Центавр	90	170
ГТ-700-5	2750	2840
ГТК-5	2750	2840
ГТ-6-750	1900	2000
ГТН-6	1900	2000
ГТ-750-6	4400	4500
ГПА-Ц-6,3	500	600
ГПА-Ц-8	500	600
ГТК-10	1400	1500
ГПУ-10	500	600
ГТН-10И	1540	1620
ГТНР-10	1400	1500
Коберра 182	60	140
ГТК-16	7350	7500
ГТН-16	4120	4270
ГПА-Ц-16	300	450
ГПУ-16	--	150
ГТН-25И	2200	2330
ГТН-25	1300	1500
ГТН-25-1	1000	1200
ГТН-16-М-1	4120	4270
ГПУ-6		80

Таблица 20

Количество природного газа, выбрасываемого при пуске разрабатываемых ГПА

Тип ГТУ	Расход газа на работу пускового турбодетандера, $м^3$	Расход газа на пуск ГПА, $м^3$
ГТН-6У	130	220
ГПА-Ц-6,3А (Д-336)	130	220
ГПА-Ц-6,3Г (НК-14СТ)	130	220
ГПА-12 "Урал"	300	450
ГПУ-16А		150
ГПА-Ц-16АЛ (АЛ-31СТ)	300	450
ГПА-Ц-16А (НК-38СТ)	300	450
ГТН-25А	1440	1640
ГПА-Ц-25	160	360

Таблица 21

Примерные значения геометрического объема контуров и обвязки ЦБН и расхода газа при остановке ГПА

Тип ГТУ	Геометрический объем стравливаемого коллектора нагнетателя, $м^3$	Расход газа на стравливание из контура нагнетателя при остановке ГПА, $м^3$
ГТ-700-5	12,1	815
ГТК-5	12,1	815
ГТ-6-750	14,3	950
ГТН-6	14,3	950
ГТ-750-6	12,1	815
ГПА-Ц-6,3	14,0	950
ГПУ-6	14,0	950
ГТК-10	19,3	1360
ГПУ-10	19,3	1360
ГТН-10И	10,8	750
Коберра 182	10,9	750
ГТК-16	32,5	2175
ГТН-16	32,5	2175
ГТН-25И	25,9	1770
ГТН-25	52,5	3670
ГТН-25-1	36,0	2450
ГПУ-16	32,0	2175
Центавр	10,0	680
ГПА-Ц-8	14,0	950
ГТНР-10	20,0	1360
ГПА-Ц-16	32,0	2175

Таблица 22

Примерный расчет выбросов природного газа из компрессорного цеха при проектировании КС

Параметры	Формула или источник	Результаты расчета
1	2	3
Название КС	Ухтинская	
Тип ГПА	ГПУ-16	
Установленная мощность КЦ $N_{уст}$, кВт	Проектные данные	64000
Число работающих ГПА $n_{раб}$, шт.	То же	3
Давление газа на входе КЦ P_1, ата	--"--	53,6
Давление газа на выходе КЦ P_2, ата	--"--	76,0
Температура газа на входе КЦ t_1, ^{0}C	--"--	3,5
Температура газа на выходе КЦ t_2, ^{0}C	--"--	33,2
Плотность газа γ_0, кг/м^3	--"--	0,68
Относительная плотность газа по воздуху $\Delta_в$	$\Delta_в=\gamma_0/1,205$	0,564
Количество природного газа, выбрасываемого в процессе 1 запуска ГПА $Q^{пуск}_{CH_4}$, м^3	Таблица 19	150
Мощность выброса при пуске ГПА $M^{пуск}_{CH_4}$, г/с	$M^{пуск}_{CH_4} = 0,55 \times Q^{пуск}_{CH_4} \times \gamma_0$	56,1
Геометрический объем стравливаемого коллектора ЦБН $V_к$, м^3	Таблица 22	32,5
Среднеарифметическое давление в нагнетателе $P_{ср}$, МПа	$P_{ср}=(P_1+P_2)/2 \times 9,81 \times 10^{-2}$	6,36

Продолжение табл.22

1	2	3
Среднеарифметическая температура в нагнетателе $T_{ср}$, К	$T_{ср}=(t_1+t_2)/2+27$	291,4
Коэффициент сжимаемости газа $Z_{ср}$ при $P_{ср}$ и $T_{ср}$	График $Z=f(P_1,t,\Delta_в)$	0,883
Количество выбрасываемого газа из контура ЦБН при остановке ГПА $Q^{ост}_{CH_4}$, м^3	$Q^{ост}_{CH_4}=(V_к \times P_{ср})/(0,1013 \times 293)/(T_{ср} \times 1/Z_{ср})$	2324
Количество выбрасываемого газа при остановке КЦ $Q^{КЦ}_{CH_4}$, м^3	$Q^{КЦ}_{CH_4}=n_{раб} \times Q^{ост}_{CH_4}$	6972
Мощность выброса при остановке КЦ $M^{ост}_{CH_4}$, г/с	$M^{ост}_{CH_4}=0,55 \times Q^{КЦ}_{CH_4} \times \gamma_c$	2608
Количество газа, выбрасываемого при продувке установок очистки $Q^{пр}_{CH_4}$, м^3	п.п.8	240
Наработка на I пуск-остановку $K_п$, ч	п.п.9	250
Годовой валовый выброс природного газа по КЦ $Q^{год}_{CH_4}$, м^3	$Q^{год}_{CH_4}=(Q^{пуск}_{CH_4}+Q^{ост}_{CH_4}) \times n_{раб} \times \frac{8760}{K_п}+3650 \times Q^{пр}_{CH_4}$	$0,35 \times 10^6$

Таблица 23

Пример расчета концентрации оксидов азота
в атмосфере района расположения КС

NN пп	Параметр, характеристика	Январь	Апрель	Июль	Октябрь
1	2	3	4	5	6
1.	Тип ГПА	ГПУ-16	ГПУ-16	ГПУ-16	ГПУ-16
2.	Число работающих агрегатов, шт.	18	18	18	18
3.	Число источников выброса (агрегированных-объединенных), шт.	1	1	1	1
4.	Высота источника выброса H, м	13	13	13	13
5.	Диаметр устья источника выброса Д($Д_э$), м	2,8x4,1(3,33)	2,8x4,1(3,33)	2,8x4,1(3,33)	2,8x4,1(3,33)
6.	Средняя температура наружного воздуха наиболее жарких суток $T_в$, ^{0}C	-18,8	-5,0	-	-11,0
7.	Средняя максимальная температура воздуха наиболее жаркого месяца $T_в^{max}$, ^{0}C	-	-	18,9	-
8.	Скорость ветра, м/с	7,54	6,76	5,86	7,61
9.	Температура продуктов сгорания на режиме располагаемой мощности $T_{пс}$, K	572,9	595,7	626,5	585,1
10.	Объемный расход продуктов сгорания на режиме располагаемой мощности V_1, $м^3/с$	182,1	178,35	165,4	179,2
11.	Скорость продуктов сгорания на срезе выхлопной шахты w_0, м/с	15,8	15,5	14,4	15,6
12.	Мощность выброса оксидов азота для одного ГПА на режиме располагаемой мощности (в пересчете на NO_2) M_{NOx}, г/с	4,64	5,02	5,06	4,80

Продолжение табл.23

1	2	3	4	5	6
13.	Суммарная по КС мощность выброса оксидов азота на режиме располагаемой мощности (в пересчете на NO_2) M^z_{NOx}, г/с	83,54	90,36	91,17	86,42
14.	Коэффициенты: температурной стратификации A	200	200	200	200
	рельефа местности η	1	1	1	1
15.	Максимальная разовая предельно допустимая концентрация (ПДК) оксидов азота $C^{M \cdot p}$, мг/м^3	0,085	0,085	0,085	0,085
16.	Перегрев газовоздушной смеси $\Delta T = T_{ПС} - T_B$, ^{0}C	318,6	327,6	334,5	323
17.	Параметр f $f=1000 \frac{w^2 \cdot Д_3}{H^2 \cdot \Delta T}$	15,44	14,45	12,21	14,85
18.	Параметр V_M $V_M = 0,65\sqrt[3]{(V_1 \times \Delta T)/H}$	10,70	10,73	10,53	10,69
19.	Коэффициент m $m = 1/(0,67+0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f})$	0,524	0,533	0,555	
20.	Коэффициент n (m и n учитывают условия истечения из труб) n=1	1	1	1	1
21.	Коэффициент d $d=7\sqrt{V_M}\ (1+0,28\sqrt[3]{f})$	38,86	38,57	37,36	38,64

Продолжение табл.23

1	2	3	4	5	6
22.	Максимальная приземная концентрация оксидов азота $C_м^{NOx} = (A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta)/(H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T})$, мг/м^3	1,34	1,47	1,57	1,40
23.	Расстояние $X_м^{NOx}$, на котором приземная концентрация достигает максимального значения, $X_м^{NOx} = d \cdot H$, м	505,2	501,4	485,7	502,3
24.	Опасная скорость ветра, при которой достигается наибольшее значение приземной концентрации $U_м = V_м(1+0,12\sqrt{f})$, м/с	15,75	15,62	14,95	15,63
25.	Величина r $r = 0,67(U/U_м) + 1,67(U/U_м)^2 - 1,34(U/U_м)^3$	0,556	0,494	0,438	0,568
26.	Максимальная приземная концентрация при скорости ветра U $C_{мU}^{NOx} = r \cdot C_м^{NOx}$, мг/м^3	0,745	0,726	0,688	0,795
27.	Коэффициент P $P = 8,43[1-(U/U_м)]^5 + 1$	1,32	1,49	1,70	1,30

Продолжение табл.23

1	2	3	4	5	6
28.	Расстояние от источника выброса, на котором приземная концентрация достигает максимума				
	$X_{мu}^{NOx} = P \cdot X_{мu}^{NOx}$, м	666,9	747,1	825,7	653,0
29.	Коэффициент S_1 при $C^{NOx} = 0,085$				
	$S_1 = 0,085/C_{мu}^{NOx}$	0,114	0,117	0,124	0,107
30.	Соотношение $K = X/X_{мu}$	8,5	8,2	8,0	9,0
31.	Раастояние от источника выброса NO_x в расчетном направлении, на котором уровень их приземной концентрации равен ПДК				
	$X = X_{мu} \cdot K$, м	5668	6125	6605	5877

Примечания: исходные данные пп. 1-13 взяты из табл.8; расчет выполнен по методике ОНД-86; рассчитываемые безразмерные коэффициенты и параметры: m, n, f - учитывают условия выхода газовоздушной смеси их устья источника выброса; $V_м$, d - учитывают условия оседания частиц; P, r - определяются по соотношению $U/U_м$; S_1 - определяется в зависимости от отношения $X/X_м$ и коэффициента F.

Таблица 24

Пример расчета санитарно-защитной зоны [2]

Направление ветра	Повторяемость направлений ветра [23] P, %	Размер зоны загрязнения, рассчитанный по УПРЗА, L_0, м	Размер зоны загрязнения, откорректированный по розе ветров, l, м	Размер СЗЗ по максимальным радиусам L, м
Север (С)	12	1900	1700	1900
Северо-восток (СВ)	8	4300	2700	4300
Восток (В)	7	4300	2400	4300
Юго-восток (ЮВ)	12	4000	3800	4000
Юг (Ю)	17	2750	3750	3750
Юго-запад (ЮЗ)	14	3400	3800	3800
Запад (З)	11	5000	4400	5000
Северо-запад (СЗ)	19	2800	4200	4200

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

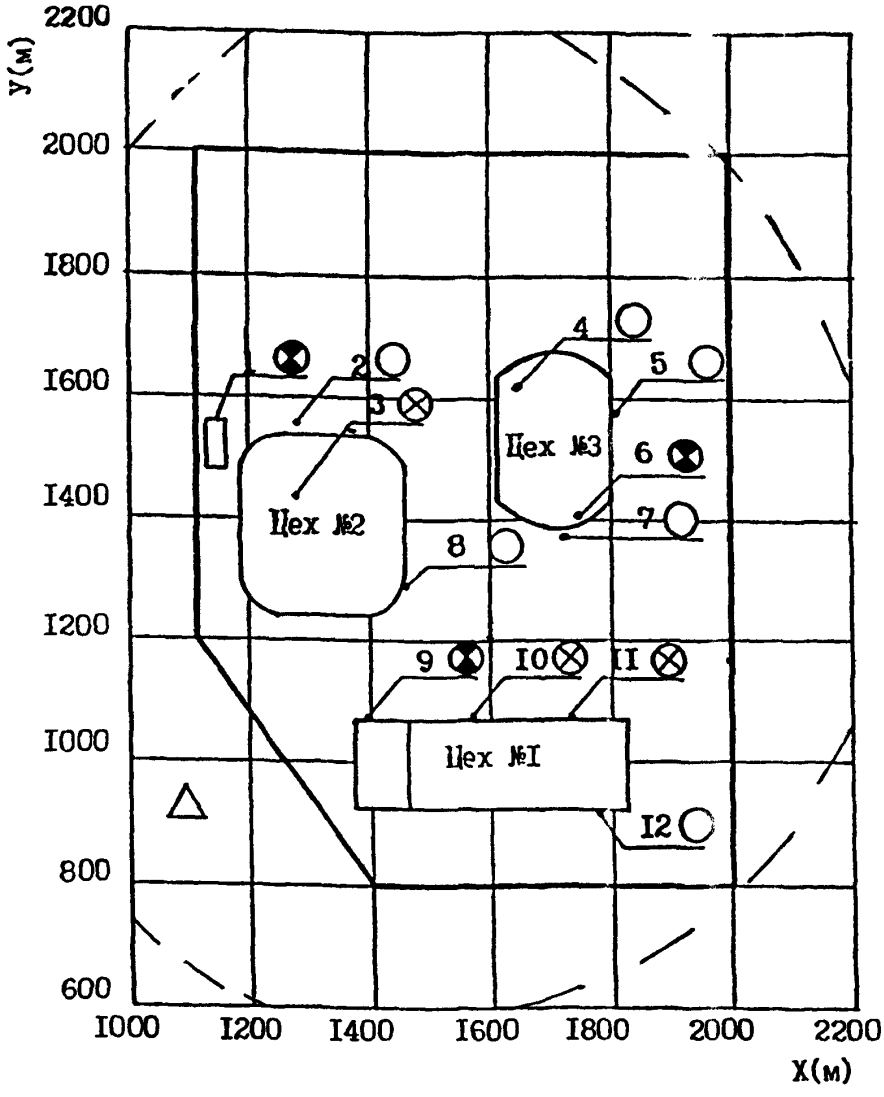

Рис. 1. Карта-схема предприятия: 1-12 - номера источников выбросов; ○ - неконтролируемые источники; ⊗ - контролируемые источники; ⊗ - источники, задействованные в периоды НМУ; — — - санитарно-защитная зона; △ - точки контроля качества атмосферного воздуха; ——— - граница территории предприятия

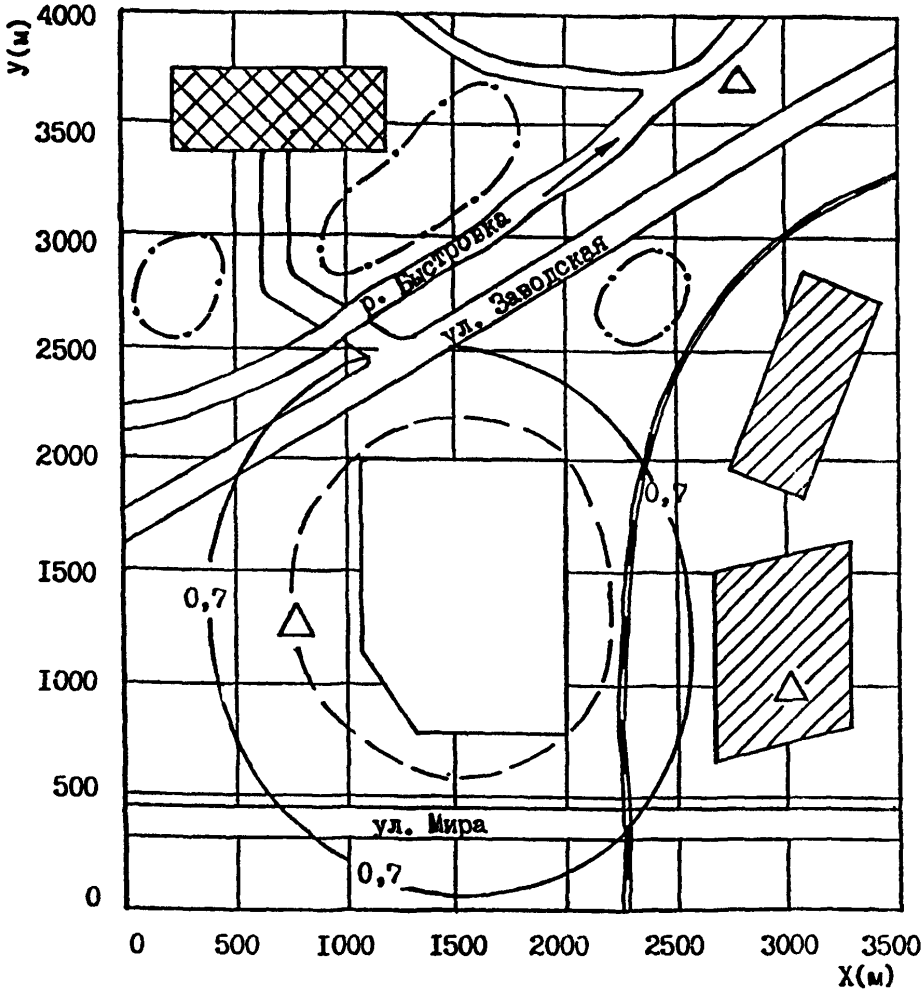

Рис. 2. Ситуационная карта-схема района города, в котором расположено предприятие: ▭ - граница территории предприятия; —— ——- санитарно-защитная зона; —0,7—→ - изолинии концентраций загрязняющих веществ; ▨ - жилая застройка; —·— - зеленая зона; ▩ - территории пансионата; △ - точки контроля качества атмосферного воздуха

Содержание

1. Общие положения..... 3
2. Выбросы загрязняющих веществ с продуктами сгорания энерготехнологического оборудования..... 8
2.1. Выбросы ЗВ с продуктами сгорания газотурбинных агрегатов..... 8
2.2. Выбросы загрязняющих веществ с отходящими газами газомотокомпрессоров (ГМК)..... 12
2.3. Выбросы загрязняющих веществ с уходящими газами котельных установок и огневых подогревателей.....13
2.4. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами агрегатов электростанций собственных нужд.....14
3. Выбросы природного газа на КС.....15
3.1. Структура выбросов природного газа на КС.....15
3.2. Выбросы природного газа при пуске ГПА.....16
3.3. Выбросы природного газа при остановке ГПА.....16
3.4. Выбросы природного газа из установок очистки.....17
3.5. Суммарные выбросы природного газа по компрессорному цеху.....18
4. Оценка уровня загрязнения атмосферы в районе расположения КС. Расчет рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосфере..... 18
4.1. Подготовка исходных данных для расчета концентрации ЗВ в атмосфере.....18
4.2. Фоновое загрязнение атмосферы..... 20
4.3. Метеорологические характеристики и коэффициенты, определяющие условия рассеивания ЗВ в атмосфере..... 21
4.4. Расчет размеров санитарно-защитной зоны.. 24
5. Комплекс воздухоохранных мероприятий на КС и их технический уровень..... 26
5.1. Мероприятия по снижению выбросов оксидов азота газотурбинных ГПА.....27
5.2. Мероприятия по ограничению выбросов оксидов азота в атмосферу от поршневых газоперекачивающих и энергетических установок.....28
5.3. Оценка соответствия воздухоохранных мероприятий международным требованиям по ограничению выбросов ЗВ.....29
6. Мероприятия по регулированию выбросов в периоды неблагоприятных метеоусловий 30
7. Система контроля источников выбросов и загрязнения атмосферы на КС.....32
Список использованной литературы.....34
Приложение 1 36
Приложение 2 70

gost.e-ecolog.ru