УДК 66
З.42
ББК 65.290.2 + 65.304.25
У 51

Ульянов Н.Б., Сергиенко О.И. Определение условий выпуска загрязняющих веществ в окружающую среду: Учеб. пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 182 с.

В учебном пособии рассматриваются вопросы, связанные с загрязнением атмосферного воздуха и поверхностных водоемов. Приведены методики расчетов рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере и водных объектах, оценки экономических ущербов, а также расчетов платежей за загрязнение окружающей среды. Изложены общие сведения о составе выбросов автотранспорта и причины образования токсичных компонентов, методики расчетов валовых выбросов вредных веществ автотранспортом. Приведены варианты контрольных заданий с примерами выполнения. Учебное пособие содержит материалы, которые могут быть использованы при выполнении выпускной работы.

Издание предназначено для бакалавриата направлений 14.03.01, 15.03.02, 15.03.04, 16.03.03, 18.03.02, 19.03.03 для выполнения практикума по дисциплине «Экология» очной и заочной форм обучения.

Рецензенты: кафедра безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (кандидат техн. наук, доц. С.В. Ефремов); генеральный директор, кандидат хим. наук, ст. науч. сотр. Е.Б. Королева (ООО «Экологическое бюро «Космос»)

Рекомендовано к печати Советом естественнонаучного факультета, протокол № 2 от 27.04.2016 г.

Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 – 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

©Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2016

©Ульянов Н.Б., Сергиенко О.И., 2016

ВВЕДЕНИЕ

Угроза здоровью человека и его благополучию, связанная с увеличением воздействия вредных факторов среды обитания, вызывает сегодня растущее беспокойство.

Несмотря на спад производства, в России сохраняется напряженная экологическая ситуация. Наибольшее опасение вызывает состояние подвижных сред: атмосферного воздуха населенных мест и внутренних водоемов.

Качество атмосферного воздуха значительно влияет на здоровье человека. Действительно, количество воздуха, проходящего в сутки через легкие человека составляет 13–15 килограммов, что в 6–7 раз превышает количество потребляемой пищи и воды. Загрязнение внутренних водоемов опасно тем, что они же являются основными источниками водоснабжения.

Пищевая промышленность России в настоящее время является одной из немногих развивающихся отраслей хозяйства и вносит свой вклад в загрязнение окружающей среды. Предприятия отрасли, как правило, располагаются в населенных местах (городах, поселках), в которых степень загрязненности окружающей среды может быть очень высокой, и появление новых промышленных объектов усугубляет тревожную ситуацию. Требуется реконструкция многих предприятий, создание и внедрение принципиально новых экологически безопасных технологий, внедрение на предприятиях систем глубокой очистки сбросов и выбросов, комплексной переработки образующихся твердых отходов.

Будущие специалисты отрасли должны иметь ясные представления: о характере и масштабах всех видов антропогенных воздействий на природную среду; способах оценки состояния загрязненности атмосферы, водных объектов, почв территорий; нормах национального и международного законодательства в области охраны окружающей среды от загрязнения.

Одной из основных задач курса «Экология» является его направленность на приобретение студентами практических навыков и оценок правильности проектных решений, связанных с расчетами загрязнений атмосферного воздуха и водоемов, величинами предельно допустимых выбросов и сбросов, размерами зон влияния предприятий,

определения приоритетных загрязняющих веществ и источников их поступления в окружающую среду.

В пособии изложены общие сведения о рассеивании загрязняющих веществ в атмосфере и в водоемах, принципах нормирования и нормативах качества окружающей среды в РФ, платежах за загрязнение окружающей среды, составе выбросов автотранспорта и причинах образования токсичных компонентов.

Пособие знакомит студентов с существующими методиками расчетов рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и водных объектах от одиночных источников, методикой расчетов валовых выбросов загрязняющих веществ автотранспорта предприятия. Для возможности обоснованного выбора вариантов проектных решений также приведены методики оценок величин экономических ущербов от загрязнения атмосферного воздуха и поверхностных водоемов.

В учебном пособии даны численные примеры выполнения характерных заданий. Приведен необходимый справочный материал.

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

Атмосфера

C – концентрация вредного вещества в приземном слое атмосферного воздуха, мг/м^3;

$C_м$ – максимальная приземная концентрация вредного вещества, мг/м^3;

$C_{м.и}$ – величина максимальной приземной концентрации вредного вещества при скорости ветра, отличающейся от опасного значения, мг/м^3;

$C_{м.т}$ – концентрация вредного вещества в устье источника, мг/м^3;

$C_ф$ – фоновая концентрация вредного вещества в приземном слое атмосферного воздуха, мг/м^3;

X – расстояние от источника до точки на оси факела выброса, м;

$X_м$ – расстояние от источника до точки на оси факела выброса, где достигается концентрация $C_м$, м;

$X_{м.и}$ – расстояние от источника до точки на оси факела выброса, где достигается концентрация $C_{м.и}$, м;

$X_{доп}$ – безопасное расстояние между источником и населенным пунктом по оси факела выброса, м;

$X_{расч}$ – расстояние между источником и населенным пунктом по оси факела выброса, м;

Y – расстояние по перпендикуляру к оси факела выброса, м;

M – мощность выброса – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу из источника в единицу времени, г/с;

H – высота источника выброса, м;

ΔT – разность температур выбрасываемых газов $T_г$ и атмосферного воздуха $T_в$, °С;

V_1 – объемная скорость выхода газовой смеси из устья источника, м^3/с;

ω_0 – линейная скорость выхода газовой смеси из устья источника, м/с;

D – диаметр устья источника, м;

L – длина прямоугольного устья источника, м;

b – ширина прямоугольного устья источника, м;

A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы;

u – скорость ветра, м/с;

$u_м$ – опасная скорость ветра, м/с;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий дисперсность выбрасываемого вредного вещества;

m, n,d – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности;

S_1 – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от отношения $X/X_м$ и коэффициента F ($S_1 = C/C_м$);

S_2 – безразмерный коэффициент определяемый в зависимости от отношения Y/X и скорости ветра u;

ВСВ – временно согласованный выброс вредного вещества в атмосферу, г/с;

ПДВ – предельно допустимый выброс вредного вещества в атмосферу, г/с;

$ПДК_{м.р}$ – максимальная разовая предельно допустимая концентрация вредного вещества в приземном слое атмосферного воздуха, мг/м^3;

$ПДК_{с.с}$ – среднесуточная предельно допустимая концентрация вредного вещества в приземном слое атмосферного воздуха, мг/м^3.

Гидросфера

$C_{ндс}$, $C_{ст}$, $C_ф$ – концентрация любого загрязняющего вещества нормативно допустимая в сточных водах по условиям сброса; в сточных водах; в воде водного объекта (фоновая), г/м^3;

$C_{ср}$, C_{max} – концентрация любого загрязняющего вещества (в граничном сечении зоны начального разбавления; максимальная в центре пятна примеси в водном объекте), г/м^3;

C – коэффициент Шези;

$M_{ст.нач}$, $L_{ст.нач}$, $K_{ст.нач}$ – концентрации взвешенных веществ, органических веществ (по $БПК_{полн}$) и консервативного загрязнителя в сточных водах предприятия, г/м^3;

$M_р$, $L_р$, $K_р$ – концентрации взвешенных веществ, органических веществ (по $БПК_{полн}$) и консервативного загрязнителя в воде водотока, г/м^3;

$M_{ст}$,$L_{ст}$, $K_{ст}$ – допустимые концентрации взвешенных веществ, органических веществ (по $БПК_{полн}$) и консервативного загрязнителя в спускаемых в водоток сточных водах предприятия, г/м^3;

$L_{пд}$, $K_{пд}$ – предельно допустимые концентрации органических веществ (по $БПК_{полн}$) и консервативного загрязнителя (кроме взвешенных веществ) в водотоке, г/м^3;

$m_{доп}$ – допустимое увеличение содержания взвешенных веществ в воде водотока после перемешивания со сточными водами, г/м^3;

m – отношение скорости движения воды в водотоке к скорости истечения струй сточных вод;

$l_н$ – протяженность зоны начального разбавления, м;

$l_ф$, $l_{пр}$ – расстояние от створа выпуска сточных вод до контрольного створа соответственно по фарватеру водотока и по прямой, м;

γ – коэффициент смешения сточных вод с водой водного объекта;

n – кратность общего разбавления;

$n_н$ – кратность начального разбавления;

$n_о$ – кратность основного разбавления;

$n_ш$ – коэффициент шероховатости ложа водного объекта;

q – секундный расход сточных вод, поступающих в водоем, м^3/с;

q' – часовой расход сточных вод, поступающих в водоем, м^3/ч;

Q – расход воды в водотоке, м^3/с;

$O_р$, O_{min} – концентрация растворенного кислорода в воде водотока до сброса сточных вод и минимально допустимая концентрация растворенного кислорода в водотоке, г/м^3;

k_1, k_2 – коэффициенты скорости потребления кислорода для сточных вод и воды водотока соответственно, сут$^{-1}$;

k_{02} – коэффициент пересчета $БПК_{полн}$ в $БПК_2$;

t – продолжительность перемещения воды от створа выпуска до контрольного створа, сут;

D – коэффициент турбулентной диффузии, м^2/с;

φ – коэффициент извилистости русла реки;

α – коэффициент, учитывающий гидравлические условия смешения;

ζ – коэффициент, учитывающий условия выпуска сточных вод в водоток;

β – коэффициент вспомогательных вычислений;

$\upsilon_{ср}$, $\upsilon_р$ – скорость течения воды в водотоке (средняя и в месте выпуска сточных вод), м/с;

$\upsilon_{ст}$, $\upsilon_{о}$ – скорость течения струй сточной воды (средняя и на оси струи), м/с;

d – диаметр сечения струи в граничном створе зоны начального разбавления, м;

$d_{о}$ – диаметр отверстия выпуска сточных вод, м;

$B_{ср}$ – средняя ширина водотока, м;

$H_{ср}$ – средняя глубина водотока, м;

T, $T_{ст}$, $T_{р}$ – температура воды, допустимой к выпуску, температура сточных вод, температура воды водотока, °С;

R – гидравлический радиус водотока, м;

y – показатель, зависящий от гидравлического радиуса и шероховатости ложа водотока, м;

НДВ – нормативно допустимое воздействие на водный объект, т/год;

НДС – нормативно допустимый сброс в поверхностные водные объекты, г/ч;

ВСС – временно согласованный сброс вредного вещества в поверхностные водные объекты, г/ч;

ХПК – химическое потребление кислорода, г/м^3;

БПК – биохимическое потребление кислорода, г/м^3.

$Z_{год}^{атм}$, $Z_{год}^{вод}$ – экономический ущерб соответственно от загрязнения атмосферы воздуха и водоема, руб.;

$Z_{год}^{предотв.}$ – предотвращенный экономический ущерб от загрязнения окружающей среды, руб.;

$M_{iгод}$, $M_{нi\ год}$, $M_{лiгод}$ – выброс *i*-го вредного вещества в атмосферу за год, соответственно существующий в пределах норматива и пределах лимита выброса, т;

$V_{iгод}$, $V_{нiгод}$, $V_{лiгод}$ – сброс *i*-го вредного вещества в водоем за год, соответственно существующий, в пределах норматива и в пределах лимита выброса, т;

$K_{и}$ – коэффициент изменения масштаба цен (инфляция);

$K_{ин}$ – коэффициент индексации платы за выбросы, сбросы и размещение отходов в окружающей среде, определяемый постановлением Правительства РФ;

$K_{э}^{атм}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха;

$K_{э}^{вод}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния водного объекта;

$K_{э}^{отх}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния почв территорий;

$K_{пон}$ – коэффициент, учитывающий снижение класса опасности отходов вследствие их обезвреживания или переработки;

$K_{м.р}$ – коэффициент, учитывающий размещение отходов на собственных территориях природопользователя;

ω_t, ρ_t – денежная оценка соответственно единицы выброса и сброса, установленная для монозагрязнителя, руб./усл. т;

σ, β – коэффициенты, учитывающие особенности, соответственно, территории и водного объекта, подверженных загрязнению;

B_i – коэффициент приведения вещества *i*-го вида к монозагрязнителю для выбросов;

A_i – показатель относительной опасности *i*-го вещества;

$П_{атм}$, $П_{вод.}$, $П_{отх.}$ – плата за загрязнение соответственно атмосферного воздуха, воды водного объекта и территорий, руб.;

τ_i – продолжительность поступления *i*-го вредного вещества в окружающую среду (атмосферу или водоем);

M_i – количество (масса) загрязняющего вещества, выброшенного в атмосферный воздух ($M_{i\text{атм}}$), сброшенного в водный объект($M_{i\text{вод}}$), или размещенного на территории ($M_{i\text{отх}}$) за определенный период времени, т;

C_i – норматив (ставка) платы за размещение вредного вещества в окружающей среде (в атмосферном воздухе, в водном объекте, на территории);

f_i – безразмерный коэффициент, учитывающий рассеивание вредного вещества в атмосфере;

φ – безразмерная поправка на подъем факела выброса в атмосфере;

H – высота источника выброса, м;

$r_{\text{внутр}}$, $r_{\text{внешн}}$ – радиусы внутренней и внешней границы зоны активного загрязнения (ЗАЗ), м;

$S_{\text{ЗАЗ}}$ – общая площадь зоны активного загрязнения, га.

Инвентаризация выбросов подвижных источников

α – коэффициент избытка воздуха в камере сгорания автомобиля;

M'_{ik}, M''_{ik} – выброс i-го вещества одним из автомобилей k-й группы в день соответственно при выезде и въезде на территорию, г/день;

$m_{\text{пр}ik}$, m_{Lik}, $m_{\text{хх}ik}$ – удельные выбросы i-го вещества k-й группы автомобилей соответственно при прогреве двигателя, при пробеге на территории и на холостом ходу, г/мин; г/км и г/мин;

L_1, L_2– пробег по территории предприятия при выезде и возврате на него, км;

$t_{\text{пр}}$, $t_{\text{хх}}$– продолжительность прогрева и холостого хода двигателя, мин;

k_1 – коэффициент снижения поступления загрязнений вследствие технологического контроля отходящих газов;

$\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент выпуска автомобилей на линию;

N_k – число автомобилей k-й группы в автопарке, шт.;

$Д_{\text{р}}$ – количество рабочих дней в расчетном периоде, дн.;

G_i – максимальный разовый выброс i-го вещества на территории, г/с;

$M'_{\text{с}k}$, $M''_{\text{с}k}$ – выброс соединений свинца в атмосферу одним из автомобилей k-й группы, соответственно при выезде и въезде на предприятие, г/день;

$q_{\text{прб } k}$, $q_{L\text{б } k}$, $q_{\text{хх б}k}$ – расход бензина автомобиля k-й группы соответственно при прогреве двигателя, при пробеге по территории предприятия и на холостом ходу, г/мин; г/км и г/мин;

$d_{\text{с}}$ – содержание свинца в топливе, г/л.

СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ

Биохимическое потребление кислорода (БПК) – показатель качества воды, характеризующий содержание в воде органических веществ, которые могут минерализоваться природными микроорганизмами. Количество кислорода (г), расходуемое на окисление примесей, содержащихся в 1 $м^3$ воды, в результате происходящих в воде биологических процессов.

Валовой выброс (сброс) загрязненного вещества – величина массы загрязненного вещества, отходящего от источника выделения, за определенный (отчетный) период.

Взвешенные вещества (ВВ) – показатель качества воды, характеризующий содержание в воде грубодисперсной взвеси. Суммарная концентрация частиц (по сухому веществу) в воде, определяемая путем пропускания воды через плотный бумажный фильтр.

Вредное (загрязняющее) вещество – вещество или смесь веществ, количество и (или) концентрация которых превышает установленные для химических и иных веществ и микроорганизмов нормативы.

Временно-согласованный выброс (сброс) (ВСВ, ВСС) – природоохранный норматив; лимит поступления загрязняющих веществ. Предельная масса загрязняющего вещества, разрешенная к выпуску в течение определенного периода времени. Устанавливается органами государственного экологического контроля в целях минимизации воздействия на окружающую среду с условием снижения до норматива (ПДВ, ПДС).

Выброс – газообразные продукты, отходящие от источника и содержащие в своем составе вредное вещество.

Источник выброса (сброса) загрязняющего вещества – специальное устройство: труба, аэрационный фонарь, вентиляционная шахта, оголовок и т. п., посредством которых осуществляется выброс (сброс) этого вещества в атмосферу (водоем).

Мощность выброса (сброса) – количество выбрасываемого вредного вещества в единицу времени.

Норматив допустимого воздействия на водный объект (НДВ) – предназначен для установления безопасных уровней содержания загрязняющих веществ и других показателей, характеризующих воздействие на водный объект с учетом природно-климатических

особенностей водного объекта и сложившейся в результате хозяйственной деятельности природно-техногенной обстановки.

Окружающая среда – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) – санитарно-гигиенический и экологический норматив. Количество вещества в окружающей среде, отнесенное к объему или массе конкретного компонента среды, которое при постоянном контакте или при воздействии в определенный промежуток времени не оказывает влияния на здоровье человека. При нормировании качества воздушной среды используют максимальную разовую предельно допустимую концентрацию $ПДК_{м.р}$, которая не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека. При нормировании качества среды в водном объекте под ПДК понимается такая концентрация вредного вещества в воде, которая исключает нарушение нормальных условий рыбохозяйственного, хозяйственно-питьевого и культурно-бытового видов водопользования.

Предельно допустимый выброс (ПДВ) – природоохранный норматив. Масса вещества в отходящих газах в единицу времени, устанавливаемая из условия, чтобы содержание веществ в приземном слое воздуха не превышало норматива максимально разовой концентрации ($ПДК_{м.р}$).

Нормативно допустимый сброс (НДС) – природоохранный норматив. Масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению в данном пункте водного объекта в единицу времени.

Растворенный кислород – показатель качества воды. Количество кислорода (г), растворенного в 1 $м^3$ воды.

Сбросы – сточные воды, отходящие в водный объект.

Химическое потребление кислорода (ХПК) – показатель качества воды. Характеризует содержание в воде восстановителей (неорганических и органических), реагирующих с сильными окислителями. Количество кислорода (г), расходуемое на окисление примесей, содержащихся в 1 $м^3$ воды.

Эколого-экономический ущерб – денежная оценка негативных изменений в окружающей среде в результате ее загрязнения, и в качестве и количестве природных ресурсов, а также последствий таких изменений.

Эффект (степень) очистки – отношение массы (концентрации) уловленного вредного вещества к общей массе отходящего вредного вещества, выраженное обычно в процентах.

1. ОСНОВЫ НОРМИРОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ И ПОСТУПЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

На территории Российской Федерации состояние окружающей среды оценивается по соблюдению санитарно-гигиенических нормативов – предельно допустимых концентраций (ПДК). Цель таких нормативов – установить показатели качества окружающей среды применительно к здоровью человека. Нормирование ПДК является составной частью основ обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Организацией, которая утверждает эти нормативы, является Роспотребнадзор России. Нормативы ПДК едины для всей территории РФ [1] и установлены для атмосферного воздуха, внутренних водоемов, почв, продуктов питания. Причем, действие нормативов ПДК распространяется только на места использования окружающей среды населением. Например, для атмосферного воздуха – это состав воздуха, на территории предприятия или населенного пункта в приземном слое; для водоемов это соблюдение допустимого содержания загрязняющих веществ по ПДК ниже контрольного створа в проточных водоемах; для почвы – это соблюдение установленных нормативов в пахотных землях, на территориях предприятий и в населенных местах. Вне этих областей окружающая среда рассматривается как зона рассеивания поступающих в нее вредных примесей и здесь допускается сильное загрязнение с многократным превышением значений ПДК. Подобный подход позволяет сохранить характеристики среды обитания в непосредственно окружающей человека среде, но обрекает на оскудение или гибель природные экосистемы, находящиеся в зоне рассеивания загрязнений, и поэтому, с экологических позиций, имеет серьезные недостатки.

ПДК вредных веществ имеют смысл верхнего предела устойчивости человеческого организма, при превышении которых то или иное вещество (т.е. фактор в экологическом понимании) становится лимитирующим. Такой в значительной мере утилитарный подход к оценке качества окружающей среды обусловлен признанием неизбежности поступления вредных веществ в окружающую среду по причине экологического несовершенства многих производственных процессов, а также по экономическим причинам, например, когда глубокая очистка образующихся в производстве сбросов и выбросов до нормативов ПДК

оказывается дороже самого производства. Это позволяет вносить в тот или иной компонент окружающей среды загрязняющие вещества в одном месте при условии, что в контролируемых местах (см. выше) содержание этих же загрязнений не превысит опасных концентраций (ПДК) за счет рассеивания, разбавления, физико-химических или биохимических превращений загрязняющих веществ при прохождении ими пути между указанными пунктами.

В первую очередь такой прием используется при размещении отходов в подвижных средах (атмосфере и в водоемах).

Сбросы загрязняющих веществ в водоемы и выбросы их в атмосферный воздух нормируются с учетом присутствующих в среде примесей, содержание которых рассматривается в качестве фоновой концентрации $C_{\text{ф}}$. Требования к качеству среды для воздуха населенного пункта и створа водопользования определяются следующим образом:

$$\sum_{j=1}^{N} C_{\text{м}\,i} \le \text{ПДК}_i - C_{\text{ф}}, \tag{1.1}$$

где $C_{\text{м}i}$ – максимальная концентрация i-го вредного вещества, поступающая в среду от j-го источника; N – число источников, через которые данное (i) вредное вещество поступает в среду.

При попадании в среду нескольких веществ, обладающих сходным токсическим действием, качество среды будет отвечать установленным нормативам, если их суммарная безразмерная ($\sum q_i$) концентрация удовлетворяет условию

$$\sum_{i=1}^{N} q_i \le 1, \text{где } q_i = \frac{C_i}{\text{ПДК}_i - C_{\text{ф}\,i}}. \tag{1.2}$$

Нормативами для источников поступления загрязняющих веществ в окружающую среду являются предельно допустимые выбросы (в атмосферу) – ПДВ, или нормативно допустимые сбросы (в водные объекты) – НДС.

Это нормативы на поступление загрязняющих веществ для каждого источника, при этом ПДВ (НДС) являются функциями от ПДК. Они устанавливают требования непосредственно к источнику вредного воздействия, ограничивая его мощность определенной предельной

величиной расхода загрязняющего вещества. Значения ПДВ и НДС – расчетные величины, определяемые по специальным методикам (см. ниже), учитывающим рассеивание и превращения загрязнения в среде.

Обеспечение нормативов ПДВ и НДС для каждого источника является конкретной задачей предприятия. В реальных условиях предприятия иногда не в состоянии, по объективным причинам технического характера, выдержать установленные для него нормативы ПДВ (НДС). В подобных ситуациях местный орган экологического надзора может устанавливать для него при соответствующем обосновании временно согласованные выбросы или сбросы (ВСВ, ВСС) на существующем уровне поступления загрязнений сроком от 1 до 5 лет для возможности поэтапного снижения потоков загрязнений до нормативных расходов (ПДВ, НДС).

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ПОСТУПЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

2.1. Рассеивание выбросов в атмосферном воздухе

Подавляющее количество загрязняющих веществ, образующихся в производственных процессах на предприятиях, отводится в атмосферу через специально сооруженные вентиляционные шахты, дымовые трубы и газоходы. В практической охране окружающей среды эти устройства называют стационарными источниками выбросов. Как правило, отходящее вредное вещество поступает в атмосферу в составе общего газового потока, большая часть состава которого не является загрязнением. Температура газового потока, поступающего из источника выброса, может быть выше, равна или ниже температуры воздуха. По этому признаку выбросы делятся на нагретые и холодные. В общем случае выбросы стараются вывести на значительную высоту с тем, чтобы за счет перемешивания с наружным воздухом и рассеиванием вредного вещества на большую площадь добиться незначительных его концентраций в приземной зоне.

В зависимости от высоты H устья над поверхностью земли источники делятся на следующие четыре класса:

а) высокие источники ($H \geq 50$ м);

б) источники средней высоты ($H = 10 \div 50$ м);

в) низкие источники ($H = 2 \div 10$ м);

г) наземные источники ($H \leq 2$ м).

Обезвреживание промышленных выбросов производится обычно двумя путями: очисткой выброса в газоочистной установке и рассеиванием остатков в атмосфере. При этом возникает сложная технико-экономическая проблема, суть которой состоит в том, чтобы найти оптимум между степенью очистки и эффектом рассеивания, обусловленным, прежде всего, высотой источника выброса.

Немедленно после выхода из устья трубы факел выброса подпадает под действие множества факторов, важнейшими из которых являются следующие [2]: характеристики выброса и источника выброса (состав выброса, высота трубы, скорость и температура факела на выходе из устья); показатели подвижности атмосферы (температурная стратификация, турбулизация, скорость и направление ветра), а также наличие осадков и температура окружающего воздуха. Основной эффект рассеи-

вания обусловлен диффузионными процессами, которые как бы размывают факел по мере его удаления от источника выброса. Концентрация вредного вещества на выходе из трубы и далее в самом факеле намного выше ПДК, но непосредственно у основания источника выброса (трубы) в приземном слое концентрация вредного вещества незначительна, ибо выброс вводится внутрь трубы, а возможные протечки относятся воздушными потоками. По мере удаления от источника с увеличением расстояния X до него загрязняющее вещество будет постепенно увеличиваться по концентрации в приземном слое (под ним обычно понимают высоту 2 м от поверхности земли) вследствие опережения скорости осаждения вещества к поверхности земли из факела выброса интенсивности рассеивания. В результате с увеличением расстояния от источника концентрация загрязняющих веществ у поверхности земли будет расти, достигая максимального значения $C_м$, на некотором расстоянии $X_м$, при этом в большинстве случаев $C_м >>$ ПДК. Далее, благодаря турбулентной диффузии и увеличению площади поверхности осаждения, уже рассеивание начинает опережать накопление, и приземная концентрация загрязняющего вещества постоянно снижается с увеличением X.

График зависимости приземной концентрации загрязняющего вещества от расстояния (рис. 2.1) представляет собой плавную кривую, имеющую круто восходящую ветвь роста концентрации от 0 до $C_м$ в диапазоне изменения расстояния от 0 до $X_м$, и нисходящую ветвь, причем последняя содержит участок резкого падения приземной концентрации с ростом расстояния от $X_м$ до $8X_м$ и плавного ее снижения на расстояниях, превышающих $8X_м$. Такое распределение загрязнений характерно для всех стационарных источников.

При выполнении расчетов по рассеиванию вредных веществ в атмосфере на практике решаются следующие задачи: определяется приземная концентрация вредного вещества при известном количестве выбрасываемых в атмосферу веществ и параметрах источника выброса; определяется необходимая высота источника выброса (трубы) по заданному расстоянию от населенного пункта (при проектировании); определяется величина предельно допустимого выброса вредного вещества существующего источника (контрольный расчет или при изменении внешних обстоятельств, например, при попадании объекта в зону жилищной застройки). Также расчеты проводятся при изменении мощности выброса, произошедшего вследствие изменений технологических

процессов, ответственных за образование выброса, или при внедрении газоочистных установок.

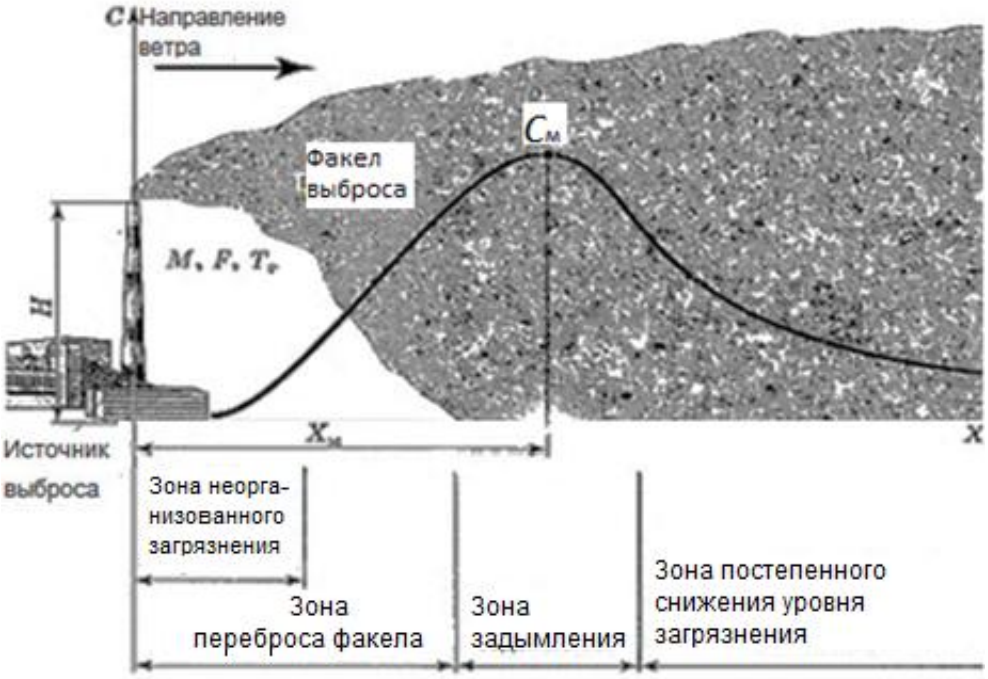


Рис. 2.1. Распределение приземной концентрации загрязняющего вещества в атмосфере по оси факела выброса от одиночного источника выброса

Расчет рассеивания производится по нормативному документу по методике, разработанной Главной геофизической обсерваторией им. А.И. Воейкова. Ниже приведены выдержки из этой методики [3], необходимые для расчета рассеивания от одиночного источника.

2.2. Расчет загрязнения атмосферы выбросами одиночных источников

2.2.1. Определение максимального значения приземной концентрации вредного вещества нагретого выброса

Величина максимальной приземной концентрации вредного вещества $C_м$(мг/м^3) для выброса нагретой газовоздушной смеси из одиночного источника при неблагоприятных метеорологических условиях и скорости ветра, достигающей опасного значения $u_м$ на расстоянии $X_м$ от источника, определяется по формуле

$$C_м = \frac{A\,M\,F\,m\,n\,\eta}{H^2\sqrt[3]{V_1\Delta T}}. \qquad (2.1)$$

Значение коэффициента A (температурной стратификации атмосферы), соответствующее неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна, принимается равным:

250 – для районов Бурятии и Читинской области;

200 – для Европейской территории России (ЕТР): для районов южнее 50°с.ш., для остальных районов Нижнего Поволжья, Кавказа, Дальнего Востока и остальной территории Сибири;

180 – для ЕТР и Урала от 50 до 52°с.ш., за исключением попадающих в эту зону перечисленных выше районов;

160 – для ЕТР и Урала севернее 52°с.ш. (за исключением центра ЕТР);

140 – для Московской, Тульской, Рязанской, Владимирской, Калужской, Ивановской областей.

Значения мощности выброса (M) и расхода газовоздушной смеси (V_1) при проектировании предприятий определяются расчетом в технологической части проекта или принимаются в соответствии с действующими для данного производства (процесса) нормативами. В расчете принимаются сочетания M и V_1, реально имеющие место в течение года при установленных (обычных) условиях эксплуатации предприятия, при которых достигается максимальное значение $C_м$.

Причем, значение M следует относить к 20 – 30 минутному периоду осреднения.

Значение безразмерного коэффициента η, учитывающего влияние рельефа местности в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км, принимается равным единице (η=1).

Величины коэффициента F имеют следующие значения:

а) $F = 1$ для газообразных веществ и тонкодисперсных аэрозолей;

б) $F = 2$ для грубодисперсных аэрозолей, пыли и золы при отсутствии очистки или при эффекте очистки газов менее 75%;

в) $F = 3$ для грубодисперсных аэрозолей, пыли и золы при эффекте очистки газов ≥ 90 % и $F = 2{,}5$ при эффекте очистки, лежащем в пределах от 75 до 90 %.

Расчеты загрязнения атмосферы при выбросах газовоздушной смеси из источника с прямоугольным устьем (шахты) производятся при значениях $D=D_э$ и $V=V_{1э}$.

Эффективный диаметр прямоугольного устья $D_э$ (м) определяется по формуле

$$D_э = \frac{2\,L\,b}{L+b}. \qquad (2.2)$$

Эффективный расход выходящей в атмосферу в единицу времени газовоздушной смеси $V_{1э}$ ($м^3/с$) определяется по формуле

$$V_{1э} = \frac{\pi\,D_э^2}{4}\omega_0. \qquad (2.3)$$

Средняя скорость ω_0 (м/с) выхода газовоздушной смеси из источника рассчитывается следующим образом:

для источника с круглым устьем по формуле

$$\omega_0 = \frac{4\,V_1}{\pi\,D^2}; \qquad (2.4)$$

для источника с прямоугольным устьем (шахты) по формуле

$$\omega_0 = \frac{V_1}{L\ b}. \qquad (2.5)$$

Разность температур (°С) газовоздушной смеси и наружного воздуха определяется по формуле

$$\Delta T = T - T_{\text{в}}. \qquad (2.6)$$

Значения коэффициентов *m* и *n* определяются как функции вспомогательных величин *f*, $\upsilon_{\text{м}}$, $\upsilon_{\text{м}}'$ и f_{e}

$$f = 1000\frac{\omega_0^2\ D}{H^2\ \Delta T}; \qquad (2.7)$$

$$\upsilon_{\text{м}} = 0{,}65\ \sqrt[3]{\frac{V_1\ \Delta T}{H}}; \qquad (2.8)$$

$$\upsilon_{\text{м}}' = 1{,}3\ \frac{\omega_0\ D}{H}; \qquad (2.9)$$

$$f_{\text{e}} = 800\ \upsilon_{\text{м}}'^{\ 3}. \qquad (2.10)$$

Коэффициент *m* определяется в зависимости от f по формуле:

при $f < 100$ $\qquad m = \dfrac{1}{0{,}67 + 0{,}1\sqrt{f} + 0{,}34\sqrt[3]{f}}; \qquad (2.11)$

при $f \geq 100$ $\qquad m = \dfrac{1{,}47}{\sqrt[3]{f}}\ . \qquad (2.12)$

Для $f_{\text{e}} < f < 100$ значение коэффициента *m* вычисляется при $f = f_{\text{e}}$.

Коэффициент n определяется в зависимости от значения $\upsilon_м$ по формулам:

при $\upsilon_м<0,5$ $n= 4,4\ \upsilon_м$; (2.13)

при $0,5 \le \upsilon_м< 2$ $n= 0,532\upsilon_м^2 – 2,13\ \upsilon_м + 3,13$; (2.14)

при $\upsilon_м \ge 2$ $n= 1$. (2.15)

Расстояние $X_м$(м) от одиночного источника выбросов, на котором наблюдается максимальная приземная концентрация $C_м$, определяется по формуле

$$X_м = \frac{5 - F}{4}\ d\ H\ , \qquad (2.16)$$

где безразмерный коэффициент d находится по формулам:

при $\upsilon_м \le 0,5$ $d = 2,48(1+0,2\sqrt{f})$; (2.17)

при $0,5 <\upsilon_м \le 2$ $d = 4,95\ \upsilon_м\ 1+0,28\sqrt[3]{f}$; (2.18)

при $\upsilon_м>2$ $d = 7\ \sqrt{\upsilon_м}\ 1+0,28\sqrt[3]{f}$. (2.19)

Значение опасной скорости ветра $u_м$ (м/с) на уровне флюгера (обычно 10 м от уровня земли), при которой наблюдается максимальная приземная концентрация вредных веществ, в случае $f<100$, определяется по формулам:

при $\upsilon_м \le 0,5$ $u_м = 0,5$; (2.20)

при $0,5 <\upsilon_м \le 2$ $u_м = \upsilon_м$; (2.21)

при $\upsilon_м>2$ $u_м = \upsilon_м(1 + 0,12\sqrt{f})$. (2.22)

2.2.2. Определение максимального значения приземной концентрации вредного вещества холодного выброса

К холодным относятся выбросы, имеющие температуру ниже или равную температуре наружного воздуха (ΔT=0). Для таких выбросов значения безразмерных коэффициентов A, F и η, учитывающих местные условия выброса и осаждаемость загрязнений, определяются аналогично случаю нагретых выбросов (см. разд. 2.2.1.).

Для $f \geq 100$ (или $\Delta T = 0$) и $\upsilon_м' \geq 0{,}5$ для расчета максимального значения приземной концентрации загрязняющего вещества $C_м$ вместо формулы (2.1) используется формула

$$C_м = \frac{AMFn\eta}{H^{4/3}} K, \qquad (2.23)$$

где

$$K = \frac{D}{8V_1}. \qquad (2.24)$$

Значение безразмерного коэффициента n определяется в зависимости от значения коэффициента $\upsilon_м'$ по формулам:

при $\upsilon_м' < 0{,}5$ $\quad n = 4{,}4\,\upsilon_м'$; (2.25)

при $0{,}5 \leq \upsilon_м' < 2$ $\quad n = 0{,}532\,\upsilon_м'^2 - 2{,}13\,\upsilon_м' + 3{,}13$; (2.26)

при $\upsilon_м' \geq 2$ $\quad n = 1$. (2.27)

Аналогично при $f < 100$ и $\upsilon_м < 0{,}5$ или при $f \geq 100$ и $\upsilon_м' < 0{,}5$ расчет $C_м$ вместо формулы (2.1) производится по формуле

$$C_м = \frac{AMFm'\eta}{H^{7/3}}. \qquad (2.28)$$

Значение коэффициента m' определяется в зависимости от параметров f, $\upsilon_м$ и $\upsilon_м'$ по формулам:

при $f < 100$, $\upsilon_м < 0{,}5$ $\quad m' = 2{,}86\,m$, (2.29)

где m определяется по формуле (2.11);

при $f \geq 100$, $\upsilon_м' < 0{,}5$ $\quad m'=0{,}9.$ (2.30)

Расстояние $X_м$ от источника холодных выбросов, на котором приземная концентрация достигает максимального значения $C_м$, при неблагоприятных метеорологических условиях определяется по формуле (2.16), где безразмерный коэффициент d при $f > 100$ или $\Delta T = 0$ находится по формулам:

при $\upsilon_м' \leq 0{,}5$ $\quad d = 5{,}7;$ (2.31)

при $0{,}5 < \upsilon_м' \leq 2$ $\quad d = 11{,}4\upsilon_м';$ (2.32)

при $\upsilon_м' > 2$ $\quad d = 16\sqrt{\upsilon_м'}.$ (2.33)

Опасная скорость ветра $u_м$ при $f \geq 100$ или $\Delta T = 0$ вычисляется по формулам:

при $\upsilon_м' \leq 0{,}5$ $\quad u_м = 0{,}5;$ (2.34)

при $0{,}5 < \upsilon_м' \leq 2$ $\quad u_м = \upsilon_м';$ (2.35)

при $\upsilon_м' > 2$ $\quad u_м = 2{,}2\,\upsilon_м'.$ (2.36)

В остальном расчет рассеивания вредных веществ для холодных выбросов производится так же, как для нагретых.

Значение $C_м$ для источника с прямоугольным устьем определяется по тем же формулам, но при $D = D_э$ и $V = V_{1э}$ (см. формулы 2.2, 2.3 и 2.5).

2.2.3. Определение максимального значения приземной концентрации вредного вещества для нагретых и холодных источников при скорости ветра, отличающейся от опасного значения

Величина максимальной приземной концентрации вредного вещества $C_{м.u}$(мг/м^3) при неблагоприятных метеорологических условиях

и скорости ветра u(м/с), отличающейся от скорости ветра $u_м$(м/с), определяется по формуле

$$C_{м.u}=rC_м, \qquad (2.37)$$

где $C_м$ определяется по формулам 2.1, 2.23 или 2.28.

Безразмерная величина r определяется в зависимости от отношения $u/u_м$ по формулам:

при $u/u_м \le 1$ $\quad r = 0{,}67(u/u_м) + 1{,}67(u/u_м)^2 - 1{,}34(u/u_м)^3$; (2.38)

при $u/u_м > 1$ $\quad r = \dfrac{3\ u/u_м}{2\ u/u_м\ ^2 -\ u/u_м\ +2}$. (2.39)

Расстояние от источника выброса $X_{м.u}$(м), на котором при скорости ветра u и неблагоприятных метеорологических условиях приземная концентрация вредных веществ достигает максимального значения $C_{м.u}$(мг/м^3), определяется по формуле

$$X_{м.u} = pX, \qquad (2.40)$$

где p – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от отношения $u/u_м$ по формулам:

при $0{,}25 < u/u_м \le 1$ $\quad p = 8{,}43\ (1 - u/u_м)^5 + 1$; (2.41)

при $u/u_м > 1$ $\quad p = 0{,}32\ u/u_м + 0{,}68$. (2.42)

2.2.4. Определение значений приземных концентраций вредных веществ нагретых и холодных выбросов на различных расстояниях от источников выбросов

При опасной скорости ветра $u_м$ расчет концентрации C (мг/м^3) вредного вещества в приземной области в любой точке по оси факела производится по формуле

$$C=S_1C_м, \qquad (2.43)$$

где коэффициент $S_1 \leq 1$ определяется в зависимости от отношения расстояния X, для которого производится определение концентрации, к расстоянию $X_м$ и значения коэффициента F по формулам:

при $X/X_м \leq 1$ $$S_1 = 3\,(X/X_м)^4 - 8(X/X_м)^3 + 6(X/X_м)^2; \quad (2.44)$$

при $1 < X/X_м \leq 8$ $$S_1 = \frac{1{,}13}{0{,}13\,(X/X_м)^2 + 1}; \quad (2.45)$$

при $X/X_м > 8$ и $F \leq 1{,}5$ $$S_1 = \frac{1}{0{,}1(X/X_м)^2 + 2{,}47(X/X_м) - 17{,}8}; \quad (2.46)$$

при $X/X_м > 8$ и $F > 1{,}5$ $$S_1 = \frac{X/X_м}{3{,}58(X/X_м)^2 - 35{,}2(X/X_м) + 120}. \quad (2.47)$$

Для низких и наземных источников (высотой H не более 10 м) при значениях $X/X_м < 1$ величина S_1 заменяется на величину S_1^H, определяемую в зависимости от отношения $X/X_м$ и H,

при $2 \leq H < 10$ $$S_1^H = 0{,}125\,(10 - H) + 0{,}125\,S_1\,(H - 2). \quad (2.48)$$

Значение приземной концентрации вредного вещества в атмосфере (мг/м^3) на расстоянии Y(м) по перпендикуляру к оси факела выброса рассчитывается по формуле

$$C_Y = S_2 C, \quad (2.49)$$

где S_2 – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от скорости ветра $u_м$ (м/с) и отношения Y/X по значению аргумента t_Y;

$$S_2 = \frac{1}{(1 + 5t_Y + 12{,}8t_Y^2 + 17t_Y^3 + 45{,}1t_Y^4)^2}, \quad (2.50)$$

где аргумент t_Y определяется в зависимости от значения u по формулам:

при $u \leq 5$ $$t_Y = \frac{uY^2}{X^2}; \quad (2.51)$$

при $u > 5$ $$t_Y = \frac{5Y^2}{X^2}. \quad (2.52)$$

2.2.5. Определение величины предельно допустимого выброса (ПДВ)

Значение предельно допустимого выброса устанавливается для условий полной нагрузки технологического и газоочистного оборудования и их нормальной работы. ПДВ не должны превышаться в любой 20-минутный период работы. ПДВ определяется для каждого вещества отдельно, в том числе и в случае суммации вредного действия нескольких веществ. При установлении ПДВ учитываются фоновые концентрации загрязняющего вещества $C_ф$.

ПДВ устанавливаются отдельно для каждого источника выброса, не являющегося мелким. К мелким источникам выбросов относятся такие, для каждого из которых выполняется хотя бы одно из условий:

$$C_м/ПДК_{м.р} \leq 0{,}2; \quad (2.53)$$

$$(C_м X_м)/ПДК_{м.р} \leq 120. \quad (2.54)$$

Для мелких источников выбросов устанавливаются единые ПДВ от их совокупностей с предварительным объединением группы источников в более мощный. Ниже приведены зависимости для определения ПДВ источников выбросов, не являющихся мелкими.

Для нагретых выбросов вредного вещества в атмосферу ПДВ(г/с) из одиночного источника с круглым устьем в случаях $C_ф$<ПДК и нахождения точки $X_м$ в населенном пункте определяется по формуле

$$ПДВ = \frac{(ПДК_{м.р} - C_ф)H^2}{A\ F\ m\ n\ \eta} \sqrt[3]{V_1 \Delta T}. \quad (2.55)$$

Для нагретых выбросов вредного вещества в атмосферу ПДВ (г/с) из одиночного источника с круглым устьем в случаях $C_ф$< ПДК и нахождения населенного пункта на расстоянии $X_{расч}$ определяется по формуле

$$ПДВ = \frac{(ПДК_{м.р} - C_ф)H^2}{A\ F\ m\ n\ \eta\ S_{1расч}} \sqrt[3]{V_1 \Delta T}, \quad (2.56)$$

где коэффициент $S_{1расч}$ рассчитывается по относительному расстоянию $X_{расч}/X_м$.

Для холодных выбросов вредного вещества в атмосферу ПДВ (г/с) из одиночного источника с круглым устьем в случае $f \geq 100$ или $\Delta T = 0$ и нахождения точки $X_м$ в населенном пункте определяется по формуле

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК}_{м.р} - C_ф)H^{4/3}}{A\,F\,n\,\eta}\,\frac{8V_1}{D}. \qquad (2.57)$$

В случае нахождения населенного пункта на расстоянии $X_{расч}$ (м) от источника холодного выброса ПДВ для источника при $f \geq 100$ или $\Delta T = 0$ определяется по формуле

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК}_{м.р} - C_ф)H^{4/3}}{A\,F\,n\,\eta\,S_{1расч}}\,\frac{8V_1}{D}. \qquad (2.58)$$

Значение ПДВ для источника с прямоугольным устьем определяется по тем же формулам (2.55 – 2.58), но при $D=D_э$ и $V_1=V_{1э}$ (см. формулы (2.2), (2.3) и (2.5)).

Концентрация (мг/м^3) вредного вещества в устье источника определяется по формуле

$$C_{м.т}=\text{ПДВ}/V_1. \qquad (2.59)$$

2.2.6. Определение минимальной высоты одиночного источника выброса

Для нагретых и холодных выбросс вредного вещества в атмосферу минимальная высота источника выброса, при которой мощность выброса будет удовлетворять нормативу ПДВ в случаях $C_ф$<ПДК и нахождения точки $X_м$ в населенном пункте предварительно определяется по формуле

$$H = \left[\frac{A\,M\,F\,D\,\eta}{8\,V_1\,(\text{ПДК}_{м.р} - C_ф)}\right]^{3/4}. \qquad (2.60)$$

Полученное с помощью формулы (2.60) значение H следует далее уточнить.

Для нагретых выбросов ($\Delta T > 0$) уточнение значения H производится следующим образом.

Если найденное по формуле (2.60) значение будет отвечать условию $H \le \omega_0 \sqrt{10D / \Delta T}$, то оно окончательное. В противном случае значение минимальной высоты источника нагретого выброса определяется по формуле

$$H = \sqrt{\frac{A M F \eta}{\left(\text{ПДК}_{\text{м.р}} - C_{\text{ф}}\right) \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}}. \qquad (2.61)$$

По найденному таким образом значению $H = H_1$ определяются на основании формул раздела 2.2.1 значения f, $\upsilon_{\text{м}}$, $\upsilon_{\text{м}}'$, f_{e} и устанавливаются в первом приближении коэффициенты $m = m_1$ и $n = n_1$. Если $m_1 n_1 \neq 1$, то по m_1 и n_1 определяется второе приближение $H = H_2$ по формуле

$$H_2 = H_1 \sqrt{m_1 n_1}\,. \qquad (2.62)$$

В случае необходимости дальнейшие уточнения значений H, например, для $(i + 1)$ приближения, выполняются по формуле

$$H_{i+1} = H_i \sqrt{\frac{m_i n_i}{m_{i-1}\, n_{i-1}}}, \qquad (2.63)$$

где m_i и n_i – соответствуют H_i, а m_{i-1}, n_{i-1} соответствуют величине H_{i-1}.

Для холодных источников уточнение высоты H источника производится следующим образом.

Если вычисленному по формуле (2.60) значению H соответствует значение $\upsilon_{\text{м}}' \ge 2$, рассчитанное по формуле (2.9), то указанное значение H является окончательным.

Если $\upsilon_{\text{м}}' < 2$, то необходимо при найденном значении $H = H_1$ определить величину $n = n_1$ по формулам (2.25 – 2.27) и последовательными приближениями найти $H = H_2$ по H_1 и n_1 и далее $H = H_{i+1}$ по H_i и n_i с помощью формулы

$$H_{i+1} = H_i \left(\frac{n_i}{n_{i-1}}\right)^{3/4}, \qquad (2.64)$$

где n_i и n_{i-1} – значения безразмерного коэффициента n, определенного по значениям H_i и H_{i-1}.

Уточнение значения H необходимо производить до тех пор, пока два последовательно найденных значения H_i и H_{i+1} практически не будут отличаться друг от друга (с точностью до единицы).

2.2.7. Определение необходимой эффективности работы газоочистных сооружений

Необходимая эффективность работы газоочистных сооружений производится по формуле

$$Э = \frac{M - ПДВ}{M} 100\ \% \qquad (2.65)$$

2.3. Контрольные задания к разделу 2 и указания по их выполнению

Вариант исходных данных для выполнения задания студентам дневной формы обучения задается преподавателем в виде двузначного числа. Первая цифра этого числа обозначает номер подварианта части I задания (табл.2.1), а вторая цифра обозначает номер подварианта части II задания. Студентам-заочникам данные для выполнения задания взять из табл. 2.1 по варианту, соответствующему последней цифре учебного шифра, и из табл. 2.2 по варианту в соответствии с предпоследней цифрой учебного шифра.

При выборе коэффициента F следует рассматривать случай, когда система газоочистки выброса отсутствует. Для построения графика изменения приземной концентрации вредного вещества в зависимости от расстояния до источника выброса по оси факела $C = f(X)$ необходимо предварительно рассчитать значения приземных концентраций загрязняющего вещества на расстояниях: $8X_м$ (реперная точка), а также для двух произвольно выбранных расстояний, в каждом из трех диапазонов расстояний до источника выброса, а именно $0 \div X_м$; $X_м \div 8X_м$; $>8X_м$. Допускается построение графика на листе школьной тетради в клетку. Масштаб графика выбирается самостоятельно. Помните, что правильно выбранный масштаб определяет вид и удобство пользования графиком.

При построении графика для задания № 4 при сильном различии в значениях между $C_м$ и ПДК, а также между $X_м$ и $X_{доп}$ график надлежит разбить на части (не менее двух) с разными масштабами по осям.

Задание № 1

Для заданных характеристик источника выброса определить: величину максимальной приземной концентрации вредного вещества $C_м$, расстояние $X_м$ от источника выброса до точки максимальной приземной концентрации. Построить график изменения приземной концентрации C по оси факела в зависимости от расстояния X в диапазоне расстояний от 0 до 8 $X_м$. Принять $\eta = 1$.

Задание № 2

Для заданных характеристик источника выброса определить: величину предельно допустимого выброса ПДВ для источника выброса на заданном расстоянии $X_{расч}$ от населенного пункта. Принять: $C_ф = 0$ и $\eta = 1$.

Задание № 3

Для заданных характеристик источника выброса определить: величину предельно допустимого выброса ПДВ для случая расположения источника и факела выброса в зоне жилищной застройки $X_{расч} = X_м$. Построить график изменения приземной концентрации C по оси факела в зависимости от расстояния X в диапазоне расстояний от 0 до 8 $X_м$ для новой мощности выброса. Принять: $C_ф = 0$ и $\eta = 1$.

Задание № 4

Для заданных характеристик источника выброса определить: величину максимальной приземной концентрации вредного вещества $C_м$, расстояние $X_м$ от источника выброса до точки максимальной концентрации. Построить график изменения приземной концентрации C по оси факела в зависимости от расстояния X. С помощью графика найти расстояние $X_{доп}$ до населенного пункта, при котором существующая мощность выброса будет соответствовать нормативу ПДВ. Принять $\eta = 1$.

Таблица 2.1

Исходные данные для расчета рассеивания выбросов. ЧастьI

Характеристика источника выброса вредных веществ	Обозначение	Единицы измерения	Варианты									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность выброса	M	г/с	52	25	17	5,1	4,8	160	16,4	3,9	12,2	90
Выбрасываемое вещество и его физическое состояние	—	—	Диоксид серы	Сажа*	Фенол	Окислы азота	Серово-дород	Взве-шенные вещест-ва**	Аммиак	Сульфид углерода	Фор-мальде-гид	Пыль нетокс-ичная*
Объемный расход пылегазовой смеси	V_1	$м^3/с$	3,1	2,6	4	1,9	3	6	2,2	1,8	2,7	4,5
Высота источника выброса	H	М	30	40	25	35	40	22	27	30	45	26
Температура выбрасываемых газов	T	°С	130	150	110	210	120	110	120	180	140	120
Диаметр устья источника выброса	D	м	0,7	0,5	0,9	0,5	0,7	1,0	0,6	0,5	0,8	0,6
Расстояние до населенного пункта	$X_{расч}$	м	300	400	1800	700	900	800	350	1000	600	500
Максимальная разовая допустимая концентрация	$ПДК_{м.р}$	$мг/м^3$	0,5	0,15	0,01	0,085	0,008	0,5	0,2	0,03	0,035	0,5
Среднесуточная предельно допустимая концентрация	$ПДК_{с.с}$	$мг/м^3$	0,05	0,05	0,003	0,04	0,008	0,05	0,04	0,005	0,003	0,15

*Твердые частицы; **твердые частицы органического происхождения; остальные выбрасываемые вещества – газообразные.

Таблица 2.2

Исходные данные для расчета рассеивания выбросов. Часть II

Характеристика источника выброса вредных веществ	Обозначение	Единицы измерения	Варианты									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Продолжительность работы источника	τ	ч/год	8000	5000	4000	7000	8000	5000	3000	4000	2000	6000
Местонахождение источника выброса (область, край)	–	–	Бурятия	Ленинградская	Самарская	Тульская	Читинская	Хабаровская	Ивановская	Белгородская	Астраханская	Мурманская
Коэффициент температурной стратификации атмосферы	A	–	250	160	180	140	250	200	140	180	200	160
Средняя максимальная температура воздуха наиболее жаркого месяца	$T_в$	^{o}C	26	22,1	26,3	24,2	24	25,7	23	26,5	30,9	18,6
Коэффициент экологической ситуации территории	$K_э$	–	1,1	1,3	1,9	1,6	1,1	1,1	1,6	2,0	1,9	1,4
Среднегодовая температура наружного воздуха	$\overline{T}$	^{o}C	-1,7	4,3	3,8	4,2	-6,3	1,4	2,7	6,3	9,4	-0,7

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ СПУСКА СТОЧНЫХ ВОД В ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДОЕМЫ

3.1. Общая характеристика загрязнения поверхностных водоемов

Загрязнение поверхностных водоемов в настоящее время превратилось в острую проблему, связанную, прежде всего с необходимостью обеспечения населения качественной питьевой водой. Именно в эти водоемы попадает тем или иным образом большая часть жидких отходов и из них же забирается вода на водопотребление. Водоемы загрязняются прежде всего теми веществами, которые поступают в них со сточными водами населенных мест (54 % сбросов), промышленных (30 % сбросов) и сельскохозяйственных (11 % сбросов) предприятий. Это большой поток органических и биогенных (содержащих азот и фосфор) веществ, нефтепродуктов, взвесей, детергентов и минеральных солей. Вследствие сильной загрязненности поверхностных водоемов на Европейской территории РФ увеличивается потребление подземных вод на нужды водопотребления, но и эти воды после использования также сбрасываются в водоемы. Так, общее водопотребление на питьевые и хозяйственные нужды в России в 2007 г. составило 62,5 млрд $м^3$, из них 11,5 млрд $м^3$ из подземных источников. Проблема обостряется еще и тем, что значительная часть сбрасываемых сточных вод проходит недостаточную очистку или вообще не очищается перед сбросом в водоем. Общий объем таких сбрасываемых сточных вод составляет 51,4 млрд $м^3$, из которых объем нормативно чистых – 32,2 млрд $м^3$; нормативно очищенных – 2,05 млрд $м^3$; недостаточно очищенных – 13,7 млрд $м^3$; без очистки – 3,4 млрд $м^3$ [4].

3.2. Регламентация поступления загрязняющих веществ в поверхностные водоемы

В настоящее время на территории Российской Федерации нормирование сбросов сточных вод в водные объекты регламентируется Водным кодексом РФ [5] путем установления и соблюдения нормативов допустимого воздействия (НДВ) на водные объекты.

НДВ на водные объекты предназначены для установления безопасных уровней содержания загрязняющих веществ, а также других показателей, характеризующих воздействие на водные объекты, с учетом природно-климатических особенностей водных объектов данного региона, и сложившиейся в результате хозяйственной деятельности природно-техногенной обстановки.

НДВ на водные объекты устанавливаются с учетом состояния водного объекта и его экологической системы на основе нормативов качества воды в водном объекте.

Разработкой НДВ на водные объекты занимается Федеральное агентство водных ресурсов при содействии Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия населения, Федерального агентства по рыболовству, Федеральной службы по надзору в сфере природопользования и их региональные отделения. НДВ разрабатываются и утверждаются по водному объекту или его участку (части речного бассейна имеющего характеристики, позволяющие установить, с учетом природных особенностей водного бассейна, а также с учетом условий целевого использования водного объекта параметры водопользования).

Нормативы допустимого воздействия на водные объекты разрабатываются не на все водохозяйственные участки, а только на те, которые подвергаются и могут быть подвергнуты в течении ближайших 5 лет существенным нагрузкам в результате хозяйственной и иной деятельности на соответствующей площади, включая акваторию водного объекта. При этом НДВ разрабатываются не на все вещества, вносимые в водный объект со сточными водами, а только на 10–15 приоритетных веществ. По сложившейся практике нормирование качества воды водного объекта связано с характером водопользования. На территории РФ все поверхностные водные объекты делятся на водоемы и водотоки хозяйственно-питьевого, культурно-хозяйственного и рыбохозяйственного водопользования [6].

Нормирование качества воды осуществляется в соответствии с физическими, химическими и биологическими, в том числе микробиологическими и иными показателями состава и свойств воды водного объекта, определяющими ее использование для конкретных целей водопользования и /или устойчивого функционирования экологической системы водного объекта.

Нормативы качества воды водного объекта включают в себя:

– общие требования к составу и свойствам поверхностных вод для различных видов водопользования;

– перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) веществ в воде водных объектов.

Перечень ПДК веществ для водных объектов рыбохозяйственного значения установлен нормативным документом [7]. Перечень ПДК веществ в воде водных объектов питьевого и хозяйственно-бытового водопользования установлен нормативным документом [8].

При сбросе сточных, в том числе дренажных вод, в водные объекты нормативы качества воды должны соблюдаться в максимально загрязнённой струе контрольного створа (на водотоках – ниже по течению, на водоемах и морях – на акватории в радиусе) не далее 500 м от места сброса сточных, в том числе дренажных вод. Для водоемов питьевого и хозяйственного-бытового водоснабжения, а также для водоемов, предназначенных для рекреационных целей, под нормативами качества вод понимают гигиенические нормативы химических веществ и микроорганизмов, а для водоемов рыбохозяйственного значения – собственно нормативы качества вод или их природный состав [9].

Для сбросов сточных вод, в том числе дренажных вод, в границах населенного пункта НДС определяется исходя из отнесения требований к качеству воды в водном объекте в местах сброса сточных, в том числе дренажных вод, установленных для видов водопользования, осуществляемых на водном объекте, к самим сточным водам независимо от типа выпуска сточных вод. Контрольный створ при этом должен быть расположен непосредственно у места сброса сточных или дренажных вод.

При сбросе сточных вод, в том числе дренажных, в водные объекты через рассеивающие выпуски, необходимое смешение и разбавление сбрасываемых вод, нормативные требования к составу и свойствам воды должны обеспечиваться в створе начального разбавления рассеивающего выпуска.

Сбросы сточных вод в окружающую среду допускаются на основании разрешений на сбросы в водный объект, выдаваемых уполномо-

ченным органом государственной власти на местах. И для каждого отдельного выпуска сточных вод и каждого загрязняющего вещества разрабатываются и утверждаются нормативы допустимого сброса (НДС).

Если для водного объекта разработаны и утверждены нормативы допустимого воздействия, то величины НДС определяются для всех выпусков всех природопользователей путем решения задачи математического моделирования. Причем, совокупная масса сброса для каждого из веществ, по которому установлен НДВ по всем выпускам сточных вод, расположенных в пределах данного водохозяйственного участка, не должна превышать 80 % норматива допустимого воздействия.

В случае отсутствия утвержденных в установленном порядке НДВ величины НДС, согласно требованиям нормативного документа [9], рассчитываются для отдельных выпусков природопользователей.

Если фоновая загрязненность водного объекта по каким-либо показателям не позволяет обеспечить нормативы качества воды в контрольном створе, то НДС по этим показателям разрабатываются исходя из отнесения нормативных требований к составу и свойствам воды водных объектов к самим сточным водам.

В разрешениях на сбросы загрязняющих веществ в водные объекты для природопользователей устанавливаются:

– допустимая концентрация вещества в пределах норматива допустимого сброса;

– допустимая концентрация вещества в пределах лимита на сброс;

– масса, сбрасываемого вещества (г/ч, т/мес, т/год);

– утвержденный расход сточных вод ($м^3$/ч).

При установлении НДС на уровне нормативов качества вод водного объекта НДС утверждается на пять лет, а при установлении НДС с учетом разбавления – на 3 года. Пересмотр ранее утвержденных НДС осуществляется при изменении параметров существующих сбросов.

3.3. Порядок получения разрешений на сброс сточных вод в водные объекты

Порядок получения разрешений на сбросы загрязняющих веществ в водные объекты подробно описан в справочной литературе, например, книге [10].

Предоставление водных объектов в пользование для сброса сточных и/или дренажных вод осуществляют исполнительные органы

государственной власти субъектов РФ на основании заявления, составленного в соответствующей форме, подаваемого природопользователем (юридическое лицо или индивидуальный предприниматель) в уполномоченный исполнительный орган государственной власти.

До подачи заявления природопользователь должен проделать довольно большую работу, а именно:

– получить сведения о водном объекте, содержащиеся в государственном водном реестре;

– разработать и утвердить в установленном порядке нормативы допустимых сбросов вредных веществ в водный объект;

– разработать и согласовать в территориальном органе Росводресурсов программу регулярных наблюдений за водным объектом;

– представить и согласовать в территориальном органе Росводресурсов схемы систем водопотребления и водоотведения.

Вместе с заявлением о предоставлении водного объекта в пользовании природопользователь также представляет:

– копии учредительных документов;

– документ, подтверждающий полномочия лица на осуществление действий от имени природопользователя;

– информацию о намеченных заявителем мероприятиях по охране водного объекта;

– поквартальный график сброса сточных вод;

– сведения о наличии контрольно-измерительной аппаратуры для учета объема и качества сбрасываемых вод;

– расчет и обоснование объемов сточных вод и показателей их качества (утвержденный НДС);

– графические материалы с отображением водного объекта и размещения средств и объектов водопользования с обозначением мест сброса сточных вод (к месту выпуска привязывается контрольный створ), а также пояснительную записку к ним;

– программу регулярных наблюдений за водным объектом и его водоохранными зонами;

– схему систем водопотребления и водоотведения.

Исполнительный орган государственной власти вправе предоставить водный объект в пользование на условиях, отличающихся от заявленных. В случае согласия о предоставлении в пользование водного объекта уполномоченный орган подготавливает проект Решения по утвержденной типовой форме. В этом решении указываются в частности условия использования водного объекта. Тем самым

на водопользователя накладываются определенные обязанности, а именно:

– осуществлять сброс сточных вод в установленных решением местах с использованием разрешенных водоотводящих сооружений.

– не превышать установленного решением объема сброса сточных вод, который должен определяться инструментальными методами по показаниям аттестованных средств измерений;

– не превышать установленного решением содержания загрязняющих веществ в сточных водах;

– осуществлять сброс сточных вод в соответствии с ранее согласованным графиком их выпуска;

– осуществлять обработку осадков, образующихся на очистных сооружениях при очистке сточных вод, в соответствии с установленной технологией;

– вести в установленном порядке регулярные наблюдения за водным объектом и его водоохраной зоной по утвержденной программе.

При этом водопользователь обязан ежеквартально представлять в орган, принявший решение о предоставлении водного объекта в пользование, отчет о выполнении условий использования водного объекта с приложением подтверждающих документов.

3.4. Разбавление загрязняющего вещества в проточном водоеме

3.4.1. Общие сведения о процессе разбавления

Разбавление сточных вод – процесс снижения концентраций загрязняющих веществ в водотоках и водоемах, протекающий вследствие перемешивания сточных вод с окружающей водной средой. Интенсивность процесса разбавления характеризуется кратностью разбавления.

Степень полного разбавления выражается отношением:

$$n = \frac{Q+q}{q}. \qquad (3.1)$$

Указанная выше кратность разбавления отвечает условию полного смешения стока с водой. Однако смешение наступает не сразу.

Распространение примесей обычно происходит в направлении господствующих течений и в этом же направлении кратность разбавле-

ния растет, начиная от единицы в месте выпуска сточных вод, до значения, соответствующего полному перемешиванию (в пределах данного водного объекта). В реальных случаях полное разбавление на участке водотока практически не достигается и кратность разбавления рассчитывается с учетом того, какая часть водного потока успела смешаться со сточными водами по формуле

$$n = \frac{\gamma Q + q}{q}. \qquad (3.2)$$

Причем входящий в формулу поправочный коэффициент γ определяется с известной степенью приближения.

Разбавление сточных вод в водотоках и водоемах определяется комплексным влиянием следующих трех процессов:

1. Распределение сточных вод в начальном сечении водоема и водотока (месте сброса), которое зависит от конструкции выпускного сооружения.

2. Начальное разбавление сточных вод, которое определяется движением водных масс в форме течений и токов. Оно обусловлено такими факторами, как морфологические характеристики русла реки; степень проточности реки; стратификация температуры и плотности слоев воды.

3. Основное разбавление сточных вод, определяющееся гидродинамическими процессами водоемов и водотоков, обусловленными турбулентной диффузией.

Для интенсификации перемешивания применяют различные конструкции выпусков, через которые сточные воды отводятся в водный объект. Выпуски могут быть береговыми (в виде трубы, заканчивающейся на береговой линии), русловыми (в виде трубопроводов, вводимых в русло реки) и глубинными (для непроточных водоемов). Последние два типа позволяют ввести сточные воды в определенное место водоема (например, в стрежень реки), и тем самым обеспечить быстрое начальное смешивание. По конструкции распределительной части выпуски также делятся на сосредоточенные, рассеивающие и рассредоточенные. Для интенсификации перемешивания используются и различные конструкции сбросных насадок (оголовков).

Лучшие условия смешения сточных вод с водой водоема достигаются при использовании рассеивающего выпуска, создающего возможность сброса сточных вод в несколько точек, причем чем на большее число струй разбивается поток сточных вод, тем скорее и более

полно происходит его смешение с водой водного объекта. Выпуски создают так называемое начальное разбавление $n_н$, усиливающее общее разбавление, которое рассчитывается по формуле

$$n = n_н n_0. \qquad (3.3)$$

При этом второй множитель n_0, входящий в зависимость (3.3), называется кратностью основного разбавления и рассчитывается по формуле (3.2).

Расчеты начального и основного разбавления проводятся по нормативной методике, приведенной в источнике [9].

Вещества, концентрация которых меняется только за счет разбавления, называются консервативными, а вещества, которые претерпевают какие-либо изменения – неконсервативными.

Взаимосвязь между требованиями к концентрациям загрязняющего вещества в контрольном створе и концентрацией этого вещества в спускаемых сточных водах для любого загрязнителя (за исключением взвешенных веществ) определяется уравнением материального баланса

$$K_{ст}\ q + K_р\ \gamma\ Q \le (\gamma\ Q + q)\ K_{пд}. \qquad (3.4)$$

Левая часть уравнения материального баланса содержит сумму расходов загрязняющего вещества, содержащегося в сточных водах, и этого же вещества, содержащегося в воде водотока, смешанного со сточными водами, а правая часть включает в себя расход загрязняющего вещества в смеси воды водотока и сточных вод к моменту достижения контрольного створа при концентрации загрязняющего вещества на уровне предельно допустимой концентрации.

Из уравнения (3.4) можно выразить допустимое содержание любого консервативного загрязняющего вещества в спускаемых в водоток сточных водах:

$$K_{ст} \le \frac{\gamma\ Q}{q}\ K_{пд} - K_р\ + K_{пд} = n\ K_{пд} - K_р\ + K_р. \qquad (3.5)$$

Допустимое содержание взвешенных веществ в спускаемых сточных водах также определяется из уравнения материального баланса, но по условию увеличения содержания взвешенных веществ в воде водотока на определенную величину ($m_{доп}$)

$$\gamma\, Q\, M_{\text{р}} + q\, M_{\text{ст}} \le (\gamma\, Q + q)\,(M_{\text{р}} + m_{\text{доп}}). \qquad (3.6)$$

Из уравнения (3.6) можно выразить допустимое содержание взвешенных веществ в сточных водах, выпускаемых в водоток,

$$M_{\text{ст}} \le m_{\text{доп}} \left(\gamma \frac{Q}{q} + 1\right) + M_{\text{р}} = n m_{\text{доп}} + M_{\text{р}}. \qquad (3.7)$$

3.4.2. Начальное разбавление и методика его расчета

Начальное разбавление сточных вод в водах водотока происходит под действием турбулентных струй. Начальное разбавление начинается в месте истечения струи сточных вод из отверстия оголовка и заканчивается в сечении, где струя не может больше присоединять к себе расход речной воды. Это сечение условно принимается там, где скорость на оси струи на 0,1–0,5 м/с превосходит скорость речного потока [11].

При применении рассеивающих выпусков расчетным сечением начального разбавления будет сечение, в котором соседние струи начинают соприкасаться между собой. Движение струи между начальным и расчетным сечениями может быть осложнено случаем, когда струя, расширяясь, достигает дна водотока или поверхности воды. В этом случае интенсивность разбавления снижается вследствие ограничения доступа к струе окружающей речной воды.

Нормативная методика расчета начального разбавления основана на методе Н.Н. Лапшева и приведена в источнике [9].

Начальное разбавление рассчитывается при скоростях истечения струи сточной воды из оголовка выпуска больше 2 м/с ($\upsilon_{\text{ст}} \ge 2$м/с), а также при условии, что скорость струи будет превышать скорость движения воды водотока не менее чем в 4 раза ($\upsilon_{\text{ст}} \ge 4\ \upsilon_{\text{р}}$). В случаях, если хотя бы одно из перечисленных выше условий не выполняется, то расчет начального разбавления не производится. Расчет начального разбавления проводится в следующей последовательности. Сначала рассчитываются отношения скоростей струи (по оси и средней) и скорости течения воды в виде

$$\frac{\upsilon_{\text{о}}}{\upsilon_{\text{р}}} = \frac{\upsilon_{\text{р}} + 0{,}15}{\upsilon_{\text{р}}} + 1; \qquad (3.8)$$

$$m = \frac{\upsilon_p}{\upsilon_{ст}}. \qquad (3.9)$$

Затем по номограмме, приведенной на рис. 3.1, находится отношение d/d_0, где d – диаметр расчетного сечения струи, а d_0 – диаметр выпуска. После этого с помощью номограммы, приведенной на рис. 3.2, определяется кратность начального разбавления $n_н$ по известным величинам.

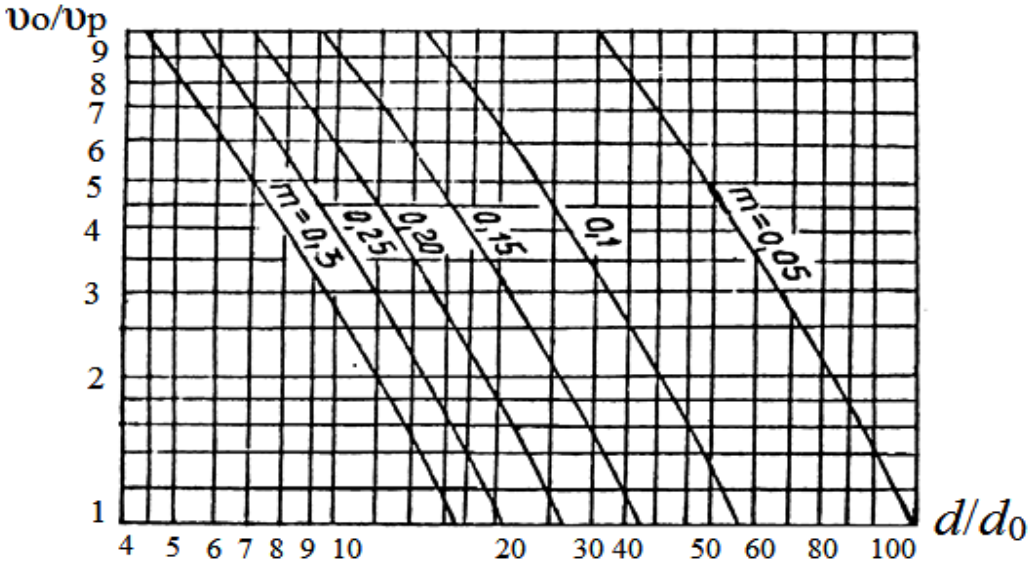


Рис. 3.1. Номограмма для определения диаметра струи в расчетном сечении

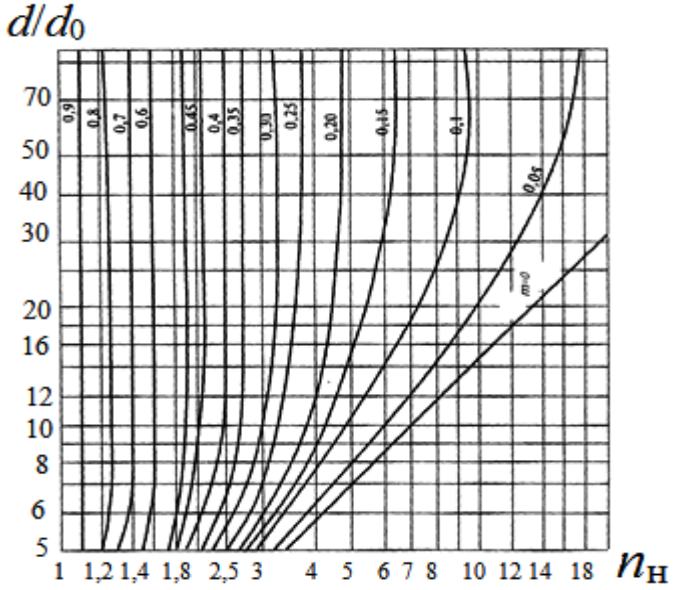


Рис. 3.2. Номограмма для определения начального разбавления в потоке

Как было отмечено выше, кратность начального разбавления может быть снижена вследствие стеснения расширяющейся струи дном или поверхностью водоема. Для количественной оценки данного явления из найденного отношения d/d_0 определяется величина d (диаметр нестесненной струи) и сравнивается с глубиной реки в месте нахождения выпуска (H). Если $d<H$, то стеснения струи не происходит, но если $d>H$, то струя стесняется и кратность разбавления находится умножением найденного значения $n_н$ на поправочный коэффициент f (H/d), который перед этим находится по графику, приведенному на рис. 3.3.

Начальное разбавление в стесненной струе вычисляется по формуле

$$n_{н.с}=n_н f(H/d). \qquad (3.10)$$

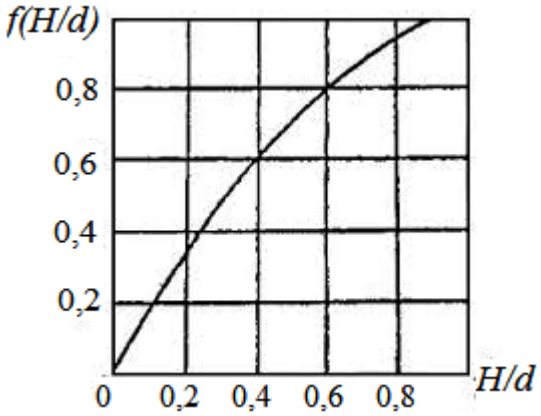


Рис. 3.3. График для расчета *f(H/d)*, учитывающий стеснение струи *f(H/d)*

Для всех случаев начального разбавления определяются также следующие величины. Расстояние до пограничного сечения зоны начального разбавления находится по формуле

$$l_н = \frac{d}{0{,}48\ 1-3{,}12m}. \qquad (3.11)$$

Расход смеси сточных вод с водой водотока в том же сечении определяется по формуле

$$q_{см}=n_н q. \qquad (3.12)$$

Средняя концентрация вещества в пограничном сечении находится по формуле

$$C_{\text{ср}} = \frac{C_{\text{ст}} - C_{\text{ф}}}{n_{\text{н}}} + C_{\text{ф}}. \qquad (3.13)$$

Максимальная концентрация вещества в центре пятна примеси в пограничном сечении определяется по зависимости

$$C_{\max} = C_{\text{ср}} / 0{,}428. \qquad (3.14)$$

3.4.3. Методика расчета основного разбавления

Нормативной методикой расчета [9] предусматривается производить расчет основного разбавления по методу Фролова–Родзиллера. Если не соблюдается условие применения этого метода или в расчете необходимо учесть данные о накоплении загрязняющих веществ в донных отложениях, то рекомендуется использовать метод расчета А.В. Караушева.

По методу Фролова–Родзиллера кратность основного разбавления определяется по формуле

$$n_0 = \frac{\gamma Q + q}{q}. \qquad (3.15)$$

Входящий в формулу коэффициент смешения γ, показывающий какая часть расхода воды водотока смешивается со сточной водой в максимально загрязненной струе расчетного створа, определяется по формуле

$$\gamma = \frac{1-\beta}{1+ Q/q\ \beta}. \qquad (3.16)$$

Величина коэффициента β определяется по формуле

$$\beta = e^{-\alpha \sqrt[3]{l_{\text{ф}}}} = \frac{1}{2{,}72^{\alpha \sqrt[3]{l_{\text{ф}}}}}, \qquad (3.17)$$

где e – основание натурального логарифма, равное 2,72.

Коэффициент α, учитывающий гидравлические факторы смешения, определяется на основании эмпирически установленной зависимости от ряда факторов:

$$\alpha = \zeta\ \varphi^3 \sqrt{D/q}. \qquad (3.18)$$

Коэффициент ζ зависит от места выпуска сточных вод в водоток и принимается следующим: при выпуске у берега ζ = 1; при выпуске в стрежень реки (места наибольших скоростей) ζ = 1,5.

Коэффициент извилистости реки φ равен отношению расстояния по фарватеру от места сброса до контрольного створа ($l_ф$) к расстоянию между этими двумя пунктами по прямой ($l_{пр}$)

$$\varphi = l_ф / l_{пр}. \qquad (3.19)$$

Коэффициент турбулентной диффузии D (м^2/с) для рек любого характера рассчитывается по формуле

$$D = \frac{\upsilon_{ср} H_{ср} g}{37\, n_ш C^2}, \qquad (3.20)$$

где g – ускорение свободного падения (9,81 м/с^2).

Входящий в формулу (3.20) коэффициент Шези C и коэффициент шероховатости ложа реки $n_ш$ определяются следующим образом.

Коэффициент Шези C определяется по формуле

$$C = \frac{R^y}{n_ш}. \qquad (3.21)$$

Гидравлический радиус водотока R^y м, для летних условий может быть рассчитан по формуле

$$R = \frac{B_{ср}\ H_{ср}}{B_{ср} + 2H_{ср}}. \qquad (3.22)$$

Для достаточно широких рек гидравлический радиус практически равен средней глубине реки, т.е. $R \approx H_{ср}$.

Показатель y является функцией шероховатости ложа реки и гидравлического радиуса. Для летних условий (при отсутствии ледяного покрова) он определяется по формуле

$$y = 2{,}5\sqrt{n_{\text{ш}}} - 0{,}13 - 0{,}75\sqrt{R}\ \sqrt{n_{\text{ш}}} - 0{,}1\ . \qquad (3.23)$$

Коэффициент шероховатости ложа реки определяется по таблице М.Ф. Срибнера (табл. 3.1).

Для зимнего времени (периода ледостава) коэффициент турбулентной диффузии определяют по формуле

$$D = \frac{g\sqrt{R_{\text{пр}}}}{37\, n_{\text{пр}}\ C_{\text{пр}}{}^{2}}. \qquad (3.24)$$

Приведенные значения гидравлического радиуса $R_{\text{пр}}$, коэффициента шероховатости ложа реки $n_{\text{пр}}$ и коэффициента Шези $C_{\text{пр}}$ определяют по ниже приведенным зависимостям

$$R_{\text{пр}} = 0{,}5\ H\ ; \qquad (3.25)$$

$$n_{пр} = n_{ш}\left[1 + \left(\frac{n_{л}}{n_{ш}}\right)^{1{,}5}\right]^{0{,}67}, \qquad (3.26)$$

где $n_{\text{л}}$ – коэффициент шероховатости нижней поверхности льда (определяется по справочным данным, например, по П.Н. Белоконю).

$$C_{пр} = \frac{R^{y_{пр}}}{n_{ш}}, \qquad (3.27)$$

где

$$y_{\text{пр}} = 2{,}5\sqrt{n_{\text{пр}}} - 0{,}13 - 0{,}75\sqrt{R_{\text{пр}}}\ \sqrt{n_{\text{пр}}} - 0{,}1\ . \qquad (3.28)$$

Для равнинных рек с достаточной точностью коэффициент турбулентной диффузии в летнее время можно рассчитать по формуле [12]

$$D = \frac{\upsilon_{\text{ср}}\, H_{\text{ср}}}{200}. \qquad (3.29)$$

Таблица.3.1

Коэффициент шероховатости для открытых русел реки постоянных водотоков по М.Ф. Срибнеру

Характеристика русла	Коэффициент шероховатости $n_{ш}$
Естественные русла в весьма благоприятных условиях (чистое, прямое, незасоренное, земляное со свободным течением)	0,025
Русла постоянных водотоков равнинного типа, преимущественно больших и средних рек, в благоприятных условиях состояния ложа и течения воды	0,03
Сравнительно чистые русла постоянных равнинных водотоков в обычных условиях, извилистые, с некоторыми неправильностями в направлении струй или же прямые, но с неправильностями в рельефе дна (отмели, промоины, местами камни)	0,04
Русла больших и средних рек, значительно засоренные, извилистые и частично засоренные, каменистые, с неспокойным течением	0,05
Сравнительно заросшие, неровные, плохо разработанные поймы рек (промоины, кустарники, деревья с наличием заводей). Галечно-валунные русла горного типа с неправильной поверхностью водного зеркала. Порожистые участки равнинных рек	0,067
Русла со слабым течением и поймы, значительно заросшие, с большими глубокими промоинами. Валунные, горного типа русла с неправильной поверхностью водного зеркала (с летящими вверх брызгами воды)	0,08
Русла горно-водопадного типа с крупновалунным извилистым строением ложа, перепады ярко выражены, извилистость весьма сильная. Поймы значительно заросшие, но с резко выраженным кососструйным течением, заводями и др.	0,1
Русла болотного типа (заросли, кочки, во многих местах почти стоячая вода и др.). Поймы с очень большими мертвыми пространствами, с местными углублениями (озерами и др.)	0,133

3.5. Самоочищение водоемов

Единственным процессом самоочищения водоема, который может учитываться при проведении расчетов по определению допустимых к сбросу концентраций загрязняющих веществ сточных вод, является самоочищение водоема от органических веществ, содержание которых выражено показателем БПК. Такой процесс протекает во всех биоценозах, хорошо изучен и для него известны кинетические характеристики.

На рис. 3.4 приведены графики, с помощью которых можно объяснить протекание процесса самоочищения по БПК.

На верхнем графике (рис. 3.4, а) показано изменение содержания БПК в воде водоема до и после поступления в него сточных вод. Перед створом водосброса концентрация БПК в воде водоема незначительна и соответствует фоновому значению (L_p). В месте сброса значение БПК резко растет в соответствии с тем количеством, которое содержится в сбрасываемых сточных водах. Затем концентрация плавно падает (вниз по течению для проточных водоемов, или с течением времени для непроточных) и через некоторое время (обычно 20 суток) концентрация БПК в воде водоема возвращается к фоновому значению. Это происходит в результате жизнедеятельности природных микроорганизмов (бактерий разных видов) – редуцентов водных биоценозов, которые используют органические вещества, поступающие в водоемы со сточными водами в качестве питательных ресурсов. Часть органических веществ микроорганизмами окисляется для получения энергии и превращается во внеклеточные продукты (CO_2, H_2O и NO_x), а другая часть идет на синтез новых бактериальных клеток. Средний график на рис. 3.4,б отражает изменение численности микроорганизмов в воде водоема после внесения в воду избыточного содержания БПК (показатель БПК отражает наличие в воде источника углеродного питания). Процесс прироста биомассы носит стадийный характер.

Первая стадия роста называется лаг-фазой, во время которой микроорганизмы приспосабливаются к новой питательной среде. Далее наблюдается экспоненциальная фаза роста, когда количество субстрата, находящегося в воде, велико по отношению к численности микроорганизмов. Затем питательные вещества постепенно исчерпываются и их недостаток в воде становится лимитирующим фактором роста клеток.

Это соответствует фазе замедленного роста численности микроорганизмов. Вершиной развития бактериальных клеток является следующая фаза – стационарного роста, при которой существует равно-

весие между появлением новых и распадом старых клеток. Количество биомассы некоторое время находится на одном уровне. Затем вследствие недостатка питания (снижения концентрации БПК в воде водоема) стационарная фаза переходит в фазу отмирания. При наличии постоянного поступления сточных вод в водоток в речной воде вниз по течению за створом сброса будет наблюдаться колония микроорганизмов, включающая в себя устойчивые сообщества бактерий разных видов, водных грибов и сопутствующих им простейших (саркодовых, жгутиковых, инфузорий), для которых уже бактерии являются источником питания.

Установлено, что скорость минерализации органического вещества микроорганизмами в каждый момент времени пропорциональна его концентрации в воде и описывается уравнением:

$$L_t = L_a 10^{-k_1 t}, \tag{3.30}$$

где L_a, L_t – концентрации БПК в воде в начальный момент и по истечении времени t; k_1 – константа скорости биохимического окисления, зависящая от состава и температуры воды.

Допустимую к сбросу концентрацию БПК в сточной воде, выпускаемой в водоток, определяют из уравнения материального баланса по этому показателю загрязненности с учетом биохимического окисления как сточной, так и речной воды. Левая часть уравнения представляет собой сумму расходов БПК в речной и сточной воде к контрольному створу, а правая – расход БПК в перемешанном потоке [12]

$$\gamma Q L_{\text{р}} 10^{-k_2 t} + q L_{\text{ст}} 10^{-k_1 t} \leq (\gamma Q + q) L_{\text{пд}}. \tag{3.31}$$

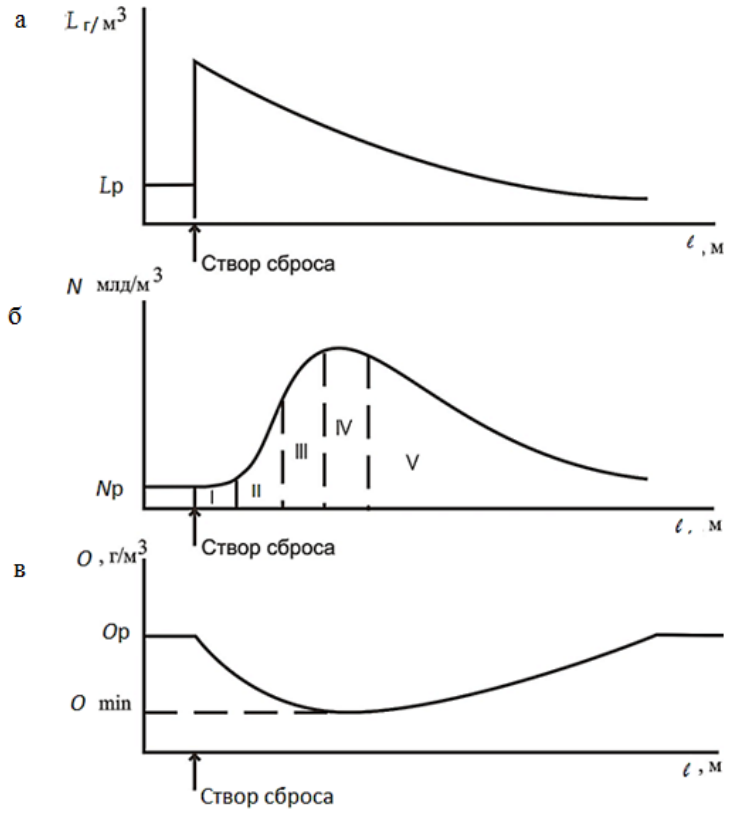


Рис.3.4. Последствия сброса в водоток (реку) сточных вод, содержащих органические вещества:
а – изменение концентрации в водотоке органических веществ по $БПК_{полн.}$;
б – изменение численности (фазы роста) микроорганизмов в воде водотока (I–лаг-фаза; II–экспоненциальный рост; III–фаза замедленного роста; IV–фаза стационарного роста; V–фаза отмирания);
в – изменение концентрации кислорода, растворенного в воде водотока

Из уравнения материального баланса можно найти допустимое количество органических веществ по БПК в спускаемых сточных водах, определяемое по условному разбавлению сточных вод водой водотока и самоочищению воды.

Допустимое количество органических веществ по БПК в спускаемых сточных водах, определяемое по условию разбавления сточных вод водой водотока и самоочищения воды (г/м^3),

$$L_{ст} = \frac{\gamma Q}{q10^{-k_1 t}}\left(L_{пд} - L_p 10^{-k_2 t}\right) + \frac{L_{пд}}{10^{-k_1 t}}, \qquad (3.32)$$

где t (сут) – время движения воды от створа выпуска до створа водопользования определяется по формуле

$$t = \frac{l_ф}{v_{ср} \cdot 24 \cdot 3600}. \qquad (3.33)$$

Константа скорости потребления кислорода k_1 для сточных вод предприятий пищевой промышленности имеет различные значения в зависимости от температуры воды:

T°C	0	5	10	15	20	25	30	40
k_1, сут $^{-1}$	0,120	0,151	0,190	0,238	0,3	0,377	0,497	0,752

Константа скорости потребления кислорода k_2 для воды водотока также имеет различные значения в зависимости от температуры воды:

T°C	0	5	10	15	20	25	30	40
k_2, сут $^{-1}$	0, 04	0,05	0,063	0,08	0,1	0,126	0,158	0,251

Для своей жизнедеятельности бактерии, окисляющие органические примеси воды, потребляют кислород, растворенный в воде водоема. На нижнем графике (рис.3.4, в) показано изменение содержания в водоеме растворенного кислорода. График отображает изменение концентрации кислорода в воде вследствие одновременного протекания трех процессов: 1 – дыхания микроорганизмов, 2 – пополнения содержания кислорода за счет его растворения из атмосферы с поверхности водного зеркала (деаэрации) и 3 – фотосинтеза водных растений. С ростом численности микроорганизмов количество растворенного в воде кислорода вначале падает, достигая минимального значения вследствие преобладания темпов потребления кислорода микроорганизмами над скоростью деаэрации, а затем, по прошествии четырех суток, возрастает. Точка на кривой содержания кислорода в воде, соответствующая его минимальной концентрации, называется *кислородным прогибом* или *критической точкой*.

Нормативным документом [6] установлена величина минимальной концентрации растворенного кислорода (O_{min}) в воде водоемов, необходимая для нормального протекания процессов самоочищения водоемов и для сохранения в водоеме высших форм жизни. Для водоемов питьевого и культурно-хозяйственного значения O_{min}= 4 мг/л, а для водоемов рыбохозяйственного водопользования – 6 мг/л.

Для обеспечения содержания растворенного кислорода в воде водоема на уровне не ниже минимальной концентрации проводится дополнительный расчет допустимой к сбросу концентрации БПК по усло-

вию сохранения в водоеме минимального количества растворенного кислорода. Этот расчет основан на учете поглощения сточными водами только того кислорода, который подходит с водой к створу сброса. При этом считается, что, если количество растворенного кислорода не станет ниже O_{min} в первые двое суток, то есть в период его наиболее интенсивного потребления микроорганизмами, то снижения концентрации кислорода не будет и далее.

Допустимую к сбросу величину БПК сточных вод по условию сохранения минимальной концентрации растворенного в водоеме количества кислорода определяют из уравнения материального баланса по кислороду

$$\gamma\, Q\, O_p - \left(\gamma\, Q\, L_p + \, qL_{ст}\right)k_{O_2} \le (\gamma\, Q + q)\, O_{min}\,, \qquad (3.34)$$

где k_{O_2} – коэффициент пересчета полного потребления кислорода микроорганизмами в двухсуточное.

В левой части уравнения присутствует количество кислорода в той части речного потока, которая перемешалась со сточными водами, из которого вычитается количество кислорода, потребленного микроорганизмами на окисление БПК, содержащейся в части речного потока, которая перемешалась со сточными водами, а также вычитается количество кислорода, затрачиваемого на окисление БПК, содержащейся в сброшенных сточных водах. Правая часть описывает количество кислорода, находящегося в смешанном потоке воды водотока и сточных вод, при условии минимально допустимой концентрации кислорода в воде.

Концентрация БПК в спускаемых в водоток сточных водах, определяемая по условию сохранения в расчетном створе допустимого минимального содержания кислорода, находится по формуле

$$L_{ст} = \frac{n-1}{k_{O_2}}\left(O_p - 0{,}4L_P - O_{min}\right) - \frac{O_{min}}{k_{O_2}}\,. \qquad (3.35)$$

Если примем, что O_{min}= 4 мг/л, а k_{O_2}(коэффициент пересчета потребления кислорода в двухсуточное) равен 0,4, то уравнение (3.35) примет вид

$$L_{ст} \le 2{,}5(n-1)\left(O_p - 0{,}4L_p - 4\right) - 10. \qquad (3.36)$$

Если полученная величина $L_{ст}$ меньше концентрации, вычисленной по формуле (3.32), то именно она принимается в качестве допусти-

мой к сбросу, в противном случае допустимой к сбросу будет величина $L_{ст}$, вычисленная по формуле (3.32).

3.6. Расчет величин нормативно допустимых сбросов для отдельных выпусков сточных вод в водотоки

В настоящее время порядок расчета величин НДС для отдельных выпусков в водотоки установлен положениями нормативной методики расчета [9].

Величина НДС определяется для всех категорий водопользователей как произведение максимального часового расхода сточных, в том числе дренажных, вод q(м^3/ч) на допустимую концентрацию загрязняющего вещества $C_{НДС}$ (г/м^3) согласно формуле

$$НДС = q\ C_{НДС}\ . \qquad (3.37)$$

При расчете условий сброса сточных, в том числе дренажных, вод сначала определяется значение $C_{НДС}$, обеспечивающее нормативное качество воды в контрольном створе, причем без учета неконсервативности вещества, по формуле

$$C_{НДС} = n\ \ C_{ПДК} - C_{ф}\ \ + C_{ф}. \qquad (3.38)$$

Таким образом, действующая нормативная методика расчета не учитывает процессы самоочищения воды от неконсервативных веществ.

Определение величины НДС по концентрации взвешенных веществ в спускаемых в водный объект сточных, в том числе дренажных, вод определяется в соответствии с санитарными правилами по уравнению материального баланса (3.7). Причем содержание взвешенных веществ в контрольном створе не должно увеличиваться по сравнению с фоновым содержанием на величину ($m_{доп}$) более чем:

– на 0,25 г/м^3 для водных объектов рыбохозяйственного значения высшей и первой категории водопользования и для водных объектов, используемых для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения;

– 0,75 г/м^3 для водных объектов рыбохозяйственного значения второй категории водопользования, а также для водных объектов, используемых в рекреационных целях и в границах населенных пунктов.

Допустимое изменение температуры воды водного объекта питьевого и хозяйственно-культурного водопользования после выпуска в него очищенных сточных вод, в соответствии с требованиями нормативной методики расчета, не должно превышать 3 °С по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца за последние 10 лет.

Для водных объектов рыбохозяйственного назначения температура воды не должна повышаться по сравнению с естественной температурой водного объекта более чем на 5 °С и общим повышением температуры не более чем до 20 °С летом и 5 °С зимой для водных объектов, в которых обитают холоднокровные рыбы (лососевые и сиговые), и не более чем до 28 °С летом и 8 °С зимой для остальных водных объектов. В местах нереста налима запрещается повышать температуру зимой более чем до 2 °С.

3.7. Порядок проведения расчетов при выполнении контрольных заданий

3.7.1. Общие указания к проведению расчетов

Ситуация определения величины НДС для сточных вод, сбрасываемых в водоток, проиллюстрирована схемой рис. 3.5, в соответствии с которой сброс сточных вод в водоток осуществляется через отдельный выпуск.

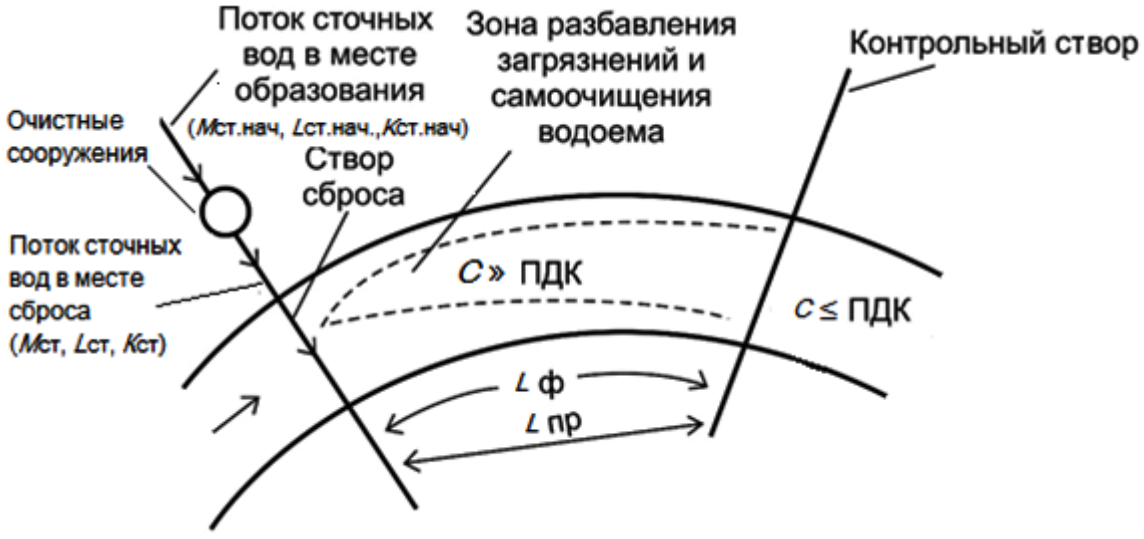


Рис.3.5. Ситуационная схема выпуска сточных вод в водоток, поясняющая установление нормативов допустимых сбросов

В исходных данных для выполнения контрольных заданий по определению допустимых условий выпуска сточных вод в водоток не указана характеристика русла реки, а также не указан тип выпускного сооружения и его размеры. Поэтому при выполнении расчетов логично принять, что русла рек относятся к равнинному типу (что справедливо для большинства рек РФ), а скорость выхода струи сточных вод из выпуска меньше 2 м/с. С учетом того, что $\upsilon_{ст}$ <2 м/с, расчет начального разбавления не производится (что создает известный запас надежности расчетов) и значение кратности начального разбавления принимается равным единице.

3.7.2. Расчет кратности разбавления

Для выполнения всех контрольных заданий по данному разделу необходимо сначала рассчитать кратность разбавления. Для этого необходимо предварительно определить все вспомогательные коэффициенты, необходимые для его расчета. Поскольку водотоки являются равнинными, то для расчета коэффициента турбулентной диффузии D может быть применена упрощенная формула (3.29). Затем определяется коэффициент извилистости водотока φ по зависимости (3.19), после чего рассчитывается коэффициент α, учитывающий гидравлические факторы смешения, по формуле 3.18, и вспомогательный коэффициент β по формуле 3.17. Далее следует последовательно вычислить коэффициент смешения γ по формуле 3.16, кратность основного разбавления по формуле 3.15 и кратность общего разбавления по формуле 3.3.

3.7.3. Расчет допустимых к выпуску в водоток концентраций консервативных загрязняющих веществ

Допустимая к сбросу концентрация загрязняющего вещества без учета неконсервативности веществ определяется по формуле 3.5.

Допустимая концентрация взвешенных веществ в спускаемых в водоток сточных водах находится по формуле 3.7.

3.7.4. Расчет допустимой к выпуску в водоток концентрации неконсервативных загрязняющих веществ

Определение допустимой к сбросу концентрации органических веществ по БПК при выполнении расчетных заданий проводится с использованием ненормативной методики расчета.

Допустимой к сбросу концентрацией органических веществ по БПК принимается меньшее из двух значений, получаемых путем расчетов. Первое значение находится по условию разбавления и самоочищения воды водотока по формуле 3.32. Второе значение находится по условию сохранения в воде водоема минимальной концентрации кислорода по формуле 3.36.

3.7.5. Расчет допустимой к сбросу температуры сточных вод

Расчет проводится в соответствии с санитарными требованиями, ограничивающими повышение летней температуры воды за счет термального загрязнения сточных вод, поступающих в водоем. Это условие описывается уравнением (°С)

$$T_{\text{ст}} = \left(\frac{\gamma Q}{q} + 1\right) T_{\text{д}} + T_{\text{р}} , \qquad (3.39)$$

где $T_{\text{ст}}$ – максимальная температура сточных вод, при которой соблюдается санитарное требование относительно температуры воды в контрольном створе; $T_{\text{д}}$ – допустимое повышение ($T_{\text{д}} \leq 3$ °С) температуры воды водоема; $T_{\text{р}}$ – максимальная температура воды в водотоке до выпуска сточных вод в летнее время.

В отношении температуры сточных вод делается сравнение $T_{\text{ст}}$ и $T_{\text{ст.нач}}$. Если $T_{\text{ст}}<T_{\text{ст.нач}}$, то сточную воду перед выпуском в водоем необходимо охладить до температуры $T_{\text{ст}}$. В противном случае температура сточных вод не лимитирует условия их выпуска в водоток.

3.7.6. Определение необходимой степени очистки сточных вод перед выпуском в водоем

Перед определением необходимой степени очистки сточных вод до их спуска в водоем надо сравнить допустимые к сбросу концентрации загрязнителей, полученные в результате выполненных расчетов, с концентрациями этих же загрязнителей в сточной воде предприятия.

Если рассчитанные концентрации загрязнителей окажутся меньше действительных в сточных водах, то перед выпуском сточных вод в водоем необходимо провести их очистку от данного вида загрязняющего вещества.

Необходимая степень очистки сточных вод в очистных сооружениях определяется по каждому виду загрязняющих веществ по следующим формулам.

Эффективность очистки от органических веществ, содержание которых в сточных водах характеризуется показателем БПК (%),

$$Э_L = \frac{(L_{ст.нач} - L_{ст})}{L_{ст.нач}} 100\ \%. \quad (3.40)$$

Эффективность очистки сточных вод от взвешенных веществ

$$Э_M = \frac{(M_{ст.нач} - M_{ст})}{M_{ст.нач}} 100\ \%. \quad (3.41)$$

Эффективность очистки сточных вод от любого консервативного загрязняющего вещества

$$Э_K = \frac{(K_{ст.нач} - K_{ст})}{K_{ст.нач}} 100\ \%. \quad (3.42)$$

3.7.7. Расчет нормативно допустимых сбросов (НДС) для водотоков

Для каждого показателя загрязненности сточных вод можно определить величину нормативно допустимого сброса.

НДС по органическим веществам, содержание которых в сточных водах характеризуется показателем БПК (г/ч),

$$НДС_L = L_{ст} q', \quad (3.43)$$

где q' – максимальный часовой расход сточных вод (г/ч).

НДС по взвешенным веществам (г/ч):

$$НДС_M = M_{ст}\, q'. \quad (3.44)$$

НДС по любому консервативному загрязнителю сточных вод (г/ч):

$$НДС_K = K_{ст}\, q'. \quad (3.45)$$

3.8. Контрольные задания к разделу 3 и указания по их выполнению

Вариант исходных данных для выполнения задания студентам дневной формы обучения задается преподавателем в виде двузначного числа. Первая цифра числа обозначает номер подварианта части I исходных данных (табл. 3.2), а вторая цифра обозначает номер подварианта части II исходных данных (табл. 3 .3).

Студентам-заочникам данные для выполнения задания взять из табл.3.2 в соответствии с последней цифрой учебного шифра и из табл. 3.3 в соответствии с предпоследней цифрой учебного шифра. При проведении расчетов по разбавлению сточных вод и определению допустимых к выпуску концентраций загрязняющих веществ обязательно перевести расход сточных вод из размерности $м^3/ч$ в размерность $м^3/с$.

В работе следует привести ситуационную схему выпуска сточных вод в водоем.

Задание № 5

Для заданных характеристик водоема и образующихся на объекте водопользования сточных вод определить величины нормативно-допустимых сбросов (НДС) по взвешенным веществам (M) и вредному консервативному веществу (K), а также определить допустимую к сбросу температуру сточных вод (T).

Расчеты величин НДС проводить по методике определения НДС для отдельных выпусков сточных вод в водоток. Определить необходимую эффективность работы очистных сооружений по изъятию указанных загрязнений из сточных вод перед их выпуском в водоток.

Задание № 6

Для заданных характеристик водотока и образующихся на объекте водопользования сточных вод определить допустимую к сбросу концентрацию органических веществ по показателю $БПК_{полн}$ ($L_{ст}$). Расчет провести по методике расчета, учитывающей неконсервативность сбрасываемых загрязнений. Определить необходимую эффективность работы очистных сооружений по изъятию $БПК_{полн}$ из сточных вод перед их выпуском в водоток.

Таблица 3.2

Исходные данные для расчета условий спуска сточных вод в водоток. Часть I

Характеристики Водотока	Обозначение	Единицы измерения	Варианты									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Бассейновая и административная принадлежность водотока*	–	–	р.Дон Тамбовская обл.	р.Волга Тверская обл.	р.Волга Астраханская обл.	р.Нева Ленинградская обл.	р.Дон Орловская обл.	р.Волга Самарская обл.	р.Днепр Самарская обл.	р.Печора Республика Коми	р.Кубань Ставропольский край	р.Урал Челябинская обл.
Расход воды в реке	Q	$м^3/с$	19	10	12	8	9	13	11	18	20	22
Биохимическое потребление кислорода ($БПК_{полн}$)	$L_р$	$г/м^3$	3,9	2,91	2,95	2,97	2,98	2,9	3,98	3,96	3,97	3,92
Концентрация взвешенных веществ	$M_р$	$г/м^3$	19	13	18	26	24	28	20	23	22	21
Концентрация вредного вещества	$K_р$	$г/м^3$	0,48	9,0	0,04	0,001	0,15	0,0001	3,2	480	1,7	0,29
Содержание растворенного кислорода	$O_р$	$г/м^3$	5,7	5,3	6,8	6,5	5,4	5,9	5,8	6,2	7,0	6,9
Температура воды в реке в самое жаркое время	$T_р$	℃	23	20	28	19	21	25	24	17	26	18
Расстояние между створом сброса и контрольным створом по прямой	$l_{пр}$	м	260	260	290	370	330	220	170	360	400	460

Окончание табл. 3.2

Характеристики водотока	Обозначение	Единицы измерения	Варианты									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расстояние между створом сброса и контрольным створом по фарватеру	$l_ф$	м	300	320	360	400	450	250	200	500	450	500
Средняя глубина реки на участке разбавления	$H_{ср}$	м	1,5	1,6	1,8	1,3	1,4	1,7	2,0	2,1	1,9	2,2
Средняя скорость течения реки на участке разбавления	$\upsilon_{ср}$	м/с	0,6	0,3	0,25	0,4	0,35	0,45	0,4	0,5	0,3	0,4
Предельно допустимая концентрация по $БПК_{полн}$	$L_{пд}$	г/м^3	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Предельно допустимая концентрация вредного вещества	$K_{пд}$	г/м^3	0,5	9,1	0,05	0,005	0,2	0,001	3,3	500	2,0	0,3
Допустимое увеличение содержания взвешенных веществ	$m_{доп}$	г/м^3	0,75	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,75	0,75	0,75	0,75
Вредное вещество	–	–	СПАВ	Нитраты	Нефть	Кадмий	Фосфаты	Фенол	Нитриты	Сульфаты	Аммоний	Железо
Концентрация вредного вещества в сточной воде	$K_{ст.нач}$	г/м^3	120	300	40	8	200	3	250	30000	1000	60

*Указаны только основные водотоки.

Таблица 3.3

Исходные данные для расчета условий спуска сточных вод в водоток. Часть II

Характеристика сточных вод	Обозначение	Единицы измерения	Варианты									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расход сточных вод	q'	$м^3/ч$	750	280	400	200	220	450	320	600	800	1200
Биохимическое потребление кислорода ($БПК_{полн}$)	$L_{ст.нач}$	$г/м^3$	1500	1100	940	1000	1550	900	1200	1800	1600	1400
Концентрация взвешенных веществ	$M_{ст.нач}$	$г/м^3$	1200	350	470	650	600	400	520	1300	1700	2000
Температура сточных вод	$T_{ст.нач}$	°С	18	21	23	28	16	19	20	15	22	17
Место выпуска сточных вод в водоток	–	–	Берег	Стрежень	Стрежень	Берег	Стрежень	Берег	Стрежень	Берег	Стрежень	Берег
Продолжительность поступления сточных вод в водоток	τ	ч/год	4240	5400	4800	8000	7200	6300	3200	2900	5800	6100

4. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

4.1. Экономическая оценка ущерба, причиняемого загрязнением окружающей среды

Размещение любых отходов в окружающей среде ведет к деградации окружающей среды. Экологическое воздействие производства на среду и, в частности, размещение в ней отходов, может быть оценено по величине экономического ущерба, под которым понимается денежный эквивалент негативных изменений в окружающей среде, произошедших в результате загрязнения, а также последствий таких загрязнений. Необходимо отметить, что загрязнение происходит всегда, даже в том случае, когда природопользователь строго выполняет установленные для него нормативы допустимых воздействий на окружающую среду. Экономическая оценка ущерба от загрязнения окружающей среды рассчитывается по видам загрязнений и складывается из следующих затрат: дополнительных затрат общества в связи с изменениями в окружающей среде; безвозвратным изъятием природных ресурсов; затратами по возвращению окружающей среды в прежнее состояние. При оценке экономического ущерба окружающей среде учитываются затраты на снижение загрязнений; затраты на восстановление окружающей среды; дополнительные затраты из-за изменения ее качества; затраты на компенсацию риска для здоровья людей; затраты на дополнительный природный ресурс для обезвреживания потока загрязнителей [13].

Комплексная стоимостная оценка экономического ущерба от экологических воздействий сопряжена с огромными трудностями, поэтому в применяемых на практике методиках оценки ущерба используется упрощенный подход, основанный на приведении различных загрязнителей к «монозагрязнителю». Результаты вычислений в этом случае получаются весьма приблизительными.

Экономический ущерб от загрязнения окружающей среды является комплексной величиной и слагается из ущербов, нанесенных отдельным группам реципиентов. Учитывается негативное воздействие на следующие группы: население, лесные и рыбные ресурсы, растения, животные, сельскохозяйственные угодья, объекты жилищно-коммунального хозяйства и элементы основных фондов промышленности, лечебно-курортные и рекреационные зоны.

При проведении расчетов экологических ущербов обычно выделяют три сферы влияния (атмосферный воздух, водные объекты и территории), по которым имеются государственные укрупненные оценки удельного ущерба.

Для оценки экономической эффективности природоохранных мероприятий используется величина предотвращенного экономического ущерба от загрязнения окружающей среды, которая рассчитывается по формуле,

$$Z_{\text{год}}^{\text{предотв.}} = Z_{1\text{год}} - Z_{2\text{год}}, \tag{4.1}$$

где $Z_{1\text{год}}$ – расчетная величина годового ущерба до осуществления мероприятия, руб./год; $Z_{2\text{год}}$–расчетная величина годового ущерба после осуществления мероприятия, руб./год.

4.2. Определение экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха и поверхностных водоемов

4.2.1. Расчет годовой величины экономического ущерба вследствие загрязнения атмосферного воздуха

Расчет годовой величины экономического ущерба вследствие загрязнения атмосферного воздуха производится по формуле

$$Z_{\text{год}}^{\text{атм}} = \omega_1 \sigma K_{\text{и}} \sum_{i=1}^{N} B_i M_{i\text{год}} f_i, \tag{4.2}$$

где ω_1 – денежная оценка единицы выброса, установленная для «монозагрязнителя» (окиси углерода), в 1986г. – 2,4 руб./усл.т, приведенные к уровню цен 2016г. – 24,8руб./усл.т; σ – коэффициент, позволяющий учесть особенности территории, подверженной вредному воздействию выброса (табл.4.1); $K_{\text{и}}$ – коэффициент индексации, учитывающий изменение масштаба цен текущего периода к ценам на 2016г.; B_i – коэффициент приведения вредного вещества i-го вида к монозагрязнителю (табл.4,2); $M_{i\ \text{год}}$ – выброс i-го вида вредного вещества за год, т;

f_i – коэффициент, учитывающий рассеивание вредных веществ в атмосфере; N – общее число примесей, выбрасываемых источником.

Объем выброса каждого вида i-го вредного вещества, поступающего в атмосферный воздух в течение года, определяется по формуле

$$M_{i\text{год}} = M_i \ \tau_i, \tag{4.3}$$

где M_i – мощность выброса, т/ч; τ_i – продолжительность поступления i-го выброса в атмосферу, ч/год.

Если зона активного загрязнения (ЗАЗ) включает в себя различные типы территорий, указанные в таблице 4.1, то значение коэффициента σ для всей ЗАЗ определяется по формуле

$$\sigma = \sum_{j=1}^{K} \frac{S_j}{S_{\text{ЗАЗ}}} \sigma_j \ , \tag{4.4}$$

где $S_{\text{ЗАЗ}}$ – общая площадь ЗАЗ, га; S_j – площадь j-й части ЗАЗ, га; σ_j – соответствующее табличное значение коэффициента σ для j-й части ЗАЗ; K– общее число типов территорий, попавших в ЗАЗ.

Зона активного загрязнения для организованных источников представляет собой кольцо, заключенное между окружностями с радиусами $r_{\text{внутр}}$ и $r_{\text{внешн}}$, значения которых рассчитываются по формулам

$$r_{\text{внутр}}=2\varphi H \quad \text{и} \quad r_{\text{внешн}}=20\varphi H, \tag{4.5}$$

где H – высота источника выброса, м; φ – безразмерная поправка на подъем факела выбросов в атмосфере.

Безразмерная поправка на подъем факела выбросов в атмосфере вычисляется по формуле

$$\varphi = 1 + \Delta T/75\ ^{\circ}\text{C}, \tag{4.6}$$

где ΔT – среднегодовое значение разности температур в устье источника (трубы) и в окружающей атмосфере, ºС.

Общая площадь ЗАЗ рассчитывается по формуле

$$S_{\text{ЗАС}} = \pi\left(r^2{}_{\text{внешн}} - r^2{}_{\text{внутр}}\right)10^{-4}. \tag{4.7}$$

Для автомагистралей всех типов принимается, что ЗАЗ представляет собой полосу шириной 200 м, центральная ось которой совпадает с центральной осью автомагистрали.

Площадь территории, загрязненной от движущихся автотранспортных средств, рассчитывается по формуле

$$S_{\text{ЗАЗ транс}} = L\ 200\ 10^{-4}, \tag{4.8}$$

где L – протяженность автотранспортной магистрали, м.

Для низких неорганизованных источников (складов, окон промышленных зданий, карьеров, свалок, автотранспортных предприятий) принимается следующее: ЗАЗ представляет собой территорию внутри замкнутой кривой, проведенной вокруг источника выброса таким образом, что расстояние от любой точки этой кривой до ближайшей точки на границе неорганизованного источника (до его контура) равно 1 км.

Значение множителя *f* (поправки, учитывающей характер рассеяния примеси в атмосфере) определяется следующим образом:

1. Для газообразных примесей и тонкодисперсных частиц со скоростью оседания менее 1 см/с (такую скорость имеют частицы размером менее 0,1 мкм, а также частицы, оставшиеся в выбросе после прохождения через фильтры с фактическим эксплуатационным значением коэффициента очистки Э ≥ 90%) принимается

$$f = f_1 = \frac{100\ (\text{м})}{100\ (\text{м}) + \varphi H} \frac{4\ (\text{м})}{1(\text{м/с}) + u}, \qquad (4.9)$$

где u – среднегодовое значение модуля скорости ветра на уровне флюгера, м/с; в тех случаях, когда значение u неизвестно, оно принимается равным 3 м/с.

2. Для частиц, осаждающихся со скоростью от 1 до 20 см/с (такую скорость имеют частицы размером от 0,1 до 100 мкм; к ним относятся частицы органических веществ, кислот, а также частицы оставшиеся после прохождения выброса через фильтры с фактическим значением коэффициента очистки 70% ≤ Э < 90%), а также в случае сжигания жидких и газообразных топлив (в отсутствии одновременного выброса паров) применяется формула

$$f = f_2 = \sqrt{\frac{1000(\text{м})}{60(\text{м}) + \varphi H}} \frac{4\ (\text{м/с})}{1\ (\text{м/с}) + u}. \qquad (4.10)$$

3. Для частиц, осаждающихся со скоростью свыше 20 см/с (это частицы размером больше 100 мкм, пыль неорганическая, взвешенные вещества, а также частицы, оставшиеся в выбросе после прохождения через фильтр, с фактическим значением коэффициента очистки Э<70 %), для частиц, выбрасываемых вместе с парами воды или других веществ, выброс которых сопровождается быстрой конденсацией, а также для выбросов автотранспорта принимается, что независимо от значений H, φ, ΔT и u применяется формула

$$f = f_3 = 10\ . \qquad (4.11)$$

Если значения параметра f для различных типов примесей (газов и аэрозолей), выбрасываемых одним источником, оказались различными, то общая оценка ущерба равна сумме оценок, относящихся к каждому типу примесей.

Коэффициент приведения вредного вещества *i*-го вида к монозагрязнитетю B_i является комплексной величиной. В его значении учитывается опасность присутствия примеси в воздухе для человека и других реципиентов, а также вероятность накопления примесей или вторичных загрязнителей в компонентах окружающей среды и в цепях питания. Значение коэффициента B_i для любого вещества, для которого установлены нормативы, ПДК может быть рассчитано по зависимостям, приведенным в источнике [13]. Для наиболее распространенных загрязнителей значения величин B_i приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.1

Значения коэффициента относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха над территориями различных типов [13]

Тип загрязняемой территории	Значение показателя σ
Курорты, заповедники, заказники	10
Природные зоны отдыха, дачные участки	8
Населенные места с плотностью населения *n* чел/га*	(0,1 га/чел) ·*n*
Территории промышленных предприятий	4
Леса: 1-я группа 2-я группа 3-я группа	 0,20 0,10 0,025
Пашни: Южные районы (южнее 50° с.ш.) Центрально-Черноземный район, Южная Сибирь Прочие районы	 0,25 0,15 0,10
Пастбища, сенокосы**	0,05
Сады, виноградники**	0,50

Примечания:

*Для центральной части городов с населением свыше 300 тыс.чел. независимо от административной плотности населения принимается равной 8.

**Для орошаемых пахотных земель, садов, виноградников, сенокосов указанные числа следует умножить на 2.

Таблица 4.2

Значения коэффициента B_i приведения вредного вещества для некоторых веществ, выбрасываемых в атмосферу

Наименование вещества	Химическая формула	Предельно допустимая среднесуточная концентрация, мг/м^3 (ПДК$_{сс}$)	B_i, усл.т/т
Аммиак	NH_3	0,04	10,4
Ацетон	CH_3COCH_3	0,33	2,22/5,55*
3,4-бензапирен	$C_{20}H_{12}$	10^{-6}	$12{,}6\cdot10^5$
Взвешенные вещества органического происхождения	–	0,05	41,5
Диоксид серы	SO_2	0,05	22
Древесная пыль		0,15	19,6
Летучие углеводороды (пары топлива)	C_nH_m	1,5	1,26/3,16*
Метилмеркаптан	CH_3CH	$9\cdot10^{-6}$	2896
Неорганические соединения ртути	по Hg	0,0003	22400
Неорганические соединения свинца	по Pb	0,0003	22400
Озон	O_3	0,03	212
Окислы азота	по NO_2	0,04	41,1
Окись углерода	CO	3	1,0
Оксид магния	MgO	0,05	26,3
Пыль нетоксичная	–	0,15	15,2
Сажа	–	0,05	41,5
Серная кислота	H_2SO_4	0,1	49
Сероводород	H_2S	0,008	54,8
Сульфид углерода	CS_2	0,005	164,3
Твердые частицы выбросов автотранспорта, работающего:			
– на неэтилированном бензине	–	–	300
– на этилированном бензине	–	–	500
– на дизельном топливе	–	–	200
Фенол	C_6H_5OH	0,003	310
Формальдегид	HCHO	0,003	240
Хлор	Cl_2	0,03	89,4

* В числителе указано значение *B*i при поступлении вещества в атмосферу севернее 45^o с.ш., в знаменателе – южнее 45^o с.ш.

4.2.2. Расчет годовой величины экономического ущерба вследствие загрязнения поверхностного водоема

Расчет годовой величины экономического ущерба вследствие загрязнения поверхностного водоема производится по формуле

$$Z_{\text{год}}^{\text{вод}} = \rho_t \, \beta \, K_{\text{и}} \sum_{i}^{N} A_i V_i \, , \qquad (4.12)$$

где ρ_t – денежная оценка единицы сбросов, установленная для монозагрязнителя; в 1986 г. – 400 руб./усл.т, в 2016г. – 4133 руб./усл.т.; β – коэффициент, позволяющий учесть особенности водоема, подверженного вредному воздействию (табл. 4.3), назначается по бассейновой принадлежности водоема; A_i – показатель относительной опасности сброса i-го вещества в водоемы, усл.т/т (табл.4.4); $K_{\text{и}}$ – коэффициент индексации, учитывающий изменение масштаба цен текущего периода к ценам 2016г.; V_i – объем сброса i-го вида загрязнителя в водоем за год, т; N – общее число примесей, сбрасываемых источником.

Таблица 4.3

Значения коэффициента β для различных водохозяйственных участков [13]

Наименование бассейнов рек и административных участков	β	Наименование бассейнов рек и административных участков	β
р. Нева:		р. Кубань:	
Ленинградская обл.	0,47	Краснодарский край	2,6
Псковская обл.	0,47	Ставропольский край	2,73
р. Днепр:		р. Волга:	
Смоленская обл.	1,75	Тверская обл.	0,91
Киевская обл.	2,33	Московская обл.	2,6
Херсонская обл.	0,99	Нижегородская обл.	0,7–2,6
р. Дон:		Самарская обл.	0,7
Орловская обл.	1,13	Астраханская обл.	0,8
Тамбовская обл.	1,63		
Ростовская обл.	1,87		
р. Печора:		р. Урал:	
Республика Коми	0,18	Оренбургская обл.	2,7
		Челябинская обл.	2,7
		Гурьевская обл.	0,75

Объем сброса каждого *i*-го вида загрязнителя, поступающего в водоем в течение года, определяется по формуле

$$V_{i\,\text{год}} = c_i q' \tau_i 10^{-6}, \qquad (4.13)$$

где c_i – концентрация в сбрасываемых сточных водах *i*-го загрязнителя (в задачах разд. 3 равна: $M_{\text{ст.нач}}$, $L_{\text{ст.нач}}$ и $K_{\text{ст.нач}}$), г/м^3; q' – часовой расход сточных вод, м^3/ч; τ_i – продолжительность поступления сточных вод, содержащих *i*-й загрязнитель, в водоем в течение года, ч/год.

Численное значение показателя относительной опасности вещества определяется по формуле

$$A_i = \frac{1}{\text{ПДК}_i}\ , \qquad (4.14)$$

где ПДК_i – предельно допустимая концентрация *i*-го вещества в воде водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей ($\text{ПДК}_{\text{р.х.}}$), при ее отсутствии применяется ПДК *i*-го вещества в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Значения константы A_i для некоторых распространенных загрязняющих веществ указаны в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Значения константы A_i для некоторых распространенных веществ, загрязняющих водоемы

Наименование вещества	Химическая формула	ПДК$_{р.х}$, г/м^3	A_i, усл.т/т
Алюминий	Al^{3+}	0,04	25
Аммоний (по N)	NH_4^+	0,39	2,6
БПК$_{полн}$	–	3,0	0,33
Взвешенные вещества	–	3,0	0,33
Железо общее	$Fe_{общ}$	0,5	10
Кадмий	Cd^{2+}	0,005	200
Марганец	Mn^{2+}	0,01	100
Медь	Cu^{2+}	0,001	1000
Нефть и ее продукты	–	0,05	20
Нитраты (по N)	NO_3^-	9,1	0,11
Нитриты (по N)	NO_2^-	0,02	50
Поверхностно-активные вещества (СПАВ)	–	0,5	10
Ртуть	Hg^{2+}	10^{-5}	100000
Стирол (винилбензол)	$C_6H_5CH=CH_2$	0,1	10
Сульфаты	SO_4^{2-}	100	0,01
Фенол	C_6H_5OH	0,001	1000
Формальдегид (метаналь)	HCHO	0,1	10
Фосфаты (по P)	PO_4^{3-}	0,2	5
ХПК	–	15	0,07
Хлор свободный	Cl_2	10^{-5}	100000
Хлориды	Cl^-	300	0,0033
Хром шестивалентный	Cr^{6+}	0,00143	50
Хром трехвалентный	Cr^{3+}	0,005	2
Цианиды	CN^-	0,05	20
Цинк	Zn^{2+}	0,01	100

4.3. Система платежей за загрязнение окружающей среды в Российской Федерации

Экономические методы управления охраной окружающей среды включают в себя установление платежей за использование природных ресурсов в пределах установленных лимитов и за сверхлимитное потребление. Принцип платности природопользования в правовой области закреплен Федеральным законом «Об охране окружающей среды» [1].

В качестве специальной категории природопользования законодательством признается разбавление загрязняющих веществ в водной и воздушной средах, захоронение отходов. Плата, взимаемая с природопользователей за выбросы и сбросы загрязняющих веществ, рассматривается как форма компенсации ущерба, наносимого загрязнением окружающей среде, а также как плата за использование природного ресурса – собственно окружающей среды, являющейся акцептором загрязнений. В условиях рыночной экономики принцип платности природопользования должен способствовать вытеснению с рынка экологических производств и продукции, а также стимулировать внедрение природоохранных мероприятий.

Внесение платы за выбросы (сбросы, размещение отходов) загрязняющих веществ не освобождает природопользователей от выполнения планов и мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию природных ресурсов и соблюдению природоохранного законодательства. По своей структуре расчет платежей в границах ПДВ и НДС совпадает с зависимостями, применяемыми при оценке экономических ущербов, наносимых окружающей среде, но имеет некоторые особенности, связанные, главным образом, с численными значениями ставок платы и других коэффициентов, применяемых в расчетах.

Федеральным законом (ФЗ) «Об охране окружающей среды» [1] установлена плата за негативное воздействие на окружающую среду, которую вносят организации и физические лица, деятельность которых оказывает негативное воздействие на окружающую среду.

Видами негативного воздействия, за которые взимается плата в соответствии с действующими в настоящее время ФЗ [14], являются:

– выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками;

– сбросы загрязняющих веществ в составе сточных вод в водные объекты;

– размещение отходов производства и потребления.

Плата за негативное воздействие на окружающую среду, поступающая в доходы бюджетов, распределяется следующим образом:

5 % – в доход федерального бюджета РФ;

95 % – доход бюджетов городов федерального значения;

40 % – доход бюджетов субъектов РФ;

55 % – доход бюджетов муниципальных районов и городских округов РФ.

В общем виде исчисление платы за негативное воздействие на окружающую среду определено положениями ФЗ [14,15], согласно которому данная плата исчисляется лицами, обязанными вносить плату самостоятельно, путем умножения фактической величины платежной базы по каждому загрязняющему веществу, включенному в перечень загрязняющих веществ по классу опасности, на соответствующие ставки указанной платы с применением коэффициентов и суммированием полученных величин по каждому стационарному источнику и (или) объекту размещения отходов по виду загрязнения и в целом по объекту, оказывающему негативное воздействие на окружающую среду.

Под платежной базой понимается масса выбросов загрязняющих веществ в пределах: установленных нормативов сбросов и выбросов; временно согласованных или временно разрешенных сбросов и выбросов; в пределах лимитов на размещение отходов, а также массы выбрасываемых сбросов и выбросов, превышающие временно разрешенное количество и массы отходов, превышающие лимиты на их размещение. Исходными данными для платежной базы служат данные производственного экологического контроля по каждому стационарному источнику, который использовался в отчетный период в отношении выброса, сброса каждого загрязняющего вещества, включенного в перечень загрязняющих веществ, для которых установлены ставки платы, а также в отношении каждого класса опасности отходов, размещенных в отчетном периоде на собственных объектах размещения отходов или переданных для размещения другим организациями.

Порядок определения платы за негативное воздействие на окружающую среду и ее размеры установлены постановлениями Правительства РФ [16,17], в соответствии с которыми установлены два вида базовых нормативов платы:

1) за выбросы, сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов в пределах допустимых нормативов;

2) за выбросы, сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов в пределах установленных лимитов и временно согласованных нормативов.

Размеры базовых нормативов платы, утвержденные постановлениями Правительства РФ [16,17], приведены в Приложениях 1, 2.

Нормативы платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ для стационарных источников установлены в рублях за 1 тонну по 214 видам загрязняющих веществ.

Нормативы платы за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты установлены в рублях за 1 тонну по 198 видам загрязняющих веществ. Нормативы платы за размещение отходов производства и потребления дифференцированы по классам опасности для окружающей среды.

Величина ставки платы ежегодно корректируется в соответствии с темпами инфляции с помощью коэффициента $К_{ин}$, индексации платы за негативное воздействие на окружающую среду, установленного постановлениями Правительства РФ. Ниже (табл. 4.5) приведены значения $К_{ин}$, установленные на период 2015–2017 гг. [18].

Таблица 4.5

Коэффициенты индексации платы за негативное воздействие на окружающую среду

Год, на который установлены коэффициенты	Коэффициенты индексации ($К_{ин}$) к нормативам платы, установленные постановлениями Правительства РФ		Основание
	№ 344, 2003 г.	№ 410, 2005 г.	
2017	2,67	2,16	Постановление Правительства РФ от 19.11.2014 № 1219
2016	2,56	2,07	
2015	2,45	1,98	

Полученные таким образом платежи учитывают токсичные свойства каждого конкретного вещества и тем самым дают экономическую оценку воздействия загрязняющих веществ на состояние атмосферного воздуха, водных объектов и почвы. И чем больше показатель предельно допустимых концентраций выбрасываемого ингредиента, тем выше плата для природопользователя.

Особенности, связанные с неодинаковым экологическим состоянием в регионах, учитываются путем умножения базовых нормативов платежей на коэффициент $К_э$ экологической ситуации и экологической значимости соответственно атмосферного воздуха, водных объектов и почв территорий.

Для каждого природопользователя все согласования предельно допустимых нормативов (ПДВ, ПДС), определение лимитов (ВСВ, ВСС) осуществляются на региональном уровне.

Платежи в пределах допустимых нормативов (включая лимиты) выбросов и сбросов загрязняющих веществ осуществляются за счет себестоимости продукции, а платежи за превышение лимитов производятся за счет прибыли природопользователя. Это наряду с повышением уровня платы также должно стимулировать предприятие к сокращению выбросов отходов в окружающую среду.

Существующая система платы за загрязнение окружающей среды имеет серьезный недостаток – низкий уровень платежей. Плата за загрязнения настолько мала, что предприятиям выгодно загрязнять окружающую среду, платить за это и не осуществлять дорогостоящие природоохранные мероприятия. Это произошло по причине нарушения стоимостных пропорций за время экономических реформ 1992–1998 гг., в силу чего базовые нормативные платы, несмотря на их ежегодную индексацию, стали абсолютно неадекватными. Например, за период 1991–1998 гг. индекс инфляции вырос в 11000 раз, а ставка платы выросла только в 240 раз, т.е. разрыв между ними увеличился в 50 раз.

4.4. Плата за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников

Плата за загрязнение атмосферного воздуха ($П_{атм}$) выбросами от стационарных источников загрязнения подразделяется:

– на плату в пределах установленных нормативов выбросов ($П_{н\ атм}$);

– плату в пределах установленных лимитов выбросов ($П_{л\ атм}$);
– плату за сверхлимитные выбросы ($П_{сл\ атм}$).

В случае отсутствия у природопользователя разрешений на выброс вся масса загрязняющих веществ рассматривается как сверхлимитная.

Величина платы определяется величиной выброса загрязняющего вещества, величиной базового норматива платы, экологической обстановкой в районе выброса и коэффициентом индексации платы за негативное воздействие на окружающую среду.

Экологическая обстановка в районе выброса учитывается с помощью коэффициентов экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха, установленных постановлениями Правительства РФ. Значения этих коэффициентов приведены в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха и почвы на территории экономических районов Российской Федерации

Экономические районы РФ	Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости	
	атмосферного воздуха $К_э^{атм*}$	для почв $К_э^{отх**}$
Северный	1,4	1,4
Северо-Западный	1,5	1,3
Центральный	1,9	1,6
Волго-Вятский	1,1	1,5
Центрально-Черноземный	1,5	2,0
Поволжский	1,9	1,9
Северо-Кавказский	1,6	1,9
Уральский	2,0	1,7
Западно-Сибирский	1,2	1,2
Западно-Сибирский	1,2	1,2
Восточно-Сибирский	1,4	1,1
Дальневосточный	1,0	1,1

* Увеличивается на 1,2 при выбросе загрязняющих веществ в атмосферный воздух городов.

** Применяется при определении платы за размещение отходов.

Величина выброса каждого i-го загрязняющего вещества определяется по фактической массе выброшенного загрязнителя $M_{i\ атм}$ или путем расчета, например, с помощью формулы (4.3).

Полученная величина сравнивается с установленным для данного источника выброса нормативно допустимым выбросом $M_{нi\ атм}$ и с установленным для него лимитом выброса (ВСВ) $M_{лi\ атм}$.

Если в результате сравнения окажется, что $M_{i\ атм} \leq M_{нi\ атм}$, то плата будет взиматься только за нормативно установленный выброс i-го загрязняющего вещества по формуле

$$П_{нi\ атм} = C_{нi\ атм} M_{i\ атм} K_{э}^{атм} K_{ин}. \quad (4.15)$$

Если в результате сравнения окажется, что $M_{i\ атм} > M_{нi\ атм}$, но при этом $M_{i\ атм} \leq M_{лi\ атм}$, то плата будет состоять из двух слагаемых. Первое слагаемое определяется по формуле (4.15), т.е. за часть выброса, не превышающую установленного норматива выброса, природопользователь производит оплату по нормативу платы. Второе слагаемое рассчитывается по формуле

$$П_{л\,i\,атм} = C_{л\,i\,атм}(M_{i\,атм} - M_{н\,i\,атм}) K_{э}^{атм} K_{ин}. \quad (4.16)$$

И таким образом природопользователь оплачивает вторую часть выброса как лимитный выброс.

Наконец, если в результате сравнения окажется, что $M_{iатм} > M_{лi\ атм}$, то размер платы за выброс будет складываться из трех частей. Плата за сверхлимитный выброс загрязняющего вещества определяется путем умножения ставки платы за загрязнение в пределах установленных лимитов на величину превышения фактической массы выброса, установленного величины лимита и последующим умножением на пятикратный повышающий коэффициент. Вышеописанное отражается следующей зависимостью:

$$П_{сл\,i\,атм} = 5C_{л\,i\,атм}(M_{i\,атм} - M_{л\,i\,атм}) K_{э}^{атм} K_{ин}. \quad (4.17)$$

Общая плата за загрязнение i-м веществом складывается из трех составляющих:

$$П_{i\,атм} = П_{нi\,атм} + П_{лi\ атм} + П_{слi\,атм}. \quad (4.18)$$

В реальной ситуации от стационарного источника выброса в атмосферный воздух поступает несколько или много загрязняющих веществ. Плата за выбросы загрязняющих веществ от источника выброса получается путем суммирования платы за каждое загрязняющее вещество по общей формуле

$$П_{атм} = \sum_{i=1}^{N} П_{нi\ атм} + \sum_{i=1}^{N} П_{лi\ атм} + \sum_{i=1}^{N} П_{слi\ атм}. \qquad (4.19)$$

4.5. Плата за сбросы загрязняющих веществ в поверхностные водоемы

Для расчета платы сначала определяется величина $M_{i\text{вод}}$ сброса каждого i-го загрязняющего вещества в водоем за год по фактической массе, определяемой обычно с помощью постоянных замеров расходов сточных вод и концентраций примесей в них или расчетным способом (например, по формуле 4.13).

Полученная величина сравнивается с установленным предприятию лимитом сброса (ВСС) $M_{\text{л}i\text{вод}}$ и с допустимым сбросом $M_{\text{н}i\text{вод}}$.

Допустимый сброс i-го вещества в водоем рассчитывается по формуле

$$M_{\text{н}\,i\,\text{вод}} = \text{НДС}_i \tau_i, \qquad (4.20)$$

где НДС_i – нормативно допустимый сброс i-го загрязнителя в водоем, т/ч (для задач разд. 3 – НДС_L, НДС_M и НДС_K,); τ_i – продолжительность поступления сточных вод с i-м загрязнителем в водоем, ч/год (обычно $\tau_i = \tau$).

Расчет платы за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты производится аналогично тому, который производят при расчете платы за загрязнение атмосферного воздуха. А именно: часть сброса, не превышающая величины допустимого сброса ($M_{i\text{вод}} \le M_{\text{н}i\text{вод}}$), оплачивается по ставкам платы в пределах установленных допустимых нормативов сбросов, другая часть сброса, превышающая величину допустимого, но не превышающая при этом лимит сброса ($M_{\text{н}i\text{вод}} \le M_{i\text{вод}} \le M_{\text{л}i\text{вод}}$), оплачивается по ставке платы, установленной в пределах лимитов сбросов, а оставшаяся часть общего сброса ($M_{i\text{вод}} > M_{\text{л}i\text{вод}}$), превышающая величину лимита сброса, рассматривается как сверхлимитный сброс

и оплачивается по ставке платы, установленной в пределах лимитов сбросов, умноженной на пятикратный повышающий коэффициент.

Величина платы зависит от бассейновой принадлежности водного объекта, в который осуществляется сброс сточных вод. В табл. 4.7 приведены значения ($К_э^{вод}$) экологической ситуации и экологической значимости для некоторых водных объектов, которые позволяют дифференцировать платежи за загрязнение в зависимости от экологической обстановки водного объекта. Величина платы также подлежит изменению на величину коэффициента индексации за негативное воздействие на окружающую среду.

Общая плата за загрязнение водного объекта сбросами от источника сброса определяется по формуле

$$П_{вод} = \left[\sum_{i=1}^{n} С_{н\,i\,вод} М_{н\,i\,вод} К_{i\,ин} + \sum_{i=1}^{2} С_{л\,i\,вод} (М_{л\,i\,вод} - М_{н\,i\,вод}) К_{ин} + \right.$$
$$\left. + 5 \sum_{i=1}^{n} С_{л\,i\,вод} \; М_{i\,вод} - М_{л\,i\,вод} \; \right] К_э^{вод} \; . \qquad (4.21)$$

Таблица 4.7

Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния водных объектов по некоторым водным бассейнам

Бассейновая и административная принадлежность	$К_э^{вод}$	Бассейновая и административная принадлежность	$К_э^{вод}$
Бассейн Балтийского моря		**Бассейн Каспийского моря**	
Бассейн р. Нева		Бассейн р.Волга	1,17
Ленинградская область.	1,51	Тверская область	1,41
(в т.ч. Ладожское озеро)		г.Москва	1,14
Новгородская область	1,14	Нижегородская область	1,36
(в т.ч. Ильмень-озеро)		Самарская область	1,31
Псковская область	1,12	Астраханская область	
(в т.ч. Чудское озеро)		Бассейн р.Терек	
Прочие реки	1,04	Бассейн р. Урал	1,11–1,48
		Оренбургская область	
		Челябинская область	1,45
		Прочие реки	1,2
			1,06

Окончание табл. 4.7

Бассейновая и административная принадлежность	$К_э^{вод}$	Бассейновая и административная принадлежность	$К_э^{вод}$
Бассейн Черного моря		**Бассейн Белого**	
Бассейн р.Днепр	1,05–1,33	**и Баренцева морей**	
Прочие реки	1,2	Бассейн р.Печора	
Бассейн Азовского моря		Республика Коми	1,17
Бассейн р.Дон		р.Северная Двина	
Орловская область	1,11	Архангельская обл.	1,34
Тамбовская область.	1,12	Прочие реки	1,00
Ростовская область	1,56		
Ставропольский край	1,53		
Бассейн р.Кубань			
Краснодарский край	2,2		
Ставропольский край	1,53		
Прочие реки	1,15		

4.6. Плата за размещение отходов

Плату за негативное воздействие на окружающую среду в части размещения отходов в соответствии с действующими законодательными актами [19, 20] обязаны вносить юридические лица и индивидуальные предприниматели, в результате хозяйственной и иной деятельности которых были образованы отходы.

Плату не вносят юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие хозяйственную и (или) иную деятельность исключительно на объектах IV категории [14].

При размещении отходов на специально оборудованных объектах, исключающих негативное воздействие на окружающую среду, оплата за размещение отходов также не взимается [14]. Исключение негативного воздействия на окружающую среду объектов размещения различных отходов достигается за счет осуществления природоохранных мероприятий, наличия технических решений и сооружений, обеспечивающих защиту окружающей среды, что должно подтверждаться результатами мониторинга состояния окружающей среды, в том числе соблюдением установленных нормативов ПДК химических веществ.

Ожидается, что в скором времени плата за загрязнение окружающей среды будет взиматься по «Правилам исчисления

и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду, контроля за правильностью ее исчисления, полнотой и своевременностью внесения», которые будут утверждены постановлением Правительства РФ. Плата за размещение отходов подразделяется на плату в пределах установленных лимитов различных отходов и плату за сверхлимитные объемы размещения отходов.

Под сверхлимитным размещением отходов понимается следующее:

– размещение неиспользуемых отходов, образующихся сверх нормативов, установленных нормами расхода сырья и материалов на производство продукции, объемов образования некондиционной продукции, а также объемов размещения отходов без оформления в установленном порядке разрешения (лимита) на полигонах, санкционированных свалках, хранилищах, мусороперерабатывающих заводах;

– размещение отходов на не отведенной для этой цели территории (несанкционированные свалки).

Ставки платы за размещение отходов производства и потребления установлены постановлением Правительства РФ [16] по классу их опасности.

Класс опасности отходов определяется в соответствии с критериями отнесения отходов к классу опасности для окружающей среды, определяемыми приказом Минприроды РФ [21]. Критериями отнесения отходов к I–V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду являются:

1) степень опасности для окружающей среды;

2) кратность разведения водной вытяжки из отходов, при которой отсутствует вредное воздействие на гидробионты.

При несовпадении значения класса опасности отхода, определенного на основании критерия 1 и критерия 2, класс опасности отхода устанавливается на основании критерия 2. Подробный расчет класса опасности отхода приведен в нормативном документе [21]. Нормативы платы за размещение отходов производства и потребления приведены в табл. 4.8

Как следует из данных табл. 4.8, нормативы платы за размещение отходов V класса опасности дифференцированы в зависимости от вида деятельности, в процессе которой они образовались.

Таблица 4.8

Нормативы платы за размещение отходов производства и потребления, установленные постановлениями правительства РФ [16,17]

№ пп.	Вид отходов (по классам опасности для окружающей среды)	Единица измерения	Нормативы платы за размещение 1 единицы измерения отходов, руб.
1	Отходы I класса опасности (чрезвычайно опасные)	тонна	1739,2
2	Отходы II класса опасности (высокоопасные)	тонна	745,2
3	Отходы III класса опасности (умеренно опасные	тонна	493
4	Отходы IV класса опасности (малоопасные	тонна	248,4
5	Отходы V класса опасности (практически неопасные) – добывающей промышленности – перерабатывающей промышленности –прочие	тонна	 0,4 15 8

Норматив платы 0,4 рубля за тонну для добывающей промышленности применяется при размещении отходов, непосредственно образованных в результате деятельности по добыче сырья из недр, водных объектов, лесов и пр.

К отходам перерабатывающей промышленности относятся отходы, образованные в результате преобразования сырья и материала в какой-либо продукт, изготовление чего-либо из какого-либо сырья и материала. Иными (прочими) отходами являются отходы, образованные на предприятиях непроизводственной сферы, отходы потребления, образованные на производственных предприятиях, муниципальные отходы.

При исчислении платы за негативное воздействие на окружающую среду применяются следующие дополнительные коэффициенты:

1. Экологической ситуации и экологической значимости территории $К_э^{отх}$ (см. табл. 4.6) Для особо охраняемых природных территорий, в том числе для лечебно-оздоровительных местностей и курортов, зон экологических бедствий, применяется коэффициент 2.

2. Коэффициенты, понижающие плату (введенные для стимулирования переработки отходов) $К_{пон}$ и имеющие следующие значения:

0,5 – при размещении отходов IV–V классов опасности, которые образовались при утилизации ранее размещенных отходов добывающей и перерабатывающей промышленности;

0,67 – при размещении отходов III класса опасности, которые образовались в процессе обезвреживания отходов II класса опасности;

0,49 – при размещении отходов IV класса опасности, которые образовались в процессе обезвреживания отходов III класса опасности;

0,33 – при размещении отходов IV класса опасности, которые образовались в результате обезвреживания отходов II класса опасности.

При размещении отходов на собственных промышленных территориях природопользователя в пределах установленных лимитов допускается применять коэффициент места размещения $K_{\text{м.р}}$ отходов 0,3.

Размер платы за размещение любого (i-го) вида отходов в пределах установленных природопользователю лимитов определяется путем умножения соответствующей классу опасности отхода ставки платы на массу размещаемого отхода и на коэффициенты ($K_{\text{э}}^{\text{отх}}$ – учитывающий экологическую обстановку в месте размещения отхода, $K_{\text{м.р}}$ – учитывающий место размещения отходов, $K_{\text{пон}}$ – учитывающий переработку отхода, $K_{\text{ин}}$ – учитывающий индексацию платы за негативное воздействие на окружающую среду).

Формула, по которой производится расчет платы, имеет вид:

$$\text{П}_{\text{л}\,i\,\text{отх}} = C_{\text{л}\,i\,\text{отх}}\, M_{i\,\text{отх}}\, K_{\text{э}}^{\text{отх}} K_{\text{м.р}} K_{i\,\text{пон}} K_{\text{ин}}. \qquad (4.22)$$

Плата за размещение отходов в пределах лимита получается путем суммирования платы по всем видам отходов

$$\text{П}_{\text{л отх}} = \sum_{i=1}^{N} \text{П}_{\text{л}i\,\text{отх}}. \qquad (4.23)$$

Размер платы за сверхлимитное размещение отходов определяется путем умножения соответствующей ставки платы за размещение вида отхода в пределах установленного лимита на величину превышения фактической массы размещенного отхода над установленным лимитом и последующим умножением на пятикратный повышающий коэффициент.

Плата за сверхлимитное размещение всех видов произведенных отходов определяется путем суммированных плат за сверхлимитное размещение каждого вида отхода:

$$П_{\text{сл отх}} = \sum_{i=1}^{N} 5 C_{\text{л } i \text{ отх}} (M_{i \text{ отх}} - M_{\text{л } i \text{ отх}}) K_{\text{э}}^{\text{отх}} K_{\text{м.р}} K_{i \text{ пон}} K_{\text{ин}}. \quad (4.24)$$

Общая плата за размещение отходов определяется по формуле

$$П_{\text{отх}} = П_{\text{л отх}} + П_{\text{сл отх}}. \quad (4.25)$$

4.7. Контрольные задания к разделу 4 и указания по их выполнению

Вариант исходных данных для выполнения задания студентам дневной формы обучения задается преподавателем в виде двузначного числа. Первая цифра этого числа обозначает номер подварианта части I исходных данных (для задания №7 – из табл. 2.1, для задания №8 – из табл. 3.1), а вторая цифра числа обозначает номер подварианта части II исходных данных (для задания №7 – из табл. 2.2, для задания №8 – из табл. 3.2).

Для студентов заочной формы обучения таким двузначным числом являются две последние цифры учебного шифра.

При выполнении задания № 7 необходимо использовать формулы и справочные таблицы разделов 4.2 и 4.4. Для определения предельно допустимого норматива выброса используются формулы (2.55–2.57). Эффект работы газоочистных сооружений определяется по зависимости (2.65).

При выполнении задания № 8 необходимо использовать формулы и справочные таблицы разделов 4.2 и 4.6. Расчет экологического ущерба выполняется путем суммирования ущербов, нанесенных спуском в водоток каждым из заданных загрязнителей сточных вод. Для определения общей платы за загрязнение необходимо рассчитать НДС для каждого загрязнителя сточных вод, используя для этого методики расчета из раздела 3.7.

Следует обратить внимание на необходимость перевода величин M_i, $ПДВ_i$ и $НДС_i$ из единиц, полученных по формулам (3.43–3.45), в т/ч.

Задание № 7

Для заданных параметров источника выброса определить:

1. Экономическую оценку ущерба от загрязнения атмосферного воздуха за год, если известно, что выброс распространяется над территорией, на которой населенные пункты с плотностью населения более 110 чел./га занимают 10; пригородные зоны отдыха – 30; сады – 5; леса 2-й группы – 8; промышленные предприятия – 15; пашни – 26 и пастбища – 6 % площади.

2. Плату за загрязнение атмосферного воздуха при следующих условиях: $C_ф = 0$; существующая мощность выброса соответствует нормативу ВСВ, а точка, соответствующая положению максимальной приземной концентрации $X_м$, расположена на территории населенного пункта. Сравнить плату за загрязнение с нанесенным экономическим ущербом.

3. Плату за загрязнение атмосферного воздуха при мощности выброса, отвечающего нормативу ПДВ при условии, что точка, соответствующая положению максимальной приземной концентрации $X_м$, расположена на территории населенного пункта, а после источника выброса установлена система газоочистки, обеспечивающая необходимый эффект работы очистных сооружений для снижения мощности выброса от существующего до нормативного (ПДВ). При этом сделать вывод о целесообразности строительства газоочистных сооружений при существующих ставках нормативов платежей.

Задание № 8

Для заданных параметров спускаемых в водоем сточных вод и характеристик водотока определить:

1. Экономическую оценку ущерба от загрязнения водоема сбросами вредных веществ при существующих концентрациях загрязнений ($K_{ст.нач}$, $M_{ст.нач}$).

2. Плату за загрязнение водотока при условии, что существующий сброс соответствует нормативу ВСВ. Сопоставить величины платы за загрязнение и нанесенного ущерба от загрязнения водоема.

5. РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ОТ ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ

5.1. Общие сведения

Спецификой работы автотранспортного подразделения пищевого предприятия являются переменные режимы эксплуатации автотранспорта на территории, а также нерегулярный характер собственно транспортных операций (подвоз сырья и вывоз готовой продукции), подчиненных основному производству. Натурные измерения поступления загрязняющих веществ от двигателей транспортных средств в атмосферный воздух невозможны по объективным причинам. Поэтому оценка поступлений загрязнений от них производится расчетным способом с помощью нормативной методики [22] по удельным показателям выделения загрязняющих веществ в различных режимах эксплуатации автотехники.

Эксплуатация автотранспорта на территории предприятия связана с небольшими пробегами и увеличенными простоями при работающем двигателе и включает в себя следующие характерные режимы его работы: прогрев двигателя, работу двигателя на холостом ходу, работу двигателя при въезде и выезде с территории. Образование загрязняющих веществ зависит от типа двигателя внутреннего сгорания (ДВС), марки топлива, длины пробега при въезде и выезде с территории и температуры наружного воздуха.

Работающий автотранспорт образует на территории предприятия совокупность низких неорганизованных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Расчет выбросов загрязняющих веществ выполняется для семи загрязняющих веществ: оксида углерода – CO, углеводородов – CH, окислов азота – NO_x, в пересчете на оксид азота – NO и на диоксид азота – NO_2, твердых частиц сажи – C, соединений серы в пересчете на диоксид серы – SO_2 и соединений свинца Pb.

Для автомобилей с бензиновыми двигателями рассчитывается выброс CO, CH, NO, NO_2, SO_2 и Pb (Pb только для регионов, где используется этилированный бензин), для автомобилей с дизельными двигателями рассчитывается выброс CO, CH, NO, NO_2, C и SO_2, а с газовыми двигателями – CO, CH, NO, NO_2 и SO_2.

При этом не учитывается образование особо токсичных веществ, которые могут присутствовать в выхлопных газах двигателей (например, бенз(а)пирена и пр.)

Для проведения инвентаризации выбросов автотранспорта при помощи расчетной методики необходима следующая информация:

– категория автомобилей, тип ДВС, численность автомобилей по каждой *k*-й группе;

– длина пробега каждой *k*-й группы автомобилей по территории при въезде и выезде с предприятия;

– количество рабочих дней эксплуатации каждой *k*-й группы автомобилей по каждому расчетному периоду года (холодный, теплый переходный);

– наличие контроля токсичности отходящих газов при выезде с предприятия.

Для определения максимального разового выброса загрязняющего вещества на территории предприятия также необходимо знать продолжительность разъезда (съезда) единиц автотранспорта.

5.2. Особенности автотранспорта как источника загрязнения атмосферного воздуха

В настоящее время автотранспорт в России динамично развивается. Наблюдается рост числа автомобилей, используемых в производственных целях и для личных нужд граждан, происходит увеличение объемов грузоперевозок. Соответственно происходит рост количества загрязнений, поступающих в атмосферный воздух в составе выхлопных газов автомобилей. Это особенно заметно на фоне резкого сокращения выбросов стационарных источников, вызванного падением промышленного производства, а также усилением природоохранной деятельности. Например, если в 1987 г. в Санкт-Петербурге на долю автотранспорта приходилось 58,8 % всех выбросов загрязняющих веществ, то в 2015 г. этот показатель возрос до 86 % (в 2015 г. валовый выброс загрязнений в Санкт-Петербурге составил 522,8 тыс. т, в том числе 75,0 тыс. т – от стационарных источников и 447,8 тыс. т – от автотранспорта) [23].

Автотранспорт как источник загрязнений обладает целым рядом особенностей, которые резко отличают его от стационарных источников. К этим особенностям можно отнести следующие:

1. Автомобильный транспорт является в наименьшей степени управляемым и в то же время основным фактором загрязнения атмосферы.

2. Выбросы автотранспорта происходят в приземной зоне и опасны тем, что распространяются на уровне дыхания, что способствует непосредственному их воздействию на организм человека.

3. Содержащиеся в отработанных газах загрязняющие вещества (первичные загрязнители) под влиянием внешних факторов способны образовывать в воздухе более токсичные соединения (вторичные загрязнители). Окислы азота NO_x, которые всегда присутствуют в продуктах сгорания топлива, под действием солнечного света могут диссоциировать с образованием атомарного кислорода O и озона O_3. Последние способны вступать в химические связи с несгоревшим топливом CH, которое также содержится в выхлопных газах автомобилей, что приводит к образованию свободных радикалов (RO^*, HCO^*, ROO^*), альдегидов, кетонов, пероксидов и других загрязнителей. При определенных условиях (малоподвижном воздухе, высокой концентрации продуктов сгорания топлива) выхлопные газы автотранспорта являются причиной возникновения фотохимического смога.

4. Состав выброса автотранспорта изменяется в широких пределах в зависимости от ряда факторов, к которым в первую очередь относятся: тип и конструкция двигателя; техническое состояние двигателя и регулировка его работы; вид и марка используемого топлива; режим работы двигателя, обусловленный режимом эксплуатации автомобиля. Так, например, неконтролируемые эксплуатационные отклонения в двигателях могут сопровождаться ростом выбросов оксидов углерода CO на 45, углеводородов CH на 55, дымности отработавших газов на 50 %.

Снижение поступления загрязняющих веществ от каждой единицы автотранспортных средств, находящихся в эксплуатации, может быть достигнуто следующими путями:

– повышением требования к качеству топлив и горюче-смазочных материалов;

– введением контроля содержания CO, CH, NO_x и дымности отработавших газов на различных стадиях обслуживания и при проверках автотранспорта;

– оснащением автомобилей дополнительными системами обработки выхлопа.

Однако реализация этих направлений природоохранной деятельности на автотранспорте требует наличия определенной административно-правовой базы.

5.3. Состав выбросов автотранспорта

Топливо, используемое в ДВС автотранспортных средств, представляет собой смесь жидких углеводородов. Средний химический состав бензинов различных марок может быть выражен формулой C_8H_{18}, а средний состав дизельных топлив – формулой $C_{16}H_{34}$.

Реакция полного горения углеводородов описывается уравнением

$$C_nH_m + (n + m/4)\,O_2 \rightarrow nCO_2 + m/2\,H_2O. \qquad (5.1)$$

Продуктами сгорания являются не опасные для здоровья человека вещества: двуокись углерода (CO_2) и вода (H_2O). Однако в реальных условиях отработавшие газы ДВС представляют собой сложную смесь, в которой помимо продуктов полного сгорания углеводородов присутствует от 200 до 1200 различных химических соединений. Это обусловлено следующими причинами:

– невысокой степенью очистки топлив от посторонних примесей;

– целенаправленным введением в состав топлив различных присадок;

– неполным сгоранием топлива в ДВС;

– наличием в камерах сгорания ДВС зон с локальными экстремумами температуры и концентрациями кислорода, вызывающими реакции синтеза новых веществ.

Сравнительный состав выбросов карбюраторных и дизельных ДВС по основным компонентам приведен в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Сравнительный состав выбросов ДВС

Компоненты продуктов сгорания, % об	Содержание компонента выбросов ДВС		Класс опасности	ПДК$_{сс}$, мг/м^3
	Карбюраторные	Дизельные		
Азот (N_2)	74 – 77	76 – 78	Не токсичен	–
Кислород (O_2)	0,3 – 8,0	2 – 18	Не токсичен	–
Вода (H_2O, пары)	3,0 – 5,5	0,5 – 4,0	Не токсичен	–
Двуокись углерода (CO_2)	5,0 – 12,0	1,0 – 10,0	Не токсичен	–
Водород (H_2)	0 – 5,0	–	Не токсичен	–
Оксид углерода (CO)	0,5 – 12,0	0,01 – 0,5	III класс	0,05
Оксиды азота (NO_x)	до 0,8	0,0002 – 0,5	III класс	0,04 (по NO_2)
Топливо (C_nH_m, пары)	0,2 – 3,0	0,009 – 0,5	IV класс	1,7
Альдегиды (HCHO, CHCHO, CH_3CHO), мг/л	до 0,2	0,001 – 0,09	III класс	0,01
Сажа (C), г/м^3	0 – 0,04	0,01 – 1,1	III класс	0,05
Бенз(а)пирен ($C_{20}H_{12}$), мкг/м^3	10 – 20	до 10	I класс	10^{-6}

Нетоксичную группу веществ образуют продукты полного сгорания углеводородов, а также остатки воздуха, не принявшего участие в горении. Эти вещества присутствуют в подавляющем количестве в составе отработавших газов.

В составе топлив в незначительном количестве присутствуют соединения серы и азота. При сгорании топлива соответственно образуются окислы серы (SO_2, SO_3) и азота (N_2O, NO, NO_2, N_2O_4). Самой известной добавкой к топливу является тетраэтилсвинец. Его присутствие в топливе повышает порог детонации паров топлива. При использовании этилированного бензина в отработавших газах присутствуют соединения свинца. Примерно 30 % свинца, добавленного к бензину, оседает на землю сразу после выхода из выхлопной трубы автомобиля, а 40 % свинца поступает в атмосферу и разносится на значительное расстояние от места выброса. Один грузовой автомобиль, работающий на этилированном бензине, выделяет до 3 кг свинца за год.

Продукты неполного сгорания топлива в основном представлены частицами сажи, окисью углерода, остатками топлива, а также продуктами термоокислительных превращений углеводородов – альдегидами. Последние вещества весьма токсичны и обладают резким запахом. Появление продуктов неполного сгорания в отработавших газах обусловлено нестационарностью процессов горения топлива и форсированными режимами работы камер сгорания ДВС. Непосредственными причинами их образования являются:

– малое время пребывания топлива в камере сгорания;

– наличие в камерах сгорания зон с низкими температурами;

– недостаток кислорода, подаваемого в камеру сгорания ДВС в составе воздуха.

В камерах сгорания промышленных установок (печах, котельных агрегатах) для сокращения недожога топлива воздух для горения подается в количестве, превышающем теоретически необходимое по реакции горения. Отношение количества воздуха, действительно поступившего в камеру сгорания, к теоретически необходимому его количеству называется коэффициентом избытка воздуха α. В камерах сгорания ДВС сжигание топлива производится часто с недостаточным количеством воздуха.

Для карбюраторных ДВС недостаток кислорода для горения обусловлен сжиганием обогащенных топливовоздушных смесей ($\alpha<1$) и местными (локальными) различиями в составах смеси по зонам горения топлива, а для дизельных ДВС – неоднородностью топливовоздушной смеси и образованием локальных зон с недостатком кислорода. Токсичные вещества в отработавших газах представлены также продуктами синтеза новых веществ и в первую очередь окислами азота. Окислы азота, а точнее, так называемые «термические» окислы азота образуются в процессе горения как результат окисления азота воздуха, подаваемого на горение, кислородом воздуха. Количество «термических» окислов азота обычно во много раз больше, чем количество «топливных» окислов азота, которые образуются при окислении азотистых соединений, входящих в состав топлива. Реакция образования «термических» окислов азота возможна только при температурах, превышающих 1100 – 1200 ºС.

В табл. 5.2 приведены данные по коэффициентам избытка воздуха α и составу продуктов сгорания карбюраторных ДВС.

Таблица 5.2

Коэффициент избытка воздуха α и концентрации основных токсичных компонентов в отработавших газах карбюраторного ДВС в зависимости от режима его работы

Режим работы ДВС	Наименование топливовоздушной смеси	Коэффициент избытка воздуха α	Содержание токсикантов в отработавших газах		
			CO, % (об.)	C_nH_m, мг/л	NO_x, мг/л
Пуск	Очень богатая	0,2 – 0,6	> 10	> 7	–
Холостой ход	Богатая	0,7 – 0,85	4 – 8	2 – 6	< 4
Разгон, движение с максимальной скоростью	Обогащенная	0,85 – 0,95	2 – 4	0,7 – 2	4 – 8
Средние нагрузки	Обедненная	1,05 – 1,15	0 – 1	0,8 – 1,5	2,5 – 4
Экономичный	Бедная	1,15 – 1,2	0 – 0,5	1,5 – 3,5	1 – 2,5

Как следует из данных, приведенных в табл. 5.2, повышение коэффициента избытка воздуха (α >1) по сравнению с теоретически необходимым снижает количество основных токсичных компонентов. Но при достижении определенного уровня обеднения топливовоздушной смеси недожог топлива начинает вновь расти, что объясняется снижением температуры в камере сгорания и уменьшением продолжительности пребывания топливовоздушной смеси в ДВС. Наибольшее количество окислов азота выделяется при работе двигателя в режимах разгона и максимальной мощности, так как температура в камере сгорания в этих режимах наиболее высокая.

5.4. Расчет выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников

Выброс *i*-го вещества одним из автомобилей *k*-й группы в день при выезде с территории в *j*-й период года определяется по формуле

$$M'_{i\,k} = m_{\text{пр}\,i\,k} t_{\text{пр}} + m_{L\,i\,k} L_1 + m_{xxik} t_{xx1}, \qquad (5.2)$$

где $m_{\text{пр}\ i\ k}$ – удельный выброс *i*-го вещества при прогреве двигателя автомобиля *k*-й группы (табл. 5.3, 5.6, 5.9, 5.12, 5.15), г/мин; $m_{L\ i\ k}$ – пробеговый выброс *i*-го вещества при движении на территории (табл. 5.4, 5.7, 5.10, 5.13, 5.16), г/км; $m_{\text{хх}\ i\ k}$ – удельный выброс *i*-го вещества при работе двигателя на холостом ходу (табл. 5.5, 5.8, 5.11, 5.14, 5.17), г/мин; $t_{\text{пр}}$ – продолжительность прогрева двигателя (табл. 5.18), мин; $t_{\text{хх}\,1}$ – время работы двигателя на холостом ходу при выезде с предприятия, мин, $t_{\text{хх}\,1} = 1$ мин; L_1 – пробег по территории при выезде, км.

Выброс *i*-го вещества одним из автомобилей *k*-й группы в день при въезде на территорию в *j*-й период года определяется по формуле

$$M''_{i\,k} = m_{L\,i\,k} L_2 + m_{xxik} t_{xx2}, \qquad (5.3)$$

где L_2 – пробег по территории при въезде, км; $t_{\text{хх}\,2}$ – время работы двигателя на холостом ходу при въезде на предприятие, мин, $t_{\text{хх}\,2} = 1$ мин.

Значения удельных выбросов загрязняющих веществ для различных типов автомобилей выпуска после 01.01.1994 г. приведены в табл. 5.3 – 5.17. Для легковых автомобилей данные по выбросам указаны для автомобилей зарубежного производства или зарубежных моделей, собираемых в странах СНГ, а также для автомобилей производства стран СНГ, оснащенных двигателем с впрыском топлива (по терминологии методики [22] для автомобилей с улучшенными экологическими характеристиками).

Конструктивные особенности двигателей зарубежных автомобилей (бензиновых и дизельных) и других систем, обеспечивающих их работу, в сочетании с применяемыми сортами масел и смазок обеспечивают малое время прогрева двигателя после запуска. Для различных марок (моделей) автомобилей в зависимости от условий их хранения и температуры окружающего воздуха существуют свои рекомендации по этому вопросу [24].

Расчеты поступления выбросов по формулам (5.2–5.3) проводятся для каждого *j*-го периода года, под которыми имеются в виду следующие:

– холодный (периоды со среднемесячной температурой воздуха ниже –5 °С);

– переходный период (периоды со среднемесячной температурой воздуха выше –5 °С, но ниже +5 °С);

– теплый (со среднемесячной температурой воздуха выше +5 °С).

Причем от периода года зависят величины выбросов, образующихся при прогреве двигателя и при движении автомобиля (пробеге). Считается, что температура наружного воздуха не влияет на величину выброса холостого хода.

В табл. 5.3–5.17 приведены удельные выбросы для теплого (Т) и холодного (Х) периодов года. Значения удельных выбросов для переходного периода (П) получаются следующим образом:

– для выбросов CO, CH, C, SO_2 и Pb необходимо по таблицам найти значения этих выбросов для холодного периода и умножить их на коэффициент 0,9;

– для выбросов NO_x значения принимаются такими же, как и в холодный период;

– для теплых закрытых стоянок удельные выбросы загрязняющих веществ в холодный и переходный период года принимаются равными удельным выбросам в теплый период.

В таблицах применены следующие обозначения:

– тип двигателя: Б – бензиновый; Д – дизель; Г – газовый (сжатый природный газ);

– период года: Т – теплый; Х – холодный;

– условия хранения автомобилей: БП – неотапливаемая стоянка без средств подогрева; СП – открытая стоянка, оборудованная средствами подогрева.

Удельные выбросы при использовании в качестве горючего природного газа равны выбросам при использовании неэтилированного бензина (выброс Pb отсутствует).

В табл.5.18 приведены данные по продолжительности прогрева двигателя.

В табл. 5.19 приводятся значения коэффициентов снижения удельных выбросов загрязняющих веществ при проведении экологического контроля.

Мероприятия по экологическому контролю автотранспортных средств на предприятии проводятся с целью снижения содержания загрязняющих веществ в отработанных газах автомобилей и уровня шума работающего двигателя.

Нормативные значения сокращения загрязняющих веществ в отработанных газах автомобилей, коэффициент избытка воздуха, требования к техническому состоянию систем двигателя, а также методы контроля при оценке технического состояния автотранспортных средств содержатся в ряде национальных стандартов РФ, касающихся эксплуатации автотранспортных средств с различными типами двигателя (ГОСТ Р 52033–2003; ГОСТ Р 52160–2003; ГОСТ Р 41.24–2003).

В соответствии со ст. 8.22 Кодекса РФ «Об административных правонарушениях» выпуск в эксплуатацию механических транспортных средств с превышением содержания загрязняющих веществ либо допустимых нормативов уровня шума карается штрафными санкциями, которые могут быть наложены на должностное лицо, ответственное за выпуск на линию автотранспорта.

Следует отметить, что в настоящее время у природопользователя нет обязанности по осуществлению самостоятельно или с привлечением специализированной аккредитованной лаборатории экологического контроля за содержанием выбросов автотранспорта на законодательном уровне, его проведение предусмотрено только во время осуществления технического осмотра транспортных средств.

Удельные выбросы загрязняющих веществ при прогреве

Рабочий объем ДВС, л	Тип ДВС	CO			CH			NO_x		
		Т	Х		Т	Х		Т	Х	
			БП	СП		БП	СП		БП	СП
До 1,2	Б	2,3 1,2	4,5 2,4	2,9 1,6	0,18 0,08	0,27 0,12	0,22 0,10	0,01 0,01	0,02 0,02	0,01 0,01
	Д	0,14	0,21	0,17	0,06	0,07	0,06	0,06	0,09	0,07
От 1,2 до 1,8	Б	3,0 1,7	6,0 3,4	3,9 2,2	0,31 0,14	0,47 0,21	0,38 0,17	0,02 0,02	0,03 0,03	0,02 0,02
	Д	0,19	0,29	0,23	0,08	0,10	0,09	0,08	0,12	0,09
От 1,8 до 3,5	Б	4,5 2,9	8,8 5,7	6,7 3,7	0,44 0,18	0,66 0,27	0,53 0,22	0,03 0,03	0,04 0,04	0,03 0,03
	Д	0,35	0,53	0,42	0,14	0,17	0,15	0,13	0,20	0,16
Свыше 3,5	Б	9,0 4,8	18,0 9,6	11,7 6,3	0,88 0,39	1,30 0,58	1,04 0,48	0,05 0,05	0,06 0,06	0,05 0,05
	Д	0,60	0,75	0,49	0,24	0,29	0,26	0,23	0,35	0,28

Примечания:

1. Обозначения Т, Х, БП, СП, Б, Д – см. с. 104.

2. В числителе приведены данные для автомобилей, оснащенных

3. Для автомобилей, оборудованных сертифицированными ката бензине, значения выбросов в таблице должны умножаться на коэф ных нейтрализаторов; при установке 2-компонентных нейтрализаторов

Таблица 5.3

двигателя легковыми автомобилями $m_{\text{пр}\,i\,k}$, г/мин

C			SO_2			Pb					
						АИ-93			А-92; А-76		
Т	Х		Т	Х		Т	Х		Т	Х	
	БП	СП		БП	СП		БП	СП		БП	СП
–	–	–	0,008 0,007	0,009 0,008	0,008 0,007	0,004 0,004	0,005 0,005	0,005 0,005	0,002 0,002	0,003 0,003	0,003 0,003
0,002	0,004	0,003	0,032	0,038	0,034	–	–	–	–	–	–
–	–	–	0,010 0,009	0,012 0,010	0,011 0,009	0,006 0,006	0,007 0,006	0,006 0,005	0,002 0,002	0,003 0,003	0,003 0,003
0,003	0,006	0,004	0,040	0,048	0,043	–	–	–	–	–	–
–	–	–	0,012 0,011	0,014 0,013	0,013 0,012	0,007 0,006	0,009 0,008	0,008 0,007	0,003 0,003	0,004 0,004	0,004 0,004
0,005	0,010	0,007	0,048	0,058	0,052	–	–	–	–	–	–
–	–	–	0,016 0,014	0,019 0,017	0,017 0,015	0,009 0,008	0,011 0,010	0,010 0,009	0,004 0,004	0,005 0,005	0,005 0,005
0,009	0,018	0,012	0,066	0,078	0,070	–	–	–	–	–	–

двигателями с карбюраторами, а в знаменателе – с впрыском топлива.
литическими нейтрализаторами и работающих на неэтилированном
фициенты: для CO на 0,7, CH и NO_X, на 0,8 при установке 3-компонент-
для CO – на 0,7, CH – на 0,8.

Удельные пробеговые выбросы загрязняющих

Рабочий объем ДВС, л	Тип ДВС	CO		CH		NO_X	
		Т	Х	Т	Х	Т	Х
До 1,2	Б	7,5 5,3	9,3 6,6	1,0 0,8	1,5 1,2	0,14 0,14	0,14 0,14
	Д	0,8	0,9	0,1	0,2	0,80	0,80
От 1,2 до 1,8	Б	9,4 6,6	11,8 8,3	1,2 1,0	1,8 1,5	0,17 0,17	0,17 0,17
	Д	1,0	1,2	0,2	0,3	1,10	1,10
От 1,8 до 3,5	Б	13,2 9,3	16,5 11,7	1,7 1,4	2,5 2,1	0,24 0,24	0,24 0,24
	Д	1,8	2,2	0,4	0,5	1,90	1,90
Свыше 3,5	Б	18,8 13,3	23,5 16,6	2,4 2,0	3,6 3,0	0,34 0,34	0,34 0,34
	Д	3,1	3,7	0,7	0,8	2,4	2,4

Примечания:

1. Обозначения Т, Х, Б, Д – см. с. 104.

2. В числителе приведены данные для автомобилей, оснащенных топлива.

3. Для автомобилей, оборудованных сертифицированными ката бензине, значения выбросов должны умножаться на коэффициенты: нейтрализаторов; для CO – на 0,2, CH – на 0,3 при установке 2 - ком (окислительного типа).

Таблица 5.4

веществ легковых автомобилей, m_{LIk}, г/км

C		SO_2		Pb			
				АИ-93		А-92; А-76	
Т	Х	Т	Х	Т	Х	Т	Х
–	–	0,036 0,032	0,045 0,041	0,017 0,015	0,021 0,019	0,008 0,007	0,010 0,009
0,04	0,06	0,143	0,178	–	–	–	–
–	–	0,054 0,049	0,068 0,061	0,025 0,022	0,031 0,028	0,012 0,010	0,015 0,013
0,06	0,09	0,214	0,268	–	–	–	–
–	–	0,063 0,057	0,079 0,071	0,032 0,028	0,040 0,036	0,015 0,013	0,019 0,017
0,10	0,15	0,250	0,313	–	–	–	-
–	–	0,097 0,087	0,121 0,109	0,049 0,044	0,061 0,055	0,023 0,020	0,029 0,025
0,15	0,23	0,350	0,481	–	–	–	–

двигателями с карбюраторами, а в знаменателе – с системой впрыска

литическими нейтрализаторами и работающих на неэтилированном для CO – на 0,2, CH и NO_X – на 0,3 при установке 3 - компонентных понентных нейтрализаторов с дополнительной подачей воздуха

Удельные выбросы загрязняющих веществ на

Рабочий объем ДВС, л	Тип ДВС	CO	CH	NO_X
До 1,2	Б	1,5 0,8	0,15 0,07	0,01 0,01
	Д	0,1	0,04	0,05
От 1,2 до 1,8	Б	2,0 1,1	0,25 0,11	0,02 0,02
	Д	0,1	0,06	0,07
От 1,8 до 3,5	Б	3,5 1,9	0,35 0,15	0,03 0,03
	Д	0,2	0,10	0,12
Свыше 3,5	Б	6,0 3,2	0,70 0,31	0,05 0,05
	Д	0,4	0,17	0,21

Примечания:

1. Обозначения Б, Д – см. с. 104.

2. В числителе приведены данные для автомобилей, оснащенных

3. Для автомобилей, оборудованных сертифицированными ката бензине, значения выбросов должны умножаться на коэффициенты: для нейтрализаторов; для CO – на 0,2, CH – на 0,3 при установке 2 - ком лительного типа).

Таблица 5.5

холостом ходу легковых автомобилей, $m_{xx\,i\,k}$, г/мин

C	SO_2	Pb	
		АИ-93	А-92; А-76
–	0,007 0,006	0,004 0,004	0,002 0,002
0,002	0,032	–	–
–	0,009 0,008	0,005 0,004	0,002 0,002
0,003	0,040	–	–
–	0,011 0,010	0,006 0,005	0,003 0,003
0,005	0,048	–	–
–	0,015 0,013	0,008 0,007	0,004 0,004
0,008	0,065	–	–

двигателями с карбюраторами, в знаменателе – с впрыском топлива.
литическими нейтрализаторами и работающих на неэтилированном
CO – на 0,2, CH и NO_X – на 0,3 при установке 3 - компонентных
понентных нейтрализаторов с дополнительной подачей воздуха (окис-

Удельные выбросы загрязняющих веществ при прогреве двигателя

Грузоподъемность, т	Тип ДВС	CO			CH			NO_X		
		Т	Х		Т	Х		Т	Х	
			БП	СП		БП	СП		БП	СП
До 2	Б	5,0	9,1	6,2	0,65	1,00	0,80	0,05	0,07	0,05
	Д	1,5	2,4	1,9	0,20	0,50	0,30	0,40	0,60	0,40
От 2 до 5	Б	15,0	28,1	18,3	1,50	3,80	2,50	0,20	0,30	0,20
	Г	7,6	14,3	9,3	0,89	2,20	1,50	0,20	0,30	0,20
	Д	1,9	3,1	2,5	0,30	0,60	0,40	0,50	0,70	0,50
От 5 до 8	Б	18,0	33,2	19,5	2,60	6,60	4,10	0,20	0,30	0,20
	Г	9,2	16,9	10,0	1,53	3,90	2,40	0,20	0,30	0,20
	Д	2,8	4,4	3,6	0,38	0,80	0,50	0,60	0,80	0,60
От 8 до 16	Б	18,0	33,2	19,5	2,60	6,60	4,10	0,20	0,30	0,20
	Д	3,0	8,2	5,3	0,40	1,10	0,70	1,00	2,00	1,00
Свыше 16	Д	3,0	8,2	5,3	0,40	1,10	0,70	1,00	2,00	1,00

Примечания:

1. Обозначения Т, Х, БП, СП, Б, Д, Г – см. с. 104.

2. При комплектации автомобилей дизелями, удовлетворяющими по токсичности, значения выбросов загрязняющих веществ принимаются

Таблица 5.6

грузовыми автомобилями, произведенными в странах СНГ, $m_{\text{пр}\,i\,k}$, г/мин

C			SO_2			Pb					
Т	Х		Т	Х		Т	Х		Т	Х	
	БП	СП		БП	СП		БП	СП		БП	СП
–	–	–	0,013	0,016	0,014	0,007	0,009	0,008	0,003	0,004	0,004
0,01	0,040	0,026	0,054	0,065	0,059	–	–	–	–	–	–
–	–	–	0,020	0,025	0,022	–	–	–	0,005	0,006	0,005
-	-	-	0,018	0,023	0,20	–	–	–	–	–	–
0,02	0,080	0,040	0,072	0,086	0,077	–	–	–	–	–	–
–	–	–	0,028	0,036	0,032	–	–	–	0,006	0,008	0,007
–	–	–	0,026	0,033	0,029	–	–	–	–	–	–
0,03	0,120	0,060	0,090	0,108	0,097	–	–	–	–	–	–
–	–	–	0,028	0,036	0,032	–	–	–	0,006	0,008	0,007
0,04	0,160	0,080	0,113	0,136	0,122	–	–	–	–	–	–
0,04	0,160	0,080	0,113	0,136	0,122	–	–	–	–	–	–

требованиям Правил ЕЭК ООН №49-02А и 49-02В (ЕВРО-1 и ЕВРО-2) по табл. 5.9.

Удельные пробеговые выбросы загрязняющих веществ

Грузоподъемность, т	Тип ДВС	CO		CH		NO_X	
		Т	Х	Т	Х	Т	Х
До 2	Б	22,7	28,5	2,8	3,5	0,6	0,6
	Д	2,3	2,8	0,6	0,7	2,2	2,2
От 2 до 5	Б	29,7	37,3	5,5	6,9	0,8	0,8
	Г	15,2	19,0	3,3	4,1	0,8	0,8
	Д	3,5	4,3	0,7	0,8	2,6	2,6
От 5 до 8	Б	47,4	59,3	8,7	10,3	1,0	1,0
	Г	24,2	30,2	5,1	6,1	1,0	1,0
	Д	5,1	6,2	0,9	1,1	3,5	3,5
От 8 до 16	Б	79,0	98,8	10,2	12,4	1,8	1,8
	Д	6,1	7,4	1,0	1,2	4,0	4,0
Свыше 16	Д	7,5	9,3	1,1	1,3	4,5	4,5

Примечания:

1. Обозначения Т, Х, Б, Д, Г – см. с. 104.

2. При комплектации автомобилей дизелями, удовлетворяющими по токсичности, значения выбросов загрязняющих веществ прини

3. Для грузовых автомобилей, оборудованных сертифициро воздуха (окислительного типа) и работающих на неэтилированном бен для СН – на коэффициент 0,3.

Таблица 5.7

грузовыми автомобилями, произведенными в странах СНГ, $m_{Li\,k}$, г/км

C		SO_2		Pb			
T	X	T	X	T	X	T	X
–	–	0,09	0,11	0,044	0,054	0,021	0,026
0,15	0,20	0,33	0,41	–	–	–	–
–	–	0,15	0,19	–	–	0,035	0,043
–	–	0,14	0,17	–	–	–	–
0,20	0,30	0,39	0,49	–	–	–	–
–	–	0,18	0,22	–	–	0,044	0,054
–	–	0,16	0,20	–	–	–	–
0,25	0,35	0,45	0,56	–	–	–	–
–	–	0,24	0,28	–	–	0,059	0,069
0,30	0,40	0,54	0,67	–	–	–	–
0,40	0,50	0,78	0,97	–	–	–	–

требованиям Правил ЕЭК ООН №49-02А и 49-02В (ЕВРО-1 и ЕВРО-2)
маются по табл.5.10.
ванными 2-компонентными нейтрализаторами с дополнительной подачей
зине, значения выбросов СО должны умножаться на коэффициент 0,2,

Удельные выбросы загрязняющих веществ на холостом ходу

Грузо-подъем-ность, т	Тип ДВС	CO	CH	NO_X
До 2	Б	4,5	0,40	0,05
	Д	0,8	0,20	0,16
От 2 до 5	Б	10,2	1,70	0,20
	Г	5,2	1,00	0,20
	Д	1,5	0,25	0,50
От 5 до 8	Б	13,5	2,20	0,20
	Г	6,9	1,30	0,20
	Д	2,8	0,35	0,60
От 8 до 16	Б	13,5	2,90	0,20
	Д	2,9	0,45	1,00
Свыше 16	Д	2,9	0,45	1,00

Примечания:

1. Обозначения Б, Д, Г – см. с. 104.

2.При комплектации автомобилей дизелями, удовлетворяющими по токсичности, значения выбросов загрязняющих веществ принима

3. Для грузовых автомобилей, оборудованных сертифицирован воздуха (окислительного типа) и работающих на неэтилированном бен для CH – на коэффициент 0,3.

Таблица 5.8

грузовыми автомобилями, произведенными в странах СНГ, $m_{xx\,i\,k}$, г/мин

C	SO_2	Pb	
		АИ-93	А-92; А-76
–	0,012	0,007	0,003
0,015	0,054	–	–
–	0,020	–	0,005
–	0,018	–	–
0,020	0,072	–	–
–	0,029	–	0,006
–	0,026	–	–
0,030	0,090	–	–
–	0,029	–	0,006
0,040	0,100	–	–
0,040	0,100	–	–

требованиям Правил ЕЭК ООН №49-02А и 49-02В (ЕВРО-1 и ЕВРО-2)
ются по табл.5.11.
ными 2-компонентными нейтрализаторами с дополнительной подачей
зине, значения выбросов – СО должны умножаться на коэффициент 0,2,

Удельные выбросы загрязняющих веществ при прогреве

Грузоподъемность, т	Тип ДВС	CO			CH			NO_X		
		Т	Х		Т	Х		Т	Х	
			БП	СП		БП	СП		БП	СП
До 2	Б	4,5 2,9	8,8 5,7	5,7 3,7	0,44 0,16	0,66 0,24	0,53 0,21	0,03 0,03	0,04 0,04	0,03 0,03
	Д	0,35	0,53	0,42	0,14	0,17	0,15	0,13	0,20	0,18
От 2 до 5	Д	0,58	0,87	0,70	0,25	0,30	0,27	0,22	0,33	0,26
От 5 до 8	Д	0,86	1,29	1,03	0,38	0,46	0,41	0,32	0,48	0,38
От 8 до 16	Д	1,34	2,00	1,60	0,59	0,71	0,64	0,51	0,77	0,62
Свыше 16	Д	1,65	2,50	2,00	0,80	0,96	0,86	0,62	0,93	0,74

Примечания:

1. Обозначения Т, Х, БП, СП, Б, Д – см. с. 104.

2. В числителе приведены данные для автомобилей, оснащен впрыска топлива.

Таблица 5.9

двигателя иностранных грузовых автомобилей

C			SO_2			Pb					
						АИ-93			А-92; А-76		
Т	Х		Т	Х		Т	Х		Т	Х	
	БП	СП		БП	СП		БП	СП		БП	СП
–	–	–	0,012 0,011	0,014 0,013	0,013 0,012	0,007 0,006	0,009 0,008	0,008 0,007	0,003 0,003	0,004 0,004	0,004 0,004
0,005	0,010	0,007	0,048	0,058	0,052	–	–	–	–	–	–
0,008	0,016	0,011	0,065	0,078	0,070	–	–	–	–	–	–
0,012	0,024	0,016	0,081	0,097	0,087	–	–	–	–	–	–
0,019	0,038	0,025	0,100	0,120	0,108	–	–	–	–	–	–
0,023	0,046	0,030	0,112	0,134	0,121	–	–	–	–	–	–

ных двигателями с карбюраторами, а в знаменателе – с системой

Удельные пробеговые выбросы загрязняющих веществ

Грузоподъемность, т	Тип ДВС	CO		CH		NO_X	
		Т	Х	Т	Х	Т	Х
До 2	Б	15,8 11,2	19,8 14,0	2,0 1,7	2,9 2,5	0,3 0,3	0,3 0,3
	Д	1,8	2,2	0,4	0,5	1,9	1,9
От 2 до 5	Д	2,9	3,5	0,5	0,6	2,2	2,2
От 5 до 8	Д	4,1	4,9	0,6	0,7	3,0	3,0
От 8 до 16	Д	4,9	5,9	0,7	0,8	3,4	3,4
Свыше 16	Д	6,0	7,2	0,8	1,0	3,9	3,9

Примечания:

1. Обозначения Т, Х, Б, Д – см. с. 104.

2. В числителе приведены данные для автомобилей, оснащен топлива.

3. Для грузовых автомобилей, оборудованных штатными ката бензине, значения выбросов должны умножаться на коэффициенты: для нейтрализаторов; для CO – на 0,2 и CH – на 0,3 при установке двух (окислительного типа).

Таблица 5.10

иностранных грузовых автомобилей, $m_{L\,i\,k}$, г/км

C		SO_2		Pb			
				АИ-93		А-92; А-76	
Т	Х	Т	Х	Т	Х	Т	Х
–	–	0,080 0,070	0,100 0,090	0,038 0,034	0,047 0,043	0,018 0,016	0,022 0,020
0,10	0,15	0,250	0,313	–	–	–	–
0,13	0,20	0,340	0,430	–	–	–	–
0,15	0,23	0,400	0,500	–	–	–	–
0,20	0,30	0,475	0,590	–	–	–	–
0,30	0,45	0,690	0,860	–	–	–	–

ных двигателями с карбюраторами, в знаменателе – с системой впрыска

литическими нейтрализаторами и работающих на неэтилированном CO – на 0,2, CH и NO_X – на 0,3 при установке трехкомпонентных компонентных нейтрализаторов с дополнительной подачей воздуха

Удельные выбросы загрязняющих веществ на холостом

Грузоподъемность, т	Тип ДВС	CO	CH	NO_X
До 2	Б	3,5 1,9	0,35 0,15	0,03 0,03
	Д	0,22	0,11	0,12
От 2 до 5	Д	0,36	0,18	0,20
От 5 до 8	Д	0,54	0,27	0,29
От 8 до 16	Д	0,84	0,42	0,46
Свыше 16	Д	1,03	0,57	0,56

Примечания:

1. Обозначения Б, Д – см. с. 104.

2. В числителе приведены данные для автомобилей, оснащен топлива.

3. Для грузовых автомобилей, оборудованных штатными катали зине, значения выбросов должны умножаться на коэффициенты: для нейтрализаторов; для CO – на 0,2 и CH – на 0,3 при установке двух (окислительного типа).

Таблица 5.11

ходу иностранных грузовых автомобилей, $m_{xx\,i\,k}$, г/мин

C	SO_2	Pb	
		АИ-93	А-92; А-76
–	0,011 / 0,010	0,006 / 0,005	0,003 / 0,003
0,005	0,048	–	–
0,008	0,065	–	–
0,012	0,081	–	–
0,019	0,100	–	–
0,023	0,112	–	–

ных двигателями с карбюраторами, в знаменателе – с системой впрыска

тическими нейтрализаторами и работающих на неэтилированном бен-
CO – на 0,2, CH и NO_X – на 0,3 при установке трехкомпонентных компонентных нейтрализаторов с дополнительной подачей воздуха

Удельные выбросы загрязняющих веществ при прогреве

Класс автобуса, длина, м	Тип ДВС	CO			CH			NO_X		
		Т	Х		Т	Х		Т	Х	
			БП	СП		БП	СП		БП	СП
Особо малый (до 5,5)	Б	5,0	9,1	6,2	0,65	1,00	0,80	0,05	0,07	0,05
	Д	1,5	2,4	1,9	0,20	0,50	0,30	0,40	0,60	0,40
Малый (6,0–7,5)	Б	15,0	28,1	18,3	1,50	3,80	2,50	0,20	0,30	0,20
	Д	1,9	3,1	2,5	0,30	0,60	0,40	0,50	0,70	0,50
Средний (8,0–10,0)	Б	18,0	33,2	19,5	2,60	6,60	4,10	0,20	0,30	0,20
	Д	2,8	4,4	3,8	0,40	0,80	0,50	0,60	0,80	0,60
Большой (10,0–12,0)	Б	22,8	42,0	24,8	3,10	7,70	5,00	0,20	0,30	0,20
	Д	4,6	8,2	5,3	0,45	1,10	0,70	1,00	2,00	1,00
Особо большой (сочлененный, 16,5–24,0)	Д	4,6	8,2	5,3	0,45	1,10	0,70	1,00	2,00	1,00

Примечания:

1. Обозначения Т, Х, БП, СП, Б, Д – см. с. 104.

2. При комплектации автобусов дизелями, удовлетворяющими по токсичности, значения выбросов загрязняющих веществ при

Таблица 5.12

двигателя автобусами, произведенными в странах СНГ, $m_{пр\,i\,k}$, г/мин

C			SO_2			Pb					
						АИ-93			А-92; А-76		
Т	Х		Т	Х		Т	Х		Т	Х	
	БП	СП		БП	СП		БП	СП		БП	СП
–	–	–	0,013	0,016	0,014	0,007	0,009	0,008	0,003	0,004	0,004
0,010	0,040	0,026	0,054	0,065	0,059	–	–	–	–	–	–
–	–	–	0,020	0,025	0,022	–	–	–	0,005	0,006	0,005
0,020	0,080	0,040	0,072	0,086	0,077	–	–	–	–	–	–
–	–	–	0,028	0,036	0,032	–	–	–	0,005	0,008	0,007
0,030	0,120	0,068	0,090	0,108	0,097	–	–	–	–	–	–
–	–	–	0,033	0,043	0,039	–	–	–	0,006	0,009	0,008
0,040	0,160	0,080	0,113	0,136	0,122	–	–	–	–	–	–
0,040	0,160	0,080	0,113	0,136	0,122	–	–	–	–	–	–

требованиям Правил ЕЭК ООН №49-02А и 49-02В (ЕВРО-1 и ЕВРО-2) нимаются по табл. 5.15.

Удельные пробеговые выбросы загрязняющих веществ

Класс автобуса, длина, м	Тип ДВС	CO		CH		NO_X	
		Т	Х	Т	Х	Т	Х
Особо малый (до 5,5)	Б	22,7	28,5	2,8	3,5	0,6	0,6
	Д	2,3	2,8	0,6	0,7	2,2	2,2
Малый (6,0–7,5)	Б	29,7	37,3	5,5	6,9	0,8	0,8
	Д	3,5	4,3	0,7	0,8	2,6	2,6
Средний (8,0–10,0)	Б	47,4	59,3	8,7	10,3	1,0	1,0
	Д	5,1	6,2	0,9	1,1	3,5	3,5
Большой (10,0–12,0)	Б	55,3	68,8	9,9	11,9	1,2	1,2
	Д	5,1	6,2	0,9	1,1	3,5	3,5
Особо большой (сочлененый, 16,5–24,0)	Д	7,5	9,3	1,1	1,3	4,5	4,5

Примечания:

1. Обозначения Т, Х, Б, Д – см. с. 104.

2. При комплектации автобусов дизелями, удовлетворяющими требо токсичности, значения выбросов загрязняющих веществ принимаются по

3. Для автобусов, оборудованных сертифицированными двухком (окислительного типа) и работающих на неэтилированном бензине, на 0,2, CH – на 0,3.

Таблица 5.13

автобусов, произведенных в странах СНГ, $m_{L\,i\,k}$, г/км

C		SO_2		Pb			
				АИ-93		А-92; А-76	
Т	Х	Т	Х	Т	Х	Т	Х
–	–	0,09	0,11	0,040	0,054	0,021	0,026
0,15	0,20	0,33	0,41	–	–	–	–
–	–	0,15	0,19	–	–	0,035	0,043
0,20	0,30	0,39	0,49	–	–	–	–
–	–	0,18	0,22	–	–	0,044	0,054
0,20	0,30	0,45	0,56	–	–	–	–
–	–	0,22	0,26	–	–	0,053	0,065
0,25	0,35	0,45	0,56	–	–	–	–
0,30	0,40	0,78	0,97	–	–	–	–

ваниям Правил ЕЭК ООН №49-02А и 49-02В (ЕВРО-1 и ЕВРО-2) по табл. 5.10.

понентными нейтрализаторами с дополнительной подачей воздуха значения выбросов должны умножаться на коэффициенты: для СО –

Удельные выбросы загрязняющих веществ на холостом

Класс автобуса, длина, м	Тип ДВС	CO	CH	NO_X
Особо малый (до 5,5)	Б	4,5	0,40	0,05
	Д	0,8	0,20	0,46
Малый (6,0–7,5)	Б	10,2	1,70	0,20
	Д	1,5	0,25	0,50
Средний (8,0–10,0)	Б	13,5	2,20	0,25
	Д	2,8	0,30	0,60
Большой (10,0–12,0)	Б	17,2	2,80	0,30
	Д	3,5	0,40	0,80
Особо большой (сочлененный, 16,5–24,0)	Д	3,5	0,40	0,80

Примечания:

1. Обозначения Б, Д – см. с. 104.

2. При комплектации автобусов дизелями, удовлетворяющими по токсичности, значения выбросов загрязняющих веществ принима

3. Для автобусов, оборудованных сертифицированными двух (окислительного типа) и работающих на неэтилированном бензине, зна на 0,2, CH – на 0,3.

Таблица 5.14

ходу автобусов, произведенных в странах СНГ, $m_{xxi\ k}$, г/км

C	SO_2	Pb	
		АИ-93	А-92; А-76
–	0,012	0,007	0,003
0,01	0,054	–	–
–	0,020	–	0,005
0,02	0,072	–	–
–	0,029	–	0,006
0,03	0,090	–	–
–	0,029	–	0,007
0,04	0,100	–	–
0,04	0,100	–	–

требованиям Правил ЕЭК ООН №49-02А и 49-02В (ЕВРО-1 и ЕВРО-2)
ются по табл. 5.17
компонентными нейтрализаторами с дополнительной подачей воздуха
чения выбросов СО должны умножаться на коэффициенты: для СО –

Удельные выбросы загрязняющих веществ при прогреве

Класс автобуса, длина, м	Тип ДВС	CO			CH			NO_X		
		Т	Х		Т	Х		Т	Х	
			БП	СП		БП	СП		БП	СП
Особо малый (до 5,5)	Б	4,5 2,9	8,8 5,7	5,7 3,7	0,44 0,16	0,66 0,24	0,53 0,21	0,03 0,03	0,04 0,04	0,03 0,03
	Д	0,35	0,63	0,42	0,14	0,17	0,15	0,13	0,20	0,16
Малый (6,0–7,5)	Д	0,48	0,72	0,58	0,21	0,25	0,23	0,23	0,35	0,28
Средний (8,0–10,0)	Д	1,22	1,82	1,46	0,53	0,64	0,58	0,57	0,86	0,68
Большой (10,0–12,0)	Д	1,49	2,23	1,78	0,66	0,79	0,71	0,69	1,04	0,83
Особо большой (сочле-ненный, 16,5–24,0)	Д	1,49	2,23	1,78	0,65	0,79	0,71	0,69	1,04	0,83

Примечания:

1. Обозначения Х, Т, БП, СП, Б, Д – см. с. 104.

2. В числителе приведены данные для автобусов, оснащенных топлива.

3. Значения выбросов для автобусов Икарус с двигателями

Таблица 5.15

двигателя иностранных автобусов, $m_{пр\,i\,k}$, г/мин

C			SO_2			Pb					
						АИ-93			А-92; А-76		
Т	Х		Т	Х		Т	Х		Т	Х	
	БП	СП		БП	СП		БП	СП		БП	СП
–	–	–	0,012 0,011	0,014 0,013	0,013 0,012	0,007 0,008	0,009 0,008	0,008 0,007	0,003 0,003	0,004 0,004	0,004 0,004
0,005	0,010	0,007	0,048	0,058	0,052	–	–	–	–	–	–
0,007	0,014	0,010	0,056	0,067	0,060	–	–	–	–	–	–
0,016	0,032	0,021	0,084	0,100	0,091	–	–	–	–	–	–
0,020	0,040	0,030	0,100	0,120	0,108	–	–	–	–	–	–
0,020	0,040	0,030	0,100	0,120	0,108	–	–	–	–	–	–

двигателями с карбюраторами, в знаменателе – с системой впрыска

Д2 156 HM6U и D2 156 HM6UT принимаются по табл.5.12.

Удельные пробеговые выбросы загрязняющих веществ

Класс автобуса, длина, м	Тип ДВС	CO		CH		NO_X	
		Т	Х	Т	Х	Т	Х
Особо малый (до 5,5)	Б	15,8 / 11,2	19,8 / 14,0	2,0 / 1,7	2,9 / 2,5	0,3 / 0,3	0,3 / 0,3
	Д	1,8	2,2	0,4	0,5	1,9	1,9
Малый (6,0–7,5)	Д	2,9	3,5	0,5	0,6	2,2	2,2
Средний (8,0–10,0)	Д	4,1	4,9	0,6	0,7	3,0	3,0
Большой (10,0–12,0)	Д	4,9	5,9	0,7	0,8	3,4	3,4
Особо большой (сочлененный, 16,5–24,0)	Д	5,5	6,7	0,8	1,0	3,8	3,8

Примечания:

1. Обозначения Х, Т, Б, Д – см. с. 104.

2. В числителе приведены данные для автобусов, оснащенных топлива.

3. Значения выбросов для автобусов Икарус с двигателями

4. Для автобусов, оборудованных штатными каталитическими ния выбросов должны умножаться на коэффициенты: для СО – на 0,2, для СО – на 0,2 и СН – на 0,3 при установке двухкомпонентных нейтра

Таблица 5.16

иностранными автобусами, $m_{L\,i\,k}$, г/км

C		SO_2		Pb			
				АИ-93		А-92; А-76	
Т	Х	Т	Х	Т	Х	Т	Х
–	–	0,080 0,070	0,100 0,090	0,038 0,034	0,047 0,043	0,018 0,016	0,022 0,020
0,10	0,15	0,250	0,313	–	–	–	–
0,13	0,20	0,340	0,430	–	–	–	–
0,15	0,23	0,400	0,500	–	–	–	–
0,20	0,30	0,475	0,590	–	–	–	–
0,25	0,35	0,600	0,780	–	–	–	–

двигателями с карбюраторами, в знаменателе – с системой впрыска

Д2 156 НМ6U и D2 156 НМ6UT принимаются по табл.5.13.
нейтрализаторами и работающих на неэтилированном бензине, значе-
СН и NO_X – на 0,3 при установке трехкомпонентных нейтрализаторов;
лизаторов с дополнительной подачей воздуха (окислительного типа).

Удельные выбросы загрязняющих веществ на холостом

Класс автобуса, длина, м	Тип ДВС	CO	CH	NO_X
Особо малый (до 5,5)	Б	3,50 1,90	0,35 0,15	0,03 0,03
	Д	0,22	0,11	0,12
Малый (6,0–7,5)	Д	0,30	0,15	0,21
Средний (8,0–10,0)	Д	0,76	0,38	0,52
Большой (10,0–12,0)	Д	0,93	0,47	0,63
Особо большой (сочлененный, 16,5–24,0)	Д	0,93	0,47	0,63

Примечания:

1. Обозначения Х, Т, Б, Д – см. с. 104.

2. В числителе приведены данные для автобусов, оснащенных топлива.

3. Значения выбросов для автобусов Икарус с двигателями

4. Для автобусов, оборудованных штатными каталитическими ния выбросов должны умножаться на коэффициенты: для CO – на 0,2, для CO – на 0,2 и CH – на 0,3 при установке двухкомпонентных нейтра

Таблица 5.17

ходу иностранными автобусами, $m_{xx\,i\,k}$, г/мин

C	SO_2	Pb	
		АИ-93	А-92; А-76
–	0,011 0,010	0,006 0,005	0,003 0,003
0,005	0,048	–	–
0,007	0,056	–	–
0,016	0,084	–	–
0,020	0,100	–	–
0,020	0,100	–	–

двигателями с карбюраторами, в знаменателе – с системой впрыска

Д2 156 НМ6U и D2 156 НМ6UT принимаются по табл.5.13.
нейтрализаторами и работающих на неэтилированном бензине, значе-
CH и NO_X – на 0,3 при установке трехкомпонентных нейтрализаторов;
лизаторов с дополнительной подачей воздуха (окислительного типа).

Время прогрева двигателя в зависимости от температуры воздуха

Категория автомобиля	Выше 5 ℃	От 5 до –5 ℃	От –5 до –10 ℃
Легковой автомобиль	3	4	10
Грузовой автомобиль и автобус	4	6	12

Примечания:

1. При хранении автомобилей на теплых закрытых стоянках принима

2. Для маршрутных автобусов, хранящихся на открытых стоянках (периодический прогрев в течение стоянки 2–3 раза по 15 мин).

3. При хранении грузовых автомобилей и автобусов на открытых духа ниже –5 °С, $t_{пр}$=6 мин, при хранении легковых автомобилей –

4. В неучтенных ситуациях $t_{пр}$ может приниматься по фактическим

5. Для теплых закрытых стоянок удельные выбросы загрязняющих удельным выбросам в теплый период.

Значения коэффициентов снижения удельных выбросов загрязняющих

Тип двигателя	CO	CH	NO_X
Б	0,80	0,90	1,00
Д	0,90	0,90	1,00

Таблица 5.18

(открытые и закрытые не отапливаемые стоянки), $t_{пр}$, мин

От –10 до –15 ℃	От –15 до –20 ℃	От –20 до –25 ℃	Ниже –25 ℃
15	15	20	20
20	25	30	30

ются значения $t_{пр}$ = 1,5 мин.
без средств подогрева при температуре воздуха ниже –10 ℃, $t_{пр}$= 8 мин

стоянках, оборудованных средствами подогрева при температуре воз- $t_{пр}$ = 4 мин.
замерам.
веществ в холодный и переходный период года принимаются равными

Таблица 5.19

веществ при проведении экологического контроля, k_1

C	SO_2	Pb
–	0,95	0,95
0,80	0,95	–

Если на предприятии проводится выборочный контроль токсичности отходящих газов автомобилей при выпуске (возврате) на линию, то удельные выбросы загрязняющих веществ при прогреве ($m_{\text{пр}\,i\,k}$) и холостом ходу ($m_{\text{хх}\,ik}$) снижаются, и в формулах (5.2–5.3) вместо них следует подставлять следующие величины:

$$m'_{\text{пр}\,i\,k} = m_{\text{пр}\,i\,k} K_1, \tag{5.4}$$

$$m'_{xx\,i\,k} = m_{xx\,i\,k} K_1, \tag{5.5}$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий снижение выброса CO, CH и C (табл.5.19).

Валовый выброс *i*-го вещества автомобилями рассчитывается раздельно для каждого *j*-го периода года по формуле

$$M_i^j = \sum_{k=1}^{n} \alpha_{\text{В}} (M'_{ik} + M''_{ik})\, N_k\ \text{Д}_{\text{р}}\ 10^{-6}, \tag{5.6}$$

где $\alpha_{\text{В}}$ – коэффициент выпуска автомобилей на линию; N_k – количество автомобилей *k*-й группы на предприятии; $\text{Д}_{\text{р}}$ – количество рабочих дней в расчетном периоде (холодном, теплом, переходном); j – период года (теплый – Т, холодный – Х, переходный – П).

Количество рабочих дней в расчетном периоде ($\text{Д}_{\text{р}}$) определяется режимом работы предприятия. При выполнении расчетных заданий эти параметры задаются.

Для определения общего валового выброса (т) валовые выбросы одноименных веществ по периодам года суммируются:

$$M_{i\ \text{год}} = M_i^{\text{Т}} + M_i^{\text{Х}} + M_i^{\text{П}}\ . \tag{5.7}$$

Максимально разовый выброс *i*-го вещества (г/с) для каждого месяца определяется по формуле

$$G_i^j = \frac{\sum_{k=1}^{n} (m_{\text{пр}\,i\,k}\ t_{\text{пр}} + m_{L\,i\,k}\ L_1 + m_{\text{хх}\,k}\ t_{\text{хх}\,i})\, N'_k}{3600}, \tag{5.8}$$

где N'_k – наибольшее количество автомобилей, выезжающих с территории в течение одного часа.

Расчет G_i^j производится для автомобилей наибольшей грузоподъемности или пассажировместимости, имеющихся на предприятии (стоянке), из полученных значений G_i^j выбирается максимальное.

В связи с установлением раздельных величин ПДК на оксид и диоксид азота суммарную величину выбросов окислов азота (NO_x) следует разделить на составляющие (с учетом различных молекулярных масс этих веществ)

$$M_{NO_2} = 0{,}8\, M_{NO_x}, \tag{5.9}$$

$$M_{NO} = 0{,}13\, M_{NO_x}. \tag{5.10}$$

5.5. Контрольные задания к разделу 5 и указания по их выполнению

Вариант исходных данных для выполнения задания студентам дневной формы обучения задается преподавателем в виде двузначного числа. Первая цифра этого числа обозначает номер подварианта части I исходных данных (табл. 5.20), а вторая цифра обозначает номер подварианта части II исходных данных задания (табл. 5.21).

Студентам-заочникам данные для выполнения заданий взять из табл. 5.20 в соответствии с последней цифрой учебного шифра и из табл. 5.21 в соответствии с предпоследней цифрой учебного шифра.

По заданному составу автопарка предприятия, пользуясь табл. 5.3–5.19, определить удельные выбросы загрязняющих веществ по каждой группе автомобилей и поправочные коэффициенты. По методике расчета (формулы 5.2–5.10) определить валовые выбросы загрязнителей. При выполнении расчетов считать: автомобили разных групп эксплуатируются одинаково; автомобили находятся на открытых стоянках без обогрева; автомобили с бензиновыми ДВС используют этилированный бензин.

Задание № 9

По заданному составу автопарка предприятия и условиям эксплуатации автотранспорта определить: валовые выбросы окиси углерода (CO); углеводородов (CH) и окислов азота (NO_x).

Задание № 10

По заданному составу автопарка предприятия и условиям эксплуатации автотранспорта определить: валовые выбросы диоксида серы (SO_2), сажи (C) и свинца (Pb).

Таблица 5.20

Исходные данные для расчета рассеивания выбросов от передвижных источников. Часть I. Состав автопарка предприятия

Категории автомобилей	Количество автомобилей (шт) в автопарке по вариантам									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Легковые с рабочим объемом ДВС свыше 1,2 л до 1,8 л										
С карбюраторным ДВС (Б)	4	5	2	7	9	6	10	3	8	
Легковые с рабочим объемом ДВС свыше 1,8 л до 3,5 л										
С дизельным ДВС (Д)		2					3			4
Грузовые, произведенные в СНГ, грузоподъемностью до 2 т										
С карбюраторным ДВС (Б)	10		6				16	10	6	
С дизельным ДВС (Д)					2					7
Грузовые, произведенные в СНГ, грузоподъемностью от 2 т до 5 т										
С карбюраторным ДВС(Б)			10	9						5
С дизельным ДВС (Д)		8				4		8		
Грузовые, произведенные в СНГ, грузоподъемностью от 5 т до 8 т										
С карбюраторным ДВС (Б)				6	5					9
С дизельным ДВС (Д)	3		8			10	17		20	
Грузовые, произведенные в СНГ, грузоподъемностью от 8 т до 16 т										
С дизельным ДВС (Д)		10			12					
Автобусы, произведенные в СНГ, особо малые (до 5,5 м)										
С бензиновым ДВС (Б)						3			5	
Автобусы, произведенные в СНГ, малые (от 6 м до 7,5 м)										
С бензиновым ДВС (Б)	2				4					
Автобусы иностранные средние (от 8 м до 10 м)										
С дизельным ДВС (Д)				1				4		

Таблица 5.21

Исходные данные для расчета рассеивания выбросов от передвижных источников. Часть II. Условия эксплуатации автопарка предприятия

Наименование параметра	Обозначение	Ед. изм.	Значения параметра по вариантам									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пробег по территории												
При выезде	L_1	км	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,2	0,3	0,1	0,2
При въезде	L_2	км	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	0,6	0,2	0,2	0,1	0,15
Количество рабочих дней периода года												
В холодном	$Д_р^х$	дн.	152	43	87	109	60	55	65	87	–	100
В переходном	$Д_р^п$	дн.	65	65	54	42	105	87	65	22	43	51
В теплом	$Д_р^т$	дн.	43	152	119	109	95	118	130	151	217	109
Вид техобслуживания автомобилей	–	–	Есть	Нет	Есть	Нет	Есть	Нет	Есть	Нет	Есть	Нет
Коэффициент выпуска автомобилей на линию	$\alpha_В$	–	1	0,9	0,85	1	0,9	0,8	1	0,9	0,8	1
Марка применяемого бензина	–	–	АИ-76	АИ-92	АИ-76	АИ-76	АИ-92	АИ-93	АИ-76	АИ-92	АИ-76	АИ-93

6. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Отчет оформляется на листах бумаги формата А4. Допускается использование двойных листов в клетку из школьной тетради.

На титульном листе указывается: наименование раздела, к которому относится выполненное задание и номер задания, ФИО студента, номер группы, ФИО преподавателя.

В начале отчета приводится полный текст задания, номер варианта исходных данных для выполнения задания и сами исходные данные.

Расчеты приводятся в порядке, описанном в указаниях к выполнению заданий (разд. 2.3, 3.8, 4.7, и 5.5). Расчеты должны сопровождаться необходимыми пояснениями, которые включают в себя: наименование рассчитываемой величины, формулу для расчета и формулу с подставленными в нее значениями входящих величин, результат расчета.

Графики должны быть выполнены на бумаге с координатной сеткой («миллиметровке»). В виде исключения допускается построение графиков на листах из школьной тетради в клетку. Точки графика должны быть соединены общей линией (линией графика) с помощью лекала.

В необходимых случаях (задания №5, №6) в отчете должны содержаться рисунки, поясняющие ситуацию сбросов и выбросов.

В заключении отчета приводятся ответы и необходимые выводы.

7. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ТИПОВЫХ ЗАДАНИЙ № 4, 5, 7–9

Пример 1

Задание № 4

Условия задания – см. в разделе 2.3.

Исходные данные для выполнения задания:

– мощность выброса M = 244 г/с;

– выбрасываемое вещество – оксид магния (MgO), пыль;

– объемный расход пылегазовой смеси V_1 = 3,5 м^3/с;

– высота источника выброса H = 50 м;

– температура выбрасываемых газов T = 160 ºС;

– диаметр устья источника выброса D = 0,8 м;

– максимальная разовая допустимая концентрация ПДК$_{м.р}$ = 0,4 мг/м^3;

– местонахождение источника выброса – Калининградская область;

– коэффициент температурной стратификации атмосферы A = 160;

– средняя максимальная температура воздуха наиболее жаркого месяца $T_в$ = 22,4 ºС;

Решение

1. Расчет разности температур газовоздушной смеси и наружного воздуха.

$$\Delta T = T - T_в = 160 - 22{,}4 = 137{,}6\ ^\circ\text{C}.$$

2. Расчет средней скорости выхода газовоздушной смеси из устья источника.

$$\omega_0 = \frac{4V_1}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 3{,}5}{\pi \cdot 0{,}8^2} = 6{,}96 \text{ м/с}.$$

3. Расчет значения вспомогательного параметра f.

$$f = 1000\frac{\omega_0^2 D}{H^2\,\Delta T} = 1000\frac{6{,}96^2 \cdot 0{,}8}{50^2 \cdot 137{,}6} = 0{,}11.$$

4. Расчет значения вспомогательного параметра $\upsilon_м$.

$$\upsilon_м = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}} = 0,65 \sqrt[3]{\frac{3,5 \cdot 137,6}{50}} = 1,38 .$$

5. Расчет вспомогательного параметра $\upsilon'_м$

$$\upsilon'_м = 1,3 \frac{\omega_0 D}{H} = 1,3 \frac{6,96 \cdot 0,8}{50} = 0,14 .$$

6. Расчет вспомогательного параметра f_e.

$$f_e = 800 (\upsilon'_м)^3 = 800 \cdot (0,14)^3 = 2,20.$$

7. Расчет безразмерного коэффициента m.

8. Так как $f < f_e$, то расчет m производим по формуле (2.11)

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} =$$

$$= \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{0,113} + 0,34\sqrt[3]{0,113}} = 1,15.$$

9. Расчет безразмерного коэффициента n.

Так как $0,5 \le \upsilon_м < 2$, то расчет n производим по формуле (2.14)

$$n = 0,532\upsilon_м^2 - 2,13 \upsilon_м + 3,13 = 0,532 \cdot 1,38^2 - 2,13 \cdot 1,38 + 3,13 = 1,204.$$

10. Расчет значений опасной скорости ветра $u_м$.

Так как $0,5 \le \upsilon_м < 2$, то $u_м = \upsilon_м = 1,38$ м/с.

11. Определение величины безразмерного коэффициента F, учитывающего скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе.

Так как, согласно исходным данным, загрязняющее вещество (оксид магния) представлено частицами пыли и система очистки выброса отсутствует, то $F = 3$.

12. Расчет максимального значения приземной концентрации вредного вещества (оксида магния) при опасной скорости ветра.

$$C_{\text{м}} = \frac{A\,M\,F\,m\,n\,\eta}{H^2\,\sqrt[3]{V_1\,\Delta T}} = \frac{160 \cdot 244 \cdot 3 \cdot 1{,}15 \cdot 1{,}20 \cdot 1}{50^2\,\sqrt[3]{3{,}5 \cdot 137{,}6}} = 8{,}25 \text{ мг/м}^3.$$

13. Расчет значения безразмерного коэффициента *d*.

Так как $0{,}5 \le \upsilon_{\text{м}} < 2$, то расчет *d* произведем по формуле (2.18)

$$d = 4{,}95\upsilon_{\text{м}}\left(1 + 0{,}28\sqrt[3]{f}\right) = 4{,}95 \cdot 1{,}38\left(1 + 0{,}28\sqrt[3]{0{,}113}\right) = 7{,}75.$$

14. Расчет расстояния $X_{\text{м}}$ от источника выброса до точки, где наблюдается максимальная приземная концентрация вредного вещества (оксида магния).

$$X_{\text{м}} = \frac{5 - F}{4}\,dH = \frac{5 - 3}{4}\;7{,}75 \cdot 50 = 193{,}8 \approx 194 \text{ м}.$$

15. Расчеты значений приземных концентраций окиси магния в произвольных точках на оси факела.

В зоне возрастания значений приземной концентрации (при $X/X_{\text{м}} \le 1$):

$$C = C_{\text{м}}\,S_1\,[3\,(X/X_{\text{м}})^4 - 8\,(X/X_{\text{м}}{}^3 + 6\,(X/X_{\text{м}})^2];$$

при $X_1 = 40$ м

$$C_1 = 8{,}25\,[\,3\,(40/194)^4 - 8\,(40/194)^3 + 6\,(40/194)^2] = 1{,}57 \text{мг/м}^3;$$

при $X_2 = 80$ м

$$C_2 = 8{,}25[3(80/194)^3 - 8\,(80/194)^3 + 6(80/194)^2] = 4{,}51 \text{ мг/м}^3;$$

при $X_3 = 150$ м

$$C_3 = 8{,}25\,[3\,(150/194)^4 - 8\,(150/194)^3 + 6\,(150/194)^2] = 7{,}93 \text{ мг/м}^3.$$

В зоне быстрого снижения значений приземной концентрации ($1 < X/X_{\text{м}} \le 8$)

$$C = C_м S_1 = C_м \frac{1{,}13}{0{,}13\,(X/X_м)^2 + 1};$$

при X_4 =300 м

$$C_4 = 8{,}25\frac{1{,}13}{0{,}13(300/194)^2 + 1} = 7{,}11 \text{ мг/м}^3;$$

при X_5=600 м

$$C_5 = 8{,}25\frac{1{,}13}{0{,}13(600/194)^2 + 1} = 4{,}16 \text{ мг/м}^3;$$

при X_6=1000 м

$$C_6 = 8{,}25\frac{1{,}13}{0{,}13(1000/194)^2 + 1} = 2{,}09 \text{ мг/м}^3;$$

при X_7 =8 $X_м$ =1552 м

$$C_7 = 8{,}25\frac{1{,}13}{0{,}13(1552/194)^2 + 1} = 1{,}00 \text{ мг/м}^3;$$

В зоне медленного снижения значений приземной концентрации ($X/X_м > 8$).

Так как F >1,5 , то расчет производится по формуле

$$C = C_м S_1 = C_м \frac{1}{0{,}1(X/X_м)^2 + 2{,}47(X/X_м) - 17{,}8};$$

при X_8 =1800 м

$$C_8 = 8{,}25\frac{1}{0{,}1(1800/194)^2 + 2{,}47(1800/194) - 17{,}8} = 0{,}60 \text{ мг/м}^3;$$

при X_9 =2000 м

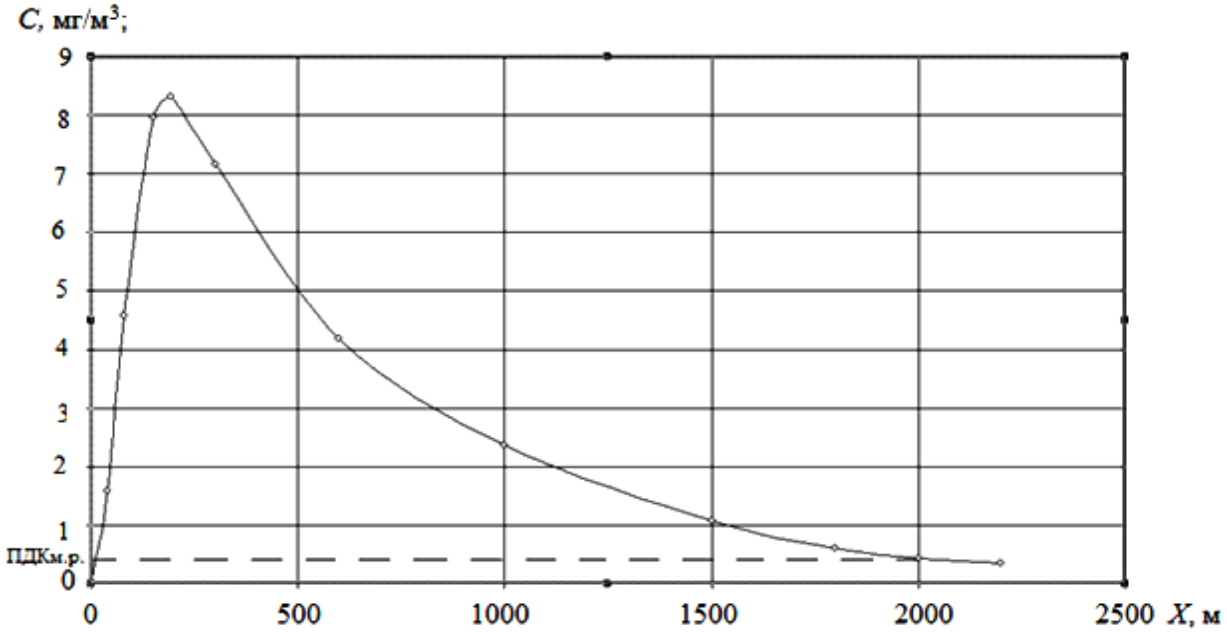
$$C_9 = 8{,}25\frac{1}{0{,}1(2000/194)^2 + 2{,}47(2000/194) - 17{,}8} = 0{,}45 \text{ мг/м}^3.$$

при X_{10}=2200 м

$$C_{10} = 8{,}25\frac{1}{0{,}1(2200/194)^2 + 2{,}47(2200/194) - 17{,}8} = 0{,}36 \text{ мг/м}^3.$$

16. Построение графика зависимости приземной концентрации C оксида магния по оси факела выброса от расстояния до источника выброса.

По принятым в п. 14 значениям X и рассчитанным значениям C строим график изменения приземной концентрации оксида магния по оси факела выброса.



Для нахождения безопасного расстояния ($X_{доп}$) до источника выброса целесообразно изменить масштаб графика зависимости $C = f(X)$ и построить график этой зависимости для области нахождения $X_{доп}$.

Безопасное расстояние ($X_{доп}$) можно найти аналитически из решения следующего уравнения:

$$\text{ПДК}_{\text{м.р}} = C_{\text{м}}\frac{1}{0{,}1(X/X_{\text{м}})^2 + 2{,}47(X/X_{\text{м}}) - 17{,}8};$$

Подставив в него $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$= 0,4 и $C_{\text{м}}$= 8,307, получим

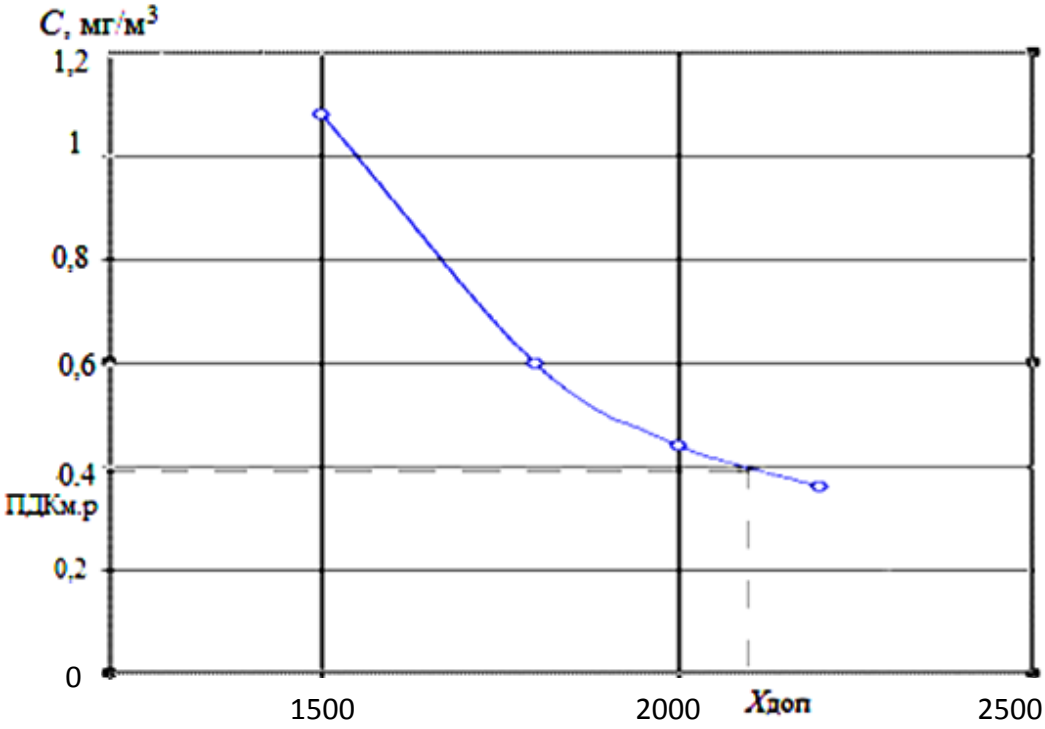
$$0{,}4 = 8{,}25\frac{1}{0{,}1(X/X_м)^2 + 2{,}47(X/X_м) - 17{,}8};$$

$$0{,}1\,(X/X_м)^2 + 2{,}47\,(X/X_м) - 17{,}8 = 20{,}625;$$

$$0{,}1\,(X/X_м)^2 + 2{,}47\,(X/X_м) - 38{,}425 = 0.$$

Решением этого квадратного уравнения является один корень $X / X_м = 10{,}84$. Тогда

$$X = 10{,}84 \cdot 194 = 2103 \text{ м}.$$



Ответ: $C_м = 8{,}25$ мг/м^3; $X_м = 194$ м; $X_{доп} = 2100$ м.

Пример 2

Задание № 5

Условия задания – см. в разд. 3.10.

Исходные данные для выполнения задания

1. Характеристики водотока:

– расход воды в реке: $Q = 3$ м^3/с;

– концентрация взвешенных веществ: $M_р = 9$ г/м^3;

– вредное вещество: стирол ($C_6H_5CH{=}CH_2$);

– концентрация вредного вещества: $K_р = 0{,}07$ г/м^3;

– температура воды в реке в самое жаркое время: $T_р = 22$ ºС;

– расстояние между створом сброса и контрольным створом по прямой: $l_{пр} = 358$ м;

– расстояние между створом сброса и контрольным створом по фарватеру: $l_ф = 500$ м;

– средняя глубина реки на участке разбавления: $H_{ср} = 1{,}2$ м;

– средняя скорость течения реки на участке разбавления: $\upsilon_{ср} = 0{,}7$ м/с;

– предельно допустимая концентрация вредного вещества (стирола): $K_{пд} = 0{,}1$ г/м^3;

– допустимое увеличение содержания взвешенных веществ: $m_{доп} = 0{,}75$ г/м^3.

2. Характеристика сточных вод:

– расход сточных вод: $q' = 30$ м^3/ч;

– концентрация взвешенных веществ: $M_{ст.нач} = 1250$ г/м^3;

– концентрация вредного вещества (стирола): $K_{ст.нач} = 130$ г/м^3;

– температура сточных вод: $T_{ст.нач} = 29$ ºС;

– место выпуска сточных вод в водоток – берег.

Решение:

1. Расчет разбавления сточных вод в реке.

1.1. Расчет секундного расхода сточных вод.

$$q = q'/3600 = 30/3600 = 0{,}00833 \text{ м}^3/\text{с}.$$

1.2. Расчет коэффициента турбулентной диффузии.

$$D = \upsilon_м H_{ср} / 200 = 0{,}7 \cdot 1{,}2 / 200 = 0{,}0042.$$

1.3. Расчет коэффициента извилистости реки.

$$\varphi = l_ф / l_{пр} = 500/358 = 1{,}4.$$

1.4. Определение коэффициента, учитывающего условия выпуска сточных вод.

Место выпуска сточных вод – берег, поэтому $\zeta = 1$.

1.5. Расчет коэффициента, учитывающего гидравлические условия смешения.

$$\alpha = \zeta\varphi\sqrt[3]{D/q} = 1 \cdot 1{,}4\sqrt[3]{0{,}0042/0{,}00833} = 1{,}114.$$

1.6. Расчет коэффициента промежуточных вычислений.

$$\beta = \mathrm{e}^{-\alpha\sqrt[3]{l_\Phi}} = \mathrm{e}^{-1{,}114\sqrt[3]{500}} = 1{,}45 \cdot 10^{-4}.$$

1.7. Расчет коэффициента смешения**.**

$$\gamma = \frac{1-\beta}{1+\frac{Q}{q}\beta} = \frac{1-1{,}45\cdot 10^{-4}}{1+\frac{3}{0{,}00833}\ 1{,}45\cdot 10^{-4}} = 0{,}95.$$

1.8. Расчет кратности разбавления сточных вод водой реки.

$$n = \frac{\gamma Q + q}{q} = \frac{0{,}95\cdot 3 + 0{,}00833}{0{,}00833} = 343.$$

2. Расчет допустимого к выпуску содержания взвешенных веществ в спускаемых сточных водах.

$$M_{\text{ст}} = n\ m_{\text{доп}} + M_{\text{р}} = 343 \cdot 0{,}75 + 9 = 266\ \text{г/м}^3.$$

3. Расчет допустимого к выпуску содержания вредного вещества (стирола) в спускаемых сточных водах.

$$K_{\text{ст}} = \frac{\gamma Q}{q}\left(K_{\text{пд}} - K_{\text{р}}\right) + K_{\text{пд}} = \frac{0{,}95\cdot 3}{0{,}00833}\ (0{,}1 - 0{,}07) + 0{,}1 = 10{,}4\ \text{г/м}^3.$$

4. Расчет допустимой температуры спускаемых сточных вод.

Примем, что допустимое повышение температуры воды водоема составит $T_{\text{д}}$ = 3 ºС. Тогда допустимая к сбросу температура сточных вод составит

$$T_{\text{ст}} = (\gamma Q/q + 1)T_{\text{д}} + T_{\text{р}} = \left(0{,}95\ \frac{3}{0{,}00833} + 1\right)3 + 22 = 1051\ ^\circ\text{C}.$$

Сравним $T_{\text{ст}}$ и $T_{\text{ст. нач}}$: так как $T_{\text{ст. нач}} < T_{\text{ст}}$ (29 ºС < 1051 ºС), то можно сделать вывод о том, что температура сбрасываемых в водоем сточных вод не лимитирует условия выпуска.

5. Определение необходимой степени очистки сточных вод перед выпуском в водоем.

5.1. Эффективность очистки сточных вод от взвешенных веществ.

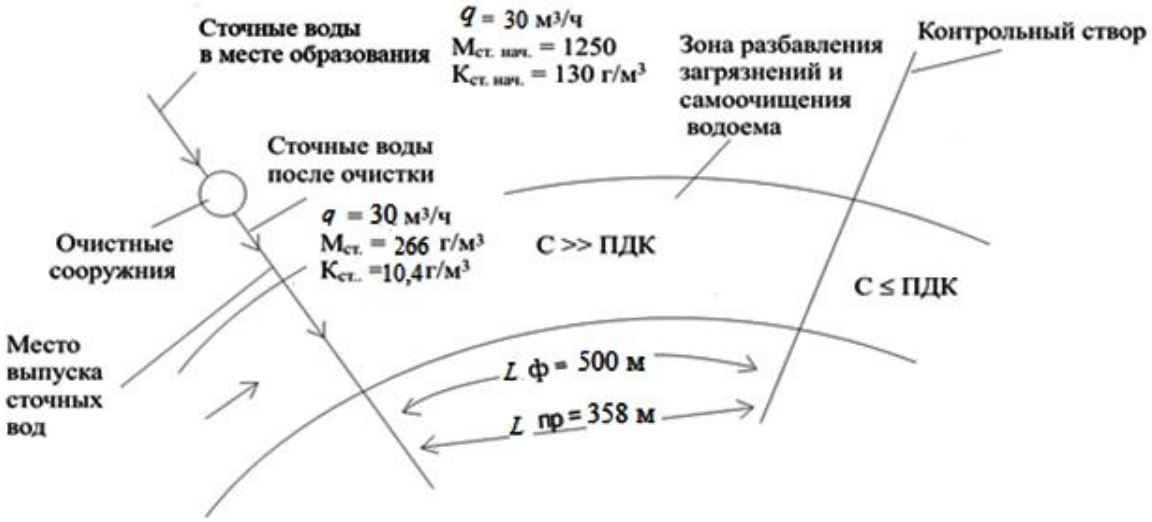
Так как $M_{ст.нач} > M_{ст}$, то необходима очистка сточных вод от взвешенных веществ.

$$Э_M = \frac{(M_{ст.нач} - M_{ст})100}{M_{ст.нач}} = \frac{(1250 - 266)100}{1250} = 78{,}7\ \%.$$

5.2. Эффективность очистки сточных вод от стирола.

$$Э_M = \frac{(K_{ст.нач} - K_{ст})}{K_{ст.нач}} = \frac{(130 - 10{,}6)}{130} = 92\ \%.$$

6. Ситуационная схема, поясняющая определение допустимых к сбросу концентраций загрязняющих веществ в сточных водах



Ответ

Допустимая к сбросу концентрация взвешенных веществ в сточных водах составляет 266 г/м^3; допустимая к сбросу концентрация стирола в сточных водах составляет 10,4 г/м^3.

Температура стоков не лимитирует условия их сброса в водоем.

Необходимый эффект работы очистных сооружений должен составлять: по взвешенным веществам – не менее 78,8 %, по стиролу – не менее 92 %.

Пример 3

Задание № 7

Условия задания

Определить для заданных параметров источника выброса:

1. Экономический ущерб от загрязнения атмосферного воздуха за год, если известно, что выброс распространяется над территорией, на которой населенные пункты с плотностью населения 60 чел./га занимают 15 %, пригородные зоны отдыха – 20 %, леса 1-й группы – 10 %, леса 2-й группы – 15 %, промышленные предприятия – 4 %, пашни – 15 % и пастбища – 11 % площади.

2. Плату за загрязнение атмосферного воздуха при следующих условиях: $C_ф$ = 0; существующая мощность выброса соответствует нормативу ВСВ, а точка, соответствующая положению максимальной приземной концентрации ($X_М$), расположена на территории населенного пункта. Проанализировать, в какой степени плата за загрязнение покрывает наносимый экономический ущерб.

3. Плату за загрязнение атмосферного воздуха при мощности выброса, соответствующего нормативу ПДВ при условии, что точка, соответствующая положению максимальной приземной концентрации ($X_М$), расположена на территории населенного пункта. Сделать вывод о целесообразности строительства очистных сооружений при существующих ставках нормативов платежей.

4. Величину предотвращенного экономического ущерба вследствие выполнения природоохранных мероприятий.

Исходные данные для выполнения задания: см. исходные данные для примера 1, а также:

– расстояние до населенного пункта $X_{расч}$=1200 м;

–среднесуточная предельно допустимая концентрация ПДК$_{с.с}$=0,05 мг/м^3;

– продолжительность работы источника τ = 6500 ч/год;

– коэффициент экологической ситуации территории $К_э$=1,5;

– среднегодовая температура наружного воздуха $\overline{T} = 6{,}8$ °С.

*Решение:*1.Определение экономического ущерба от загрязнения воздушной среды при отсутствии системы очистки выброса.

1.1.Расчет среднегодового значения разницы температуры на выходе из трубы и температуры наружного воздуха:

$$\Delta T = T - \overline{T} = 160 - 6{,}8 = 153{,}2\ ^{\circ}\text{C}.$$

1.2. Расчет значения безразмерной поправки на подъем факела выброса в атмосфере:

$$\varphi = 1 + \Delta T / 75\ ^{\circ}\text{C} = 1 + 153{,}2 / 75 = 3{,}04\ .$$

1.3. Расчет радиусов внешней и внутренней зоны активного загрязнения (ЗАЗ):

$$r_{\text{внутр}} = 2\ \varphi\ H = 2 \cdot 3{,}04 \cdot 50 = 304\ \text{м};$$
$$r_{\text{внешн}} = 20\ \varphi\ H = 20 \cdot 3{,}04 \cdot 50 = 3040\ \text{м}.$$

1.4. Расчет площади зоны активного загрязнения:

$$S_{\text{ЗАЗ}} = \pi\ (r^2_{\text{внешн}} - r^2_{\text{внутр}}) \cdot 10^{-4} = \pi\ (3040^2 - 304^2) \cdot 10^{-4} = 2874\ \text{га}.$$

1.5. Определение коэффициента, учитывающего особенности территории ЗАЗ.

По условию задания, 15 % ЗАЗ занимают населенные пункты с плотностью населения 60 чел/га. Для этой части ЗАЗ получим:

$$\sigma_1 = 0{,}1\ \ n = 0{,}1 \cdot 60 = 6.$$

Вторая часть ЗАЗ, составляющая 20 % от ее общей площади, занята природными зонами отдыха:

$$\sigma_2 = 8.$$

Третья часть ЗАЗ, составляющая 10 % от ее общей площади, – леса 1-й группы:

$$\sigma_3 = 0{,}2.$$

Четвертая часть ЗАЗ, составляющая 15 % от ее общей площади, – леса 2-й группы:

$$\sigma_4 = 0{,}1.$$

Пятая часть ЗАЗ представляет собой зону, занятую промышленными предприятиями. На ее долю приходится 4 % площади ЗАЗ

$$\sigma_5 = 4.$$

Шестая часть ЗАЗ, занимающая 25 % площади ЗАЗ, – пашни:

$$\sigma_6 = 0{,}1.$$

Седьмая часть ЗАЗ, составляющая 11 % площади ЗАЗ, – это пастбища:

$$\sigma_7 = 0{,}05.$$

По формуле (4.4) получим:

$$\sigma = \sum_{j=1}^{K} \frac{S_j}{S_{\text{ЗАЗ}}} \sigma_j;$$

$$\sigma = 0{,}15 \cdot 6 + 0{,}2 \cdot 8 + 0{,}1 \cdot 0{,}2 + 0{,}15 \cdot 0{,}1 + 0{,}04 \cdot 4 + 0{,}25 \cdot 0{,}1 + \\ + 0{,}11 \cdot 0{,}05 = 2{,}7255.$$

1.6. Расчет безразмерной поправки, учитывающей характер рассеивания примеси в атмосфере.

Загрязняющее вещество – частицы оксида магния. По условию задания, выброс не очищается. Поэтому

$$f = f_3 = 10 .$$

1.7. Расчет годового выброса оксида магния:

$$M_{i\,\text{год}} = M_i \, \tau_i = 244 \cdot 10^{-6} \cdot 3600 \cdot 6500 = 5709{,}6 \text{ т/год}.$$

1.8. Определение коэффициента приведения вредного вещества оксида магния к «монозагрязнителю»: по табл.4.2: $B_i = 26{,}3$.

1.9 Расчет величины годового экономического ущерба от загрязнения:

$$Z_{\text{год}}^{\text{атм}} = \omega_t \, \sigma \, K_{\text{u}} \, B_i \, M_{i\,\text{год}} \, f_i = 24{,}8 \cdot 2{,}7255 \cdot 1{,}0 \cdot 26{,}3 \cdot 5709{,}6 \cdot 10 = \\ = 101\,498\,424 \approx 101{,}5 \text{ млн руб}.$$

2. Расчет размера платы за загрязнение атмосферного воздуха при отсутствии системы очистки выброса.

2.1. Расчет величины предельно допустимого выброса.

Для определения ПДВ необходимо предварительно рассчитать безразмерные коэффициенты m и n, разность температур ΔT

и определить параметр F температурной стратификации атмосферы в месте выброса. Возьмем это значение из примера 1 (см.расчет примера 1).

По формуле (2.55) рассчитаем величину ПДВ

$$\text{ПДВ} = \frac{\left(\text{ПДК}_{\text{м.р}} - C_{\text{ф}}\right)H^2}{A\,F\,m\,n\,\eta}\sqrt[3]{V_1\Delta T} = \frac{(0{,}4-0)50^2}{160\cdot 3\cdot 1{,}152\cdot 1{,}204\cdot 1}\times$$
$$\times\sqrt[3]{3{,}5\cdot 137{,}6} = = 11{,}771\ \text{г/с}.$$

2.2. Расчет величины годового выброса вредного вещества, отвечающего нормативу ПДВ:

$$M_{\text{н}\,i\,\text{год}} = \text{ПДВ}_i\cdot\tau_i = 11{,}771\cdot 10^{-6}\cdot 3600\cdot 6500 = 275{,}4\ \text{т/год}.$$

2.3. Определим ставки платы за выбросы оксида магния (MgO), используя для этого таблицу Приложения 1:

$$C_{\text{н}\,i\,\text{атм}} = 21\ \text{руб/год};$$
$$C_{\text{л}\,i\,\text{атм}} = 105\ \text{руб/год}.$$

Позиция введена в действие постановлением Правительства РФ № 410. Поэтому коэффициент индексации платы $K_{\text{ин}}$ равен 2,07 (табл. 4.5).

2.4. Расчет общей платы за загрязнение атмосферного воздуха выбросами данного источника за год:

$$\Pi_{\text{атм}} = K_{\text{э}}K_{\text{ин}}\left[C_{\text{н}\,i\,\text{атм}}M_{\text{н}\,i\,\text{год}} + C_{\text{л}\,i\,\text{атм}}\left(M_{\text{л}\,i\,\text{год}}\right)\right] =$$
$$= 1{,}5\cdot 2{,}07[21\cdot 275{,}4 + 105(5709{,}6 - 275{,}4)] =$$
$$= 178964{,}5\ \text{руб/год} \approx 1{,}79\ \text{млн руб/год}.$$

2.5. Сравнение размера платежа за загрязнение и нанесенного экономического ущерба.

Расчетное значение годового экономического ущерба, причиненного загрязнением атмосферного воздуха и территорий выбросами данного источника, составляет $Z_{\text{год}}^{\text{атм}} = 101{,}5$ млн руб.

Огромная величина ущерба обусловлена тем, что на объекте нет газоочистных сооружений. В результате этого в атмосферу поступает большое количество загрязняющего вещества (M = 244 г/с), которое представляет собой крупные быстрооседающие на землю (f = 10) частицы. В зону загрязнения попадает часть территории населенного пункта, пригородная зона, промзона. Это ценные с позиций экономи-

ческой значимости территории. Зона активного загрязнения (ЗАЗ) занимает площадь 2874 га.

Размер платы за загрязнение атмосферного воздуха для данного источника составляет $П_{атм}$ = 1,79 млн руб. Таким образом, при действующих базовых нормативах платы, природопользователь возмещает лишь 1,8 % (1,79/101,5) стоимостного выражения причиненного вреда окружающей среде.

3. Расчет размера платы за загрязнение атмосферного воздуха при наличии системы очистки выброса.

Примем, что система очистки выброса обеспечивает мощность выброса, соответствующего нормативу ПДВ.

3.1. Определение необходимой эффективности работы газоочистных сооружений:

$$Э = \frac{M_i - ПДВ_i}{M_i} 100\ \% = \frac{244 - 11{,}771}{244} 100\ \% = 95{,}2\ \%.$$

После прохождения газоочистного сооружения дисперсный состав частиц меняется. Поэтому необходимо уточнить значение коэффициента *F*, учитывающего скорость оседания частиц, и соответственно уточнить величину $ПДВ_i$.

Предположим, что эффективность газоочистных сооружений для обеспечения мощности выброса на уровне ПДВ составляет не менее 90 %. Тогда *F* = 2.

3.2. Расчет величины ПДВ:

$$ПДВ' = \frac{(ПДК_{м.р} - C_ф)H^2}{A\ F\ m\ n} \sqrt[3]{3{,}5 \cdot 137{,}6} = 17{,}66\ г/с.$$

3.3. Уточним необходимую эффективность работы газоочистных сооружений:

$$Э = \frac{M_i - ПДВ'}{M_i} 100\ \% = \frac{244 - 17{,}66}{244} 100\ \% = 92{,}76\ \%.$$

Эффективность – выше 90 %. Предположение оказалось верным, и поэтому при наличии газоочистных сооружений $ПДВ'_i$ = 17,66 г/с.

3.4. Расчет величины годового выброса вредного вещества:

$$M_{н\,i\,год} = ПДВ'_i \cdot \tau_i = 17{,}66 \cdot 10^{-6} \cdot 3600 \cdot 6\ 500 = 413{,}24\ т/год.$$

3.5. Расчет годовой платы за загрязнение атмосферного воздуха:

$$П'_{атм} = K_э K_{ин} C_{нi} M_{нiгод} = 1{,}5 \cdot 2{,}07 \cdot 21 \cdot 413{,}24 = 26945{,}3 \text{ руб./год.}$$

3.6. Определение экономии средств природопользователя, образующейся за счет снижения платы за загрязнение в случае оснащения источника выброса системой очистки газов:

$$\Delta П_{атм} = П_{атм} - П'_{атм} = 1789642{,}5 - 26945{,}3 =$$
$$= 1762697{,}2 \text{ руб/год} \approx 1{,}763 \text{ млн руб.}$$

3.7. Выводы о целесообразности строительства газоочистных сооружений.

Минимальная эффективность работы газоочистных сооружений для данного источника по условию обеспечения норматива ПДВ должна составлять не менее Э ≥ 92,8 % .

Учитывая, что загрязняющее вещество представляет собой твердые частицы (пыль оксида магния), газоочистные сооружения могут включать в себя двухступенчатую сухую механическую очистку с использованием, к примеру, циклонов, или могут быть выполнены на основе применения электрофильтра.

Средства, которые предприятие может направить на строительство очистных сооружений, составляют 1,763 млн руб./год. Очистные сооружения стоимостью порядка 10 млн руб. окупятся в течение 5 лет за счет экономии средств предприятия от обязательных платежей за загрязнение окружающей среды. Таким образом, для данного объекта действующие ставки нормативов платежей являются действенным стимулом для внедрения очистных сооружений.

4. Определение величины предотвращенного экономического ущерба, вследствие выполнения природоохранных мероприятий.

4.1.Определение экономического ущерба от загрязнения воздушной среды в случае оснащения источника выброса газоочистным сооружением.

4.1.1. Определение безразмерного коэффициента f , учитывающего характер рассеивания примеси в воздухе.

Поскольку Э > 90 % , то величину поправки f будем рассчитывать по формуле

$$f = f_1 = \frac{100}{100 + \varphi H} \cdot \frac{4}{1+u} = \frac{100}{100 + 3{,}04 \cdot 50} \cdot \frac{4}{1+3} = 0{,}397.$$

4.1.2. Расчет величины годового экономического ущерба:

$$Z'_{\text{год}}{}^{\text{атм}} = \omega_t\, \sigma\, K_{\text{и}}\, B_i\, M_{i\,\text{год}}\, f_i = 24{,}8 \cdot 2{,}7255 \cdot 1{,}0\ 26{,}3 \cdot 413{,}24 \cdot 0{,}397 =$$
$$= 291639{,}6 \text{ руб.} = 0{,}29 \text{ млн руб.}$$

4.2.Определение величины предотвращенного экономического ущерба, полученного в результате оснащения источника выброса эффективной газоочистной системой:

$$Z_{\text{год}}{}^{\text{предотвр}} = Z^{\text{атм}}{}_{1\,\text{год}} - Z^{\text{атм}}{}_{2\ \text{год}} = 101{,}5 - 0{,}29 = 101{,}21 \text{ млн руб.}$$

Ответ

Величина предотвращенного экономического ущерба, обусловленного оснащением источника выброса газоочистным оборудованием, составит $Z_{\text{год}}{}^{\text{предотвр}} = 101{,}21$ млн руб./год.

Пример 4

Задание № 8

Условия задания – см. в разделе 4.7.

Исходные данные для выполнения задания – см. в примере 2, а также:

1. Характеристика водотока:

– бассейновая и административная принадлежность водотока: р. Кубань, Краснодарский край.

2. Характеристика сточных вод:

– продолжительность поступления сточных вод в водоток составляет $\tau = 5000$ ч/год.

Решение

1. Определение экономического ущерба от загрязнения водоема сбросами вредных веществ при существующих концентрациях загрязнений ($K_{\text{ст.нач}}$, $M_{\text{ст.нач}}$).

1.1. Определение значений некоторых коэффициентов, необходимых для проведения расчета.

По табл. 4.3 находим значение коэффициента β, учитывающего особенности водоема, подверженного вредному воздействию: β=2,6.

Значения показателей относительной опасности (A_i) загрязняющих веществ находим по табл. 4.4:

– для взвешенных веществ A_M = 0,33 усл.т/т;
– для стирола A_K = 10 усл.т/т.

1.2. Расчет объемов сбросов загрязняющих веществ, поступающих в водоем в течение года.

Количество взвешенных веществ:

$$V_{M\,\text{год}} = M_{\text{ст.нач}} \cdot q' \cdot \tau \cdot 10^{-6} = 1250 \cdot 30 \cdot 5000 \cdot 10^{-6} = 187{,}5 \text{ т/год.}$$

Количество стирола:

$$V_{K\,\text{год}} = K_{\text{ст.нач}} \cdot q' \cdot \tau \cdot 10^{-6} = 130 \cdot 30 \cdot 5000 \cdot 10^{-6} = 19{,}5 \text{ т/год.}$$

1.3. Расчет годовой величины экономического ущерба.

$$Z_{\text{год}^{\text{вод}}} = \rho_t \, \beta \, K_{\text{ин}} \sum_{i}^{3} A_i \cdot V_i = 4133 \cdot 2{,}6 \cdot 1{,}0 \, (0{,}33 \cdot 157{,}5 + 10 \cdot 19{,}5) =$$

$$= 2760327 \approx 2{,}76 \text{ млн руб.}$$

2. Определение платы за загрязнение водотока.

Для расчета платы необходимо определить величины НДС по загрязняющим веществам.

2.1. Провести расчет разбавления сточных вод в реке (см. пример 2).

2.2. Провести расчет допустимых к выпуску концентраций взвешенных веществ, вредного вещества (стирола) – см. решения из примера 2.

2.3. Расчет нормативно допустимых сбросов загрязняющих веществ.

НДС по взвешенным веществам:

$$\text{НДС}_M = M_{\text{ст}} \cdot q' = 266 \cdot 30 = 7980 \text{ г/ч.}$$

НДС по вредному веществу (стиролу):

$$\text{НДС}_K = K_{\text{ст}} \cdot q' = 10{,}4 \cdot 30 = 312 \text{ г/ч.}$$

2.4. Расчет допустимых сбросов (годовых) загрязняющих веществ в водоем.

По взвешенным веществам:

$$M_{\text{н м год}} = 7986 \cdot 5000 \cdot 10^{-6} = 39{,}9 \text{ т/год.}$$

По вредному веществу (стиролу):

$$M_{\text{н к год}} = 312 \cdot 5000 \cdot 10^{-6} = 1{,}56 \text{ т/год.}$$

2.5. Существующие сбросы составляют:
– по взвешенным веществам $M_{\text{лм вод}}$=195 т/год;
– по стиролу $M_{\text{л к вод}}$ = 19,5 т/год.

2.6. Определение ставок платы за загрязнение проводим с помощью таблицы Приложения 2.

Вредное вещество (стирол):

$C_{\text{нк}}$ = 2755руб./т;
$C_{\text{лк}}$ = 13 775 руб./т.

Взвешенные вещества:

$C_{\text{нм}}$ = 366 руб./т;
$C_{\text{лм}}$ = 1830 руб./т.

Коэффициент индексации платы на 2016 год по взвешенным веществам и стиролу составляет $K_{\text{ин}}$=2,56, так как для этих веществ нормативы платы были установлены постановлением Правительства РФ № 344.

2.7. Коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния водного объекта: по табл.4.7 для бассейна р.Кубань Краснодарский край $K_{\text{э}}^{\text{вод}}$ = 2,2.

2.8. Расчет общей платы за загрязнение водного объекта в течение года:

$$\text{П}_{\text{вод}} = K_{\text{э}}^{\text{вод}} \left(\sum_{i=1}^{n} C_{\text{н}\,i\,\text{вод}} M_{\text{н}\,i\,\text{ин}} + \sum_{i=1}^{2} C_{\text{л}\,i\,\text{вод}} \left(M_{\text{л}\,i\,\text{вод}} - M_{\text{н}\,i\,\text{ин}} \right) K_{i\,\text{ин}} \right) =$$

$$= 2{,}2\ [\ (366 \cdot 39{,}9 \cdot 2{,}56 + 2755 \cdot 1{,}56 \cdot 2{,}56) + 1830\ (195 - 39{,}9) \times$$
$$\times 2{,}56 + 13775\ (19{,}5\text{-}1{,}56) \cdot 2{,}56] = 3096798 \text{ руб} \approx 3{,}097 \text{ млн руб.}$$

Ответ

Расчетное значение экономического ущерба $Z_{\text{год}}^{\text{вод}}$, причиненного загрязнением реки, для бассейна р.Кубань оно составляет 2,76 млн руб. в год.

Плата за загрязнение данного водотока $П_{вод}$ составляет 3,097 млн руб. в год. Таким образом, размер платежей за загрязнение среды полностью покрывается стоимостным выражением причиненного вреда окружающей среде.

Пример 5

Задание № 9

Условия задания – см. в разделе 5.5.

Исходные данные для выполнения задания

1. Состав автопарка предприятия:

– легковые автомобили с рабочим объемом ДВС свыше 1,8 л до 3,5 л, карбюраторные ДВС (Б) – 7 шт.;

– грузовые автомобили производства СНГ, грузоподъемностью до 2 т с дизельными ДВС (Д) – 11 шт.;

– грузовые автомобили иностранного производства, грузоподъемностью до 2 т с карбюраторными ДВС (Б) – 6 шт.;

– автобусы иностранные большие (10,0–12,0 м) с дизельными ДВС (Д) – 8 шт.

2. Условия эксплуатации автопарка предприятия:

– пробег по территории, км:

при выезде $L_1 = 0{,}15$,

при въезде $L_2 = 0{,}15$;

– количество рабочих дней периода года:

в холодном: $Д_р^{х} = 93$,

в переходном: $Д_р^{п} = 72$,

в теплом: $Д_р^{т} = 95$;

– вид техобслуживания автомобилей: экологический контроль не проводится;

– коэффициент выпуска автомобилей на линию $\alpha_В = 0{,}75$;

– марка применяемого бензина АИ-92.

Решение

Для определения валовых выбросов загрязняющих веществ (CO, CH и NO_X) автопарка предприятия произведем расчет выбросов для каждой группы автомобилей.

I группа источников выбросов – легковые автомобили, имеющие карбюраторные ДВС рабочим объемом 1,8–3,5 л. Число автомобилей – 7 шт.

По табл. 5.3–5.5 находим удельные выбросы загрязняющих веществ при различных условиях эксплуатации автомобилей. Значения величин удельных выбросов для переходного периода эксплуатации получим путем умножения значений, приведенных для холодного периода, на коэффициент 0,9 для CO и CH. Значения удельных выбросов NO_X переходного периода равны удельным выбросам холодного периода.

Удельные выбросы $m_{пр}$ (г/мин) при прогреве двигателя

Вещество	CO	CH	NO_x
Теплый период	3,0	0,31	0,02
Холодный период	6,0	0,47	0,03
Переходный период	5,4	0,423	0,03

Удельные выбросы m_L (г/км) при пробеге по территории

Вещество	CO	CH	NO_x
Теплый период	9,4	1,2	0,17
Холодный период	11,8	1,8	0,17
Переходный период	10,62	1,62	0,17

Удельные выбросы m_{xx} (г/мин) на холостом ходу

Вещество	CO	CH	NO_x
Во все периоды	2,0	0,25	0,02

Выброс каждого загрязняющего вещества для каждого периода года одним автомобилем рассчитываем по формуле

$$M_i^j = M_i'^j + M_i''^j = m_{\text{пр}i}^{\ j} t_{\text{пр}}^j + m_{Li}^{\ j}(L_1 + L_2) + m_{\text{хх}1}^{\ j}(t_{\text{хх}1} + t_{\text{хх}2}).$$

По условию задания: $L_1 = L_2 = 0{,}15$ км.

По условиям эксплуатации автомобилей: $t_{\text{хх}1} = t_{\text{хх}2} = 1$ мин.

Автомобили хранятся на открытых стоянках без средств подогрева. По табл.5.18 находим время прогрева двигателя:

– в теплый период $t_{\text{пр}}^{\ \text{т}} = 3$ мин,
– в холодный период $t_{\text{пр}}^{\ \text{х}} = 10$ мин,
– в переходный период $t_{\text{пр}}^{\ \text{п}} = 4$ мин.

Выброс окиси углерода (CO):

– в теплый период $M_{\text{CO}}^{\ \text{Т}} = 3 \cdot 3 + 9{,}4 \cdot 0{,}3 + 2{,}0 \cdot 2 = 15{,}82$ г;
– в холодный период $M_{\text{CO}}^{\ \text{Х}} = 6 \cdot 10 + 11{,}8 \cdot 0{,}3 + 2{,}0 \cdot 2 = 67{,}54$ г;
– в переходный период $M_{\text{CO}}^{\ \text{П}} = 5{,}4 \cdot 4 + 10{,}62 \cdot 0{,}3 + 2{,}0 \cdot 2 = 28{,}79$ г.

Выброс паров бензина (CH):

– в теплый период $M_{CH}^{т} = 0{,}31 \cdot 3 + 1{,}2 \cdot 0{,}3 + 0{,}25 \cdot 2 = 1{,}79$ г;

– в холодный период $M_{CH}^{х} = 0{,}47 \cdot 10 + 1{,}8 \cdot 0{,}3 + 0{,}25 \cdot 2 = 5{,}74$ г;

– в переходный период $M_{CH}^{п} = 0{,}423 \cdot 4 + 1{,}62 \cdot 0{,}3 + 0{,}25 \cdot 2 = 2{,}678$ г.

Выброс окислов азота (NO_x):

– в теплый период $M_{NOx}^{т} = 0{,}02 \cdot 3 + 0{,}17 \cdot 0{,}3 + 0{,}02 \cdot 2 = 0{,}151$ г;

– в холодный период $M_{NOx}^{х} = 0{,}03 \cdot 10 + 0{,}17 \cdot 0{,}3 + 0{,}02 \cdot 2 = 0{,}391$ г;

– в переходный период $M_{NOx}^{п} = 0{,}03 \cdot 4 + 0{,}17 \cdot 0{,}3 + 0{,}02 \cdot 2 = 0{,}211$ г.

Валовой выброс каждого загрязняющего вещества для каждого периода года для всей группы легковых автомобилей рассчитываем по формуле

$$M_i^j = \alpha_В \, M_i \, N \, Д_р \, 10^{-3}.$$

По условию задания: $\alpha_В = 0{,}75$; $N = 7$ шт.; $Д_р^{т} = 95$; $Д_р^{х} = 93$; $Д_р^{п} = 72$.

Валовой выброс CO:

– в теплый период $M_{CO}^{т} = 0{,}75 \cdot 15{,}82 \cdot 7 \cdot 95 \cdot 10^{-3} = 7{,}89$ кг;

– в холодный период $M_{CO}^{х} = 0{,}75 \cdot 67{,}54 \cdot 7 \cdot 93 \cdot 10^{-3} = 32{,}98$ кг;

– в переходный период $M_{CO}^{п} = 0{,}75 \cdot 28{,}79 \cdot 7 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 10{,}88$ кг.

Валовой выброс CH:

– в теплый период $M_{CH}^{т} = 0{,}75 \cdot 1{,}79 \cdot 7 \cdot 95 \cdot 10^{-3} = 0{,}893$ кг;

– в холодный период $M_{CH}^{х} = 0{,}75 \cdot 5{,}74 \cdot 7 \cdot 93 \cdot 10^{-3} = 2{,}803$ кг;

– в переходный период $M_{CH}^{п} = 0{,}75 \cdot 2{,}678 \cdot 7 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 1{,}012$ кг.

Валовой выброс NO_x:

– в теплый период $M_{NOx}^{т} = 0{,}75 \cdot 0{,}151 \cdot 7 \cdot 95 \cdot 10^{-3} = 0{,}0753$ кг;

– в холодный период $M_{NOx}^{х} = 0{,}75 \cdot 0{,}391 \cdot 7 \cdot 93 \cdot 10^{-3} = 0{,}1909$ кг;

– в переходный период $M_{NOx}^{п} = 0{,}75 \cdot 0{,}211 \cdot 7 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 0{,}0798$ кг.

II группа источников выбросов – грузовые автомобили производства СНГ грузоподъемностью до 2 т с дизельными ДВС. Число автомобилей – 11 шт.

По табл.5.6–5.8 находим удельные выбросы загрязняющих веществ.

Удельные выбросы $m_{пр}$ (г/мин) при прогреве двигателя

Вещество	CO	CH	NO_x
Теплый период	1,5	0,2	0,4
Холодный период	2,4	0,5	0,6
Переходный период	2,16	0,45	0,6

Удельные выбросы m_L (г/км) при пробеге по территории

Вещество	CO	CH	NO_x
Теплый период	2,3	0,6	2,2
Холодный период	2,8	0,7	2,2
Переходный период	2,52	0,63	2,2

Удельные выбросы m_{xx} (г/мин) на холостом ходу

Вещество	CO	CH	NO_x
Во все периоды	0,8	0,2	0,16

Выброс окиси углерода CO:

– в теплый период $M_{CO}^{T} = 1,5 \cdot 3 + 2,3 \cdot 0,3 + 0,8 \cdot 2 = 6,79$ г;

– в холодный период $M_{CO}^{X} = 2,4 \cdot 10 + 2,8 \cdot 0,3 + 0,8 \cdot 2 = 26,44$ г;

– в переходный период $M_{CO}^{П} = 2,16 \cdot 4 + 2,52 \cdot 0,3 + 0,8 \cdot 2 = 11,00$ г.

Выброс паров дизельного топлива CH:

– в теплый период $M_{CH}^{T} = 0,2 \cdot 3 + 0,6 \cdot 0,3 + 0,2 \cdot 2 = 1,18$ г;

– в холодный период $M_{CH}^{X} = 0,5 \cdot 10 + 0,7 \cdot 0,3 + 0,2 \cdot 2 = 5,61$г;

– в переходный период $M_{CH}^{П} = 0,45 \cdot 4 + 0,63 \cdot 0,3 + 0,2 \cdot 2 = 2,39$ г.

Выброс окислов азота NO_x:

– в теплый период $M_{NOx}^{т} = 0,4 \cdot 3 + 2,2 \cdot 0,3 + 0,16 \cdot 2 = 2,18$ г;

– в холодный период $M_{NOx}^{х} = 0,6 \cdot 10 + 2,2 \cdot 0,3 + 0,16 \cdot 2 = 6,98$ г;

– в переходный период $M_{NOx}^{п} = 0,6 \cdot 4 + 2,2 \cdot 0,3 + 0,16 \cdot 2 = 3,38$ г.

Валовой выброс каждого загрязняющего вещества для каждого периода года для всей группы грузовых автомобилей производства СНГ грузоподъемностью до 2 т.

Валовой выброс CO:

– в теплый период $M_{CO}^{T} = 0,75 \cdot 6,79 \cdot 11 \cdot 95 \cdot 10^{-3} = 5,32$ кг;

– в холодный период $M_{CO}^{X} = 0,75 \cdot 26,44 \cdot 11 \cdot 93 \cdot 10^{-3} = 20,29$ кг;

– в переходный период $M_{CO}^{П} = 0,75 \cdot 11 \cdot 11 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 6,53$ кг.

Валовой выброс CH:

– в теплый период $M_{CH}^{T} = 18 \cdot 11 \cdot 95 \cdot 10^{-3} = 0,925$ кг;

– в холодный период $M_{CH}^{X} = 0,75 \cdot 5,61 \cdot 11 \cdot 93 \cdot 10^{-3} = 4,304$ кг;

– в переходный период $M_{CH}^{П} = 0,75 \cdot 2,39 \cdot 11 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 1,42$ кг.

Валовой выброс NO_x:

– в теплый период $M_{NOx}^{т} = 0,75 \cdot 2,18 \cdot 11 \cdot 95 \cdot 10^{-3} = 1$, кг;

– в холодный период $M_{NOx}^{х} = 0,75 \cdot 6,98 \cdot 11 \cdot 93 \cdot 10^{-3} = 5,355$ кг;

– в переходный период $M_{NOx}^{п} = 0,75 \cdot 3,38 \cdot 11 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 2,008$ кг.

III группа источников выбросов – грузовые автомобили иностранного производства грузоподъемностью до 2 т с карбюраторными ДВС. Число автомобилей – 6 шт.

По табл. 5.9–5.11 находим удельные выбросы загрязняющих веществ при различных условиях эксплуатации автомобилей.

Удельные выбросы $m_{пр}$ (г/мин) при прогреве двигателя

Вещество	CO	CH	NO_x
Теплый период	4,5	0,44	0,03
Холодный период	8,8	0,68	0,04
Переходный период	7,92	0,612	0,04

Удельные выбросы m_L (г/км) при пробеге по территории

Вещество	CO	CH	NO_x
Теплый период	15,8	2,0	0,3
Холодный период	19,8	2,9	0,3
Переходный период	17,82	2,61	0,3

Удельные выбросы $m_{хх}$ (г/мин) на холостом ходу

Вещество	CO	CH	NO_x
Во все периоды	3,5	0,35	0,03

Выброс окиси углерода CO:

– в теплый период $M_{CO}^{Т} = 4,5 \cdot 3 + 15,8 \cdot 0,3 + 3,5 \cdot 2 = 25,24$ г;

– в холодный период $M_{CO}^{Х} = 8,8 \cdot 10 + 19,8 \cdot 0,3 + 3,5 \cdot 2 = 100,94$ г;

– в переходный период $M_{CO}^{П} = 7,92 \cdot 4 + 17,82 \cdot 0,3 + 3,5 \cdot 2 = 44,03$ г.

Выброс паров бензина CH:

– в теплый период $M_{CH}^{Т} = 0,44 \cdot 3 + 2,0 \cdot 0,3 + 0,35 \cdot 2 = 2,62$ г;

– в холодный период $M_{CH}^{Х} = 0,68 \cdot 10 + 2,9 \cdot 0,3 + 0,35 \cdot 2 = 8,37$ (г);

– в переходный период $M_{CH}^{П} = 0,612 \cdot 4 + 2,61 \cdot 0,3 + 0,35 \cdot 2 = 3,93$ (г).

Выброс окислов азота NO_x:

– в теплый период $M_{NOx}^{т} = 0{,}03 \cdot 3 + 0{,}3 \cdot 0{,}3 + 0{,}03 \cdot 2 = 0{,}24$ г;

– в холодный период $M_{NOx}^{х} = 0{,}04 \cdot 10 + 0{,}3 \cdot 0{,}3 + 0{,}03 \cdot 2 = 0{,}55$ г;

– в переходный период $M_{NOx}^{п} = 0{,}04 \cdot 4 + 0{,}3 \cdot 0{,}3 + 0{,}03 \cdot 2 = 0{,}31$ г.

Валовой выброс каждого загрязняющего вещества для каждого периода года для всей группы грузовых автомобилей иностранного производства грузоподъемностью до 2 т.

Валовой выброс CO:

– в теплый период $M_{CO}^{Т} = 0{,}75 \cdot 25{,}24 \cdot 6 \cdot 95 \cdot 10^{-3} = 10{,}79$ кг;

– в холодный период $M_{CO}^{Х} = 0{,}75 \cdot 100{,}94 \cdot 6 \cdot 93 \cdot 10^{-3} = 42{,}2$ кг;

– в переходный период $M_{CO}^{П} = 0{,}75 \cdot 44{,}03 \cdot 6 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 14{,}26$ кг.

Валовой выброс CH:

– в теплый период $M_{CH}^{Т} = 0{,}75 \cdot 2{,}62 \cdot 6 \cdot 95 \cdot 10^{-3} = 1{,}12$ кг;

– в холодный период $M_{CH}^{Х} = 0{,}75 \cdot 8{,}37 \cdot 6 \cdot 93 \cdot 10^{-3} = 3{,}503$ кг;

– в переходный период $M_{CH}^{П} = 0{,}75 \cdot 3{,}93 \cdot 6 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 1{,}273$ кг.

Валовой выброс NO_x:

– в теплый период $M_{CH}^{Т} = 0{,}75 \cdot 0{,}24 \cdot 6 \cdot 95 \cdot 10^{-3} = 0{,}103$ кг;

– в холодный период $M_{CH}^{Х} = 0{,}75 \cdot 0{,}55 \cdot 6 \cdot 93 \cdot 10^{-3} = 0{,}23$ кг;

– в переходный период $M_{CH}^{П} = 0{,}75 \cdot 0{,}31 \cdot 6 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 0{,}1$ кг.

IV группа источников выбросов – автобусы иностранные большие (10,0 – 12,0 м длиной) с дизельными ДВС. Число автобусов – 8 шт.

По табл.5.15 – 5.17 определяем удельные выбросы загрязняющих веществ при различных режимах эксплуатации автобусов.

Удельные выбросы $m_{пр}$ (г/мин) при прогреве двигателя

Вещество	CO	CH	NO_x
Теплый период	1,49	0,66	0,69
Холодный период	2,23	0,79	1,04
Переходный период	2,01	0,711	1,04

Удельные выбросы m_L (г/км) при пробеге по территории

Вещество	CO	CH	NO_x
Теплый период	4,9	0,7	3,4
Холодный период	5,9	0,8	3,4
Переходный период	5,31	0,72	3,4

Удельные выбросы m_{xx} (г/мин) на холостом ходу

Вещество	CO	CH	NO_x
Во все периоды	0,93	0,47	0,63

Выброс окиси углерода CO:

– в теплый период $M_{CO}^{T} = 1,49 \cdot 3 + 4,9 \cdot 0,3 + 0,93 \cdot 2 = 7,8$ г;

– в холодный период $M_{CO}^{X} = 2,23 \cdot 10 + 5,9 \cdot 0,3 + 0,93 \cdot 2 = 25,93$ г;

– в переходный период $M_{CO}^{П} = 2,01 \cdot 4 + 5,31 \cdot 0,3 + 0,93 \cdot 2 = 11,49$ г.

Выброс паров дизтоплива CH:

– в теплый период $M_{CO}^{T} = 0,66 \cdot 3 + 0,7 \cdot 0,3 + 0,47 \cdot 2 = 3,13$ г;

– в холодный период $M_{CO}^{X} = 0,79 \cdot 10 + 0,8 \cdot 0,3 + 0,47 \cdot 2 = 9,08$ г;

– в переходный период $M_{CO}^{П} = 0,711 \cdot 4 + 0,72 \cdot 0,3 + 0,47 \cdot 2 = 4,0$ г.

Выброс окислов азота NO_x:

– в теплый период $M_{CO}^{T} = 0,69 \cdot 3 + 3,4 \cdot 0,3 + 0,63 \cdot 2 = 4,35$ г;

– в холодный период $M_{CO}^{X} = 1,04 \cdot 10 + 3,4 \cdot 0,3 + 0,63 \cdot 2 = 12,68$ г;

– в переходный период $M_{CO}^{П} = 1,04 \cdot 4 + 3,4 \cdot 0,3 + 0,63 \cdot 2 = 6,44$ г.

Валовой выброс каждого загрязняющего вещества для каждого периода года для всей группы автобусов иностранного производства большой вместимости.

Валовой выброс CO:

– в теплый период $M_{CO}^{T} = 0,75 \cdot 7,8 \cdot 8 \cdot 95 \cdot 10^{-3} = 4,45$ кг;

– в холодный период $M_{CO}^{X} = 0,75 \cdot 25,93 \cdot 8 \cdot 93 \cdot 10^{-3} = 14,47$ кг;

– в переходный период $M_{CO}^{П} = 0,75 \cdot 11,49 \cdot 8 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 4,96$ кг.

Валовой выброс CH:

– в теплый период $M_{CO}^{T} = 0,75 \cdot 3,13 \cdot 8 \cdot 95 \cdot 10^{-3} = 1,784$ кг;

– в холодный период $M_{CO}^{X} = 0,75 \cdot 9,08 \cdot 8 \cdot 93 \cdot 10^{-3} = 5,067$ кг;

– в переходный период $M_{CO}^{П} = 0,75 \cdot 4,0 \cdot 8 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 1,728$ кг.

Валовой выброс NO_x:

– в теплый период $M_{CO}^{T} = 0,75 \cdot 4,35 \cdot 8 \cdot 95 \cdot 10^{-3} = 2,48$ кг;

– в холодный период $M_{CO}^{X} = 0,75 \cdot 12,68 \cdot 8 \cdot 93 \cdot 10^{-6} = 7,075$ кг;

– в переходный период $M_{CO}^{П} = 0,75 \cdot 6,44 \cdot 8 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 2,782$ кг.

Суммарные выбросы загрязняющих веществ от всех автомобилей автопарка предприятия по периодам года:

1.*Теплый период.*

Углерода оксид CO:

$$M_{CO}^{T} = 7,89 + 5,32 + 10,79 + 4,45 = 28,45 \text{ кг.}$$

Пары углеводородов топлива CH:

$$M_{CH}^{т} = 0{,}893 + 0{,}925 + 1{,}12 + 1{,}784 = 4{,}722 \text{ кг.}$$

Окислы азота NO_x:

$$M_{NOx}^{т} = 0{,}0753 + 1{,}709 + 0{,}103 + 2{,}48 = 4{,}367 \text{ кг.}$$

Азота диоксид NO_2:

$$M_{NO2}^{т} = 0{,}8 \cdot M_{NOx}^{т} = 3{,}494 \text{ кг.}$$

Азота оксид NO:

$$M_{NO}^{т} = 0{,}13 \cdot M_{NOx}^{т} = 0{,}568 \text{ кг.}$$

2. *Холодный период.*

Углерода оксид CO:

$$M_{CO}^{х} = 32{,}98 + 20{,}29 + 42{,}24 + 14{,}47 = 109{,}99 \text{ кг.}$$

Пары углеводородов CH:

$$M_{CH}^{х} = 2{,}803 + 4{,}304 + 3{,}503 + 5{,}067 = 15{,}677 \text{ кг.}$$

Окислы азота NO_x:

$$M_{NOx}^{х} = 0{,}1909 + 5{,}355 + 0{,}23 + 7{,}075 = 12{,}851 \text{ кг.}$$

Азота диоксид NO_2:

$$M_{NO2}^{х} = 0{,}8 \cdot M_{NOx}^{х} = 10{,}281 \text{ кг.}$$

Азота оксид NO:

$$M_{NO}^{х} = 0{,}13 \cdot M_{NOx}^{х} = 1{,}671 \text{ кг.}$$

3. *Переходный период*.

Углерода оксид CO:

$$M_{CO}^{п} = 10{,}88 + 6{,}53 + 14{,}26 + 4{,}96 = 36{,}63 \text{ кг.}$$

Пары углеводородов CH:

$$M_{CH}^{п} = 1{,}012 + 1{,}42 + 1{,}273 + 1{,}728 = 5{,}433 \text{ кг.}$$

Окислы азота NO_x:

$$M_{NOx}^{п} = 0{,}0798 + 2{,}008 + 0{,}1 + 2{,}782 = 4{,}97 \text{ кг.}$$

Азота диоксид NO_2:

$$M_{NO2}^{п} = 0{,}8 \cdot M_{NOx}^{п} = 3{,}976 \text{ кг.}$$

Азота оксид NO:

$$M_{NO}^{п} = 0{,}13 \cdot M_{NOx}^{п} = 0{,}646 \text{ кг.}$$

Валовые (суммарные) выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от всех автомобилей предприятия за год:

Углерода оксид CO:

$$M_{CO} = 28{,}45 + 109{,}99 + 36{,}63 = 175{,}1 \text{ кг.}$$

Пары углеводородов CH:

$$M_{CH} = 4{,}722 + 15{,}677 + 5{,}433 = 25{,}83 \text{ кг.}$$

Окислы азота NO_x:

$$M_{NOx} = 4{,}367 + 12{,}851 + 4{,}97 = 22{,}19 \text{ кг.}$$

Азота диоксид NO_2:

$$M_{NO2} = 0{,}8 \cdot M_{NOx} = 17{,}75 \text{ кг.}$$

Азота оксид NO:

$$M_{NO} = 0{,}13 \cdot M_{NOx} = 2{,}88 \text{ кг.}$$

Ответ

Годовые валовые выбросы составляют:

$M_{CO} = 175{,}1$ кг; $M_{CH} = 25{,}83$ кг; $M_{NO2} = 17{,}75$ кг; $M_{NO} = 2{,}88$ кг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (с изменениями от 24.11.2014) "Об охране окружающей среды".

2. **Белевицкий А.М.** Проектирование газоочистных сооружений. – Л.: Химия, 1990.– 288 с.

3. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД–86. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 94 с.

4. https://www.voda.mnr.gov.ru Федеральное агенство водных ресурсов.

5. Водный кодекс Российской Федерации от 30.06.2006 № 74–ФЗ (с изменениями от 20.12.2014).

6. Правила охраны поверхностных вод (типовые положения). – М.: Госкомприрода, 1999. – 67 с.

7. Приказ Росрыболовства РФ от 18.01.2010 № 20 "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения".

8. Гигиенические нормативы ГН.2.1.5.1315-03 (с изменениями на 16.09.2013): "Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования".

9. Приказ Минприроды РФ от 17.12.2007 №333 (с изменениями от 27.07.2014 №339) "Об утверждении методики разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей".

10. **Сорокин Н.Д.** Нормативы допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты. – СПб.: Знание, 2015. – 146 с.

11. **Лапшев Н.Н.** Расчеты выпусков сточных вод. – М.: Стройиздат, 1977. – 87 с.

12. **Черкинский С.Н.** Санитарные условия спуска сточных вод в водоемы. – М.: Стройиздат, 1977. – 244 с.

13. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. – М.: Экономика, 1986. – 96 с.

14. Федеральный закон от 21.07.2014 № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон об охране окружающей среды и отдельные законодательные акты РФ».

15. Федеральный закон от 29.12.2015 № 404-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон об охране окружающей среды и отдельные законодательные акты РФ».

16. Постановление Правительства РФ от 12.06.2003 № 344 "О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления".

17. Постановление Правительства РФ от 01.07.2005 № 410 "О внесении изменений в приложение № 1 к Постановлению Правительства Российской Федерации от 12 июня 2003 г. N 344".

18. Постановление правительства РФ от 19.11.2014 № 1219 "О коэффициентах к нормативам платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, в том числе через централизованные системы водоотведения, размещение отходов производства и потребления".

19. Федеральный закон от 24.06.1998 (с изменениями от 29.12.2014) "Об отходах производств и потребления".

20. Федеральный закон от 29.12.2014 № 458-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "Об отходах производства и потребления", отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных законодательных актов РФ".

21. Приказ Минприроды РФ от 5.08.2010 №349 "Об утверждении методических указаний по разработке проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение".

22. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом). – М.: НИИАТ, 1999. – 80 с.

23. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2014 году (Под ред. И.А.Григорьева). – СПб.: 2016. – 452 с.

24. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. – СПб.: ОАО «Атмосфера», 2002. – 222 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Нормативы платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными источниками

N п/п	Наименование загрязняющих веществ	Нормативы платы за выброс 1 т загрязняющих веществ	
		В пределах установленных допустимых нормативов выбросов	В пределах установленных лимитов выбросов
1	Азота диоксид	52	260
2	Азота оксид	35	175
3	Акролеин	68	340
4	Акрилонитрил	68	340
5	Альдегид пропионовый	205	1025
6	Альдегид масляный	137	685
7	Алюминий оксид (в пересчете на алюминий)	**205**	**1025**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
8	Аммиак	52	260
9	Амины алифатические	683	3415
10	Аммиачная селитра	7,5	37,5
11	Ангидрид малеиновый (пары, аэрозоль)	40	200
12	Ангидрид серный (серы триоксид) Ангидрид сернистый (серы диоксид), Кислота серная	21	105
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
13	Позиция исключена с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410.		
14	Ангидрид уксусный	68	340
15	Ангидрид фталевый (пары, аэрозоль)	21	105
16	Ангидрид фосфорный	41	205
17	Анилин	68	340
18	Ацетон	6,2	31
19	Ацетальдегид (уксусный альдегид)	205	1025
20	Ацетофенон (метилфенилкетон)	683	3415
21	Барий и его соли (в пересчете на барий)	513	2565
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			

22	Белок пыли белково-витаминного концентрата (БВК)	2049	10245
23	Бенз(а)пирен (3,4-бензпирен)	2049801	10249005
24	Бензин (нефтяной, малосернистый в пересчете на углерод)	1,2	6
25	Бензин сланцевый (в пересчете на углерод)	41	205
26	Бензол	21	105
27	1,3-Бутадиен	2,5	12,5
28	Бутилацетат	21	105
29	Бутил хлористый	30	150
30	Бор аморфный	205	1025
31	Бром	52	260
32	Бензил хлористый (бензилхлорид)	41	205
33	Ванадия пятиоксид	1025	5125
34	Взвешенные твердые вещества (нетоксичные соединения, не содержащие полициклических ароматических углеводородов, металлов и их солей, диоксида кремния)	13,7	68,5
35	Винилацетат	13,7	68,5
36	Винил хлористый	410	2050
37	Водород бромистый	21	105
38	Водород мышьяковистый (арсин)	1025	5125
39	Водород фосфористый (фосфорин)	2050	10250
40	Водород хлористый (соляная кислота)	11,2	56
41	Водород цианистый (водорода цианид, синильная кислота)	205	1025
42	Вольфрам, вольфрама карбид, силицид	21	105
43	Гексаметилендиамин	2050	10250
44	Гексан	0,05	0,25
45	Гексахлорциклогексан (гексахлоран)	68	340
46	Диоксан (диокись этилена)	30	150
47	Дифенилметандиизоцианат	2050	10250
48	Диметиламин	410	2050
49	4,4-Диметилдиоксан-1,3	513	2565
50	О,О-Диметил-О-(4-нитрофенил) тиофосфат	257	1285
51	О,О-Диметил-О-(1-окси-2,2,2-трихлорэтил фосфонат (хлорофос)	103	515
52	Диметилсульфид	26	130
53	Диметилформамид	68	340
54	Динил (смесь 25% дифенила и 75% дифенилоксида)	205	1025
55	Дихлорфторметан (фреон-12)	**10**	**50**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
56	Дибутилфталат	21	105
57	Дивинилбензол	513	2565
58	Диоктилфталат	103	515
59	Дихлорпропан	11,2	56
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			

60	Диэтиламин	41	205
61	Дихлорэтан	**5**	**25**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
62	Диэтилбензол	**21**	**105**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
63	Диэтиловый эфир	**7,4**	**37**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
64	Диэтилртуть (в пересчете на ртуть)	6833	34165
65	Железа оксиды (в пересчете на железо)	52	260
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
66	Железа трихлорид (в пересчете на железо)	513	2565
67	Железа сульфат (в пересчете на железо)	293	1465
68	Золы углей: подмосковного, печерского, кузнецкого, экибастузского, марки Б-1 бабаевского и тюльганского месторождений	**7**	**35**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
69	Золы углей кузнецких	7	35
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
70	Зола сланцевая	21	105
71	Изопропиламин	205	1025
72	Изопрен	52	260
73	Изобутилен (2-метилпропен)	21	105
74	Изопропилбензол (кумол)	147	735
75	Кадмий оксид, кадмия сульфат (в пересчете на кадмий)	6833	34165
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
76	Кальция оксид	7,5	37,5
77	Канифоль (флюс канифольный активированный)	5	25
78	Калий гидросульфат, калий хлорид	21	105
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
79	Капролактам	35	175
80	Керосин	2,5	12,5
81	Кислота азотная	13,7	68,5
82	Кислота акриловая	52	260
83	Кислота валериановая	205	1025
84	Кислота капроновая	410	2050
85	Кислота масляная	205	1025
86	Кислота борная	103	515
87	Кислота ортофосфорная	103	515
88	Кислота пропионовая	137	685
89	Кислота себациновая	26	130

90	Позиция исключена с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410.		
91	Кислота терефталевая	2050	10250
92	Кислота уксусная	35	175
93	м-Крезол	103	515
94	Кремний диоксид	**21**	**105**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
95	Кобальт металлический	2050	10250
96	Кобальта оксид	2050	10250
97	Ксилол (смесь изомеров о-,м-,п-)	11,2	56
98	Ксилидины (диметиламинобензолы) (мета, орто- и пара- изомеров)	171	855
99	Магний оксид	**21**	**105**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
100	Марганец и его неорганические соединения (в пересчете на диоксид марганца)	2050	10250
101	Меди сульфат хлорид (в пересчете на медь)	2050	10250
102	Медь (оксид меди, в пересчете на медь)	1025	5125
103	Мышьяк и его неорганические соединения	683	3415
104	Мезидин	683	3415
105	Метил хлористый (метила хлорид)	35	175
106	Метан, в том числе в составе (попутного) газа,сжигаемого установками нефтяного факеля	50	250
(позиция в редакции, введенной в действие с 8 января 2009 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
107	Метилаль	13,7	68,5
108	Метилен хлористый (метилена хлорид)	1	5
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
109	Метилмеркаптан	20498	102490
110	альфа-Метилстирол	52	260
111	Метилэтилкетон	21	105
112	Метиловый эфир метакриловой кислоты (метилметакрилат)	205	1025
113	Натр едкий (гидрат оксида натрия, гидроксид натрия)	205	1025
114	Натрия оксид	205	1025
115	Натрия карбонат (сода кальцинированная)	52	260
116	Нафталин	683	3415
117	бета-Нафтол	342	1710
118	альфа-Нафтахинон	410	2050
119	Никель металлический	2050	10250
120	Никеля оксид (в пересчете на никель)	2050	10250
121	Никель, растворимые соли	10249	51245
122	Нитробензол	257	1285
123	Озон	68,3	341,5

124	Олова хлорид (в пересчете на олово)	41	205
125	Пентан	0,08	0,4
126	Перхлорбензол	683	3415
127	Пропилен	0,6	3
128	Пропилена окись	26	130
129	Пропиленхлоргидрин	205	1025
130	Пиридин	26	130
131	Пыль древесная	13,7	68,5
132	Пыль извести и гипса	13,7	68,5
133	Пыль каменноугольная	13,7	68,5
134	Пыль коксовая и агломерационная	41	205
135	Пыль лубяная, хлопчатобумажная, хлопковая,льняная	41	205
136	Пыль шерстяная, пуховая, меховая	68	340
137	Пыль неорганическая, содержащая диоксид кремния в процентах: выше 70 % (динас и др.) 70-20 процентов (цемент, оливин, апатит, глина,шамот каолиновый) ниже 20 % (доломит, слюда, тальк и др.)	 41 21 13,7	 205 105 68,5
138	Пыль стекловолокна	35	175
139	Пыль стеклопластика	35	175
140	Пыль пресс-порошков	21	105
141	Пыль цементных производств	103	515
142	Пыль катализатора	41	205
143	Соединения ртути (в пересчете на ртуть)	6833	34165
144	Ртуть металлическая	6833	34165
145	Растворитель древесноспиртовой марки А	17,4	87,0
146	Сажа	80	400
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
147	Свинец сернистый (в пересчете на свинец)	1206	6030
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
148	Свинец и его соединения, кроме тетраэтилсвинца (в пересчете на свинец)	6833	34165
149	Сероводород	257	1285
150	Сероуглерод	410	2050
151	Синтетические моющие средства	205	1025
152	Скипидар	2,5	12,5
153	Спирт амиловый	205	1025
154	Спирт бутиловый (бутанол)	21	105
155	Спирт диацетоновый	7,5	37,5
156	Спирт изобутиловый	21	105
157	Спирт изооктиловый	13,7	68,5
158	Спирт изопропиловый (пропанол-2)	3,7	18,5
159	Спирт метиловый (метанол)	5	25
160	Спирт этиловый (этанол)	0,4	2

161	Стирол	1025	5125
162	Теллура диоксид	4100	20500
163	Тетраэтилсвинец	51245	256225
164	о-Толуидин	82	410
165	Тетрагидрофуран	11,2	56
166	Тетрахлорэтилен (перхлорэтилен)	35	175
167	Титана диоксид	5	25
168	Толуилендиизоцианат	103	515
169	Толуол	3,7	18,5
170	Трихлорметан (хлороформ)	68	340
171	1,1,1-Трихлорэтан (метилхлороформ)	11,2	56
172	Трихлорэтилен	2,5	12,5
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
173	Триметиламин	13,7	68,5
174	Трихлорбензол	257	1285
175	Триэтаноламин	52	260
176	Триэтиламин	5	25
177	Уайт-спирит	2,5	12,5
178	Летучие низкомолекулярные углеводороды (пары жидких топлив) по углероду	**5**	**25**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
179	Углерода окись (углерода оксид)	0,6	3
180	Углерод четыреххлористый	3,7	18,5
181	Фенол	683	3415
182	Формальгликоль (диоксолан-1,3)	0,4	2
183	Фтор трихлорметан (фреон-11)	0,2	1
184	Формальдегид	683	3415
185	Фтора газообразные соединения	410	2050
186	Фтористые соединения, хорошо растворимые (гексафторид натрия, фторид натрия)	205	1025
187	Фтористые соединения,плохорастворимые (гексафторалюминат натрия, кальция фторид и алюминия фторид)	68	340
188	Фосген	683	3415
189	Фурфурол	41	205
190	Хлор	68	340
191	м-Хлоранилин	205	1025
192	Хлорбензол	21	105
193	Хлоропрен	1025	5125
194	Хром (Cr^{6+})	1366	6830
195	п-Хлорфенол	205	1025
196	Циклогексан	1,2	6
197	Циклогексанол	35	175
198	Циклопентан	21	105
199	2,5-Циклогександиен-1,4-диондиоксим	21	105
200	Цинка оксид (цинка окись)	41	205
201	Хлорэтил (этил хлористый)	11,2	56
202	Циклогексанон	52	260
203	Эпихлоргидрин	11,2	56

204	Этиленамин	**0,7**	**3,5**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
205	Этилацетат	21	105
206	Этилбензол	103	515
207	Этиленимин	**4100**	**20050**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
208	Этилена окись	68	340
209	Этиленгликоль	2,5	12,5
210	Этиленхлоргидрин	205	1025
211	Вулканизационные газы шинного производства	**1025**	**5125**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
212	Диметилфталат	**293**	**1465**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
213	Диэтилфталат	**293**	**1465**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
214	Изобутилбензоат	**137**	**685**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
215	Калий нитрат	**68**	**340**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
216	Кальций гидрооксид, кальций нитрат	**68**	**340**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
217	Кобальт (соли кобальта в пересчете на кобальт)	**2050**	**10250**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
218	Мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий)	**1025**	**5125**
(позиция дополнительно включена с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
219	Метилакрилат	**205**	**1025**
(позиция дополнительно включена с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
220	Метиламин (монометиламин)	**2050**	**10250**
(позиция дополнительно включена с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
221	Полиизоцианат	**205**	**1025**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
222	Пыль аминопластов	**41**	**205**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			

223	Пыль выбросов табачных фабрик (в пересчете 7на никотин)	**5125**	**25625**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
224	Пыль синтетической кожи	**205**	**1025**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
225	Фенилизоцианат	**4100**	**20050**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			

*Примечание***:**

Жирным – выделены нормативы платы за негативное воздействие на окружающую среду, установленные в 2005 году.

Приложение 2

Нормативы платы за сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты

N п/п	Наименование загрязняющих веществ	Нормативы платы за выброс 1 т загрязняющих веществ	
		В пределах установленных допустимых нормативов выбросов	В пределах установленных лимитов выбросов
1	Аммоний-ион (NH^+)	**551**	**2755**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 годапостановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
2	Алкилсульфонаты натрия (на основе керосина	552	2760
3	Алкилсульфонат натрия (в техническом препарате)	**552**	**2760**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
4	Алюминий (Al^{3+})	6887	34435
5	Аммиак (по азоту)	5510	27550
6	Анилин (аминобензол)	2754809	13774045
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
7	Ацетон	5510	27550
8	Бензол	552	2760
9	Бор (по B^{3+})	16205	81025
10	Бор (по B^{3+}, для морских водоемов)	27	135
11	Висмут	2755	13775
12	Ванадий	275481	1377405
13	Взвешенные вещества	366	1830
14	Вольфрамат (W^{6+})	344352	1721750
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
15	Гидразингидрат	918330	4591650
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
16	Глицерин	276	1380
17	Декстрин (смесь полисахаридов)	276	1380
18	1,2-Дихлорэтан	2755	13775
19	Диссолван 4411 (полиоксиалкиленгликоль)	307	1535
20	Железо (Fe) (все растворимые в воде формы)	**2755**	**13775**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
21	Изопрен (2-метилбута-1,3-диен)	27548	137740
22	Кадмий	55096	275480
23	Калий (K^+)	6,2	31
24	Кальций (Ca^{2+})	1,2	6
25	Капролактам	27548	137740

26	Краситель прямой бирюзовый светопрочный К	6887	34435
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
27	Краситель хромовый черный О	9183	45915
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
28	Краситель кислотный черный С	5510	27550
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
29	Краситель прямой черный З	1378	6890
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
30	Ксантогенат бутиловый натриевый	9183	45915
31	Ксилол (смесь изомеров)	5510	27550
32	Кобальт (Co^{2+})	27548	137740
33	Латекс БС-85М	552	2760
34	Латекс СКН - 40ИХМ	2755	13775
35	Латекс сополимера винилиден-хлорида, винилхлорида, бутилак-рилата и итаконовой кислоты ВД ВХ БАИк 63Е-ПАЛ	27548	137740
36	Лимонная кислота	276	1380
37	Магний (Mg) (все растворимые в воде формы)	**6,9**	**34,5**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
38	Марганец (Mn^{2+})	27548	137740
39	Масло соляровое	27548	137740
40	Масло легкое талловое (ТУ-81-05-100-70)	2755	13775
41	Медь (Cu^{2+})	275481	1377405
42	Метанол	2755	13775
43	Моноэтаноламин	27548	137740
44	Молибден (Mo^{6+})	229568	1147840
45	Мочевина	3,7	18,5
46	Мышьяк	5510	27550
47	Натрий (Na^{+})	2,5	12,5
48	Нефть и нефтепродукты	5510	27550
49	Нефтяной сульфанат натрия	2755	13775
50	Никель (Ni^{2+})	27548	137740
51	Нитрат-анион	69	34,5
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
52	Нитрит-анион	3444	17220
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
53	Олово и его соли (по Sn)	**2460**	**12300**
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
54	Исключена Постановлением Правительства РФ от 1 июля 2005 №410		
55	ОЖК-оксилированные жирные кислоты	71	355
56	ОП-7, полиэтиленгликолевые эфиры моно-диалкифенолов	918	4590
57	ОП-10, СПАВ, смесь моно- и диалкифеноловых эфиров	552	2760
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			

58	Пигмент железоокисный желтый	2755	13775
59	Пигмент железоокисный красный (марка КБ)	552	2760
60	Пиридин	27548	137740
61	Роданиды (по CNS^-)	2755	13775
62	Ртуть (Hg^{2+})	27548091	137740455
63	Рубидий(Pb^+)	2755	13775
64	Свинец (Pb) (все растворимые в воде формы)	45913	229565
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
65	Селен (Se) (все растворимые в воде формы)	137740	688700
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
66	Скипидар	1378	6890
67	Стирол	2755	13775
68	Сероуглерод	276	1380
69	Сульфат-анион (сульфаты)	2,8	14
70	Сульфид-анион (сульфиды)	55096	275480
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
71	Сульфит-анион (сульфиты)		
72	Сурьма	5510	27550
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
73	Танниды	27,5	137,5
74	Тетраэтилсвинец	27548091	137740455
75	Тиомочевина	276	1380
76	Толуол	552	2760
77	Трилон-Б	552	2760
78	Фенол	275481	1377405
79	Флотореагент талловый	5510	27550
80	Фосфаты (по P)	1378	6890
81	Формальдегид	2755	13775
82	Фосфор треххлористый	2755	13775
83	Фосфор пятихлористый	2755	13775
84	Фтор (F^-)	368	1840
85	Фурфурол	27548	137740
86	Хлор свободный (хлор активный) (Cl^-)	27548091	137740455
87	Хлориды (Cl^-)	0,9	4,5
88	Хром (Cr^{3+})	3935	19675
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
89	Хром (Cr^{6+})	13774	68870
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
90	Цинк (Zn^{2+})	27548	137740
91	Цезий (Cz^+)	276	1380
92	Цианиды	5510	27550
93	Этиленгликоль	1102	5510

Пестициды (по действующим веществам):			
94	Атразин	55096	275480
95	Бентазон	196	980
96	Глифосфат	275481	1377405
97	Десметрин	550962	2754810
98	Дельта-Метрин	1377404560	6887022800
99	Диазинон	27548091	137740455
100	Дикват	688700	3443500
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
101	Дифлубензурон	688702	3443510
102	Дихлорпрол	445	2225
103	ДДТ	27548091	137740455
104	Каптан	459133	2295665
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
105	Квартазин	275481	1377405
106	Краснодар 1	27548	137740
107	Ленацил	688702	3443510
108	Лямбдацигалотрин	13774045600	68870228000
109	Малатион	27548091	137740455
110	Металаксил	27548	137740
(позиция в редакции, введенной в действие с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
111	Метол	450133	2295665
112	Метрибузин	275480912	1377404560
113	Мивал	276	1380
114	Молинат	393545	1967725
115	Нитрафен	3061	15305
116	Перметрин	16204759	81023795
117	Пиримикарб	393545	1967725
118	Пиримифосметил	27548091	137740455
119	Прометрин	5510	27550
120	Пропаргит	68871	344355
121	Пропиконазол	4591348	22956740
122	Тиабендазол	550962	2754810
123	Тиобенкарб	1377405	6887025
124	Тирам	2754809	13774045
(позиция дополнительно включена с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			
125	Токсафен	27548091	137740455
126	Триадименол	2755	13775
127	Триадимефон	196772	983860
128	Триаллат	787088	3935440
129	Трихлорацетат натрия	7871	39355
130	Трифлуралин	918270	4591350
131	Фенфалерат	2295674267	11478371335
132	Фенитротион	2754809120	13774045600
133	Фенмедифан	4591348	22956740
134	Фентион	27548091	137740455
135	Флуазифоп-П-бутил	275481	1377405
136	Фозалон	9182698	45913490
137	Хлоридазон	27548	137740
138	Хлорпирифос	27548091	137740455

139	Циклоат	2754809	13774045
140	Циперметрин	2754809120	13774045600
141	Эндосульфан	11977431	59887155
142	ЭПТЦ	3443511	17217555
143	Стронций (Sr) (все растворимые в воде формы)	**689**	**3445**
(позиция дополнительно включена с 20 июля 2005 года постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 года N 410)			

Примечания:

1. **Жирным** – выделены нормативы платы за негативное воздействие на окружающую среду, установленные в 2005 году.

2. При оценке сброса загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты по биохимической потребности в кислороде (БПКполн) и сухому остатку нормативы платы в пределах установленных допустимых нормативов сбросов и в пределах установленных лимитов сбросов применяются соответственно в следующих размерах (рублей за тонну): по БПКполн – 91 и 455, по сухому остатку – 0,2 и 1.

3. Норматив платы за сбросы взвешенных веществ применяется с использованием коэффициента, определяемого как величина, обратная сумме допустимого увеличения содержания взвешенных веществ при сбросе сточных вод к фону водоема и фоновой концентрации взвешенных веществ в воде водного объекта, принятой при установлении нормативов предельно допустимых сбросов загрязняющих веществ.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....3

Список условных обозначений.....5

Словарь основных терминов.....12

1. Основы нормирования содержания и поступления загрязняющих веществ в окружающую среду.....15

2. Определение условий поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух.....18

2.1. Рассеивание выбросов в атмосферном воздухе.....18

2.2. Расчет загрязнения атмосферы выбросами одиночных источников.....21

2.3. Контрольные задания к разделу 2 и указания по их выполнению.....32

3. Определение условий спуска сточных вод в поверхностные водоемы.....36

3.1. Общая характеристика загрязнения поверхностных водоемов.....36

3.2. Регламентация поступления загрязняющих веществ в поверхностные водоемы.....37

3.3. Порядок получения разрешений на сброс сточных вод в водные объекты.....39

3.4. Разбавление загрязняющего вещества в проточном водоеме.....41

3.5. Самоочищение водоемов.....51

3.6. Расчет величин нормативно допустимых сбросов для отдельных выпусков сточных вод в водотоки.....56

3.7. Порядок проведения расчетов при выполнении контрольных заданий.....57

3.8. Контрольные задания к разделу 3 и указания по их выполнению.....61

4. Экономические методы регулирования загрязнения окружающей среды.....65

4.1. Экономическая оценка ущерба, причиняемого загрязнением окружающей среды 65
4.2. Определение экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха и поверхностных водоемов.....66
4.3. Система платежей за загрязнение окружающей среды в Российской Федерации 76
4.4. Плата за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников.....79
4.5. Плата за сбросы загрязняющих веществ в поверхностные водоемы 82
4.6. Плата за размещение отходов 84
4.7. Контрольные задания к разделу 4 и указания по их выполнению 88
5. Расчет величины выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников.....90
5.1. Общие сведения 90
5.2. Особенности автотранспорта как источника загрязнения атмосферного воздуха.....91
5.3. Состав выбросов автотранспорта 93
5.4. Расчет выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников 97
5.5. Контрольные задания к разделу 5 и указания по их выполнению 133
6. Требования к оформлению отчета 136
7. Примеры выполнения типовых заданий № 4, 5, 7–9 137
Список литературы 164
Приложения 167
Приложение 1. Нормативы платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными источниками 167
Приложение 2. Нормативы платы за сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты..... 175

Ульянов Николай Борисович

Сергиенко Ольга Ивановна

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ВЫПУСКА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Учебное пособие

Ответственный редактор
Т.Г. Смирнова

Компьютерная верстка
К.Д. Есева, Е.С. Смазнова, Н. Утегенова

Дизайн обложки
Н.А. Потехина

Печатается
в авторской редакции

Подписано в печать 29.12.2016. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 10,7. Печ. л. 11,5. Уч.-изд. л. 11,25
Тираж 50 экз. Заказ № С 76

Университет ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

Издательско-информационный комплекс
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Н.Б. Ульянов, О.И. Сергиенко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ВЫПУСКА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Учебное пособие

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Санкт-Петербург

2016