

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАССЕЙВАНИЯ
ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ
ОДИНОЧНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ИСТОЧНИКА В
ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА**

Самара 2015

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

**«ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАССЕЙВАНИЯ ВЫБРОСОВ
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОДИНОЧНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО
ИСТОЧНИКА В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА»**

*Рекомендовано редакционной комиссией по двигателям летательных
аппаратов и энергомашиностроению
в качестве методических указаний к лабораторной работе*

Самара 2015

УДК 551.510.04

Составители: Ю.А. Копытин, Г.Ф. Несолонов

Рецензент: д-р техн. наук, профессор Н.Д. Проничев

Исследование процесса рассеивания выбросов загрязняющих веществ одиночного промышленного источника в приземном слое атмосферного воздуха: _Метод. указания к лаб. раб. / Сост. Ю.А. Копытин, Г.Ф. Несолонов – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та., 2015. – 25 с.:ил.

Рассматриваются вопросы определения уровня загрязнения атмосферного воздуха в районе действующего одиночного источника выбросов загрязняющих веществ в зависимости от характеристик источника и метеорологических условий на основе моделирования процесса на компьютере.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2015

Исследование процесса рассеивания выбросов загрязняющих веществ одиночного промышленного источника в приземном слое атмосферного воздуха

Цель лабораторной работы:

Научить студентов проводить самостоятельные исследования закономерностей изменения загрязнения атмосферного воздуха в процессе рассеивания промышленных выбросов в подфакельной зоне стационарного одиночного источника в зависимости от изменения его геометрических и технологических параметров на основе моделирования процесса рассеивания на компьютере.

Задачи, решаемые в результате выполнения лабораторной работы:

1. Ознакомление с некоторыми закономерностями загрязнения атмосферного воздуха в процессе рассеивания промышленных выбросов в подфакельной зоне стационарного одиночного источника.
2. Проведение исследования распределения загрязняющих веществ в приземном слое атмосферного воздуха от выбросов стационарного одиночного источника в зависимости от изменения его геометрических и технологических параметров.
3. Формирование обоснованных предложений по уменьшению концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферного воздуха от выбросов стационарного одиночного источника за счет изменения его геометрических и технологических параметров.
4. Использование полученных результатов при выполнении последующих работ, составляющих единый цикл по изучению воздействия одиночного промышленного источника на загрязнение атмосферного воздуха.

Рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере

Атмосферный воздух является жизненно важным компонентом окружающей среды, неотъемлемой частью среды обитания человека, растений и животных. Однако человек использует его нерационально в результате неразумного загрязнения воздушного бассейна промышленными выбросами, выбросами всевозможных транспортных средств, вследствие значительных испарений при заправке техники рабочими жидкостями.

В настоящее время основным методом улучшения экологической обстановки вблизи промышленных предприятий, несмотря на свои очевидные недостатки, является метод рассеивания промышленных выбросов в атмосфере. Уменьшение загрязнения достигается разбавлением промышленных загрязнителей более чистым атмосферным воздухом. При этом функция нейтрализации промышленных загрязнителей перекладывается на природные факторы: солнечное излучение, озон, флору, бактерии и т.д. Природные факторы в таком случае подвергаются действию всей массы образующихся антропогенных загрязнителей хотя их концентрация в процессе рассеяния обычно снижается в сотни и тысячи раз. В результате природная среда промышленных регионов в какой-то мере сохраняется, хотя и начинает деградировать на больших пространствах.

К преимуществам метода рассеяния относятся простота реализации и доступность. Любые антропогенные загрязнители могут быть рассеяны в окружающей среде, что предотвращает немедленную гибель природы от концентрированных промышленных выбросов.

После выхода из источника выбросов загрязняющих веществ, последние не остаются в атмосфере в неизменном виде. Прежде всего, происходят физические изменения, особенно в процессе динамических явлений, таких как перемещение и распространение в пространстве, турбулентная диффузия, разбавление и т.д. Кроме того, загрязняющие вещества способны вступать в химическое взаимодействие с другими компонентами атмосферного воздуха, изменяя во времени и пространстве свой количественный и качественный состав.

Выбросы вредных веществ, содержащихся в отходящих газах промышленных предприятий, осуществляются через дымовые трубы, главное назначение которых - отводить выбросные газы в верхние слои атмосферы

(во всяком случае за пределы приземного слоя) и рассеивать их.

6

Эффективность рассеивания зависит от многих факторов, и прежде всего, от высоты трубы H (которая может достигать 300 метров) и от высоты подъема дымовых (выбросных) газов над устьем трубы.

При использовании очень высоких труб, рассеиваемые примеси попадают в стратосферу, где существует постоянная циркуляция атмосферы, перемещающая их с запада на восток со скоростью порядка 150 км/ч.

В таком случае рассеивание выбросов происходит не в локальной зоне вблизи источника, а в атмосфере Земли в целом. Тогда концентрация примеси вблизи данного источника практически не повышается. Возникает впечатление, что примеси исчезают бесследно. Появились проекты строительства очень высоких мощных источников выбросов, например, «кустовых» электростанций вблизи отдаленных месторождений топлива невысокого качества (высокозольные серосодержащие угли), отправляющих энергию в густонаселенные районы, а выбросы в стратосферу.

Подобные проекты серьезно рассматривались многими странами и их реализация привела бы к быстрому глобальному загрязнению атмосферы. Чтобы этого не допустить, было заключено международное соглашение о трансграничном переносе выбросов, подписанное СССР и принятое РФ, в соответствии с которым дальность переноса основного количества выбросов не должна превышать 100 км. Для этого высота труб была ограничена 250 м для энергетики и 200 м для всех других отраслей.

Высота подъема газов обеспечивается направленным вверх движением со скоростью V , а также всплыванием теплых газов, выпускаемых в более холодный окружающий воздух. На высоту подъема существенное влияние оказывает горизонтальное движение ветра, уменьшающее действие и вертикальной скорости, и эффекта всплывания.

Струя газа, выходя из дымовой трубы, разбавляется незагрязненным воздухом. Поэтому имеет место снижение концентрации вредных компонентов дымовых газов, составляющее суть явления рассеивания.

Вредные вещества, содержащиеся в выбросе, распространяются по направлению ветра в пределах сектора, ограниченного довольно малым углом раскрытия факела вблизи выхода из трубы в $10 - 20^\circ$. Если принять, что угол раскрытия факела не меняется с расстоянием, то площадь поперечного сечения факела должна возрастать пропорционально квадрату расстояния и, следовательно, концентрация вредных веществ должна падать

обратно квадрату расстояния.

7

При построении картины рассеивания вредных компонентов дымовых газов следует иметь в виду, что наибольший практический интерес представляет не вертикальное распределение концентрации в пространстве, в частности, по высоте факела, а изменение концентрации в приземном слое атмосферы, т.е. в двухметровом слое над поверхностью земли, где обитают люди. Динамика распределения концентрации в этом слое на различных расстояниях от дымовой трубы представлена на рис.1. У основания трубы и далее вплоть до приземления дымового факела концентрация вредных компонентов равна нулю. Затем она быстро растет до максимальной величины C_m , хотя в газовой струе продолжает неуклонно падать. После чего по мере отдаления от трубы медленно убывает за счет дальнейшего разбавления выбросов незагрязненным воздухом.

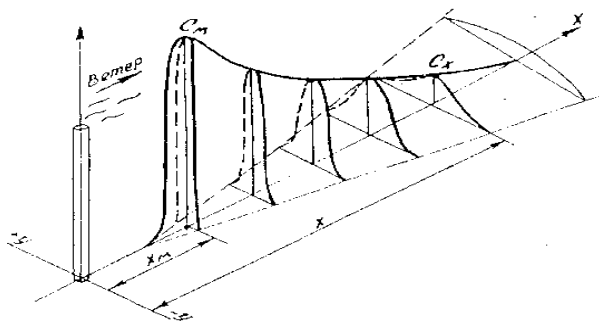


Рис. 1. Схема изменений приземной концентрации загрязняющих веществ от стационарного одиночного источника.

Вышеизложенное в полной мере относится к теоретически ожидаемой картине распределения концентрации. Однако, как показывают натурные замеры, в ближайшей к предприятию зоне всегда обнаруживаются вредные компоненты выбросных газов. Причиной этого чаще всего являются не какие-то другие промышленные предприятия расположенные в данной местности и формирующие фоновое загрязнение атмосферного воздуха, а неорганизованные источники выбросов рассматриваемого предприятия (неплотности в газовых трактах, площадки для перевалки сырья, топлива и складирования отходов).

**Влияние различных факторов на приземное распределение
загрязняющих веществ**

Вредные вещества, выбрасываемые с дымовыми газами промышленных предприятий, переносятся и рассеиваются в атмосфере по-разному в зависимости от ряда факторов: метеорологических, климатических, рельефа местности и характера расположения на ней объектов предприятия, высоты дымовых труб и гидродинамических параметров истечения выбросных газов. При этом к важнейшим метеорологическим и климатическим факторам относятся скорость ветра, температурную стратификацию (распределение температур окружающего воздуха в вертикальном направлении вблизи дымовой трубы), температуру окружающего воздуха. Особая роль их проявляется в нижнем слое атмосферы до высоты 50 – 250 м над поверхностью земли.

Поступившие в атмосферу частицы перемещаются благодаря молекулярной и турбулентной диффузии. Рассеивание газовой струи, осуществляемое за счет молекулярной диффузии, незначительно. Основная доля диффузионного переноса приходится на турбулентную диффузию.

Каждому источнику выбросов в зависимости от высоты его, объема выбросов и температуры газов соответствует своя, так называемая **опасная скорость** ветра U_m когда имеет место наибольшая приземная концентрация вредных веществ C_m .

Сущность понятия опасной скорости ветра для источника выражается в следующем: при штиле, малых скоростях ветра, а так же при высоком атмосферном давлении дымовой факел беспрепятственно поднимается на большую высоту и не попадает в **ближайшие** к источнику приземные слои воздуха. При большой скорости ветра дымовой факел активно перемешивается с большим объемом окружающего воздуха. В результате этого, хотя рассеиваемая примесь и достигает земли, величины приземных концентраций невелики. Следовательно, между штилем и высокой скоростью ветра есть такая опасная скорость U_m ветра, при которой дымовой факел на определенном расстоянии X_m прижимается к земле, создавая наибольшую величину приземной концентрации. Для каждой из труб величина опасной зоны скорости ветра разная. Чем больше объем газов, выходящих из трубы, тем больше требуется сила ветра, чтобы прижать дымовой факел к земле. Если эти газы имеют высокую температуру, то для

преодоления энергии нагретого газа требуется еще большая скорость ветра.

9

Если скорость ветра больше опасной, то положение максимума концентрации сдвигается в область больших расстояний, а величина максимума уменьшается из-за лучшего перемешивания. При скорости ветра меньше опасной, X_m сдвигается в область меньших расстояний, а величина максимума концентрации уменьшается, так как меньшая, чем при опасной скорости ветра часть примеси достигает поверхности земли.

В этой области скорости ветра существует, так называемая, **скорость задувания Узд**, когда максимум приземной концентрации наблюдается в непосредственной близости от основания источника. Величина максимальной приземной концентрации в этом случае будет все-таки меньше, чем при опасной скорости ветра.

Для прогнозирования загрязнения атмосферы на территории, примыкающей к источнику вредных выбросов, используется модель рассеивания газообразных и аэрозольных примесей в атмосферном воздухе, изложенная в общесоюзном (затем общероссийском) нормативном документе **ОНД - 86**. Приводимая в этом документе методика позволяет рассчитать концентрацию вредных веществ в составе выбрасываемых газов в двухметровом слое на уровне земли, а также в вертикальном и горизонтальном сечениях дымового факела.

Процесс переброса факела (задувание) определяется эжектированием (подсасыванием) выброса зоной обратных токов, образующихся при обтекании трубы ветром. Этот процесс неустойчив, зависит от многих трудно контролируемых факторов, поэтому в ОНД - 86 не описан.

В настоящей работе переброс факела воспроизведен по приближительной модели, не претендующей на полную адекватность.

Методики расчета приземных концентраций вредных веществ даже для одиночного источника выбросов довольно громоздки. Они намного усложняются в случае нескольких близко расположенных источников выбросов.

Реально на промышленных предприятиях число источников достигает нескольких десятков или даже сотен. Поэтому подобного рода расчеты, как правило, выполняются с использованием компьютерной техники, требующей соответствующего программного обеспечения. Известно много программ («Воздух-2», «Гарант-1», «Универсал-1», «Эфир-6.03», «Эколог» и др.).

**Понятия, принятые в действующей
природоохранной нормативно-технической документации
в области защиты атмосферы от загрязнения**

Источник выделения загрязняющих веществ – объект, в котором происходит образование загрязняющих веществ. Например, это может быть установка, аппарат, устройство, ёмкость для хранения, двигатель, свалка отходов и т.п.

Источники загрязнения атмосферы (источники выброса) – объекты различных размеров и конфигураций, от которых загрязняющее вещество поступает в атмосферу (труба, вентиляционная шахта, аэрационный фонарь, открытая стоянка транспорта и т.п.).

Все источники загрязнения атмосферы классифицируются следующим образом (см. рис. 2.1).



Рис. 2. Классификация источников загрязнения атмосферы

Передвижной источник – это источник, не занимающий постоянное место на территории предприятия (транспортные средства, передвижные компрессоры и дизель - генераторы электросварки и т.п.).

Стационарный источник – источник, имеющий постоянное место в пространстве относительно системы координат предприятия (труба котельной, открытые фрамуги цеха и т.д.).

Неорганизованный источник – источник загрязнения, осуществляющий выброс в виде ненаправленных потоков газа, в результате нарушения герметичности оборудования, отсутствия или неэффективной работы систем по отсосу газов в местах загрузки или хранения продукта, а также пылящие отвалы, открытые ёмкости, стоянки, площадки малярных работ и т.п.

Организованный источник – источник, загрязнения которого выбрасываются через специально сооруженные устройства (трубы, газоходы, вентиляционные шахты).

Точечный источник – источник в виде трубы или вентиляционной шахты (трубы круглого, квадратного, прямоугольного сечения и т.п.), размерами которого в плане (на виде сверху) можно пренебречь.

Линейный источник – это источник в виде канала (щели) для выхода загрязненного газа (воздуха) с поперечным сечением, имеющим значительную протяженность (длину), которая в несколько раз больше, чем ширина (высота).

Плоскостной источник – источник, имеющий значительные геометрические размеры площадки, по которой относительно равномерно происходит выделение загрязнений.

Подфакельная зона – зона, расположенная от источника в направлении действия ветра. В данной лабораторной работе исследуется приземная концентрация загрязняющего вещества, выбрасываемого из одиночного источника, на оси подфакельной зоны.

Приземная концентрация C , мг/м³ – концентрация, замеряемая на высоте **2 м** от поверхности земли в исследуемой точке при нормальных условиях (20°C и 760 мм. рт. ст.)

Высота источника H , м – расстояние от его вершины до поверхности земли в месте его установки.

Диаметр источника D , м – внутренний диаметр его выходного сечения при круглой форме или наибольший внутренний размер выходного сечения (при другой форме).

Скорость ветра U , м/с – среднемассовая скорость движения воздуха, считается постоянной по высоте и расстоянию от источника.

Скорость выхода смеси $V_{см}$, м/с – среднемассовая скорость в выходном сечении сопла источника.

Интенсивность (мощность) выброса $M_{выбр}$, мг/с – масса загрязняющего вещества в мг, выбрасываемая за одну секунду из источника.

Температура смеси $T_{см}$, °C – температура газовой смеси в выходном сечении сопла источника.

Температура воздуха $T_{возд}$, °C – температура окружающего воздуха.

Выполнение лабораторной работы

1. Подготовка к выполнению лабораторной работы.

- 1.1. Внимательно ознакомиться с теоретическим материалом.
- 1.2. Получить у преподавателя задание (исходные данные), которые занести в таблицу 1.

Таблица 1.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ			
Наименование	Обозначение	Размерность	Числовые значения
Температура смеси	Тсм	°С	
Температура воздуха	Твозд	°С	
<u>Высота источника</u>	Нист	м	
<u>Диаметр источника</u>	Дист	м	
Скорость выхода смеси	Усмес	м/с	
<u>Интенсивность выброса</u>	Мвыбр	мг/с	

- 1.3. Включить компьютер и запустить программу моделирующую процесс рассеивания выбросов открыв папку *Лаб.1,2*.

Программа реализует стандартную математическую модель рассеивания выбросов в атмосфере, разработанную Госкомгидрометом и изложенную в общесоюзном нормативном документе **ОНД – 86**. Программа строит графические зависимости концентрации вредных веществ C от расстояния X до источника выбросов при опасной скорости ветра U_m – сплошная линия зелёного цвета и при произвольных скоростях ветра U_1 и U_2 соответственно сплошные линии синего и красного цвета, а так же рассчитывает значение максимальной концентрации C_{MU} и расстояние от источника до точки с максимальной концентрацией X_{MU} для этих скоростей при исследуемых параметрах источника и атмосферы.

При запуске программы на экране монитора появится рабочее поле программы, состоящее из трех частей. На верхней половине программа отображает графики зависимости концентрации вредных веществ C от расстояния X до источника выбросов. В нижней левой части экрана находится поле для ввода исследуемых параметров источника и параметров атмосферы. В нижней правой части экрана находится поле полученных расчетом значений C_m , X_m , U_m , а так же значений C_U , X_U при произвольных значениях U_1 и U_2 соответственно.

2. Определение концентрации вредных веществ C_m и расстояния X_m до источника выбросов при опасной скорости ветра U_m .

- 2.1. Ввести в программу поочередно все данные в соответствии с вариантом задания полученного от преподавателя.
- 2.2. По команде «РАСЧЕТ» на экране появятся графическая зависимость концентрации вредных веществ C_m от расстояния X_m до источника выбросов при опасной скорости ветра U_m – сплошная линия зелёного цвета, а нижней правой части экрана высветятся их числовые значения (зеленым цветом).
- 2.3. Занести полученные числовые значения в таблицу 2.

Таблица 2.

РЕЗУЛЬТАТЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА		
Наименование	Обозначение	Числовые значения
Опасная скорость ветра, м/с	U_m	
Максимальная приземная концентрация при опасной скорости ветра, мг/м ³	C_m	
Расстояние от источника до точки максимальной приземной концентрации при опасной скорости ветра, м	X_m	

- 3. Определение скорости задувания $U_{\text{зад}}$, концентрации вредных веществ $C_{\text{м}U_{\text{зад}}}$ и расстояния от источника выбросов до точки максимальной приземной концентрации $X_{\text{м}U_{\text{зад}}}$ при $U_{\text{зад}}$**
- 3.1. Скорость задувания $U_{\text{зад}}$ находится косвенным путем. Подбираем скорость U_2 таким образом, чтобы расстояние от источника выбросов до точки максимальной концентрации $X_{\text{м}U_2}$ было равно высоте источника H (допуск – 5%). Полученное численное значение U_2 и будет скоростью задувания $U_{\text{зад}}$. Значения $U_{\text{зад}}$, $C_{\text{м}U_{\text{зад}}}$, $X_{\text{м}U_{\text{зад}}}$ занести в таблицу 3.

Таблица 3

РЕЗУЛЬТАТЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА		
Наименование	Обозначение	Числовые значения
Скорость задувания, м/с	$U_{\text{зад}}$	
Максимальная приземная концентрация при скорости задувания, мг/м³	$C_{\text{м}U_{\text{зад}}}$	
Расстояние от источника до точки максимальной приземной концентрации при скорости задувания, м	$X_{\text{м}U_{\text{зад}}}$	

- 3.2. Заэскизировать и нанести на один график (с экрана монитора) графические зависимости концентрации вредных веществ C_U от расстояния до источника выбросов X_U при опасной скорости ветра $U_{\text{м}}$ и при скорости задувания $U_{\text{зад}}$.
На графиках нанести числовые значения характерных точек ($C_{\text{м}}$ и $X_{\text{м}}$ для скоростей $U_{\text{м}}$ и $U_{\text{зад}}$).
- 3.3. По пунктам 2 и 3 провести анализ и сделать выводы.

4. Определение зависимости максимальной концентрации вредных веществ $C_{мU}$ и расстояния от источника выбросов до точки максимальной приземной концентрации $X_{мU}$ от скорости ветра U при заданных параметрах источника.

4.1. Последовательно изменяя в программе скорость ветра U_1 в диапазоне от **0,5** до **8 м/с** (см.Пимечание) определить максимальную приземную концентрацию вредных веществ $C_{мU}$ и расстояние до источника выбросов $X_{мU}$ для каждой скорости. Остальные параметры источника устанавливаем в соответствии с вариантом задания.

Примечание: Так как ниже скорости задувания программа работает некорректно, первая экспериментальная точка – ближайшая большая к скорости задувания.

4.2. Полученные значения $C_{мU}$ и $X_{мU}$ занести в таблицу 4.

Таблица 4.

U, м/с	0,5	1,0	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8
$C_{мU}$, мг/м ³											
$X_{мU}$, м											

Примечание: При заполнении таблицы полученные числовые значения округляем $C_{мU}$ до сотых долей, а $X_{мU}$ до целых единиц.

4.3. Построить графики зависимости максимальной концентрации вредных веществ $C_m = f(U)$ и расстояния до источника выбросов $X_m = f(U)$ от скорости ветра U при заданных параметрах источника.

4.4. На полученных графиках нанести значения $C_{м2}$, X_m и $C_{мУзад}$, $X_{мУзад}$.

4.5. По пункту 4 провести анализ и сделать выводы.

5. **Определение зависимости опасной скорости ветра $U_{mV_{cm}}$, максимальной концентрации вредных веществ $C_{mV_{cm}}$ и расстояния от источника выбросов до точки максимальной приземной концентрации $X_{mV_{cm}}$ от скорости истечения смеси из источника V_{cm} при заданных параметрах источника.**

5.1. Последовательно изменяя в программе скорость истечения смеси из источника V_{cm} в диапазоне от **1** до **30** м/с определить опасную скорость ветра $U_{mV_{cm}}$, максимальную приземную концентрацию вредных веществ $C_{mV_{cm}}$ и расстояния от источника выбросов до точки максимальной приземной концентрации $X_{mV_{cm}}$ (значения зеленого цвета).

Примечание: Остальные параметры источника устанавливаем в соответствии с вариантом задания.

5.2. Полученные значения $U_{mV_{cm}}$, $C_{mV_{cm}}$, $X_{mV_{cm}}$ занести в таблицу 5.

Таблица 5

V_{cm} , м/с	1,0	2,0	5,0	10,0	20,0	30,0
$U_{mV_{cm}}$, м/с						
$C_{mV_{cm}}$, мг/м ³						
$X_{mV_{cm}}$, м						

5.3. Построить графики зависимости опасной скорости ветра $U_m = f(V_{cm})$, максимальной концентрации вредных веществ $C_m = f(V_{cm})$ и расстояния до источника выбросов $X_m = f(V_{cm})$ от скорости истечения смеси из источника V_{cm} .

5.4. Провести анализ полученных результатов и сделать соответствующие выводы.

6. Определение зависимости опасной скорости ветра $U_{\text{мм}}$, максимальной концентрации вредных веществ $C_{\text{мм}}$ и расстояния от источника выбросов до точки максимальной приземной концентрации $X_{\text{мм}}$ (при опасной скорости ветра) от интенсивности выброса смеси $M_{\text{выбр}}$ при заданных параметрах источника.

6.1. Последовательно изменяя в программе интенсивности выброса смеси источника $M_{\text{выбр}}$ в диапазоне от **500** до **20 000** мг/с определить опасную скорость ветра $U_{\text{мм}}$ максимальную приземную концентрацию вредных веществ $C_{\text{мм}}$ и расстояния от источника выбросов до точки максимальной приземной концентрации $X_{\text{мм}}$ (значения зеленого цвета).

Примечание: Остальные параметры источника устанавливаем в соответствии с вариантом задания.

6.2. Полученные значения занести в таблицу 6.

Таблица 6

$M_{\text{выбр}}$, мг/с	500	1 000	5 000	10 000	15 000	20 000
$U_{\text{мм}}$, м/с						
$C_{\text{мм}}$, мг/м ³						
$X_{\text{мм}}$, м						

6.3. Построить графики зависимости опасной скорости ветра $U_{\text{м}} = f(M_{\text{выбр}})$, максимальной концентрации вредных веществ $C_{\text{м}} = f(M_{\text{выбр}})$ и расстояния от источника выбросов до точки максимальной приземной концентрации $X_{\text{м}} = f(M_{\text{выбр}})$ от интенсивности выброса смеси источника $M_{\text{выбр}}$.

6.4. Провести анализ полученных результатов и сделать соответствующие выводы.

7. Определение зависимости опасной скорости ветра $U_{мD}$, максимальной концентрации вредных веществ $C_{мD}$ и расстояния от источника выбросов до точки максимальной приземной концентрации $X_{мD}$ (при опасной скорости ветра) от диаметра источника D при заданных параметрах источника.

7.1. Последовательно изменяя в программе диаметр источника D в диапазоне от **2,0** до **7,0** м определить опасную скорость ветра $U_{мD}$, максимальную приземную концентрацию вредных веществ $C_{мD}$ и расстояния от источника выбросов до точки максимальной приземной концентрации $X_{мD}$ (значения зеленого цвета).

Примечание: Остальные параметры источника устанавливаем в соответствии с вариантом задания.

7.2. Полученные значения занести в таблицу 7.

Таблица 7

D (м)	2	3	4	5	6	7
$U_{мD}$, м/с						
$C_{мD}$, мг/м ³						
$X_{мD}$, м						

7.3. Построить графики зависимости опасной скорости ветра $U_m = f(D)$, максимальной концентрации вредных веществ $C_m = f(D)$ и расстояния от источника выбросов до точки максимальной приземной концентрации $X_m = f(D)$ от диаметра источника D .

7.4. Провести анализ полученных результатов и сделать соответствующие выводы.

8. Определение зависимости опасной скорости ветра $U_{мн}$, максимальной концентрации вредных веществ $C_{мн}$ и расстояния от источника выбросов до точки максимальной приземной концентрации $X_{мн}$ (при опасной скорости ветра) от высоты источника H при заданных параметрах источника.

8.1. Последовательно изменяя в программе высоту источника H в диапазоне от **90** до **240** м определить опасную скорость ветра $U_{мн}$, максимальную приземную концентрацию вредных веществ $C_{мн}$ и расстояния от источника выбросов до точки максимальной приземной концентрации $X_{мн}$ (значения зеленого цвета).

Примечание: Остальные параметры источника устанавливаем в соответствии с вариантом задания.

8.2. Полученные значения занести в таблицу 8.

Таблица 8

H (м)	90	120	150	180	210	240
$U_{мн}$ (м/с)						
$C_{мн}$ (мг/м³)						
$X_{мн}$ (м)						
K						

8.3. Построить графики зависимости опасной скорости ветра $U_m = f(H)$, максимальной концентрации вредных веществ $C_m = f(H)$ и расстояния до источника выбросов $X_m = f(H)$ от высоты источника H .

8.4. Рассчитать коэффициент разбавления K в зависимости от высоты трубы H по формуле

$$K = \frac{C_{ист}}{C_{мн}},$$

где $C_{\text{ист}}$ – концентрация загрязняющего вещества исследуемого источника выбросов на выходе:

$$C_{\text{ИСТ}} = \frac{M}{Q},$$

где Q – объёмный расход смеси через устье трубы, $\text{м}^3 / \text{с}$;
 M – интенсивность выбросов, $\text{мг} / \text{с}$.

Без приведения к нормальным условиям, упрощенно

$$Q = V_{\text{см}} S_{\text{устья}}; \quad \text{где } S_{\text{устья}} = \pi D^2 / 4 \text{ (м}^2\text{)}$$

- 8.5. Построить график зависимости коэффициента разбавления K от высоты трубы $K = f(H)$.
- 8.6. Провести анализ полученных результатов и сделать соответствующие выводы.

Форма отчета

Отчёт оформляется на отдельных стандартных листах бумаги формата А4 с указанием на титульном листе фамилии и инициалов, № группы, названия работы, фамилии и инициалов преподавателя в соответствии с требованиями стандарта СТО СГАУ 020684 10-004 2007 «Общие требования к учебным текстовым документам».

Внести в отчёт цель лабораторной работы и некоторые теоретические вопросы, касающиеся непосредственного выполнения работы.

По каждому исследованию обозначить поставленную задачу.

Все результаты проведенных исследований представить в виде табличного и графического материала.

По каждому исследованию провести анализ полученных результатов и сделать соответствующие выводы.

По результатам проведенных исследований дать предложения по снижению приземной концентрации загрязнения атмосферного воздуха в

процессе рассеивания промышленных выбросов в подфакельной зоне стационарного одиночного источника.

Подготовиться к отчёту по лабораторной работе (см. список вопросов для самопроверки).

22

Контрольные вопросы

1. Что такое одиночный точечный источник?
2. Что такое подфакельная зона? Ее ось?
3. Что такое приземная концентрация?
4. Что такое опасная скорость ветра?
5. Что такое скорость задувания?
6. Каковы преимущества и недостатки метода рассеивания выбросов?
7. Под действием, каких факторов происходит рассеивание выбросов?

Варианты заданий

№	H (м)	D (м)	V _{см} (м/с)	M _{выбр} (мг/с)	T _{см} °C	T _{возд} °C	Примечание
1	90	3	10	5000	120	10	
2	120	3	10	10000	120	15	
3	150	3	20	5000	120	20	
4	180	3	20	10000	120	25	
5	210	3	30	5000	120	30	
6	240	3	30	10000	120	10	
7	90	4	20	5000	150	15	
8	120	4	20	10000	150	20	
9	150	4	30	5000	150	25	
10	180	4	30	10000	150	30	
11	210	4	10	5000	150	10	
12	240	4	10	10000	150	15	
13	90	5	30	5000	180	20	
14	120	5	30	10000	180	25	
15	150	5	10	5000	180	30	
16	180	5	10	10000	180	10	
17	210	5	20	5000	180	15	
18	240	5	20	10000	180	20	
19	90	6	10	5000	120	25	
20	120	6	10	10000	120	30	
21	150	6	10	5000	120	10	
22	180	6	20	10000	120	15	
23	210	6	20	5000	120	20	
24	240	6	30	10000	120	25	
25	90	7	30	5000	150	30	

26	120	7	30	10000	150	10	
27	150	7	10	5000	150	15	
28	180	7	10	10000	150	20	

Учебное издание

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАССЕЙВАНИЯ ВЫБРОСОВ
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОДИНОЧНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО
ИСТОЧНИКА В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА**

Методические указания

Составители: ***Копытин Юрий Александрович***
Несолонов Геннадий Фёдорович

Самарский государственный
аэрокосмический университет.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.
