

УДК 614.71

**О. А. Марцынковский^а, Р. С. Назаров^а, Н. С. Буренин^а, Е. С. Федотова^а,
И. Г. Гуревич^а, В. И. Чурикова^б**

^а АО «НИИ Атмосфера»

^б Волгоградский государственный технический университет

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ Веществ от ГРАДИРЕН НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Изложены методические подходы к качественному и количественному определению состава выбросов загрязняющих веществ от градирен нефтеперерабатывающих предприятий. Рассматриваются условия и особенности применения инструментальных методов анализа, основанные на результатах научно-исследовательской работы. Рассмотрены следующие вопросы: являются ли градирни источниками загрязнения атмосферы и как в их выбросах могут появляться загрязняющие вещества; к какому типу источников выбросов относятся градирни, какие методики могут быть применимы для определения концентраций загрязняющих веществ в их выбросах; как на практике осуществляется контроль выбросов загрязняющих веществ от градирен.

Ключевые слова: загрязняющие вещества, выбросы от промышленных градирен, методики для предприятий нефтепереработки.

Градирни (англ. cooling tower) — инженерные сооружения, предназначенные для охлаждения больших объемов воды в системах оборотного водоснабжения промышленных предприятий. На нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) градирни являются важным техническим объектом, обеспечивающим штатное проведение технологических процессов разделения и переработки нефти, полуфабрикатов, промежуточных и товарных продуктов нефтехимического синтеза.

Основной задачей, которую решают градирни, является охлаждение оборотной воды, используемой для отведения тепла различных технологических процессов, конденсации отводимых паров на технологических установках, охлаждения получаемых продуктов и полуфабрикатов.

В современной теплотехнике выделяют два основных типа градирен по контуру: испарительные (открытые) и сухие (закрытые). На НПЗ наиболее распространены испарительные градирни вентиляторного типа (на основных процессах), реже встречаются башенные (естественная тяга за счет высокой конструкции).

Принцип действия испарительных градирен основан на испарительном охлаждении: горячая вода (50...60 °С) подается в градирню, распыляется через форсунки или оросительные системы, встречается с потоком воздуха (естественным или принудительным), часть воды испаряется, забирая тепло и охлаждая оставшуюся жидкость, охлажденная вода (25...35 °С) возвращается в производственный цикл.

Изображение вентиляторной градирни и ее принципиальная схема представлены на рис. 1, 2.

При охлаждении оборотной воды во время ее пребывания в градирне происходит частичное испарение и унос образовавшихся паров потоком

охлаждающего воздуха. Вместе с парами воды в выбрасываемую в атмосферный воздух из градирни газозвушную смесь попадают и содержащиеся в оборотной воде загрязняющие вещества (ЗВ). Вследствие этого градирня становится источником выделения и выброса в атмосферный воздух ЗВ, подлежащих учету и нормированию в установленном порядке.

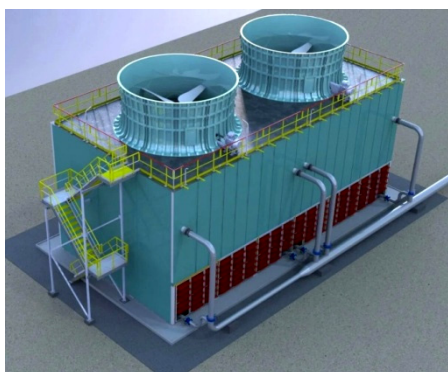


Рис. 1. Вентиляторная градирня с двумя диффузорами (<https://akvann.ru/>)

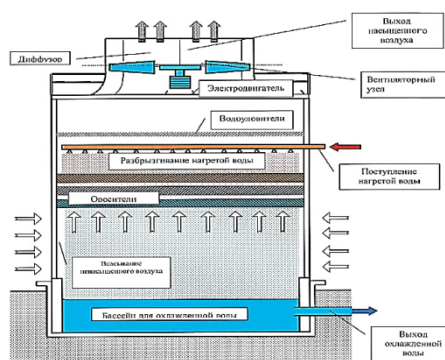


Рис. 2. Типовая схема вентиляторной градирни с одним диффузором

Таким образом, исходя из технологической схемы подачи и отвода газозвушного потока, градирни можно отнести к системам вытяжной вентиляции, обеспечивающим удаление загрязненного воздуха из всего объема сооружения.

Качественный состав (перечень) выбрасываемых в атмосферный воздух от градирен ЗВ определяется составом поступающей в градирню на охлаждение оборотной воды, который в свою очередь определяется технологическими процессами, для отвода тепла от которых использовалась эта вода [1, 2].

Количественный состав выбросов ЗВ от градирен определяется степенью загрязнения оборотной воды, показателями расхода охлаждаемой воды и охлаждающего воздуха, летучестью и растворимостью присутствующих в составе ЗВ, температурой воды и газозвушной смеси в газовом пространстве градирен, степенью дисперсности воды при охлаждении, определяющей такой важный фактор процесса межфазового переноса веществ, как поверхность контакта фаз (оборотная вода — охлаждающий воздух), и другими факторами. Стоит отметить, что ЗВ в процессе работы градирни могут как выделяться из охлаждающей оборотной воды в атмосферный воздух, так и поглощаться этой водой за счет растворения.

Для определения количественного состава выбросов ЗВ для целей расчета и нормирования выбросов от градирен может быть предложено два метода: метод определения выбросов ЗВ на основе материального баланса по оборотной воде и метод определения выбросов на основе материального баланса по воздуху. Метод газозвушного баланса основан на измерении концентрации ЗВ в потоке подаваемого в градирню воздуха и в потоке отходящей от градирни парогазозвушной смеси. Метод газозвушного баланса основан на измерении концентрации ЗВ в оборотной воде на входе и на выходе из градирни, а также потоке оборотной воды, проходящей через градирню с учетом потерь воды от испарения и уноса капель и брызг потоком воздуха.

При расчете выбросов от одной и той же градирни допустимо для разных веществ применять тот или другой метод расчета в зависимости от полноты исходных данных, наличия и доступности методики измерений.

Расчет выбросов ЗВ от градирен методом газовой баланс основан на оценке массы выбросов по разности концентрации ЗВ в пробах оборотной воды, взятых на входе и выходе из градирни, и объема подаваемой в градирню и покидающей ее воды. Основным достоинством метода является отсутствие необходимости отбора и анализа проб парогазовой смеси для определения концентраций ЗВ в них. При этом метод газовой баланс относится к косвенным методам оценки выбросов. Его применение затруднено отсутствием методик измерения, позволяющих с необходимой точностью по анализу воды количественно определить выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. При данном подходе не учитываются потери ЗВ за счет его участия в физико-химических процессах в оборотной воде, в т. ч. окисления, осаждения, нейтрализации. Наиболее перспективен данный метод для определения выбросов нефтепродуктов, являющихся неполярными веществами, в силу своей химической природы слабо взаимодействующих с водой. Для разработки методики на основе метода оценки по газовой балансу желательна доработка под эти цели соответствующих методик измерения концентраций ЗВ в оборотной воде градирен.

При выборе между методами газовой или газовой баланс целесообразно придерживаться следующих рекомендаций:

- выбросы веществ с высокой реакционной способностью и низкой химической стойкостью, хорошо растворимые в воде (хлор, аммиак, сероводород и др.) предпочтительнее оценивать методом газовой баланс;
- выбросы малорастворимых, неполярных, достаточно химически инертных веществ (компоненты смесей насыщенных углеводородов, ароматических соединений и др.) допустимо оценивать как методом газовой, так и методом газовой баланс;
- следует учитывать наличие методик измерения, позволяющих с необходимой точностью и селективностью определить концентрацию ЗВ в оборотной воде или газовой смеси;
- исходить из технической возможности отбора проб оборотной воды или атмосферного воздуха на входе и выходе из градирни.

Таким образом, рекомендуется выбрать приоритетный метод инструментального исследования, учитывая также, что метод газовой баланс является косвенным методом оценки количественных характеристик выбросов, поскольку выбросы определяются по убыли концентрации ЗВ в оборотной воде. Уменьшение концентрации ЗВ может быть обусловлено не только его испарением в атмосферный воздух, но и окислением или иными химическими превращениями, а также сорбцией на поверхности частиц взвесей и более мелких коллоидных частиц, которые могут осаждаться во время пребывания в оборотной воде в градирне, ее последующей фильтрации. Кроме того, метод газовой баланс применим далеко не ко всем ЗВ из-за отсутствия методик измерения их концентраций в воде. Однако выполнение измерений для метода газовой баланс требует меньших затрат, чем для метода газовой баланс.

Метод газовой воздушной баланс является прямым методом оценки количественных характеристик выбросов, поскольку выбросы определяются по концентрации ЗВ в поступающем в градирню и выходящем из нее атмосферном воздухе. Метод применим практически ко всем выбрасываемым в атмосферный воздух из градирни ЗВ [1, 3].

В настоящее время в «Перечне методик расчета выбросов» Минприроды РФ¹ имеются три действующие методики для определения выбросов от градирен, которые широко применяются для целей контроля и нормирования:

№ 88 — СТО-ЦЗЛ-17—2015² [4]. Ярославль, 2015;

№ 89 — Методика санитарной лаборатории АО «АНХК» (Методика определения количества выбросов вредных веществ в атмосферу от градирен АО «АНХК» № П4-04 МТ-0193 ЮЛ-100 (№ 1639—2012), версия 1.00)³. Ангарск, 2015 [4];

№ 90 — СТО организации 05766480-011—2016. Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от источников выбросов объектов очистных сооружений и блоков оборотного водоснабжения ООО «КИНЕФ»⁴. Кириши, 2016 [5].

Перечисленные расчетные методики в течение многих лет успешно применялись на многих предприятиях РФ. Эти документы содержат четко выстроенный и понятный алгоритм определения выбросов. Результаты расчета выбросов, полученные с применением расчетных методик, неоднократно апробированы. Однако в настоящее время применение даже тех расчетных методик, которые включены в Перечень Минприроды РФ, ограничено по следующим причинам: узкая область применения, закрытый перечень ЗВ, невозможность применения методик без разрешения правообладателя. Опираясь на многолетний опыт практического использования данных методик, специалисты АО «НИИ Атмосфера» разработали, экспериментально апробировали и представили в настоящей работе методические подходы к организации отбора проб и выполнению измерений на градирнях [6].

С экологической точки зрения градирни являются стационарными организованными источниками загрязнения атмосферного воздуха и имеют специфические особенности в части конфигурации и местоположения источников выделений (выбросов) в атмосферный воздух. Для выявления особенностей выброса ЗВ от градирен на одном из нефтеперерабатывающих заводов сотрудники АО «НИИ Атмосфера» провели исследования, направленные на изучение поля скоростей газовой воздушной смеси (ГВС) в устье ряда градирен и

¹ Перечень методик расчета выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух стационарными источниками. Утв. распоряжением Минприроды России 26.12.2022 № 38-р. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/metodiki_rascheta_vybrossov_vrednykh_zagryaznyayushchikh_veshchestv_v_atmosfernyy_vozdukh_statsionarn/perechn_metodik_rasheta_vybrossov_vrednykh_zagryaznyayushchikh_veshchestv_v_atmosfernyy_vozdukh_sta/

² СТО-ЦЗЛ-17—2015. Методика определения выбросов вредных веществ в атмосферу с градирен. Ярославль, 2015.

³ Методика санитарной лаборатории АО «АНХК» «Методика определения количества выбросов вредных веществ в атмосферу от градирен АО «АНХК» № П4-04 МТ-0193 ЮЛ-100 (№ 1639—2012) версия 1.00. Ангарск, 2015.

⁴ СТО 05766480-011—2016. Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от источников выбросов объектов очистных сооружений и блоков оборотного водоснабжения ООО «КИНЕФ». Кириши, 2016.

выявление влияния скорости атмосферного воздуха на распределение скоростей ГВС в устье вентиляторных градирен, а также определение зон для обеспечения возможности отбора представительных проб ЗВ.

Для выполнения работ использовали: дифференциальный манометр цифровой ДМЦ-01 с трубкой напорной модификации Пито для измерения скорости ГВС, измеритель параметров микроклимата МЕТЕОСКОП-М для определения метеопараметров атмосферного воздуха, флажок и компас для определения направления ветра.

Точки измерений выбраны согласно схемам (рис. 3, 4).

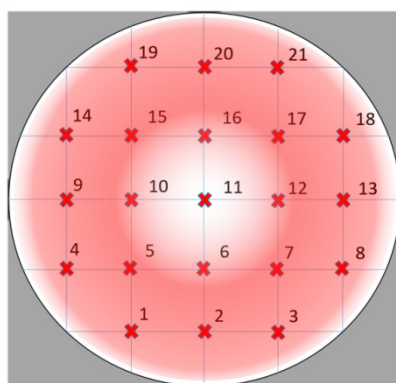


Рис. 3. Схема 1 — устье вентиляторной градирни (вид сверху); 1, 2, 3 ... 21 — точки проведения измерений. Градиентная заливка отражает изменение скоростей в исследуемой области



Рис. 4. Схема 2 — устье вентиляторной градирни (вид сверху); a, b, c ... k — точки проведения измерений

Напорная трубка была установлена в первую точку перпендикулярно оси диффузора, носиком навстречу потоку, с отклонением от направления потока не более 10° . После стабилизации (~ 20 с) зафиксирована скорость. Скорость газа автоматически рассчитывается ДМЦ-01 по формуле:

$$V = \sqrt{\frac{2K_T \cdot \Delta P}{\rho}}, \quad (1)$$

где V — скорость потока, м/с; ΔP — динамическое давление, Па; ρ — плотность среды при рабочих условиях, кг/м^3 ; K_T — средний коэффициент преобразования трубки напорной по давлению (приведен в протоколе поверки).

Измеренные усредненные значения фиксировали. Остальные точки (см. рис. 3, 4) исследованы аналогично.

Измерение параметров атмосферного воздуха выполняли вблизи устья градирни. Датчик МЕТЕОСКОПа-М размещали на 0,5 м выше устья и в 1...2 м от него с наветренной стороны. Измерения проводились 1...2 мин., средние значения фиксировали.

Направление ветра определялось с помощью флажка и компаса.

Для цели исследования влияния ветра на поток ГВС, выходящий из устья градирни, выбраны в ряд параллельно направлению ветра 11 точек (a, b,

c, ... k) для проведения измерений (см. рис. 4). Измерения на каждом диффузоре повторяли 7 раз. Эксперимент проводили на 4 градирнях одного НПЗ.

В ходе проведенного исследования установлено поле скоростей ГВС на выходе из диффузора вентиляторных градирен (рис. 5, 6). Экспериментальные данные показали, что для всех обследованных градирен распределение скоростей потока ГВС в плоскости диффузора имеет схожий характер и является чрезвычайно неравномерным. Расхождение (размах в %) между средним, максимальным и минимальным значением рассчитано по формуле:

$$\frac{x_{сз} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $x_{сз}$ — среднее всех значений скорости ГВС полученных в ходе эксперимента для каждой градирни.

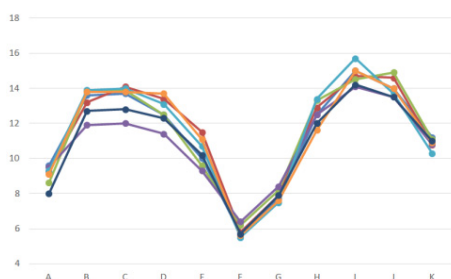


Рис. 5. Распределение скорости ГВС (м/с) в сечении диффузора градирни № 1, скорость ветра 4,5...5,0 м/с

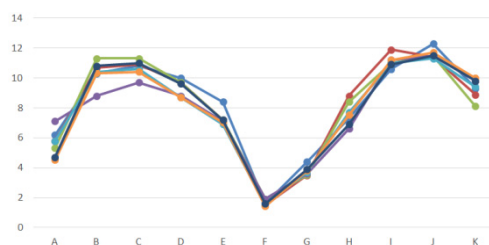


Рис. 6. Распределение скорости ГВС (м/с) в сечении диффузора градирни № 2, скорость ветра 2,9...3,7 м/с

Результаты расчетов для градирен № 1 и № 2 составили ~ 62 % и ~ 64 % соответственно. Таким образом, для применения правил отбора проб для газоходов организованных источников с установившимся газовым потоком без возвратных или вращательных движений газа, например ПНД Ф 12.1.1—99⁵, — нет оснований⁶. Характер распределения поля скоростей в значительной степени зависит от скорости и направления движения атмосферного воздуха (см. рис. 5, 6)⁷. Соответственно, для отбора представительной пробы наилучшим доступным решением будет отбор над поверхностью градирни путем равномерного перемещения воздухозаборного зонда в течение 20 мин, ориентированного навстречу воздушному потоку при невысоких скоростях ветра (< 5 м/с). Для

⁵ ПНД Ф 12.1.1—99. Методические рекомендации по отбору проб при определении концентраций вредных веществ (газов и паров) в выбросах промышленных предприятий. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200034731?ysclid=mfef2hptco436978887>.

⁶ ГОСТ 8.361—79. Методика выполнения измерений по скорости в одной точке сечения трубы. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200005700>.

ГОСТ 17.2.4.06—90. Методы определения скорости и расхода газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200007367>.

ГОСТ 33007—2014. Методы определения запыленности газовых потоков. Общие технические требования и методы контроля. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200121305>.

ГОСТ 34100—2017. Неопределенность измерения. Руководство по выражению неопределенности измерения. Ч. 1, 3. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200146870>.

⁷ ПНД Ф 12.1.1—99.

отбора проб воздуха пригодны воздухозаборники любой конструкции, содержащие цельностеклянные шприцы или тедларовые пробоотборные пакеты, апробированные на практике (методики № 88, 89, 90 в «Перечне...» Минприроды РФ), с устройством, ориентированным для забора проб воздуха. В качестве пробоотборных трактов, помимо уже упомянутых, могут быть применены химически инертные фторопластовые трубки, аналогичные по составу и характеристикам трубкам, используемым на сети мониторинга для отбора проб воздуха на постах (фторопласт Ф4 и Ф4Д)⁸.

Выводы

Наиболее точным методом определения количественных характеристик выбросов градирен является метод газовоздушного баланса, основанный на измерениях концентраций ЗВ в поступающем в градирию и выходящем из нее атмосферном воздухе. Данный подход универсален и применим к подавляющему большинству ЗВ, выбрасываемых в атмосферу градириями.

Применение для градирен методик отбора проб для газоходов организованных источников, например ПНД Ф 12.1.1—99, некорректно, т. к. невозможно провести метрологическую аттестацию таких документов, в связи с тем, что нет эталона сравнения (не существует эталонной градирии, выбросы от которой точно известны)⁹ [3].

В настоящее время для определения выбросов от градирен применяют расчетные и расчетно-инструментальные методики (№№ 88, 89, 90 в «Перечне...» Минприроды РФ)¹⁰ [4].

Подходы, описанные в статье, могут способствовать дальнейшему развитию новых расчетных и расчетно-инструментальных методик для определения выброса от градирен промышленных предприятий для целей нормирования и контроля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Utami T. S., Hariyani I., Alamsyah G., Hermansyah H.* Production of dry extract extracellular lipase from *Aspergillus niger* by solid state fermentation method to catalyze biodiesel synthesis // *Energy Procedia*. 2017. Vol. 136. Pp. 41—46.
2. Optimization of a sustainable biocatalytic process for the synthesis of ethylhexyl fatty acids esters / M. D. Murcia, M. Serrano-Arnaldos, S. Ortega-Requena, F. Máximo, J. Bastida, M. C. Montiel // *Catal. Today*. 2020. Vol. 346. Pp. 98—105.
3. Optimization of *Aspergillus niger* lipase production by solid state fermentation of agro-industrial waste / D. N. Putri, A. Khootama, M. S. Perdani, T. S. Utami, H. Hermansyah // *Energy Rep*. 2020. Vol. 6. Pp. 331—335.
4. *Ravenscroft T.* Feilden Clegg Bradley Studios designs carbon negative timber office in London. URL: <https://www.dezeen.com/2020/07/31/paradise-net-zero-carbon-office-feilden-cleggbradley-studios>.
5. Conversion of oleic acid into azelaic and pelargonic acid by chemo-enzymatic route / E. Brenna, D. Colombo, G. Di Lecce, F. G. Gatti, M. C. Ghezzi, F. Tentori, D. Tessaro, M. Viola // *Molecules*. 2020. Vol. 25. Art. 1882.

⁸ Пособие по проектированию градирен (к СНИП 2.04.02-84). Утв. приказом ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР от 20.03.1985. № 27. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200030541?ysclid=mfefd0o7hv497166202>;

СТО 05766480-011—2016.

⁹ ГОСТ 8.361—79;

ПНД Ф 12.1.1—99.

¹⁰ Перечень методик расчета выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух стационарными источниками;

СТО-ЦЗЛ-17—2015.

6. Stevens C. Assembling cybersecurity: the politics and materiality of technical malware reports and the case of Stuxnet // *Contemp. Sec. Policy*. 2020. Vol. 41. No. 1. Pp. 129—152.

© Марцынковский О. А., Назаров Р. С., Буренин Н. С., Федотова Е. С.,
Гуревич И. Г., Чурикова В. И., 2025

Поступила в редакцию
22.07.2025

Ссылка для цитирования:

Методические подходы к определению выбросов загрязняющих веществ от градилен нефтеперерабатывающих предприятий / О. А. Марцынковский, Р. С. Назаров, Н. С. Буренин, Е. С. Федотова, И. Г. Гуревич, В. И. Чурикова // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета*. Серия: Строительство и архитектура. 2025. Вып. 3(100). С. 122—130. DOI: 10.35211/18154360_2025_3_122.

Об авторах:

Марцынковский Олег Александрович — канд. техн. наук, генеральный директор АО «НИИ Атмосфера». Российская Федерация, 194021, г. Санкт-Петербург, ул. Карбышева, 7; info@nii-atmosphere.ru

Назаров Роман Сергеевич — зам. генерального директора — начальник аналитической лаборатории АО «НИИ Атмосфера». Российская Федерация, 194021, г. Санкт-Петербург, ул. Карбышева, 7

Буренин Николай Сергеевич — канд. геогр. наук, начальник лаборатории методологии нормирования выбросов в атмосферу АО «НИИ Атмосфера». Российская Федерация, 194021, г. Санкт-Петербург, ул. Карбышева, 7

Федотова Екатерина Сергеевна — канд. техн. наук, начальник лаборатории расчетных методов определения выбросов АО «НИИ Атмосфера». Российская Федерация, 194021, г. Санкт-Петербург, ул. Карбышева, 7

Гуревич Илья Григорьевич — старший научный сотрудник отдела методических основ нормирования и установления технических нормативов выбросов АО «НИИ Атмосфера». Российская Федерация, 194021, г. Санкт-Петербург, ул. Карбышева, 7

Чурикова Валерия Игоревна — канд. техн. наук, ст. препод. каф. строительных конструкций, оснований и надежности сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; vachurikova@yandex.ru

**Oleg A. Marzynkowski^a, Roman S. Nazarov^a, Nikolaj S. Burenin^a,
Ekaterina S. Fedotova^a, Il'ya G. Gurevich^a, Valeria I. Churikova^b**

^a JSC "Research Institute of Atmosphere"

^b Volgograd State Technical University

METHODOLOGICAL APPROACHES TO DETERMINING POLLUTANT EMISSIONS FROM OIL PROCESSING FACILITIES

The paper presents methodological approaches to the qualitative and quantitative determination of the composition of pollutant emissions from cooling towers at oil refineries. It discusses the conditions and features of the application of instrumental analysis methods based on the results of research work. The following questions are addressed: are cooling towers sources of atmospheric pollution, and how do pollutants appear in their emissions? What type of emission source are cooling towers, and what methods can be used to determine the concentrations of pollutants in their emissions? How is the control of pollutant emissions from cooling towers carried out in practice?

Key words: pollutants, emissions from industrial cooling towers, methods for oil refineries.

For citation:

Marzynkowski O. A., Nazarov R. S., Burenin N. S., Fedotova E. S., Gurevich I. G., Churikova V. I. [Methodological approaches to determining pollutant emissions from oil processing facilities]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2025, iss. 3, pp. 122—130. DOI: 10.35211/18154360_2025_3_122.

About authors:

Oleg A. Marzynkowski — Candidate of Engineering Sciences, General Director, JSC “Research Institute of Atmosphere”. 7, Karbysheva st., Saint Petersburg, 194021, Russian Federation; info@nii-atmosphere.ru

Roman S. Nazarov — Deputy General Director – Head of the Analytical Laboratory, JSC “Research Institute of Atmosphere”. 7, Karbysheva st., Saint Petersburg, 194021, Russian Federation

Nikolaj S. Burenin — Candidate of Geography, Head of the Laboratory of Methodology for Emission Standards, JSC “Research Institute of Atmosphere”. 7, Karbysheva st., Saint Petersburg, 194021, Russian Federation

Ekaterina S. Fedotova — Candidate of Engineering Sciences, Head of the Laboratory of Calculation Methods for Determining Emissions, JSC “Research Institute of Atmosphere”. 7, Karbysheva st., Saint Petersburg, 194021, Russian Federation

Il'ya G. Gurevich — Senior Researcher at the Department of Methodological Foundations for Emission Standards and Technical Regulations, JSC “Research Institute of Atmosphere”. 7, Karbysheva st., Saint Petersburg, 194021, Russian Federation

Valeria I. Churikova — Candidate of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; vachurikova@yandex.ru