

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА**

**Кафедра экологии и рационального  
использования водных ресурсов**

**В. С. ДЕЦУК, М. В. ОВЧИННИКОВ**

**ОХРАНА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА  
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ  
РАБОТ**

**Пособие**

**Гомель 2001**

УДК 574+502(075.86)

Д 396

**Децук В. С., Овчинников В. М.**

Д 396 Охрана атмосферного воздуха при производстве строительных работ: Пособие. – Гомель: БелГУТ, 2001. – 87 с.

Рассмотрены архитектурно-планировочные, технологические, санитарно-технические, инженерно-организационные и строительно-акустические мероприятия по защите атмосферы при производстве строительных работ. Даны методики и примеры расчетов учета различных факторов снижения химического и физического загрязнений атмосферы. Пособие снабжено необходимым для расчетов приложением.

Предназначено для студентов строительных специальностей.

Рецензент – зав. кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и экология» ГГТУ им. П.О. Сухого, канд.техн. наук **А. В. Овсяник.**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА

Кафедра экологии и рационального использования водных ресурсов

**В. С. ДЕЦУК, В. М. ОВЧИННИКОВ**

## ОХРАНА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Пособие

Одобрено методической комиссией  
строительного факультета

@ Децук В.С., Овчинников В.М., 2001

Гомель 2001 г.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Биосфера Земли в настоящее время подвергается нарастающему антропогенному воздействию. В первую очередь происходит загрязнение и ухудшение состояния важнейшей составляющей биосферы – атмосферы.

Для защиты и сохранения атмосферы мировым сообществом подписан ряд международных соглашений: Монреальский Протокол и Венская Конвенция об охране озонового слоя, Рамочная Конвенция об изменении климата, Женевская Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния.

Охрана атмосферы в Беларуси регламентируется рядом законов, в частности законом " Аб ахове навакольнага асяроддзя "(1992 г) и законом " Аб ахове атмасферы " (1997 г).

В Республике Беларусь организовано около 50 стационарных постов в 19 городах, на которых производятся наблюдения за состоянием атмосферы. Источниками загрязнения атмосферы являются все отрасли хозяйственной деятельности человека, в том числе и промышленное, гражданское и дорожное строительство.

Многие строительные механизмы (бульдозеры, экскаваторы, сваебойные агрегаты, грузоподъемные механизмы, компрессоры, электросварочные аппараты и др.) и практически весь автотранспорт работают на двигателях внутреннего сгорания и загрязняют атмосферу выхлопными газами, содержащими более 200 вредных компонентов. Многие газообразные компоненты имеют свойство конденсироваться, выпадать из воздушной среды и осаждаться на поверхностях, вызывая коррозию металлов, бетона, деструкцию полимеров, закисление и загрязнение почвы. При попадании на растения в зависимости от концентрации загрязняющих веществ происходит угнетение или гибель растений. Прогрессирует и накопление углекислого газа в атмосфере. Дальнейшее развитие этого процесса будет усиливать нежелательную тенденцию в сторону повышения среднегодовой температуры на планете.

Серьезные загрязнения атмосферы связаны с разработкой карьеров, особенно взрывным способом, устройством котланов и траншей, транспортировкой стройматериалов. Эти технологические операции вызывают интенсивный процесс пыления вследствие образования аэрозолей. Осажденная пыль потоками воздуха вновь приводится во взвешенное состояние, вызывая повторное всплытие. Постоянными источниками аэрозольного загрязнения являются также промышленные отвалы – искусственные насыпи из переотложенного материала, преимущественно, вскрышных пород, образуемых при добыче строительного сырья, приготовление битумоминеральных смесей, подготовительные работы во время строительства дорожных одежд, искусственных сооружений, технологические процессы строительства земляного полотна, дорожных покрытий.

Существенным загрязнением атмосферы является также шумовое загрязнение, вызываемое всеми строительными механизмами и автотранспортом.

Все рассмотренные факторы оказывают заметное влияние на процессы, происходящие в биосфере, и нередко приводят к деградации и распаду экосистем, поэтому **инженеру–строителю необходимо уметь оценить влияние строительного объекта на окружающую среду и минимизировать его негативное воздействие.**

## **1 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ АТМОСФЕРЫ ОТ ХИМИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

Выделяются следующие группы мероприятий по охране воздушного бассейна: технологические, санитарно-технические, инженерно-организационные и архитектурно-планировочные.

На каждом предприятии и для каждого территориально-промышленного комплекса (ТПК) разрабатывается комплексный план мероприятий по охране атмосферного воздуха, который включает в себя мероприятия, обоснованные экологически и технико-экономически и являющиеся составной частью комплексного плана мероприятий по охране и рациональному использованию природных ресурсов на предприятии или в ТПК, а также общие мероприятия по охране воздушного бассейна.

### **1.1 Технологические мероприятия**

Технологические мероприятия включают:

- создание безотходных технологических процессов на основе: разработки принципиально новых технологий и технологических средств, комплексного использования сырья и утилизации отходов производства, повышении эффективности работы газо-пылеулавливающих установок, организации ТПК с замкнутой системой материального баланса вещества, включая отходы производства;
- замену местных котелен на централизованное тепло от крупных ТЭЦ и ТЭС;
- замену топлива: предпочтительнее топливо с меньшим количеством продуктов сгорания (вместо угля и мазута – природный газ);
- предварительную очистку сырья и топлива от вредных примесей, в частности снижение содержания серы в топливе;
- электрификацию производства, транспорта и быта, замену пламенного нагрева электрическим;

- использование трубопроводов, гидро- и пневмотранспорта для пылящих материалов;
- замену прерывистых технологических процессов непрерывными.

Самой действенной мерой охраны атмосферного воздуха является строительство предприятий, работающих по принципу безотходной технологии, с замкнутыми технологическими процессами, с исключением выбросов в атмосферу от сопутствующих цехов и производств (абгазов, хвостовых газов). Внедрение даже частичной рециркуляции абгазов, замена угля и мазута природным газом дали в последние годы хороший экологический и экономический эффект. Изменение технологии должно идти по пути уменьшения количества выбросов и сокращения затрат на очистку газов в расчете на единицу продукции.

Немалое практическое значение имеют и профилактические мероприятия, заключающиеся в улучшении условий сжигания топлива, в совершенствовании конструкции фильтров и другого газопылеулавливающего оборудования, в герметизации технологических линий и т. д. Большое значение имеет перевод автомобилей на сжиженный газ. Это в 3 – 4 раза снижает выделение оксида углерода и других токсичных веществ.

На строительной площадке в результате работы автотранспорта и других механизмов зачастую концентрация загрязнений высока. Необходимо повсеместно переводить на электропривод электросварочные аппараты, грузоподъемные механизмы, компрессоры, насосы, сваебойные агрегаты, средства малой механизации, бульдозеры, экскаваторы, ныне работающие в основном на двигателях внутреннего сгорания.

Особое внимание следует обращать на снижение объема земляных работ на городских строительных площадках. Перевозка грунта за город превращает засоряемую землю в бросовую. Необходимо искать пути использования грунта, например, устраивать лыжные горки, скверы, островки для разведения птиц и т. д. Уменьшению объема земляных работ способствует строительство способом «стена в грунте», прокладка коммуникаций методами прокола, продавливания, пневмопробивкой, совмещенной прокладкой коммуникаций, устройством фундаментов на свайных основаниях и т. д.

Одним из источников загрязнения атмосферы является дорожная пыль, образующаяся при движении автомобилей по дороге. Концентрация и состав пыли зависят от типа дорожного покрытия. Летом на грунтовых дорогах концентрация пыли составляет до  $800 \text{ мг/м}^3$ , а длина облака достигает 50 – 150 метров. Пропускная способность дороги при наличии пыльных шлейфов снижается в 3 – 5 раз при скорости движения автомобилей от 20 до 100 км/ч. Пыль оседает вдоль грунтовых дорог на полосе шириной 100 – 50 метров. Интенсивность пылеобразования на

гравийных покрытиях зависит от материала, прочности, уплотнения гравия. Пропускная способность дороги уменьшается в 2 раза при длине шлейфа до 30 – 40 м, а при длине шлейфа 150 – 200 м – в 5 – 7 раз. Пыль на асфальто- и цементобетонных покрытиях образуется в процессе эксплуатации автомобильных дорог и содержит соединения кремния, железа, бария, свинца, цинка, меди, никеля, кобальта, кадмия, молибдена, вольфрама. На количество выхлопных газов автомобильных двигателей существенно влияет состояние дорог. Наличие ям, рытвин и т.п. увеличивает выбросы на 10 – 13%. Таким образом, состав и качество дорожного покрытия играют важную роль в состоянии атмосферы.

## **1.2 Санитарно-технические мероприятия**

Эта группа включает в себя специальные меры по защите воздушного бассейна с помощью очистных сооружений. Для очистки промышленных выбросов предприятий дорожной индустрии используются различные конструкции очистных сооружений, которые отличаются принципом работы и эффективностью.

**Очистка выбросов от пыли.** Для очистки выбросов от пыли применяются пылеулавливающие аппараты: пылеосадочные камеры, циклоны, вихревые пылеуловители, фильтры, мокрые скрубберы, барботажно-пенные аппараты, электрофильтры. Выбор типа пылеуловителя обусловлен степенью запыленности воздуха, размерами частиц и требованием к уровню очистки.

**Очистка выбросов от газовых паров и аэрозолей.** Очистка осуществляется на основе следующих технологических процессов: абсорбции, адсорбции, хемосорбции, каталитического сжигания и термического обезвреживания, окисления, озонирования, биоочистки.

С целью защиты воздушного бассейна от загрязнения цементной и каменной пылью транспортные машины и узлы перегрузки материалов помещают в плотно закрытые кожухи и подключают к системе вытяжной вентиляции с фильтрами. Необходимо предусматривать максимальное уплотнение кожухов шнековых транспортеров, ковшовых элеваторов и другого оборудования. От этих кожухов (а также от мест перепада цемента, минерального порошка и других материалов) необходимо отводить пыль с помощью вытяжной вентиляции. Для эффективной работы вентиляционной системы количество отсасываемого воздуха (в зависимости от объема кожуха) должно быть в пределах от 500 до 1500 м<sup>3</sup>/ч, а скорость движения в открытых отверстиях – не менее 1 м/с.

Обеспыливающая установка является неотъемлемой частью каждого асфальто- и цементобетонсмесителя. Она служит для отсоса пыли, дыма, газов от сушильного барабана, лопастной мешалки, грохота, ковшового

элеватора и т. д. Применяют обеспыливающие установки двухстадийной, а в ряде случаев трехстадийной очистки с сухим и мокрым обеспыливанием.

Карьерные дороги на открытых разработках, по которым курсируют автомобили, также являются источником загрязнения пылью, поэтому такие дороги поливают водой или растворами вяжущих веществ, не загрязняющими почву. Полив дорог растворами солей, особенно хлоридов, является экологически опасным, т.к. оказывает токсическое действие на многие виды растений (некроз листьев, полное отмирание части растений и всего растения), при попадании в водоемы способствует росту сине-зеленых водорослей.

### 1.3 Инженерно-организационные мероприятия

В том случае, когда существующие методы очистки не обеспечивают санитарных норм, прибегают к инженерно-организационным мероприятиям. Например, увеличение высоты труб, через которые осуществляются газопылевые выбросы в атмосферу и повышение скорости движения газов по этим трубам.

Рассеивание вредных веществ в атмосфере является временным, вынужденным мероприятием, вызванным тем, что существующие очистные аппараты не обеспечивают 100% - ную очистку выбросов от вредных веществ. Возможны аварийные ситуации как на самом производстве, так и на очистных сооружениях, однако, при авариях санитарные нормы не должны нарушаться (в этих случаях необходимо рассеивать вредные вещества в атмосфере).

Специальными исследованиями установлено, что концентрация вещества в выбросах зависит от высоты трубы и в первом приближении выражается следующей формулой:

$$C_m = \frac{1}{H^2},$$

где  $C_m$  – максимальная концентрация вредных веществ в выбросах, мг/м<sup>3</sup>;

$H$  – высота трубы, м.

Так, при  $H = 20$  м  $C_m = 1/400$  мг/м<sup>3</sup>, а при  $H = 200$  м  $C_m = 1/40000$  мг/м<sup>3</sup>. Следовательно, увеличение высоты трубы в 10 раз позволяет достигнуть такого эффекта рассеивания, что его можно условно считать равным 98 – 99 % очистки выбросов.

Таким образом, чем выше труба, тем больше ее рассеивающий эффект. В то же время следует учитывать тот факт, что при выбросах в высокие трубы возрастает общее количество примесей в атмосфере и повышается фоновое загрязнение воздуха. Если дымовая труба высотой 100 м позволяет рассеивать вредные вещества в радиусе до 20 км, то труба высотой 250 м увеличивает радиус рассеивания до 75 км. Строительство высоких дымовых

труб привело к тому, что теперь от загрязнения воздуха страдает не только пригородная растительность, но и лесные массивы. Химические загрязнители ослабляют защитные механизмы деревьев, вызывают ряд заболеваний, а также способствуют росту некоторых паразитических грибов. Все эти факторы вызывают массовую гибель лесов, а с ними и целых экосистем.

Самая высокая в мире труба (более 400 м) построена на медно-никелевом комбинате в г. Садбери (Канада). Гидрометом России не рекомендуется сооружение труб высотой более 150 м.

Для корректировки высоты труб с учетом окружающих строений в литературе приведена формула Лукаса

$$H^1 = (H + 1,5B) / 1,6,$$

где  $H^1$  – скорректированная высота;

$H$  – расчетная высота для плоской территории;

$B$  – высота наибольшего строения по соседству с трубой.

Из уравнения следует, что корректировка не производится, если наибольшая высота трубы или строения, находящихся вблизи от рассматриваемого объекта, будет менее  $0,4H$  ( $B \leq 0,4H$  или  $H \geq 2,5B$ ). Соседними считаются те строения, расстояние от которых до дымовой трубы не превышает шести ее высот.

Загрязнения автотранспортом зависят от организации дорожного движения; они возрастают при торможении на малых оборотах движения и т. д. Эта проблема решается путем развязки пересечений дорог на разных уровнях, создания на дорогах «зеленой волны», прокладки трассы дорог в выемках, снижения интенсивности движения транспорта на отдельных перегруженных городских магистралях. Все это относится к инженерно-организационным мероприятиям, успешность реализации которых во многом зависит от строителей.

#### **1.4 Архитектурно-планировочные мероприятия**

В эту группу входит комплекс приемов, включающий зонирование территории города, планировку жилых районов, рациональное размещение предприятий, организацию санитарно-защитных зон, озеленение населенных мест.

**Зонирование территории города.** Зонирование территории города – это выделение следующих зон:

– селитебные (жилые) зоны, в которых не должны быть расположены промышленные предприятия;

- промышленные зоны, организованные с учетом требований рационального размещения предприятий, отделенные санитарно-защитными зонами (СЗЗ);
- коммунально-складские, включая гаражи, автопарки и др.;
- внешнего транзита – порты, вокзалы, аэропорты.

Промышленные и коммунально-складские зоны, рассчитанные на большие грузопотоки по транспортным магистралям, нужно размещать, как правило, таким образом, что бы они не расчленили селитебные зоны на части и не вклинивались в них.

При проектировании системы внешнего транспорта необходимо: предусматривать в городах обходные железнодорожные линии для пропуска транзитных грузовых поездов без захода в город; размещать сортировочные станции за пределами городов и других населенных пунктов, а технические станции и парки резервного подвижного состава – за пределами селитебной территории; располагать железнодорожные линии для грузовых перевозок и подъездные пути также за пределами селитебной территории;

Зонирование территории производят и по экологическим принципам, т.е. с учетом потенциала загрязнения каждой территории и по устойчивости природных комплексов к воздушным загрязнениям. На основании экологического зонирования выбирают режим использования территории (рисунок 1.1).

**Планировка жилых районов.** К планировочным мероприятиям относят выбор под застройку хорошо проветриваемых склонов, свободных от явлений инверсии и кумуляции загрязнений в приземном слое.

Планировка жилых районов ведется методом микрорайонирования, т. е. крупными жилыми кварталами с развитой инфраструктурой, что уменьшает транспортные перемещения жителей и тем самым снижает выбросы автотранспорта в атмосферу. Озеленение микрорайонов должно быть не менее чем на 50 % , с парком в центре. Перспективным является строительство домов на высоких опорах для увеличения площади озеленения, а также зеленые насаждения на крышах домов.

В некоторых европейских странах, в частности в Голландии, одной из наиболее экологически развитых странах, дорожные планировщики улиц сделали их экологически чистыми и одновременно более безопасными. Разработана так называемая стратегия «дорожного штиля». Она вот уже несколько лет как внедрена в масштабе целых районов в большинстве городов Нидерландов.

Суть ее в том, что улицу перепланируют таким способом, чтобы ее «адаптировать ко всем пользователям» – в то время как обычные улицы адаптированы к автомобилям. Обычная улица «сконструирована» для максимальной скорости автомобилей: прямые линии, линейные парковки, отсутствие препятствий. Та же самая улица, перепланированная для всех

пользователей: тротуары, выступающие в местах перехода улицы вперед закругленным углом, облегчают пешеходам переход и снижают скорость движения.

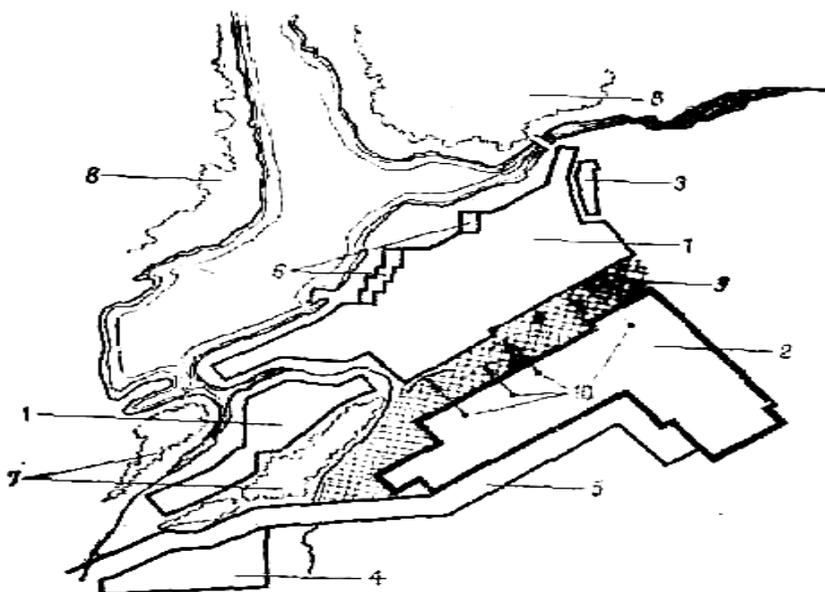


Рисунок 1.1 – Функциональное зонирование города: 1 – селитебная зона; 2 – промышленная зона; 3 – научно-учебная зона; 4 – коммунально-складская зона; 5 – транспортная территория; 6 – общественные центры; 7 – парки; 8 – зоны массового отдыха; 9 – санитарно-защитная зона; 10 – источники загрязнения атмосферного воздуха.

Парковочные места для автомобилей жителей «штилевой улицы», расположенные под углом к тротуару, разбивают линейный дизайн и тоже снижают скорость движения. Кроме того, они обрамлены специальными газонами с деревьями. Ширина дороги снижается до 3,25 метров. Все это побуждает водителей ехать медленно и уважать других пользователей дороги. Снижается также сама «населенность» дороги автомобилями и, соответственно, загрязненность воздуха. Такие зоны просто необходимы вокруг школ, скверов, микрорайонов.

#### **Рациональное размещение промышленных предприятий.**

Рациональное размещение промышленных предприятий включает в себя выполнение следующих требований:

1 Предприятие необходимо располагать с учетом экологической емкости территории  $E_z$ . Экологическая емкость – это максимально возможная в

конкретных условиях данного района биологическая продуктивность всех его биогеоценозов, агро- и урбоценозов с учетом оптимального для данного района состава представителей растительного и животного мира.

Путем достижения максимальной экологической емкости можно не только сохранить генофонд наиболее ценных растений и животных, но и сберечь целые их популяции. Разнообразные в видовом отношении экосистемы, в том числе и экосистемы преобразованных человеком ландшафтов, более всего приспособлены к антропогенным воздействиям, и поэтому лучше всего соответствуют требованиям, которые предъявляются к природной среде в условиях прогрессирующей индустриализации и урбанизации. Экологическую емкость территории района ориентировочно можно определить по следующей формуле

$$E_{\text{э}} = \sum_{i=1}^{n_1} B_i + \sum_{j=1}^{n_2} A_j + \sum_{k=1}^{n_3} Y_k$$

где  $E$  – экологическая емкость района, т биомассы;

$B_i$  – возможная в данных условиях биомасса  $i$ -го биогеоценоза, т;

$A_j$  – то же  $j$ -го агроценоза, т;

$Y_k$  – то же  $k$ -го урбоценоза, т.

Для того чтобы установить индекс экологической емкости, надо экологическую емкость поделить на фактическую величину биомассы района. Значения этого индекса менее 0,5 свидетельствуют о значительном ослаблении экосистемы района и необходимости ее целенаправленного совершенствования.

Следует учитывать, что инженерно-экологические характеристики весьма подвижны во времени. Их можно улучшить проведением комплекса природовосстановительных мероприятий – инженерной подготовкой территории, лесотехническими, технологическими, биотехническими и другими мероприятиями, важное место среди которых занимает планировочная организация территории.

2 Размещать промышленные производства в соответствии с особенностями тех или иных геохимических провинций; подбирать производства, выделяющие преимущественно те микроэлементы, недостаток которых ощущается в данной провинции или же вещества, нейтрализующие избыток тех или иных микроэлементов.

3 Предприятие должно располагаться в соответствии с розой ветров, с наветренной стороны по отношению к жилой застройке.

4 Предприятие не должно располагаться в местах застоя воздуха и часто повторяющихся туманов.

Расчеты показывают увеличение загрязнения воздуха при туманах. Влияние туманов на содержание примесей в воздухе имеет весьма сложный характер. С одной стороны, при туманах нередко наблюдается увеличение

концентрации примесей у земли, с другой — изменяется качественный состав примесей, характер их токсичного воздействия. Частицы загрязнителя поглощаются водяными каплями с образованием новых веществ. При этом концентрация исходных веществ в воздухе уменьшается. Характер взаимодействия гигроскопических газов и аэрозолей неодинаков. Конденсация и накопление влаги на поверхности частиц может иметь место при относительной влажности воздуха менее 100 %. Эта влага увеличивает размеры и массу дисперсных частиц и соответственно скорость их гравитационного движения к поверхности земли. В каплях тумана концентрируется примесь, которая находилась вблизи подстилающей поверхности при отсутствии тумана, а также значительная часть примеси из вышележащих и, как правило, наиболее загрязненных слоев. Таким образом, капли тумана как бы аккумулируют примеси, что существенно увеличивает загрязнение воздуха вблизи подстилающей поверхности. По этой причине полная концентрация примеси в тумане выше той, которая была бы здесь при прочих равных условиях в отсутствие тумана.

Следовательно, при расчетах рассеивания выбросов необходимо учитывать возможность образования тумана в его окрестности. Интересен тот факт, что растворение сернистого газа в каплях тумана приводит к образованию аэрозоля сернистой кислоты, которая обладает большей токсичностью. Более того, в каплях тумана, как правило, имеются примеси некоторых микроэлементов, которые служат катализаторами многих химических превращений компонентов газовых выбросов.

5 Должны учитываться условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере и естественного проветривания в соответствии с ОНД-86. Для оценки такой обстановки необходимо знать скорость и направление ветра, температуру воздуха и плотность застройки.

6 Необходимо учитывать температуру выбросов и воздуха, возможности приземных температурных инверсий и степень вертикальной устойчивости воздуха. Принято различать три степени устойчивости приземного слоя воздуха:

- *первая степень* – **инверсия** (нижние слои воздуха холоднее верхних);
- *вторая степень* – **изотермия** (температура воздуха на расстоянии 20 – 30 м от поверхности земли одинакова);
- *третья степень* – **конвекция** (нижний слой воздуха нагрет сильнее верхнего, в результате чего происходит его перемешивание по вертикали).

Инверсия и изотермия способствуют сохранению более высоких концентраций ядовитых веществ в приземном слое воздуха; они способствуют распространению загрязненного воздуха на большее расстояние от очага заражения.

Все эти данные позволяют повысить точность расчетов рассеивания

выбросов на местности и определить опасные метеорологические условия, при которых возможны максимальные приземные концентрации от источников выбросов строящегося предприятия.

7 При выборе площадки необходимо учитывать рельеф местности.

Большое влияние на распространение примесей в атмосфере оказывает неровность рельефа местности. В холмистой местности концентрация вредных примесей в атмосфере большей частью выше, чем над равниной. При одних и тех же перепадах уровней подстилающей поверхности относительные изменения концентрации значительно больше в местности с пониженными формами рельефа, где часто наблюдаются застои воздуха. Особенно большое значение этот факт имеет для так называемых низких источников, например для ям.

Влияние рельефа местности на концентрацию загрязняющих веществ в атмосфере можно учитывать, используя методики, разработанные для предприятий нефтеперерабатывающей промышленности.

Нормативный метод ОНД-86 позволяет рассчитывать поля концентраций, создаваемые дымовыми трубами промышленных предприятий, а также плоскостными и линейными источниками. Под последними понимаются вентиляционные фонари цехов, улицы с интенсивным движением автотранспорта и скопление многочисленных мелких низких источников.

Рельеф местности вносит существенные изменения в концентрационные поля и это необходимо учитывать при выборе площадки для строительного объекта.

Базовые формулы расчетных методик были выведены для равнинного ландшафта при  $\eta = 1$ . Ниже приводятся поправки, позволяющие учесть особенности рельефа, допускающие типизацию.

Довольно распространенным случаем является размещение объекта на высоком или пойменном берегу реки с перепадом высот  $h_0$ . Если источник (объект) размещен на нижнем уступе, повышение приземных концентраций обуславливается торможением воздушного потока и совпадает с направлением откоса. Размещение объекта на верхнем уступе эквивалентно большей высоте трубы  $H$  и несколько снижает концентрацию на нижнем. Следует предостеречь от геометрического сложения  $H$  и  $h_0$ , так как степень реального влияния на концентрации значительно слабее.

Не менее распространены углубления типа каньона с протекающей внизу рекой или без нее. К этой категории можно отнести котлованы от выработки открытым способом. Над такими выемками по мере их углубления концентрации возрастают. Гряды или горный кряж на пути факела дают повышение концентрации на обоих склонах. Надо иметь в виду, что при современных трубах высотой более 300 м под термин “гряда” попадают горы высотой более 500 м.

Все описанные препятствия предполагаются единственными и вытянутыми в одном направлении, а расчеты применимы к случаю, когда факел перпендикулярен оси препятствия.

Поправочный коэффициент на рельеф рассчитывается по формуле

$$\eta = 1 + \varphi\eta_m, \quad (1.1)$$

$\eta_m$  определяется по таблице 1.1 в зависимости от форм рельефов представленных на рисунке 1.2 и безразмерных величин  $n_1 = H/h_0$  и  $n_2 = a_0/h_0$

где  $H$  – высота источника;

$h_0$  – высота или глубина препятствия;

$a_0$  – полуширина гряды, гребня, ложбины или протяженность бокового склона уступа;

$x_0$  – расстояние от середины препятствия в случае гряды или ложбины и от верхней кромки склона в случае уступа до источника, как указано на рисунке 1.2.

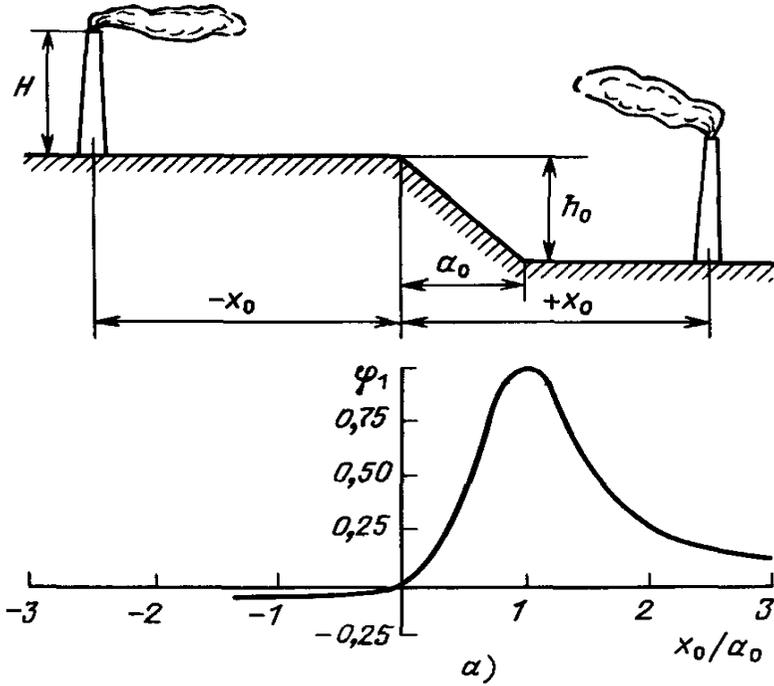
**Таблица 1.1 – Поправочный коэффициент на форму рельефа**

$n_1$	$n_2$											
	Ложбина (впадина)				Уступ				Гребень (холм)			
	4-5	6-9	10-15	16-20	4-5	6-9	10-15	16-20	4-5	6-9	10-15	16-20
0,5	13	1	0,6	0,3	2,5	0,8	0,5	0,2	2	0,5	0,4	0,2
0,6-1	2	0,6	0,5	0,2	1,7	0,5	0,3	0,2	1,2	0,4	0,3	0
1,1-2,9	0,8	0,5	0,4	0,1	0,6	0,4	0,2	0,1	0,4	0,3	0,2	0
3-5	0,4	0,3	0,2	0	0,3	0,2	0,1	0	0,2	0,2	0,1	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

По своему физическому смыслу  $\eta_m$  является коэффициентом, учитывающим пропорции между высотой трубы и размерами препятствия. В отличие от предыдущего коэффициента,  $\varphi$  учитывает форму препятствия и определяется из графиков рисунка 1.2 как функция отношения  $x_0/a_0$ . Для случая, когда источник размещен на верхней террасе, т.е.  $x_0 < 0$ , имеем  $\varphi < 0$ .

Если препятствия представляют собой гряду или ложбину, вытянутые в одном направлении, параметры  $h_0$  и  $a_0$  определяются для поперечного сечения, перпендикулярного этому направлению. Если изолированное

препятствие – отдельный холм или впадина, то  $h_0$  выбирается соответствующим максимальной (минимальной) отметке препятствия, а  $n_2$  – максимальной крутизне склона, обращенного к источнику.



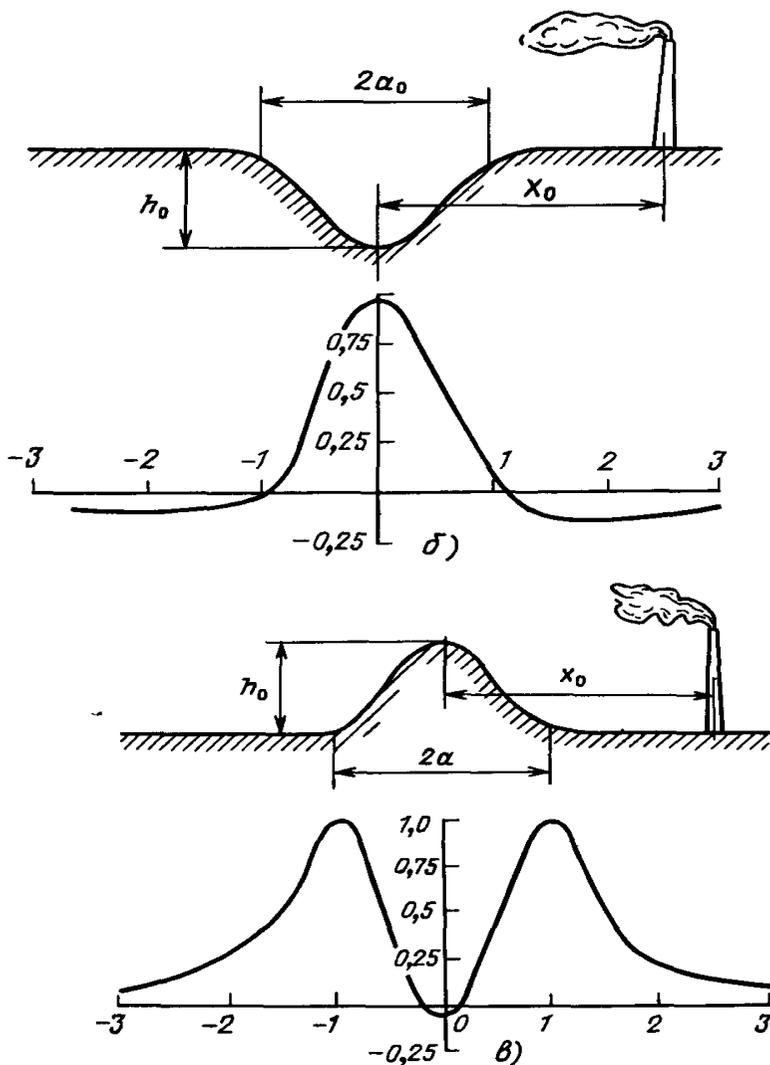


Рисунок 1.2 – Типичные формы рельефа местности и обусловленные ими изменения

Для источников выброса, в зоне влияния которых расположено несколько изолированных препятствий, следует определить поправочные коэффициенты  $\eta$  для каждого отдельного препятствия и использовать в расчете максимальное значение.

Описанные выше аномалии рельефа местности изменяют расстояние  $x_m$  от дымовой трубы до точки, в которой достигается максимальное значение концентраций  $c_m$ , на коэффициент

$$K = \frac{1,1}{\sqrt{\eta + 0,2}} \quad (1.2)$$

который и надлежит вводить в расчеты

$$x_{m1} = x_m K \quad (1.3)$$

Приземные концентрации на произвольных расстояниях от источника определяются в зависимости от параметра

$$P = 6,2x_m \sqrt{\eta - 1} \quad (1.4)$$

где  $x_m$  - значение для рассматриваемого источника в условиях ровной или слабо пересеченной подстилающей поверхности, т.е. при  $\eta = 1$ .

Для больших удалений, когда  $x > P$ , поправка на рельеф не вносится. При малых удалениях,  $x < P$ , значение концентрации загрязняющих веществ подсчитывается по методике ОНД – 86 с учетом поправки, рассчитанной по формуле (1.2).

При скоростях ветра, отличных от опасной, расчеты приземных концентраций производятся по вышеизложенной схеме, где вместо  $x_m$  в формуле (1.4) используется значение  $x_{m1}$ , определенное для равнинного ландшафта по методике ОНД – 86.

Если источник выбросов располагается в долине шириной  $L_{дл}$  и его высота меньше  $2/3$  глубины долины, то расчеты подфакельных концентраций для направлений ветра вдоль долины производятся до расстояний  $x$ , удовлетворяющих условию  $x < L_{дл} \sqrt{u}$ . Для больших расстояний значения расчетных концентраций умножается на  $\sqrt{x / (L_{дл} \sqrt{u})}$ , где  $u$  – скорость ветра, м/с.

В районах, где может происходить длительный застой примеси при сочетании слабых ветров с температурными инверсиями, как, например, в глубоких котловинах, в районах частого образования туманов, ниже плотин гидроэлектростанций и вблизи прудов-охладителей ГРЭС, в районах с суровой зимой, а также в районах возможного возникновения смогов не следует размещать промышленные предприятия со значительными выбросами. При необходимости строительства в таких районах следует принимать дополнительные меры по сокращению токсичных выбросов в воздушный бассейн, которые должны быть согласованы с Комитетом природных ресурсов. Очевидно, что в этом случае затраты на глубокую

очистку выбросов должны быть ниже, чем стоимость коммуникаций, инфраструктур и других сооружений при выносе предприятия за пределы экологически тяжелого района.

**Пример расчета.** По данным экологического проекта, строящийся объект имеет высоту источника  $H = 60$  м, из которого в случае размещения на равнинной местности, выбрасываются загрязняющие вещества с максимальной приземной концентрацией  $C_m^o = 12$  мг/м<sup>3</sup> на расстоянии  $X_m^o = 450$  м, ПДК<sub>СС</sub> = 0,15 мг/м<sup>3</sup>.

В этом случае превышение норматива в выбросах не наблюдается и приведенная концентрация

$$q = \frac{C_m^o}{\text{ПДК}_{\text{СС}}} = \frac{0,12}{0,15} = 0,8 < 1.$$

Необходимо сравнить рассеивание загрязняющих веществ для различных вариантов ландшафта:

- 1) источник выброса на верхней террасе уступа (рисунок 1.2 а);
- 2) источник выброса на нижней террасе уступа (рисунок 1.2 а);
- 3) источник выброса на вершине впадины (рисунок 1.2 б);
- 4) источник выброса у подножия холма (рисунок 1.2 в).

Характеристики препятствий

$$h_o = 100 \text{ м}, \quad a_o = 400 \text{ м}, \quad x_o = 500 \text{ м}.$$

Рассчитаем параметры рельефа:

$$n_1 = \frac{H}{h_o} = \frac{60}{100} = 0,6; \quad h_2 = \frac{a_o}{h_o} = \frac{400}{100} = 4;$$

$$\frac{x_o}{a_o} = \frac{500}{400} = 1,25;$$

Параметр  $\eta_m$  находим по таблице 1.1, а параметр  $\varphi$  – по графикам под соответствующим рисунком 1.2, а, б, в.

$$1 \quad \eta_m = 1,7; \quad \varphi = -0,8; \quad \eta = 1 + \varphi \eta_m = 1 - 0,08 \cdot 1,7 = 0,86;$$

$$K = \frac{1,1}{\sqrt{\eta + 0,2}} = \frac{1,1}{\sqrt{0,86 + 0,2}} = 1,07;$$

$$x_m = x_m^0 K = 450 \cdot 1,07 = 481 \text{ м}; \quad \Delta x = 481 - 450 = 31 \text{ м};$$

$$C_m = C_m^0 \eta = 0,12 \cdot 0,86 = 0,1032 \text{ мг/м}^3;$$

$$q = \frac{C_m}{\text{ПДК}_{\text{СС}}} = \frac{0,1032}{0,15} = 0,69 < 1.$$

$$2. \quad \eta_m = 1,7; \quad \varphi = 0,95 \quad \eta = 1 + 0,95 \cdot 1,7 = 2,62$$

$$K = \frac{1,1}{\sqrt{2,62 + 0,2}} = 0,66$$

$$x_m = 450 \cdot 0,66 = 297 \text{ м} \quad \Delta x = 297 - 450 = -153 \text{ м}$$

$$C_m = 0,12 \cdot 2,62 = 0,314 \text{ мг} / \text{м}^3$$

$$q = \frac{0,314}{0,15} = 2,1 > 1$$

$$3. \quad \eta_m = 2,0; \quad \varphi = -0,05 \quad \eta = 1 - 0,05 \cdot 2,0 = 0,9$$

$$K = \frac{1,1}{\sqrt{0,9 + 0,2}} = 1,05$$

$$x_m = 450 \cdot 1,05 = 473 \text{ м}$$

$$\Delta x = 473 - 450 = 23 \text{ м}$$

$$C_m = 0.12 \cdot 0.9 = 0.108 \text{ мг} / \text{м}^3$$

$$q = \frac{0.108}{0.15} = 0.72 < 1$$

$$4. \eta_m = 1.2 ; \varphi = 0.85 \quad \eta = 1 + 0.85 \cdot 1.2 = 2.02$$

$$K = \frac{1.1}{\sqrt{2.02 + 0.2}} = 0.74$$

$$x_m = 450 \cdot 0.74 = 333 \text{ м} \quad \Delta x = 333 - 450 = -117 \text{ м}$$

$$C_m = 0.12 \cdot 2.02 = 0.24 \text{ мг/м}^3$$

$$q = \frac{0.24}{0.15} = 1.6 > 1$$

Полученные данные представлены в таблице 1.2:

**Таблица 1.2** Результаты расчета

Вариант	Изменение расстояния $\Delta x, \text{ м}$	Приведенная концентрация g
Исходный	0	0.8
1	+31	0.69
2	-153	2.1
3	+23	0.72
4	-117	1.6

Из анализа полученных данных видно, что во 2-ом и 4-ом вариантах наблюдается существенное превышение концентрации загрязняющих веществ над нормативом, хотя и с некоторым уменьшением зоны максимального загрязнения. Наименьшая концентрация загрязняющих веществ в 1-ом варианте с весьма незначительным увеличением зоны максимального загрязнения. Допустимым в данном случае является и 3-й вариант.

*Проектирование автомобильных дорог*

При строительстве и эксплуатации автомобильных дорог атмосферный воздух загрязняется выхлопными газами автомобильных двигателей. Наиболее стойким и опасным ингредиентом загрязнения при этом является оксид углерода. Максимальная его концентрация наблюдается у проезжей части дороги в часы пик и рассчитывается по формуле Рябикова:

$$C_{co} = (7.33 + 0.0026N) \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (1.5)$$

где: CO – концентрация оксида углерода в воздухе у проезжей части дороги, мг/м<sup>3</sup>;

N – интенсивность движения автомашин с карбюраторными двигателями, авт/ч, определяется путем непосредственного подсчета;

K<sub>1</sub> – коэффициент учета состава транспортного потока и его средней скорости (таблица А-2);

K<sub>2</sub> – коэффициент учета влияния продольного уклона дороги (таблица 1.3).

Полученная концентрация оксида углерода у проезжей части дороги сравнивается со среднесуточной предельно-допустимой ПДК<sub>с.с.</sub> для атмосферы жилого массива (1 мг/м<sup>3</sup>) и определяется кратностью превышения норматива.

При проектировании интенсивность движения автомобилей принимается по СНИП 2.05.02 -85 в соответствии с категорией дороги (таблица А.1).

**Таблица 1.3** Учет влияния продольного уклона дороги

Продольный уклон i,	0 –10	10-30	30 –50	50 –70
<b>k<sub>2</sub></b>	1	1.02	1.04	1.06

Ширина санитарной зоны (акустического разрыва) x проектируемой дороги рассчитывается из формулы

$$C_{co} = 0.5C_0 - 0.1 \cdot x, \quad (1.6)$$

где:  $C_{co}$  – концентрация CO на расстоянии  $x_m$  от дороги,  $mg/m^3$ . Поскольку  $C_{co}$  в жилом массиве не должно превышать ПДК среднесуточную, т.е.  $C_0 = 1 mg/m^3$ , то возможно решить это уравнение в отношении  $x$ :

$$x = \frac{0.5C_{co} - C_0}{0.1}, \quad (1.7)$$

Схема зоны загрязнения вдоль автомобильных дорог (ЗАЗ) представлена на рисунке 1.3.

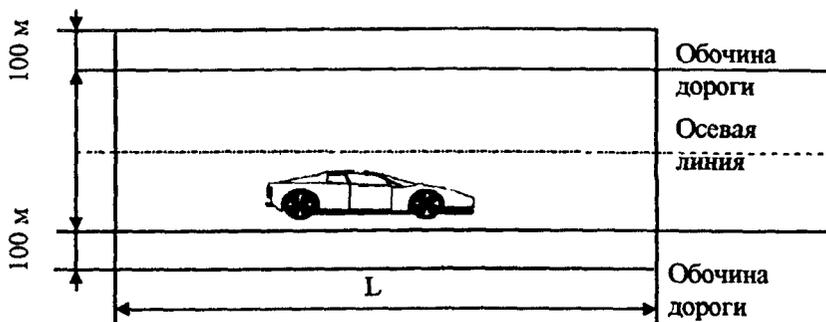


Рисунок 1.3 - Схема ЗАЗ для транспортной магистрали

### Пример расчета:

По дороге 1 – ой категории, уклон менее  $10 \text{ ‰}$ , за сутки проходит 7 тысяч автомобилей, главным образом за 12 часов дневного движения, т. е. 508 авт/ч. При прохождении дороги через населенный пункт необходимо учитывать рост интенсивности движения в часы пик в 1,5 раза, т. е. до 762 авт/ч. В этом случае концентрация оксида углерода составит при доле грузового транспорта 60% и скорости движения 30 км/ч:

$$C_{co} = (7.33 + 0.026 \cdot 762) \cdot 1.04 \cdot 1 = 28.2 \text{ мг} / \text{м}^3$$

Расчетный уровень загрязнения воздуха на дороге 1-ой категории в час пик может превышать норму более чем в 9 раз. Совершенно очевидно, что дорогу надо проектировать в обход населенных пунктов и городов в 0,3 – 0,5 км от жилых массивов. На участках, где дорога пересекает лесные массивы, населенные пункты и города, трассу по возможности следует прокладывать в направлении господствующих зимних ветров с целью лучшего проветривания.

$$x = \frac{0.5C_{co} - C_0}{0.1} = \frac{0.5 \cdot 28.2 - 1}{0.1} = 131 \text{ м.}$$

Лесопосадки вдоль трассы снижают загазованность воздуха. Это позволяет уменьшить размеры санитарно-защитных зон при проектировании жилых зданий и объектов соцкультбыта. Необходимо, чтобы расстояние от проектируемого объекта до проезжей дороги, показанное на генплане, было экологически обосновано, а качество атмосферного воздуха и уровень шума соответствовали нормам.

Задавая ширину санитарной зоны и учитывая нормативный уровень концентрации CO, можно рассчитать пропускную способность дороги, проектируемой с соблюдением экологических норм.

### **Пример расчета:**

Рассчитать пропускную способность дороги, обеспечивающую соблюдение нормативов по концентрации CO, если ширина санитарной зоны не может быть больше 70 м при средней скорости транспортного потока 80 км/ч и доле автомобилей с карбюраторными двигателями в общем потоке 80%.

$$C_{co} = \frac{0.1x + C_0}{0.5} = \frac{0.1 \cdot 70 + 1}{0.5} = 16 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{co} = (7.33 + 0.0026N) \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ откуда}$$

$$N = \frac{C_{co} - 7.33K_1K_2}{0.026K_1K_2} = \frac{16 - 7.33 \cdot 1.21 \cdot 1}{0.026 \cdot 1.21 \cdot 1} = 227 \text{ авт/ч}$$

Следовательно, если технические параметры дороги позволяют увеличить ее пропускную способность, то для соблюдения экологических нормативов необходимо правильно организовать санитарно-защитную зону.

### *Организация санитарно-защитных зон*

В соответствии с требованиями градостроительных и санитарных норм в целях охраны окружающей среды населенных пунктов промышленные предприятия, на которых после соответствующих мер по очистке выбросов сохраняется выделение в атмосферу вредных веществ, должны отделяться от жилой застройки санитарно – защитными зонами.

Под понятием «зона загрязнения» имеется в виду территория вокруг источника загрязнения, в пределах которой приземный слой атмосферы

загрязнен вредными веществами, содержащимися в производственных выбросах, в концентрациях, превышающих допустимые нормы.

Под понятием «санитарно – защитная зона» имеется в виду часть зоны загрязнения в пределах между границей промышленного предприятия и границей селитебной территории населенного пункта. Санитарно – защитная зона устанавливается в целях снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха до установленных пределов после проведения на предприятиях всех мер по очистке промышленных выбросов. Зона должна быть соответствующим образом планировочно организована, озеленена и благоустроена.

Проектирование санитарно – защитных зон промышленных предприятий в части установления их размеров, планировочной организации, озеленения и благоустройства, а так же порядок оформления, согласования и утверждения проектной документации должны находиться в увязке с проектными материалами, выполняемыми для соответствующего уровня градостроительного проектирования: 1 – схемой районной планировки; 2 – проектом районной планировки; 3 – технико-экономическими основами (ТЭО) развития крупного города; 4 – генеральным планом города или посёлка; 5 – проектом планировки промышленной зоны (района) города, выполняемыми в соответствии с Инструкцией о составе, порядке разработки, согласования и утверждения схем и проектов районной планировки, планировки и застройки городов, посёлков и сельских населённых пунктов /ВСН 38 - 82; 6 – схемой генерального плана промышленного узла, выполняемой в соответствии с Инструкцией по разработке схем генеральных планов групп предприятий с общими объектами (промышленных узлов) СН 387 – 78, а так же 7 – техническим проектом озеленения санитарно – защитной зоны; 8 – рабочими чертежами озеленения санитарно – защитной зоны, выполняемыми согласно рекомендациям, приведенным в Руководстве по проектированию санитарно- защитных зон промышленных предприятий.

При разработке схемы районной планировки или проекта районной планировки в схемах комплексной оценки территории, выполняемых соответственно в  $M = 1: 300000 - 1: 100000$  и в  $M = 1: 50000 - 1: 25000$ , в целях общего обоснования функционального зонирования территории должны устанавливаться зоны загрязнения промышленных предприятий (промышленных узлов) – рисунок 1.4.

Размеры зон загрязнения промышленных предприятий должны устанавливаться, как правило, путем расчета рассеивания в атмосфере вредных веществ, выбрасываемых из источников после применения на последних эффективных средств очистки. Расчет рассеивания производится в соответствии с «Указаниями по расчету рассеивания в атмосфере выбросов предприятий» ОНД –86.

При установлении зон загрязнения в целях определения мест размещения населенных пунктов критерием являются показатели предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

На территориях санитарно – охранных зон курортов, в местах размещения крупных санаториев и домов отдыха, зонах отдыха городов с населением более 200 тыс. человек приземные максимальные концентрации вредных веществ не должны превышать 0,8 ПДК.

Планировочная организация санитарно – защитных зон кроме выполнения основной задачи защиты воздушной среды населенных пунктов от промышленных загрязнений должна также отвечать требованиям архитектурно – композиционной увязки жилых районов города с промышленными предприятиями.

При планировке санитарно – защитных зон следует учитывать, что одним из важных факторов, обеспечивающих защиту воздушной среды населенных пунктов от промышленных загрязнений, является озеленение зон газоустойчивыми древесно-кустарниковыми насаждениями, конструкции защитных посадок которых приведены на рисунках 1.5 – 1.10.

Зонирование территории санитарно – защитных зон с установлением участков под застройку, озеленение защитными древесно-кустарниковыми насаждениями, прокладка транспортных путей и размещение сети инженерных коммуникаций должны осуществляться с учетом различной интенсивности загрязнения производственными выбросами приземного слоя атмосферы на территории зоны для обеспечения наименьшей степени загрязнения приземного слоя. Для этой цели следует составлять комплексную графоаналитическую схему кривых приземных концентраций вредных веществ от всех основных источников выбросов предприятий и поля концентраций.

Участки под застройку объектов, размещаемых на территории санитарно-защитных зон, следует отводить в местах, в которых при планировке и застройке санитарно-защитных зон следует руководствоваться номенклатурой объектов и планировочных элементов, допускаемых к размещению на территории зон в зависимости от их ширины, приведенной в таблице А - 3.

В санитарно-защитной зоне не допускается размещение городских стадионов, садов и парков общественного пользования, а также общеобразовательных школ, лечебно – профилактических и оздоровительных учреждений общего пользования.

Проектирование озеленения санитарно-защитных зон должно осуществляться с учетом характера промышленных загрязнений, а также местных природно-климатических и топографических условий.

Растения, используемые для озеленения санитарно-защитных зон, должны быть эффективными в санитарном отношении и достаточно устойчивыми к загрязнению атмосферы и почв промышленными выбросами.

При проектировании озеленения санитарно-защитных зон следует отдавать предпочтение созданию смешанных древесно-кустарниковых насаждений, обладающих большей биологической устойчивостью и более высокими декоративными достоинствами по сравнению с однопородными посадками.

При этом не менее 50% общего числа высаживаемых деревьев должна занимать главная древесная порода, обладающая наибольшей санитарно-гигиенической эффективностью, жизнеспособностью в данных почвенно-климатических условиях и устойчивостью по отношению к выбросам данного промпредприятия. Остальные древесные породы являются дополнительными, способствующими лучшему росту главной породы. Менее устойчивые породы, но дающие большой эффект в очистке воздуха, как древесные, так и кустарниковые, размещаются внутри массива под прикрытием опушечных посадок.

При подборе растений для озеленения санитарно-защитных зон следует руководствоваться «Картой древнекультурных районов СССР», таблицей «Географические зоны применения ассортимента деревьев и кустарников для озеленения санитарно-защитных зон промышленных предприятий».

Для цветочного оформления санитарно-защитных зон рекомендуется использовать газоустойчивые виды однолетних, двулетних и многолетних цветочных растений, приведенные в таблице «Ассортимент цветочных растений». Для создания газонов на территории санитарно-защитной зоны рекомендуются газонные травы, приведенные в таблице «Ассортимент газонных трав».

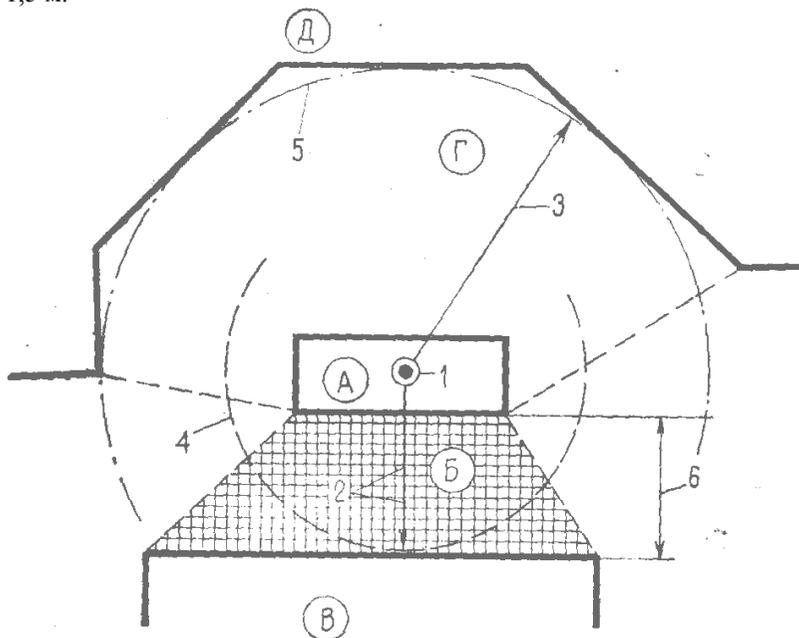
Существующие зеленые насаждения на территории санитарно-защитной зоны должны быть максимально сохранены и включены в общую систему озеленения зоны. При необходимости должны предусматриваться мероприятия по их реконструкции.

Вновь создаваемые зеленые насаждения решаются посадками плотной структуры изолирующего типа, которые создают на пути загрязненного воздушного потока механическую преграду, осажая и поглощая часть вредных выбросов, или посадками ажурной структуры фильтрующего типа, выполняющими роль механического и биологического фильтра загрязненного воздушного потока.

Изолирующие посадки типов ЛПИ-1, ЛПИ-2, ЛМИ (рисунки 2.5, 2.6, 2.7) создаются в виде плотных древесных массивов и полос с опушками из кустарников на территории санитарно-защитных зон. Насаждения изолирующего типа размещаются у промышленного предприятия.

Наиболее эффективны посадки с обтекаемыми опушками, т. е. созданными кустарниковыми и древесными породами с постепенно уменьшающимися по высоте кронами.

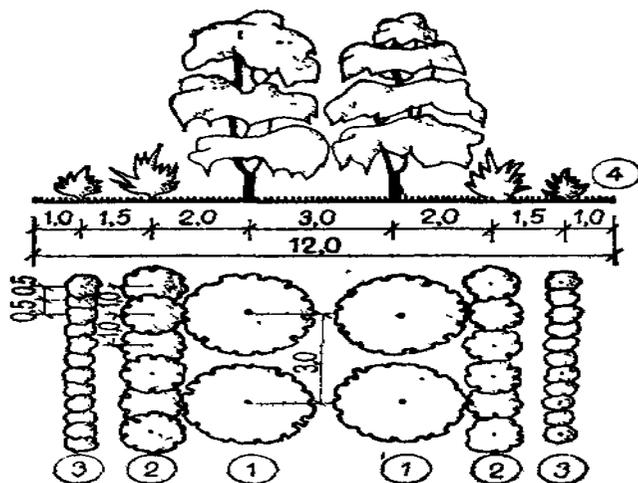
Деревья основной породы в изолирующих посадках высаживаются через 3 м в ряду при расстоянии 3 м между рядами; расстояние между деревьями сопутствующих пород – 2- 2,5 м; крупные кустарники высаживаются на расстоянии 1 – 1,5 м друг от друга; мелкие – 0,5 м при ширине междурядий 2 – 1,5 м.



**Рис. 1.4 Определение понятий**

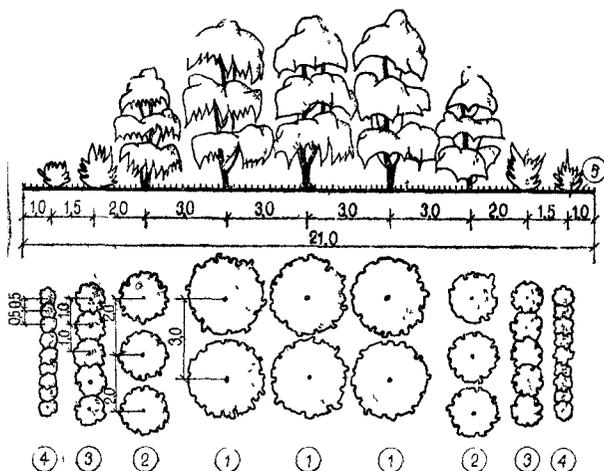
*А* — территория промышленного предприятия; *Б* — санитарно-защитная зона промышленного предприятия; *В* — селитебная территория; *Г* — защитная зона сельскохозяйственных или лесных угодий; *Д* — территория сельскохозяйственных угодий; 1 — источник производственных выбросов в атмосферу; 2 — разрыв от источника производственных выбросов до границы

селитебной территории; 3 — разрыв от источника производственных выбросов до границы сельскохозяйственных или лесных угодий; 4 — граница зоны загрязнения, в пределах которой приземная концентрация вредных веществ превышает значения ПДК для населенных пунктов; 5 — граница зоны загрязнения, в пределах которой приземная концентрация вредных веществ превышает допустимые нормы для сельскохозяйственных или лесных угодий; 6 — ширина санитарно-защитной зоны промышленного предприятия.



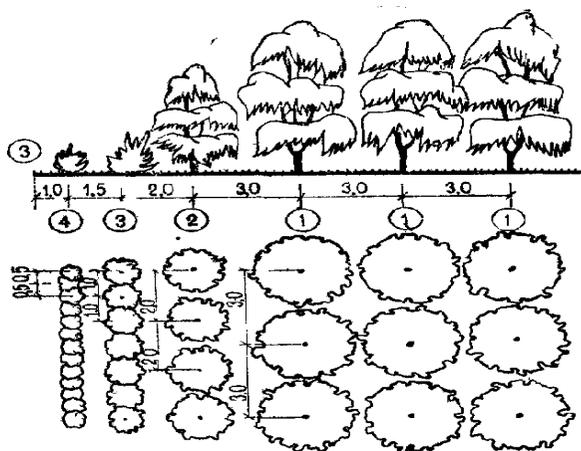
**Рисунок 1.5 Конструкция лесозащитной полосы изолирующего типа (ЛПИ-1)**

/ — деревья главной породы; 2 — кустарник высокий; 3 — кустарник средний; 4 — газон



**Рис. 1.6** Конструкция лесозащитной полосы \ изолирующего типа (ЛПИ-2)

1 — деревья главной породы; 2 — деревья сопутствующей породы; 3 — кустарник высокий; 4 — кустарник средний; 5 — газон



**Рис. 1.7** Конструкция лесного массива изолирующего типа (ЛМИ)

1 — деревья главной породы; 2 — деревья сопутствующей породы; 3 — кустарник высокий; 4 — кустарник средний; 5 — газон

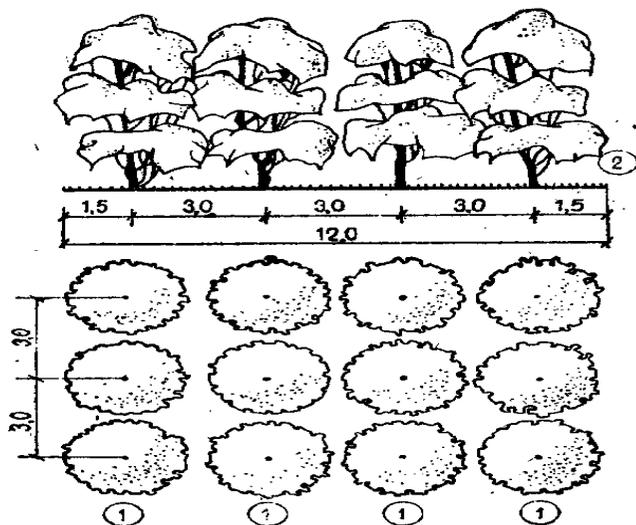


Рисунок. 1.8 Конструкция лесозащитной полосы фильтрующего типа (ЛПФ-1)

1 — деревья главной породы; 2 — газон

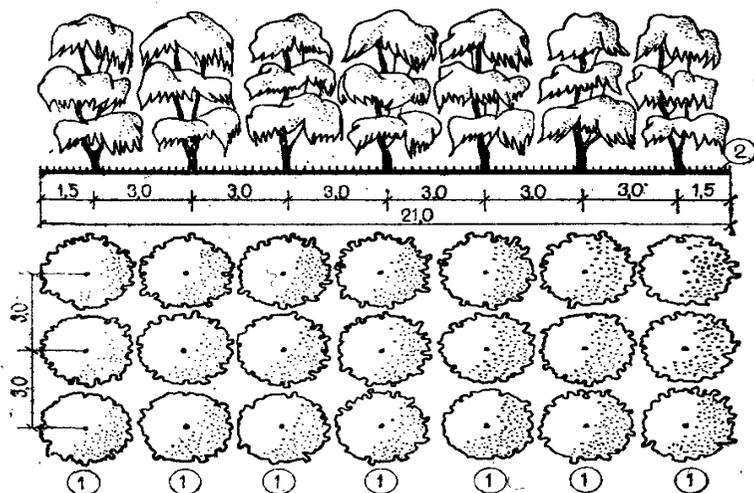
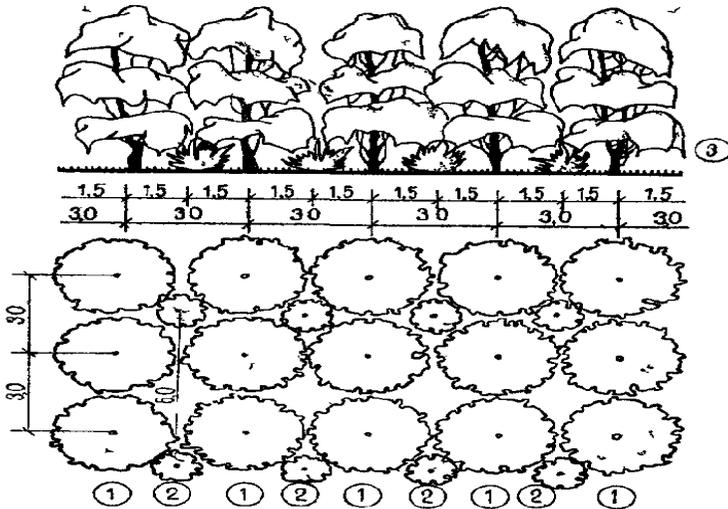


Рисунок 1.9 Конструкция лесозащитной полосы фильтрующего типа (ЛПФ-2)

/ — деревья главной породы; 2 — газон



**Рисунок 1.10 Конструкция лесного массива фильтрующего типа (ЛМФ)**

1 — деревья главной породы; 2 — кустарник высокий; 3 — газон

Для скорейшего достижения фронтальной сомкнутости насаждений в посадки изолирующего типа внутри полос и массивов могут быть введены дополнительные кустарники.

Посадки фильтрующего типа ЛПФ-1, ЛПФ-2, ЛМФ (рисунки 1.8, 1.9, 1.10) являются основными в защитных насаждениях, ими могут быть заняты также предзаводские входные территории, участки пешеходных маршрутов и мест кратковременного отдыха.

Фильтрующие посадки выполняются в виде различных по площади массивов и полос без кустарниковых опушек. Составляющие их породы должны иметь крупные и высокоподнятые кроны. Для увеличения листовой поверхности допускается введение внутрь массива кустарниковых пород — 5 — 10% от количества высаживаемых деревьев.

Участки зеленых насаждений санитарно-защитных зон, примыкающие к жилой застройке можно осуществлять по типу скверов и бульваров, предназначенных для транзитного движения пешеходов.

При проектировании насаждений санитарно-защитной зоны в условиях реконструкции промышленных предприятий, расположенных в городской застройке, необходимо предусмотреть интенсивное озеленение: участков, с которых выводятся жилые, детские и лечебные учреждения; участков,

свободных от застройки и высвобождающихся после сноса малоценных и ветхих строений; участков отработанных карьеров, отвалов отходов производства, ликвидируемых свалок и т. д.

### *Озеленение и благоустройство жилых районов*

Одной из важнейших задач человечества в настоящее время является решение проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. Важным аспектом этой проблемы является повышение уровня озеленения и благоустройства современных городов и создание в них благоприятных условий жизни горожан.

В общей системе оптимизации окружающей среды в условиях высокой урбанизации важную роль играют зеленые насаждения. Они занимают значительную часть селитебной территории наших городов и являются одним из важнейших факторов в создании и улучшении санитарно-гигиенических и микроклиматических условий жизни людей, оказывают большое влияние на планировочную структуру города, на формирование архитектурного ландшафта населенного пункта.

При проектировании как промышленных, так и селитебных зон необходимо максимально сохранять существующие ландшафты и в первую очередь - лесные массивы. Свойства лесных массивов многогранны. Под кронами деревьев и кустарников формируется благоприятный микроклимат: в знойную жару здесь прохладно. В жаркие дни температура в лесу на 10° ниже, чем на солнцепеке, иногда эта разница достигает 11—17°С. Температура листвы деревьев на 12—14° С ниже температуры стен зданий, мостовой, а поверхность асфальта нагревается почти на 7° С больше, чем газон.

Охлаждающий эффект суточного испарения одного дерева равен 250 тыс. ккал, что эквивалентно работе 10 комнатных кондиционеров в течение 20 ч. Влажность воздуха в древостое на 15—20% больше, чем на безлесном месте. Гектар леса примерно в 10 раз больше увлажняет и освежает воздух, чем даже водный бассейн такой же площади. Лес очищает воздух, он вы фильтруетывает из воздуха радиоактивные частицы, поглощает шум.

Лесная растительность задерживает пыль, очищая тем самым воздух от посторонних примесей. Лес служит биофильтром. Фильтрующую поверхность образуют листва, хвоя, ветви и стволы. На листве может оседать до 72% взвешенных пылевых частиц. Деревья уменьшают запыленность воздуха в течение вегетационного периода на 42%, в безлиственный период—на 37,5%. Фильтрационная способность хвойных длится круглый год. Считается, что 1 га леса очищает 18 млн. м<sup>3</sup> воздуха в год.

Многие древесные растения, хотя и в неодинаковой степени, обладают

способностью к осаждению и удержанию пылевидных частиц. 1 га хвойных пород, например, задерживает за I год до 40 т пыли, лиственных—около 1000 т, буковых—68 т. Фильтрационная способность зависит от возрастной структуры насаждений. Молодые тополевые насаждения, где на 1 га приходится всего 400 деревьев, способны собирать на листьях в течение вегетационного периода около 340 кг пыли.

Накопление пыли зависит от площади листа и его опушенности. Гладкие листья осины и тополя бальзамического удерживают пылевидных частиц в 6,3 раза, а дуба—в 2,3 раза меньше по сравнению с шершавыми листьями вяза.

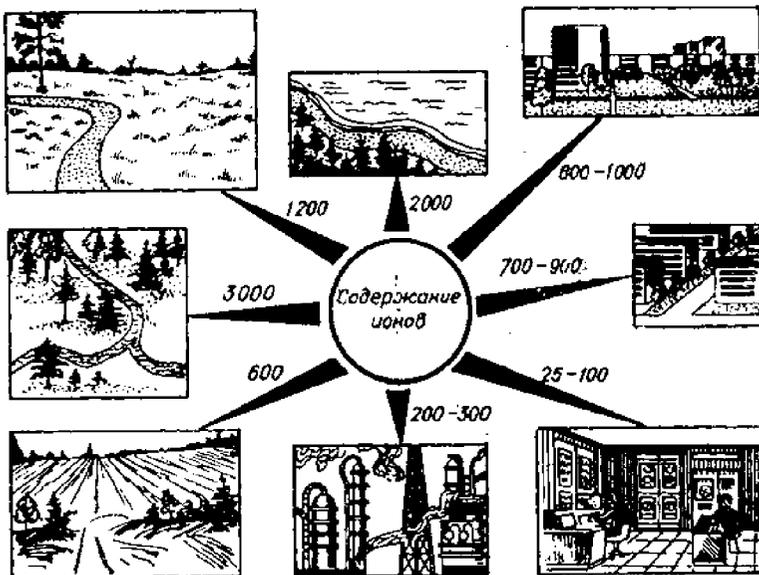
Пылевидные частицы, оседающие на поверхности гладких листьев, легче укрупняются, проще удаляются при порывах ветра; на шершавых, покрытых волосками листьях пыли скапливается больше, но меньшая часть ее смывается осадками. Таким образом, saniрующая эффективность насаждений зависит от характера поверхности листа, размеров дерева и максимальной фильтрационной способности растения, при которой оседающие на листьях твердые частицы пыли не вызывают угнетения и гибели отдельных органов или всего дерева.

Лес обогащает воздух кислородом и существенно влияет на газообмен в атмосфере. Началом этого круговорота является процесс фотосинтеза, при котором выделяется кислород. Только с зелеными растениями атмосферный кислород находится в двустороннем взаимодействии—поглощается при дыхании и выделяется при фотосинтезе, во всех других случаях лишь потребляется в разнообразных реакциях окисления.

Лес выделяет кислорода больше, чем сельскохозяйственные угодья. Сосновые леса за год выделяют кислорода 30 т/га, насаждения лиственницы—16, а сельскохозяйственные культуры—от 3 до 10 т/га. Установлено, что 1 га леса в течение года обогащает кислородом более 10 млрд. м<sup>3</sup> воздуха и обеспечивает 30 человек чистым воздухом, обогащенным кислородом.

Высокой степенью естественной ионизации обладает кислород лесов: в 2—3 раза больше, чем кислород «морской», и в 5—10 раз больше, чем кислород атмосферы городов. Ионизация кислорода над обнаженной поверхностью почвы (пашня, песок) в 2 раза ниже, чем над травой, и в 4—5 раз ниже, чем в лесу (рисунок 1.11.).

Установлена прямая зависимость ионизации от почвенно-климатических условий.



**Рисунок 1.11 Ионизация различных пространств**

С повышением относительной влажности воздуха понижается уровень естественной ионизации. Концентрация легких ионов выше в теплое время года. Коэффициент униполярности  $q = n^+ / n^-$  (где  $n^+$ ,  $n^-$  — соответственно количество положительных и отрицательных ионов), характеризующий степень чистоты воздуха, ниже в хвойных лесах, так как здесь чище воздух, чем в лиственных лесах и на открытых пространствах.

Степень ионизации различных пространств, т. е. количество легких ионов в  $1 \text{ см}^3$  воздуха (по П. П. Бессчетнову, С. Н. Мальцеву, Ш. Ж. Алиеву), следующая:

лесной массив . . . . .	3000
лес и крупный водоем . . . . .	2000
газоны и поляны . . . . .	1200
жилая застройка . . . . .	800—1000
городские улицы . . . . .	800—900
промышленные объекты . . . . .	200—300
производственные помещения . . . . .	25—100

Леса выделяют фитонциды. В большинстве случаев это комплекс органических соединений, относящихся к биологически активным

веществам. Они содержат эфирные масла, смолы, бальзамы и кислоты. По времени действия они способны длительно сохранять свою активность или мгновенно превращаться в другие вещества.

Фитонцидными свойствами обладают многие растения, в том числе древесные породы, такие как сосна обыкновенная, лиственница сибирская, кедр сибирский, береза бородавчатая, черемуха обыкновенная, рябина сибирская, можжевельник, туя и др.

По данным ученых Института леса и древесины Сибирского отделения АН России, изучивших фитонцидные свойства сибирской тайги, степень фитонцидности зависит от сезонов года, времени суток и погодных явлений. Оказалось, что деревья выделяют фитонциды в период активного роста вегетативной массы, их активное выделение происходит в 15—16 ч; 1 га хвойного леса выделяет в сутки 4 кг летучих фитонцидов. У различных насаждений фитонцидность неодинаковая. В течение часа 1 га сосняка вырабатывает 0.154—0.392 кг, а березняк—0.028—0.310 кг, кедровник — 0.114—0.712 кг «витаминов воздуха». «Чемпионом» по активности фитонцидов является пихта, которая вырабатывает более 700 г на 1 га. Можно добавить, что 1 га можжевельниковых насаждений может в сутки выделить в воздух 30 г летучих фитонцидов, способных уничтожить значительное количество вредных микроорганизмов, находящихся в воздухе большого города.

Фитонциды уничтожают многие болезнетворные вирусы, микробы и бактерии. Установлено, что фитонциды дуба, черемухи, жасмина способны умертвить простейшие микробы за 5—6 мин, а березы бородавчатой, тополя и клена татарского—за 20—25 мин.

Фитонциды повышают бальнеологические свойства лесов, их нередко называют невидимыми санитарами. Они очищают воздух: 1 м<sup>3</sup> воздуха березового леса содержит примерно 450 микробов (для операционных помещений допустимое содержание—500 микробов), в 1 м<sup>3</sup> обычного городского воздуха насчитываются десятки тысяч микробов. Известно, например, что в 1 м<sup>3</sup> лесного воздуха содержится всего несколько бактерий, а воздуха больших городов—до 36 тыс. Образование 300 или 700 г фитонцидов за час — небольшая величина, но за сезон это уже 200—500 кг на гектар леса, а в масштабе планеты—175 млн. т эфирных масел, выделяемых растительностью в атмосферу, которые сгорают, выделяя при этом энергию. По подсчетам метеорологов, эта энергия почти совпадает с величиной суммарной энергии грозных зарядов всех гроз на Земле в течение года.

В проектах озеленения решаются вопросы сохранения крупных лесных массивов. Однако в микрорайонах при современной плотности застройки и прокладке подземных сетей возможности оставить большие массивы ограничены. По мере трассировки дорожно-тропиночной сети и подземных коммуникаций увеличивается дробность древостоя. Это во многом зависит от проектных решений. В условиях сплошной залесенности при

сравнительно жесткой планировке в микрорайоне можно оставить до 30% массивов леса. Однако это не предел, площадь оставляемых лесонасаждений может значительно увеличиться за счет смягчения планировки, выбора рациональных приемов застройки и благоустройств городских территорий.

Экспериментально доказано, что укрупнение многофункциональных площадок и их концентрация способствуют сохранению древесных массивов. При этом следует учесть одну особенность: мало оставить лесной массив, нужно его сохранить таким образом, чтобы он мог существовать неопределенно долго со всевозрастающими качественными показателями. Необходимо учитывать устойчивость древостоя к вытаптыванию в зависимости от типов леса и рельефа местности и последовательность преобразования лесных массивов в декоративный древостой города, намечать мероприятия по эксплуатации зеленых насаждений с учетом ветровальности и дымогазоустойчивости. Степень детализации проектных разработок от генплана до рабочих чертежей, естественно, возрастает. На последней стадии проектирования анализ лесных насаждений выполняется на основе подервной съемки либо оконтуренных границ древостоя.

Таким образом, вопросы сохранения лесных массивов на всех уровнях проектирования должны решаться с учетом состояния сегодня и в будущем. Такой подход подтверждается планировочными решениями.

Основными факторами, определяющими эффективность зеленых насаждений в городе и степень соответствия их своему функциональному назначению являются:

- уровень озеленения городских поселений и обеспеченность их площадями зеленых насаждений согласно градостроительным нормам;
- правильность организации и формирования зеленых насаждений;
- качественное состояние зеленых насаждений.

Анализ состояния зеленых насаждений в городских поселениях республики показал, что именно в решении этих вопросов организации ведения зеленого хозяйства имеются серьезные недостатки: низкий уровень озелененности городов; недостаток насаждений общего пользования; несовершенство структуры зеленых насаждений; низкий агротехнический уровень создания и содержания насаждений и как следствие – низкая эффективность зеленых насаждений. При этом установлен ряд причин, обуславливающих существующее состояние вопросов озеленения городов республики. Это – ошибки, допущенные при проектировании и создании насаждений; отсутствие перспективных планов озеленения городов; недостаток качественного посадочного материала древесно-кустарниковых растений; маломощность материально-технической базы предприятий зеленого хозяйства и др.

Имеющиеся недостатки в организации и ведении зеленого хозяйства в городских поселениях республики приводят к потере зелеными насаждениями их главнейших функций – санитарно-гигиенических и эстетических, что явилось основанием разработки серьезных проектных решений, направленных на устранение указанных негативных явлений в вопросах организации и ведения зеленого хозяйства в городах республики.

Для создания комфортных условий проживания городского населения, снижения неблагоприятных факторов городской среды необходимо стремиться к достижению оптимальной озелененности территорий городов. Согласно градостроительным нормам общая озелененность селитебных территорий городов республики должна составлять не менее 35-45% в зависимости от величины города, озелененность же жилых районов – 50-60%. Учитывая, что средняя озелененность городских поселений республики в настоящее время составляет около 20-22% при общей площади озелененных территорий равной 39,3 тыс. га, дефицит зеленых насаждений городских поселений составляет в настоящее время около 20 тыс. га.

В системе городских зеленых насаждений насаждения общего пользования (парки, скверы, бульвары, благоустроенные лесопарки) являются ведущей и основной группой насаждений. Они представляют собой наиболее крупные и общедоступные озелененные пространства, организованные методом ландшафтной архитектуры.

В целях дифференциации норм насаждений общего пользования в зависимости от величины городов, все городские поселения республики подразделены на группы в зависимости от численности населения (таблица А - 4).

Ниже приведены нормы озеленения территории городской застройки насаждениями общего пользования (таблица А -5).

Размеры территории парков, садов и скверов следует принимать не менее: городских парков – 15 га, парков планировочных районов – 10 га, садов жилых районов – 3 га, скверов – 0,5 га. В общем балансе насаждений общего пользования площадки парков и скверов должны занимать не менее 70%.

Общая площадь городских зеленых насаждений республики составляет в настоящее время 39,3 тыс. га. По сравнению с 1990 годом она увеличилась всего на 300 га. В расчете на одного городского жителя приходится 55 м<sup>2</sup> зеленых насаждений, что на 6 м<sup>2</sup> ниже, чем их было в 1990 году.

Площадь насаждений общего пользования составляет 5,7 тыс. га, а на каждого городского жителя приходится в среднем 8 м<sup>2</sup> насаждений этой

группы. Дефицит насаждений общего пользования в городах республики составляет в настоящее время около 4 тыс. гектар.

Для достижения нормативных показателей озеленения городов республики необходимы:

- разработка перспективных планов озеленения для каждого городского поселения;
- организация в каждом городе специализированных предприятий по созданию и содержанию зеленых насаждений;
- организация сети декоративных питомников по выращиванию необходимого количества посадочного материала для нужд озеленения;
- проведение работ по реконструкции и благоустройству существующих в городской черте лесов и зеленых массивов и создание на их базе насаждений общего пользования: парков, садов, скверов, лесопарков.

С целью увеличения парковых территорий в городах республики рекомендуется следующий (таблица А - б) состав и площади парков для различных групп городов.

Основой правильной организации системы озеленения города является четкая классификация насаждений.

По функциональному назначению все внутригородские зеленые насаждения подразделяют на три основные группы:

- насаждения общего пользования – предназначены для организации различных форм массового отдыха населения города;
- насаждения ограниченного пользования – предназначены для отдыха ограниченного контингента посетителей (дети, студенты, спортсмены, производственный персонал и др.);
- насаждения специального назначения - предназначены для выполнения санитарно-оздоровительных, охранных, научно-исследовательских, хозяйственных и других специальных функций .

**Насаждения общего пользования** в составе зеленых насаждений города являются ведущей группой. Они представляют собой наиболее крупные и общедоступные озелененные пространства, организованные методом ландшафтной архитектуры и образующие основу системы озеленения города и пригорода. В состав насаждений общего пользования входят:

- *общегородские парки* – зеленые массивы, которые по размерам, размещению в плане города и природной характеристике обеспечивают наилучшие условия для отдыха населения и организации массовых культурно-просветительных, политических мероприятий, физкультуры и развлечений. Парки представляют собой земельные участки площадью от 15 до 100-150 га и более. По назначению они подразделяются на многофункциональные (культуры и отдыха) и специализированные (детские, спортивные, прогулочные, исторические парки-памятники садово-

паркового искусства, зеленые охранные зоны памятников архитектуры и мемориальных памятников);

- *сад* – зеленый массив, используемый для отдыха и отдельных видов развлечений и культурно-просветительной работы. Его площадь обычно 3-10 га;

- *сквер* – озелененный участок, используемый для кратковременного отдыха и архитектурно-декоративных целей. Площадь сквера – от 0,5 до 2,5 и более га;

- *бульвар* – озелененная полоса вдоль улицы или набережной шириной 16-18 м, служит для пешеходного движения, кратковременного отдыха, а также для защиты от пыли и шума;

- *парки планировочных (административных) и жилых районов* предназначены для отдыха, прогулок, физкультуры, культурно-просветительской работы на территории жилого района. Их площадь – 10-20 и более га;

- *лесопарк* – лесной массив, имеющий благоустроенную дорожно-тропиночную сеть и простейшее оборудование (скамьи, навесы, мусоросборники и др.) и предназначен для отдыха населения.

**Насаждения ограниченного пользования** включают в себя:

- *насаждения на жилых территориях, застроенных многоквартирными домами* - представляют собой разнообразные посадки вокруг жилых домов, улучшающие санитарно-гигиенические условия и создают благоприятную обстановку для отдыха жильцов;

- *насаждения на участках индивидуальной усадебной застройки* – озелененные участки с декоративными, плодово-ягодными и овощными культурами;

- *насаждения на участках детских садов-яслей* – разнообразные посадки в целях изоляции участка от окружающей территории, создание затененных и открытых площадок для игр, физкультуры и сна детей;

- *насаждения на участках школ, техникумов, училищ, высших учебных заведений* – озелененные участки, используемые для занятий физкультурой, игр и отдыха, а также для специальных занятий;

- *насаждения на участках спортивных комплексов* – озелененные участки, на которых размещены различные спортивные сооружения, обеспечивающие благоприятные условия для занятия физкультурой и спортом;

- *насаждения на участках учреждений здравоохранения* – озелененные участки для оздоровления окружающей среды, прогулок, отдыха и специальных лечебных процедур;

- *насаждения на участках административных учреждений* – озелененные участки, предназначенные для кратковременного отдыха

персонала и ожидания и являющиеся важным элементом архитектурного решения;

- *насаждения на участках культурно-просветительных учреждений* – озелененные участки, предназначенные для проведения культурно-просветительных мероприятий, физкультуры, выполняющие в основном архитектурно-художественные и декоративные цели;

- *насаждения на промышленных и коммунально-складских территориях* предназначены для организации мест отдыха рабочих, служащих и защиты их от неблагоприятного влияния производства (пыль, шум, дым и др.).

**Насаждения специального назначения** включают:

- насаждения санитарно-защитных зон – посадки на территории санитарных разрывов между предприятиями и жилой застройкой, создаваемые для уменьшения неблагоприятного влияния данного производства на прилегающие районы населенного пункта;

- насаждения ботанических садов являются базой научно-исследовательских и культурно-просветительных мероприятий. Одновременно они служат местом отдыха городского населения;

- насаждения зоологических садов служат как для проведения научно-исследовательских и культурно-просветительных мероприятий, так и местом, в котором размещают животных в относительно естественной экологической обстановке;

- насаждения на кладбищах создаются для декоративного оформления и благоустройства территории;

- плодородные сады в городской черте, находящиеся в ведении колхозов и совхозов;

- питомники и цветоческие хозяйства – территории, предназначенные для выращивания в открытом грунте, парниках и оранжереях декоративных растений.

**Насаждения на улицах, площадях и транспортных развязках** относятся к категориям насаждений, имеющих массовое применение в городах и, поэтому выделены в отдельную группу. Это аллеи, рядовые и групповые посадки деревьев и кустарников, цветники и газоны, улучшающие санитарно-гигиенические условия на улице и выполняющие архитектурно-декоративные функции.

**Резервные и прочие территории в городской черте** включают;

- неблагоустроенные леса и зеленые массивы в городской черте, являющиеся резервом для создания на их основе парков и лесопарков;

- насаждения, сохраняющиеся после сноса индивидуальной застройки;

- пустыри, овраги, карьеры, озеленённые по временному варианту;

- зеленые насаждения в зонах линий электропередач, газопроводов и других коммуникаций;

- плодовые сады, утратившие своё производственное значение;

- временно озелененные территории.

Таким образом, комплексное использование технологических, санитарно-технических, инженерно-организационных и архитектурно-планировочных мероприятий при строительстве позволяет существенно снизить уровень загрязнения атмосферы и улучшить общую экологическую ситуацию в городах и вдоль транспортных магистралей.

## **2 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ АТМОСФЕРЫ ОТ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

### **2.1 Методы борьбы с городским шумом**

В современном градостроительстве все большее значение приобретает учет физических факторов внешней среды, среди которых шум – один из наиболее отрицательных.

Методы борьбы с городским шумом и внешними шумами промышленных предприятий классифицируют на технологические, архитектурно – планировочные, инженерно-организационные и строительно – акустические.

#### **2.1.1 Технологические мероприятия**

Снижение городских шумов может быть достигнуто в первую очередь уменьшением шума городского транспорта, например, мероприятиями, связанными со снижением шума в источнике. Однако при тенденции увеличения мощности двигателей, повышения скорости движения и росте численности транспорта даже относительное снижение шума отдельного агрегата едва ли принесет заметное уменьшение шумности транспортных потоков. Хотя и в этом направлении ведутся поиски решения проблемы: улучшаются конструкции двигателей, устанавливаются глушители и шумозащитные кожухи, вибродемпфирующие и звукопоглощающие капоты, что снижает уровень шума на 30-35 дБ, однокоповышает стоимость агрегатов на 40%. На железнодорожном транспорте используют тормозные пластины из литого чугуна, разделенного на короткие сегменты по 50 см, производят регулярную шлифовку рельсов (не реже одного раза в год), локальную шлифовку стыков и т.д. Новым технологическим мероприятием по борьбе с шумом является улучшение качества воспринимаемого звука. Этот метод базируется на понимании, что шум разного частотного состава, но одинакового по уровню звука воспринимается по-разному. Разница в восприятии может достигать 10-14 дБ.

Сравнение двигателей соизмеримой мощности позволяет провести их ранжирование по возрастающей уровня шума: электродвигатель, карбюраторный двигатель, дизель, паровой, газотурбинный двигатель. Уровень шума автомобилей снижается на 3 дБ каждые 10 лет.

Наравне с разработкой мероприятий по снижению шума транспортных источников возникает проблема борьбы с шумом, распространяемым этими источниками в окружающее пространство. Большую роль играют тип и качество дорожного покрытия. Наименьший шум создает асфальтобетонное покрытие, затем по возрастающей - брусчатое, каменное и гравийное. В настоящее время в качестве дорожных покрытий используют материалы с дренажными и шумопоглощающими наполнителями, например с резиновой крошкой (из отработанных покрышек). Уровень шума при этом снижается на 3-4 дБ при той же интенсивности движения. Неисправное дорожное покрытие любого типа, имеющее выбоины, раскрытые швы и нестыковки поверхностей, а также ямы и проседания создает повышенный шум. При строительстве железных дорог шум уменьшается на бесстыковых путях. При конструировании распределительной горочной зоны и головной горловины сортировочного парка применение кривых радиуса  $>250$  м уменьшает число случаев высокочастотного шума и т.д.

### **2.1.2 Архитектурно – планировочные мероприятия**

Гораздо эффективнее решать эту проблему можно с помощью градостроительных мероприятий, закладываемых в генеральные планы городов, в детальные планировки жилых районов и в планы застройки микрорайонов.

При защите от шума в эту группу мероприятий входит зонирование территории города, планирование жилых районов и проектирование сети улиц и дорог.

При зонировании территории городов применяют приемы, рассмотренные в разделе мероприятий по защите атмосферы от химических загрязнений, а также по условиям шумового режима для тех или иных зданий, участков и площадок (для отдыха, спорта, хозяйственно – бытовых нужд и др.). Используют и природные условия, в частности рельеф местности и зеленые насаждения, а так же специальные сооружения в виде экранов, размещаемых вблизи транспортных потоков. При реконструкции существующей застройки в сохраняемых зданиях изменяют назначение помещений с учетом шумового режима, создаваемого в них уличным транспортом. Кроме того, можно звукоизолировать и герметизировать оконные проемы, устроить кондиционирование воздуха или приточно – вытяжную вентиляцию.

При новом строительстве необходимо отделять железнодорожные линии и станции от жилой застройки городов и других населенных пунктов защитной зоной (ширина защитной зоны должна быть обоснована акустическим расчетом и санитарными нормами); соблюдать надлежащие расстояния от границ аэропортов, заводских аэродромов и вертолетных площадок до жилой застройки; устанавливать ширину санитарно – защитных зон между железнодорожными путями и линией застройки (на основе акустического расчета).

При разработке архитектурно – планировочной структуры жилых районов и микрорайонов используют следующие способы защиты от шума. Удаляют жилую застройку от источников шума; между источниками шума и жилой застройкой зданий располагают экраны, применяют рациональные с точки зрения защиты от шума композиционные приемы группировки жилых домов.

Жилую застройку и детские дошкольные и школьные учреждения размещают в зонах, наиболее удаленных от источников шума (транспортных магистралей, автостоянок, гаражей, трансформаторных подстанций и др.). В зонах, примыкающих к источникам шума, располагают здания и помещения бытового обслуживания, которые могут иметь более высокие уровни звука (предприятия торговли, общественного питания, административно – хозяйственные и общественные учреждения). Торгово – общественные центры и блоки обслуживания, как правило, размещают на границе микрорайонов вдоль транспортных магистралей в виде единого протяженного комплекса.

Жилая застройка, размещаемая вблизи магистральных улиц и городских дорог, должна иметь меньшую этажность, чем размещаемая дальше от транспортных потоков. Торговые центры жилых районов из соображений улучшения шумового режима целесообразно размещать вдоль магистральных улиц и городских дорог, создавая их по типу торговых рядов в 2 –3 этажа. Такой прием решения обеспечивает наряду с удобством пользования торговыми учреждениями возможность экранировать шум от транспортных потоков зданиями этих учреждений.

Жилая застройка вдоль магистральных улиц должна осуществляться приемами, при которых обеспечивается соответствующий нормам шумовой режим в большинстве жилых помещений и на большей площади прилегающих к ним территорий.

При прокладке новых и реконструкции существующих магистральных улиц и дорог на селитебной территории необходимо предусматривать мероприятия по защите от транспортного шума, обоснованные акустическими расчетами. Скоростные дороги и дороги общегородского значения (преимущественно с грузовым движением) не должны пересекать селитебную территорию; при соответствующем обосновании допускается

прокладывать их в тоннелях или выемках. При проектировании сети улиц и дорог надо использовать элементы рельефа в качестве естественных преград на пути распространения шума и, наоборот, избегать размещения магистральных улиц и дорог на насыпях и эстакадах. В случае же такой необходимости устраивать шумозащитные экраны, отвечающие акустическому расчету. Кроме того, при построении улично-дорожной сети нужно по возможности максимально укрупнять межмагистральные территории, уменьшать количество перекрестков и других транспортных узлов, планировать разноуровневые транспортные развязки, обеспечивать плавные криволинейные сопряжения дорог, уменьшать извилистость улиц и ограничивать сквозное движение транспорта на территории жилых районов.

### **2.1.3 Инженерно-организационные мероприятия**

В условиях сложившейся застройки можно использовать различные административные меры: перераспределить движение по улицам и проездам города, ограничить движение в разное время суток по тем или иным направлениям, изменить состав эксплуатируемых транспортных средств (например, запретить использование в городе дизельных грузовиков и автобусов), организовать "зеленую волну", ограничить скорость движения по оптимальному уровню шума: для легковых автомобилей – 70-75 км/ч, а грузовых – около 50 км/ч до грузовых дорог и магистралей скоростного и непрерывного движения и переключить на них автомобильный транспорт из центрального района города и жилых кварталов. Эффективно также создание кратных расстояний между пересечениями, устройство развязок на разных уровнях, выделение полос для общественного транспорта, разметки проезжей части в соответствии с составом потоков и основными направлениями движения, уменьшение продольных уклонов трассы. При любой скорости движения уровень шума существенно зависит от типа дорожного покрытия, поэтому на скоростных трассах оно должно иметь минимальную шероховатость и т. п. Успешность этих мероприятий во многом зависит от изначальных архитектурно-строительных решений: развитие сети использование естественных преград вдоль дорог – водоемов, лесных массивов, складок рельефов.

### **2.1.4 Строительно – акустические методы**

К строительно – акустическим методам борьбы с шумом в первую очередь относятся устройство шумозащитных экранов, изолирующих, поглощающих и отражающих шум, и улучшение звукоизоляции наружных ограждений зданий. В тех случаях, когда архитектурно – планировочные мероприятия (разрывы между зданиями, приемы застройки и т. п.) не обеспечивают необходимого шумового режима, а так же, чтобы сэкономить

территорию при соблюдении необходимого разрыва от транспортного потока, применяют шумозащитные сооружения и устройства: это могут быть экраны, полосы озеленения, специальные конструкции заполнения оконных проемов с повышенной звукоизоляцией.

Первые акустические экраны появились в ФРГ и во Франции в 1971 году. Применение экранирующих сооружений – стенок, откосов, выемок, земляных кавальеров (насыпей), зданий – экранов – обеспечивает минимальные разрывы между проезжей частью магистральной улицы или городской дороги и зданиями, однако всегда необходимо оставлять пространство для зеленых насаждений. Тогда селитебная территория используется наиболее экономно при соблюдении нормального шумового режима в прилегающей к магистрали жилой застройке.

В качестве экранов (рисунок 2.1) можно использовать различные здания и сооружения: здания с пониженными требованиями к шуму, шумозащитные жилые дома, естественные или искусственные элементы рельефа - выемки, овраги, земляные кавальеры, насыпи, холмы и стенки (придорожные подпорные, ограждающие и специальные шумозащитные). Проложение дороги в выемке является весьма эффективным мероприятием по снижению транспортного шума. Если из грунта выемки отсыпать шумозащитные грунтовые валы по бровкам ее откосов, то снижение уровня шума может достигать 15 дБ. По акустическим соображениям откосы выемок и грунтовых валов желательно устраивать максимальной крутизны и размещать их возможно ближе к проезжей части. Стенки откосов могут быть покрыты звукопоглощающим материалом.

Все шумозащитные экраны нужно размещать как можно ближе к источникам шума, однако для уменьшения угнетающего ощущения экран удаляют от защищаемого объекта на расстояние, в 4 раза превышающее его высоту. Необходимо также определять их оптимальную высоту. Низкочастотные колебания 50-100 и 200 Гц, преобладающие в спектре транспортного шума, имеют соответственно длины волн 7.2; 3.6 и 1.8 м, и поэтому теоретически только экран высотой 7м мог бы надежно защитить застройку от шума в этих частотах. Однако на практике экран высотой 2.5-3 м уже дает ощутимый эффект. Обычно уровень звука в зоне звуковой тени в зависимости от типа экрана снижается на 10-20 дБ. Наиболее эффективная высота акустического барьера вдоль автомобильных дорог в две полосы - 3.3 метра; для четырехполосной магистрали – не менее 4-х метров; в обоих случаях со ступенчатым расположением модулей ограждения, которое не оказывает утомляющего действия на водителя. Оптимальным сочетанием окраски является: охра, розовый и темно-коричневый цвета. Нижняя часть до 0.6 м выполняется из бетона и дополнительно повышает безопасность движения. Сами ограждения имеют также трапецевидные выемки. На широких дорогах ( например, на шестиполосных магистралях ) требуются

экраны-стенки очень большой высоты, что нецелесообразно, и поэтому устанавливают несколько стенок – на краю дороги и на разделительной полосе (она одновременно является и светозащитной).

Следует помнить, что близкие защищаемые объекты определяют собой высоту экрана, а удаленные – его длину. На рисунке 2.2 приведен график,

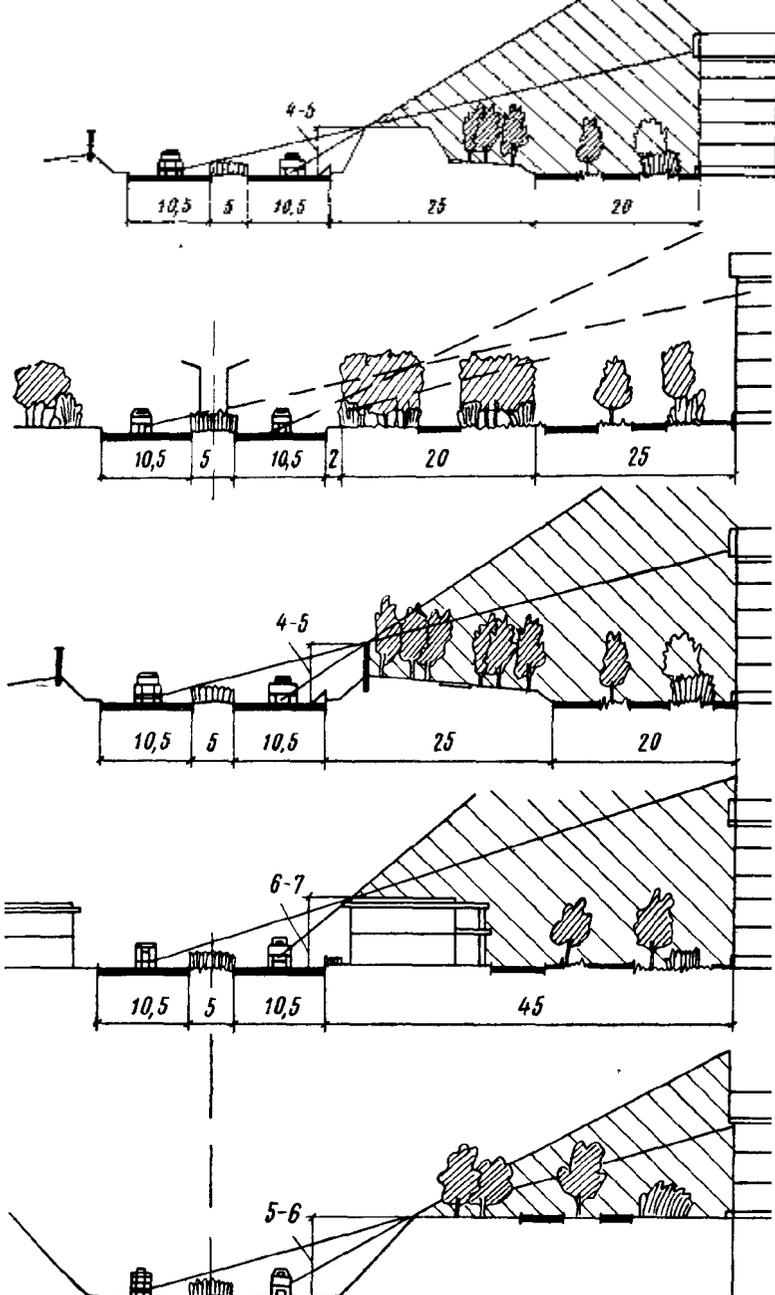
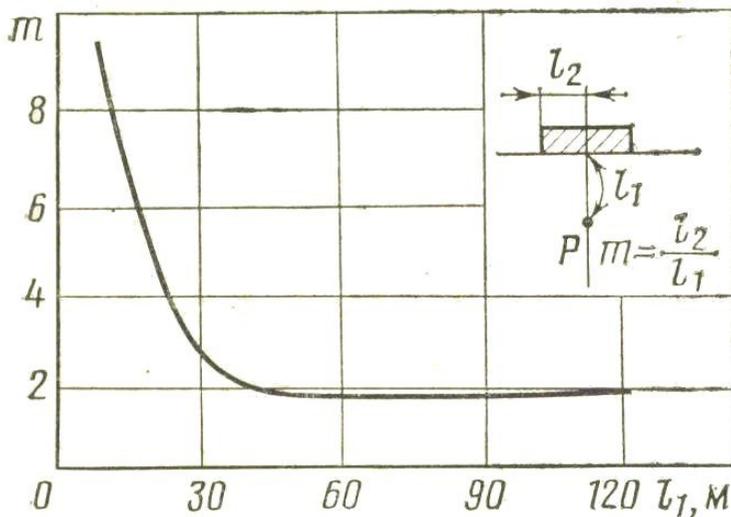


Рисунок 2.1 Шумозащитные сооружения и устройства

построенный по результатам измерений шума, позволяющий определить необходимую длину экрана  $2l_2$ , если известно расстояние от него до защищаемого объекта. Задаваясь значением  $l_1$  по графику находят отношение  $m=l_2/l_1$  и вычисляют необходимую длину экрана как  $2l_1m$ . Кроме того ограждение должно начинаться раньше и кончаться дальше защищаемого объекта на так называемую "дополнительную" длину, учитывающую снос звука ветром, за счет инверсии и изменения температуры. На протяжении дополнительной длины экран может иметь меньшую высоту, но верх его должен оставаться прямолинейным, т.е. возможны ступени по высоте. Наклонная линия верха нежелательна, чтобы не допустить укачивающего, усыпляющего действия на водителя, возникающего при волнообразной форме верхней кромки экрана-стенки.

Здания с пониженными требованиями к шумовому режиму (предприятия обслуживания, общественные и культурно – просветительные учреждения, а также шумозащитные жилые дома) целесообразно размещать вдоль источников шума в виде фронтальной, по возможности непрерывной застройки. Те помещения административных, общественных и культурно – просветительных учреждений, к акустическому комфорту которых предъявляются повышенные требования (конференц-залы, читальные и зрительные залы), размещают в противоположной источникам шума стороне зданий, отделяя



**Рисунок 2.2** График для определения длины противозумового экрана.

их от магистрали коридорами, фойе, кафе и буфетами, подсобными помещениями.

### **2.1.5 Шумозащитные зеленые насаждения**

В качестве дополнительного средства защиты от шума используют специальные шумозащитные зеленые насаждения. Их формируют из нескольких полос с разрывами между ними, не превышающими высоту деревьев. Ширина полос должна быть не менее 5м; высота деревьев не менее 5-8 м. Конструкция посадок могут быть изолирующего ( шахматного) или фильтрующего типа (рисунки 1.5-1.10).

Шумозащитные полосы зеленых насаждений составляют из быстрорастущих деревьев и кустарников, устойчивых в условиях городской среды, произрастающих в данной климатической зоне. Данные об эффективности шумозащитных полос зеленых насаждений приведены в таблице А-7.

Способы снижения шума на территориях и в зданиях должны быть проверены или определены расчетом. Исходными условиями для них служат санитарные нормы допустимых уровней шума в различных помещениях и на территории микрорайонов. Таким образом, используя рекомендуемые приемы планировки, застройки, благоустройства или шумозащитные устройства, проверяя их расчетом шумового режима в жилой застройке, можно выбрать наиболее целесообразный для конкретного решения вариант и обосновать его.

### **2.1.6 Методы расчета снижения уровня шума. Расчет шумового режима в жилой застройке от транспортных источников шума.**

Для расчета шумового режима в городской застройке в качестве исходных данных следует использовать санитарные нормы допустимых шумов в жилых и других зданиях и на территории жилых микрорайонов и кварталов, а так же закономерности распространения шума в приземном пространстве в условиях города. Необходимо тщательно проанализировать шумовые характеристики источника шума, в основном транспортных потоков.

На основе этих данных, возможно произвести необходимые расчеты удаления от источников шума жилых домов, общественных зданий и территорий, требующих защиты от шума.

Учитывая, что источники транспортного шума имеют более или менее однотипные спектры, а также, что в международном масштабе принято характеризовать шум транспортных экипажей в уровнях звука, целесообразно все расчеты, связанные с разработкой шумозащитных мероприятий, проводить в уровнях звука в дБ А.

При проведении расчетов необходимо учитывать характеристики источников шума, условно рассматриваемые как точечные или линейные. К точечным источникам условно могут быть отнесены все отдельные источники шума (отдельные автомашины, гаражи, площадки разгрузки товаров и т. п.); к линейным следует относить источники шума типа железнодорожного состава или сплошного потока автомобильного транспорта при расстоянии между транспортными единицами  $S \leq 20$  м.

В расчете также учитывают условия распространения от них шума: распространение над поверхностью земли, через зеленые насаждения, через экранирующие шум сооружения.

Порядок расчета заключается в определении уровней звука на защищаемой от шума территории или в помещении здания данного назначения и сопоставлении их с допустимыми уровнями звука.

Расчетные уровни звука для транспортных потоков обычно устанавливаются в 7 м от полосы движения.

Уровень шума, например, в 7 м от крайнего ряда автомобилей на проезжей дороге определяется по формуле Орнатского:

$$L_7 = 46 + 11.8 \lg N + \sum L_z \quad (2.1)$$

где  $N$  - интенсивность движения транспорта в двух направлениях, авт./ч;

$\sum L_z$  - сумма поправок, учитывающая отклонение условий от типичных и рассматриваемая по формуле:

$$\sum L_z = \pm L_N + L_v \pm L_i + L_{Tp} \quad (2.2)$$

$L_N$  – поправка на изменение доли общественного и грузового транспорта в потоке движения от принятых условий (60% - общественный и грузовой транспорт), + 1дБ на каждые 10%;

$L_v$  – поправка на отклонение скорости движения, +1дБ на каждые 10% от 40 км/ч;

$L_i$  – поправка на уклон дороги, +1 дБ на каждые 2<sup>0</sup>/<sub>00</sub>;

$L_{тр}$  – при наличии трамвая по оси улицы поправка составляет +3 дБ

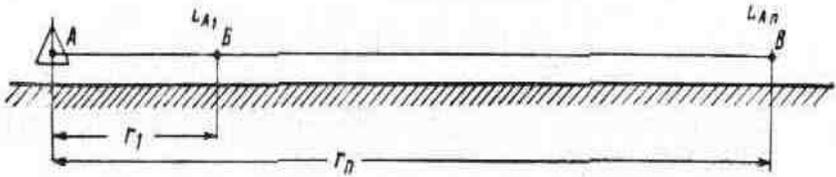


Рисунок 2.3 Расчетная схема распространения шума в свободном пространстве над ровной местностью.

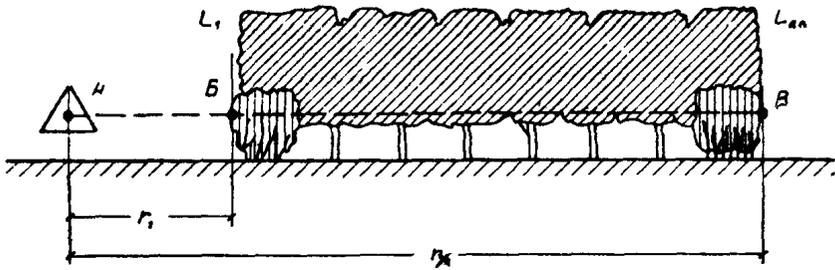


Рисунок 2.4 Расчетная схема распространения шума за защитной полосой зеленых насаждений

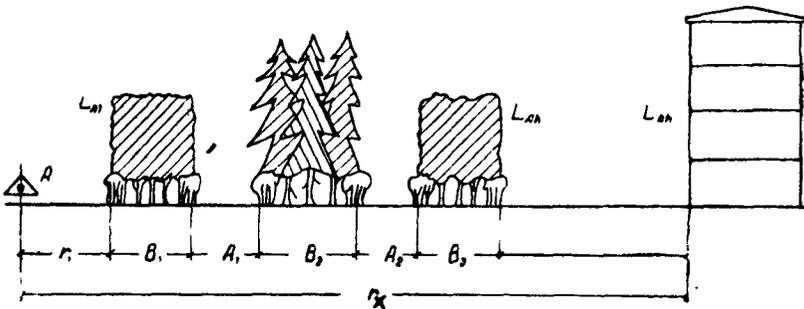


Рисунок 2.5 Расчетная схема зеленых насаждений, состоящих из нескольких частей

Ожидаемый уровень звука транспортного шума с учетом этих поправок является окончательным.

Предлагаемая формула может быть использована для определения величины  $L_7$  только на участках с непрерывным движением транспорта, когда заданные условия движения транспорта не отличаются от следующих условий:

а) при характере (составе) движения грузового и общественного транспорта 10-90% и скорости движения основного потока 20-80 км/ч;

б) при разделительных полосах по оси проезжей части с шириной менее 5 м;

в) при проезжей части с покрытием из асфальтобетона или цементобетона;

г) при расстоянии между линиями непрерывной застройки более 40-50 м.

При необходимости проведения ориентировочных расчетов снижения шума от отдельных источников городского транспорта можно пользоваться данными таблиц А-8, А-9, А-10 (для гаражей индивидуальных автомобилей, хозяйственных дворов, разгрузочных площадок у магазинов и т. п.).

Для расчета распространения шума над открытой поверхностью земли следует использовать расчетную схему (рисунок 2.3).

### Пример расчета:

По дороге I-ой категории в обоих направлениях проходит 679 авт/ч, в т.ч. 70 % автомобилей с карбюраторными двигателями со скоростью 70 км/ч. Дорога имеет уклон 2‰. Необходимо рассчитать уровень шума на расстоянии 7 м от крайнего ряда автомобилей.

$$L_7 = (46 + 11.81g 679) + \Sigma L_z$$

$$L_1 = \frac{70 - 60}{6} = -1.6 \text{ дБ} \quad L_2 = \frac{70 - 40}{4} = 7.5 \text{ дБ}$$

$$L_3 = 1 \text{ дБ} \quad L_4 = 0 \text{ дБ}$$

$$\Sigma L_z = 6.9$$

$$L_7 = 86.3 \text{ дБ}$$

Уровень шума превышает норматив, принятый для селитебной зоны (днем - 50 дБ, ночью - 40 дБ), поэтому для снижения уровня шума необходимо проводить специальные мероприятия.

### 2.1.7 Мероприятия по обеспечению норм шума в жилом массиве.

Шум отрицательно влияет на здоровье людей, вызывая ряд серьезных заболеваний. В соответствии с «Санитарными нормами допустимого шума» (СН 872 – 70) устанавливается его уровень в жилых домах, расположенных вблизи предприятий и транспортных магистралей, - не выше 35 дБ днем, до 25 дБ – в ночное время. В соответствующем разделе проекта необходимо выполнить расчет по уровню шума и наметить план мероприятий по борьбе с шумом в жилой застройке. Для расчета уровня шума необходимо руководствоваться закономерностями распределения шума в приземном пространстве в условиях города или, иными словами, законами физики звуковых волн. Приведем схему снижения шума в городских условиях по Карагодину

$$L_x = L_7 - \Delta L_1 - \Delta L_2 - \Delta L_3 - \Delta L_4 - \dots \quad (2.3)$$

где  $L_x$  – уровень шума на интересующем нас расстоянии  $x$  в метрах от источника шума;

$L_7$  – уровень шума на расстоянии 7 м от источника шума;

$\Delta L_1$  – снижение шума в результате сферического характера распространения волн в атмосфере;

$\Delta L_2$  – снижение шума под влиянием поверхности земли;

$\Delta L_3$  – снижение шума под влиянием зеленых насаждений;

$\Delta L_4$  – снижение шума экранирующими устройствами.

Для всех источников  $\Delta L_1$  рассчитывают по формуле:

$$\Delta L_1 = 10 \lg \frac{r_x}{r_7}, \quad \text{дБ} \quad (2.4)$$

где  $r_x$  – расстояние от источника шума до интересующего объекта, м,

$r_7$  – расстояние, на котором шум измерен с помощью шумомера, 7 м,

$\Delta L_2$  рассчитывают в зависимости от типа источника:

для линейного источника

$$\Delta L_2 = K_n \Delta L_1 \quad (2.5)$$

где  $K_n$  – коэффициент поглощения шума, составляющий для асфальта – 0,9,

для открытого грунта – 1, для газона – 1,1.

для точечного источника

$$\Delta L_2 = 2K_n \Delta L_1 \quad (2.6)$$

для источников, расположенных в ряд на расстоянии  $s$  между собой

при  $r_x \leq \frac{s}{2}$ ,

$$\Delta L_2 = k_n \frac{(24 \lg s - 30.2)(24 \lg r_x - 20.3)}{24 \lg s - 27.5} \quad (2.7)$$

при  $r_x > \frac{s}{2}$ ,

$$\Delta L_2 = k_n (15 \lg s r_x - 33.3). \quad (2.8)$$

Расстояние  $s$  для транспортного потока определяется из следующего уравнения

$$s = 1000 \frac{v}{N}, \quad (2.9)$$

где  $v$  - скорость движения в км/ч;

$N$  - интенсивность движения в авт./ч

Формулы (2.7) и (2.8) получены для однородных источников шума, чем предусматриваются при расчете наиболее неблагоприятные условия движения транспорта.

Для расчета уровней звука при распространении шума через защитную полосу зеленых насаждений  $\Delta L_3$  следует принимать расчетные схемы, приведенные на рисунке 2.4.

Расчет  $\Delta L_3$  для случая с одной сплошной полосой

$$\Delta L_3 = K_3 \cdot \Delta L_1 \quad (2.10)$$

где  $K_3$  – коэффициент снижения звуковой энергии зелеными насаждениями:

$K_3 = 1,2$  – для насаждений лесопаркового характера средней густоты, с кустарником;  $K_3 = 1,5$  – для защитных полос из деревьев шахматной посадки с сомкнутыми кронами высотой не менее 7 м с подлеском и кустарником.

Расчет уровней звука при распространении шума через зеленую защитную полосу, состоящую из нескольких частей по расчетной схеме (рисунок 2.5) следует производить, применяя следующую формулу

$$\Delta L_3 = 1.5Z + \sum_1^z \beta B_m; \quad (2.11)$$

Все значения членов, входящих в формулу, указаны на рисунке 2.5;  $\beta$  - снижение уровней звука зелеными насаждениями в дБ указано в таблице 2.1.

**Таблица 2.1 Снижение уровня звукового давления при распространении через зеленые насаждения, дБ/м**

Характер зеленых насаждений	Снижение уровней звука $\beta$ , дБ/м
Смешанные густые насаждения с кустарником (типа защитных полос)	0,2
Редкие зеленые насаждения	0,1

В случаях, когда рассчитанные по приведенным выше формулам уровни звука превышают допустимые санитарные нормы на защищаемой от шума территории, а дальнейшее увеличение разрыва до источника шума недопустимо, возможно применять специальные экранирующие шум защитные сооружения.

Дополнительное снижение шума за экраном-барьером, помимо снижения шума за счет определенного расстояния от источника шума, происходит в результате возникновения так называемой звуковой тени. Профили улиц с экранирующими сооружениями и схема распространения шума за экраном показаны на рисунке 2.1.

$\Delta L_4$  определяется по таблице 2.2 после расчета параметра по формуле

$$W = \frac{1.44 \cdot h}{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{a+b}{a \cdot b}} \quad (2.12)$$

где  $\lambda$  - длина волны, м (при 500 Гц  $\lambda = 0.68$  м);

$h$  – высота экрана, м; экраном может служить здание, сплошной забор и другие сооружения;

$a$  – расстояние от источника шума до экрана, м;

$b$  – расстояние от экрана до исследуемой точки, м.

**Таблица 2.2 Снижение уровня звукового давления за счет экранирующего устройства**

Эмпирический параметр $W$	Снижение уровня шума $\Delta L_4$ , дБ	Эмпирический параметр $W$	Снижение уровня шума $\Delta L_4$ , дБ
1,0	14	3,0	23
1,5	17	3,5	24

2,0	19	4,0	25
2,5	22		

В практической обстановке уровень шума измеряется шумомером и в условиях городских магистралей в часы пик  $L_7$  составляет порядка 80-90 дБ. Требуется рассчитать уровень шума на интересующем нас расстоянии от автомагистрали.

**Пример расчета:**

Уровень шума, измеренный на расстоянии  $r_7 = 7$  м от источника шума – автомагистрали, по которой движется 600 автомобилей в час со средней скоростью 60 км/ч равен 98 дБ. Объект шумозащиты – жилой дом на расстоянии  $r_x = 100$  м от источника. На территории СЗЗ зеленый газон и полоса из двух рядов деревьев без подлеска и сомкнутых крон.

Уровень шума снизится на величину  $\Sigma \Delta L_i$

$$\Sigma \Delta L_i = \Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3 + \Delta L_4$$

$$\Delta L_1 = 10 \lg \frac{r_{100}}{r_7} = 10 \lg \frac{100}{7} = 11.5 \text{ дБ,}$$

где  $r_{100}$  – точка в 100 м от источника шума;

$r_7$  – точка на расстоянии 7 м от источника шума, где осуществляется замер шумомером.

Магистраль – это источники, расположенные в ряд .

Для расчета  $\Delta L_2$  определим  $s$ :

$$s = 1000 \frac{v}{N} = 1000 \frac{60}{600} = 100,$$

следовательно,  $r_x > \left( \frac{s}{2} = 50 \right)$  и  $\Delta L_2$  рассчитывают по формуле

$$\Delta L_2 = k_n (15 \lg sr_x - 33.3) = 1.1 (15 \lg 10000 - 33.3) = 29.37 \text{ дБ,}$$

для сплошной полосы зеленых насаждений

$$\Delta L_3 = K_3 \cdot \Delta L_1 = 1.2 \cdot 11.5 = 13.8 \text{ дБ,}$$

следовательно, уровень шума на расстоянии 100 м

$$L_{100} = 98 - 11.5 - 29.37 - 13.8 = 43.33 \text{ дБ.}$$

Это превышает ночной норматив для жилых домов и необходима дополнительная установка экранирующего устройства.

$\Delta L_4$  – определяется по таблице 2.2 после расчета параметра  $W$ .

Например, при  $a = 7$  м,  $b = 93$  м,  $h = 4.6$  м,  $\lambda = 0.68$  м

$$W = \frac{1.414 \cdot 4.6}{\sqrt{0.68}} \cdot \sqrt{\frac{100}{651}} = 3.1$$

При  $W = 3.1$   $\Delta L_4 = 23$  дБ.

В нашем примере расчетный уровень шума на расстоянии 100 м от источника

$$L_{100} = 98 - 11.5 - 29.37 - 13.8 - 23 = 20.33 \text{ дБ.}$$

Таким образом, предельно допустимый уровень (ПДУ) шума на территории жилой застройки не превышен как в дневное, так и в ночное время. Если уровень шума выше ПДУ, то разрабатывается план мероприятий по снижению уровня шума в жилом массиве, обоснование которого осуществляется путем дополнительных расчетов с использованием выше приведенной схемы и переменных величин  $\Delta L_1$ ,  $\Delta L_2$ ,  $\Delta L_3$ ,  $\Delta L_4$ . Нужно добиться, чтобы уровень шума не превышал ПДУ. В случае необходимости проложения автодороги через населенный пункт, при невозможности создания обходных дорог, следует предусмотреть в проекте установку шумопоглощающих и шумоотражающих барьеров и земляных валов, посадку густых растительных ограждений и др. Для выполнения ориентировочных расчетов можно пользоваться таблицей А – 11.

## 2.2 Электромагнитные загрязнения и меры защиты от них

Уровень электромагнитных полей, созданных современной цивилизацией, в отдельных районах в сотни раз выше уровня естественных полей. В современном городе источниками электромагнитных полей являются теле- и радиопередающие установки, электрифицированные транспортные линии и линии электропередачи. Токи промышленной частоты (50 Гц) являются сильными источниками электромагнитных волн. Напряженность поля в районах прохождения высоковольтных линий электропередачи может достигать нескольких тысяч и даже десятков тысяч вольт на 1 м (В/м). Наибольшая напряженность наблюдается в месте провисания проводов, так при ЛЭП 330 кВ напряженность достигает 5000 в/м, при ЛЭП 500 кВ – 8000 в/м и ЛЭП 750 кВ – 15000 в/м. Однако электромагнитные волны хорошо поглощаются почвой и уже на расстоянии от линии порядка 100 м (в случае асфальтобетонного покрытия 150 м) напряжение поля падает до нескольких сотен или десятков вольт на 1 м. Экранирующий эффект оказывают деревья, кустарники, здания, рельеф местности и т.д.

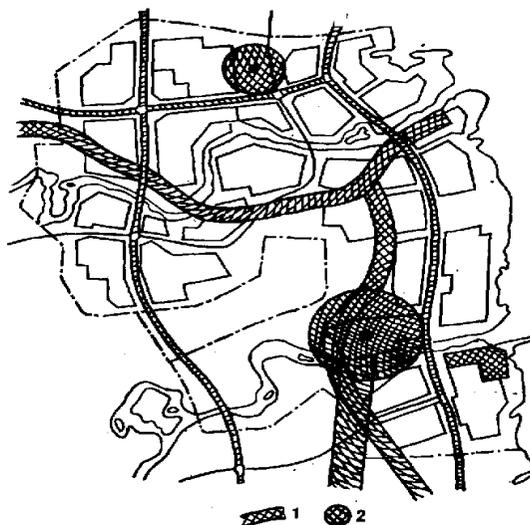
При разработке схем и проектов районной планировки следует учитывать вредное воздействие электромагнитных излучений на окружающую среду от следующих источников:

точечных - передающие антенны мощностью 50 кВт и выше, радиостанций РС, телецентров ЦТ, ретрансляционных станций РТС и радиолокаторов РЛС;

линейных - высоковольтные линии электропередачи ВЛ промышленной частоты напряжением 330 кВ и выше и постоянного тока напряжением 1500 кВ и выше.

Результирующая оценка электромагнитных (ЭМП) и электрических полей города (ЭП) выполняется на ситуационной схеме города с нанесением дислокации источников и зон их влияния. В результате рассредоточенности источников ЭМП (обусловленной предотвращением вероятности взаимных технических помех при эксплуатации) и их умеренной концентрации в городской среде картина распределения этого фактора в плане крупных городов приобретает вид отдельных островов (рисунок 2.6). В городах средней и малой величины зона влияния радиотехнических объектов может перекрывать всю городскую территорию. На ситуационной схеме города повторяются контуры сети с выделением трансформаторных подстанций и распределительных устройств в виде узлов. Аналогичным образом на схему наносятся зоны влияния электрифицированных транспортных линий, открытых участков метрополитена, электричек, трамваев, троллейбусов и др.

В процессе разработки раздела в проектах районной планировки рекомендуется дополнительно рассмотреть вредное влияние на население проектируемой территории существующих источников высокочастотных электромагнитных полей мощностью 25 кВт и выше.



**Рисунок 2.6** Оценка электромагнитного поля: 1- линии электропередачи; 2 – радиостанции, телестанции, радар.

Анализ вредных воздействий на территории проектируемого района заключается в выявлении территории жилой застройки с уровнем напряженности электромагнитного поля, превышающим предельно допустимый (ПДУ), установленный в нормативных документах ( таблица А-12 ). Исходные данные для разработки подраздела — результаты натурных измерений напряженности электромагнитного поля на селитебной территории, размеры существующих санитарно-защитных и охранных зон от источников электромагнитных волн радиочастот и высоковольтных ЛЭП, а также предложения по ликвидации вредных воздействий от излучений следует получить в республиканских, областных и городских санитарно-эпидемиологических станциях, в Управлении линий дальних передач (УЛДП), Управлениях Главэнерго республики и областей, в Министерствах и Управлениях связи.

Мероприятия по смягчению воздействия электромагнитных излучений, предусматриваемые, как правило, только в проектах районной планировки, должны быть основаны на следующем:

- соблюдении предельно допустимых приближений жилых построек к линии электропередачи (граница охранный зоны);
- обеспечение необходимых территориальных разрывов в селитебных зонах в соответствии с имеющимися градостроительными нормативами;
- устройстве (установлении) специальных охранных зон вдоль линии электропередачи (таблица А-13);

- организация санитарно-защитных зон для телецентров, ретрансляционных станций, радиостанций и радиолокаторов (таблицы А-14, А-15);
- выносе радиостанции или антенны за пределы населенного пункта;
- соблюдении в «контролируемой» охранной зоне специального режима пребывания людей или производства сельскохозяйственных и лесохозяйственных работ (возделывание преимущественно нетрудоемких культур, максимальное применение механизмов и машин, снабженных заземляющими устройствами, укороченный рабочий день, инструктаж населения и работающих и т. д.);
- отселение жителей из активной зоны.

Воздушные линии напряжением 750 и 1150 кВ проектируются таким образом, чтобы они проходили вдали от населенных пунктов по крайней мере не ближе 300 м от их границы. Только в исключительных случаях они могут пересекать протяженные сельские населенные пункты или приближаться к одиночным домам. Жилое строительство вблизи линии должно строго регламентироваться.

Санитарно-защитная зона для передающих радиостанций, оборудованных антеннами ненаправленного действия, для телецентров и телевизионных ретрансляторов, а также для радиолокационных станций кругового обзора устанавливается по радиусу. Размеры санитарно-защитных зон для типовых радиопередающих объектов приведены в таблицах А-14, А-15.

Ниже приведены наименьшие расстояния от КВ-передающих радиостанций до республиканских, областных и краевых центров, а также до населенных пунктов с числом жителей более 100 тысяч человек (таблица 2.3).

**Таблица 2.3 Радиус действия КВ- передатчиков**

Мощность одного КВ-передатчика в режиме несущей частоты, кВт	Расстояние, км
0,1—5	2
5—25	7
25—120	10
Св. 120	15

*Примечание* - Мощные (св. 100 кВт) КВ-радиостанции размещаются за пределами населенных мест, вдали от жилой застройки.

Мероприятия по защите окружающей среды от электромагнитных излучений следует осуществлять комплексно и при необходимости

учитывать планировочные и активные средства защиты на последующих стадиях градостроительного проектирования.

В схемах и проектах районной планировки необходимо уделять внимание выбору средств защиты от ЭМП.

Выбор средств защиты от ЭМП во многом определяется характеристиками источников по частоте. Регламентом радиосвязи, принятым Международным консультативным комитетом (МККР), установлена номенклатура (таблица А-16) диапазонов частот (длин волн).

У источников ЭМП различают ближнюю (индукции) и дальнюю (излучения) зоны воздействия. Ближняя зона реализуется на расстоянии  $r < \lambda/6$ , где ЭМП еще не сформировалось; как следствие этого, одна из составляющих поля намного меньше другой. У таких источников ЭМП при воздействии на окружающую среду слабо выражена магнитная составляющая напряженности. Поэтому в 5—8 диапазонах частот ЭМП оценивается электрической составляющей напряженности поля  $E$  (В/м). В дальней зоне на расстояниях  $r > \lambda/6$  ЭМП сформировалось, и здесь выражены обе его составляющие—электрическая и магнитная, поэтому в 9—11 диапазонах частот ЭМП оценивается поверхностной плотностью потока энергии (ППЭ), выраженной в ваттах на квадратный метр— $Вт/м^2$  ( $1 \text{ Вт/м}^2 = 0,1 \text{ мВт/см}^2 = 100 \text{ мкВт/см}^2$ ).

При одновременном воздействии нескольких источников суммарное значение параметров ЭМП определяют по формуле

$$E^2 = E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2 \quad (2.13)$$

где  $E_1, E_2, \dots, E_n$  — напряженности электрического поля, создаваемые каждым передатчиком в контролируемой точке данного диапазона, В/м.

Суммарная ППЭ<sub>Σ</sub> от  $n$  источников на прилегающей территории для 9—11 диапазонов частот равна:

$$\text{ППЭ}_\Sigma = \text{ППЭ}_1 + \text{ППЭ}_2 + \dots + \text{ППЭ}_n \quad (2.14)$$

Определение уровней ЭМП средств телевидения и радиовещания производится по указаниям Минздрава. При выборе средств защиты от ЭМП производится сравнение фактических уровней источников с нормативными.

Предельно допустимые уровни (ПДУ) напряженности ЭМП установлены «Санитарными нормами и правилами защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты» № 2971—34. В качестве ПДУ приняты следующие значения напряженности электрического поля, кВ/м: внутри жилых зданий—0,5; на территории зоны жилой застройки—1; в населенной местности, вне зоны жилой застройки (земли в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны, курорты, земли поселков городского типа и сельских

населенных пунктов, в пределах черты этих пунктов); на участках пересечения ВЛ с автомобильными дорогами I—IV категории—10; в ненаселенной местности (часто посещаемой людьми, доступной для транспорта, и сельскохозяйственные угодья)—15; в труднодоступной местности (не доступной для транспорта и сельскохозяйственных машин) и на специально выгороженных участках, где доступ населения исключен,—20.

При напряженности электрического поля выше 1 кВ/м должны приняты меры по исключению воздействия на человека ощутимых электрических разрядов и токов стекания.

В зонах около радиотехнических объектов в основу нормирования положены «Временные санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электромагнитных полей, создаваемых радиотехническими объектами» № 2963—84. Эти нормы регламентируют ЭМП телевизионных станций УВЧ диапазона.

В зонах около телевизионных станций СВЧ-диапазона нормирование производится по СИ 4262—87.

При наличии нескольких источников излучения, работающих в разных радиочастотных диапазонах, напряженность поля, создаваемая п источниками ВЧ и N источниками СВЧ на границе санитарно-защитной зоны, должна соответствовать следующему требованию

$$\left(\frac{E_1}{E_{ПДУ_1}}\right)^2 + \left(\frac{E_1}{E_{ПДУ_1}}\right)^2 + \dots + \left(\frac{ППЭ_1}{ППЭ_{ПДУ_1}}\right) + \left(\frac{ППЭ_2}{ППЭ_{ПДУ_2}}\right) + \dots + \left(\frac{ППЭ_n}{ППЭ_{ПДУ_n}}\right) \leq 1 \quad (2.15)$$

Основной способ защиты от ЭМП в окружающей среде—защита расстоянием. В целях соблюдения нормированных ПДУ для ЭМП на селитебной территории планировочные решения при размещении радиотехнических объектов (РТО) выбирают с учетом:

- мощности передатчиков;
- характеристики направленности;
- высоты размещения;
- конструктивных особенностей антенн;
- рельефа местности;
- функционального значения прилегающих территорий;
- этажности застройки.

Площадка РТО оборудуется согласно строительным нормам и правилам. На ее территории не допускается размещение жилых и общественных зданий.

Для защиты населения от воздействия ЭМП, создаваемого РТО, устанавливают при необходимости санитарно-защитные зоны и зоны ограничения застройки по СП 245—71.

Санитарно-защитной зоной является площадь, примыкающая к технической территории РТО. Внешняя граница этой зоны определяется на высоте до 2 м от поверхности земли по предельно допустимым уровням ЭМП, приведенным в нормах.

Зоной ограничения застройки является территория, где на высоте более 2 м от поверхности земли превышает ПДУ, приведенный в нормах. Внешнюю границу зоны ограничений определяют по максимальной высоте зданий перспективной застройки, на уровне верхнего этажа которых ПДУ электромагнитного поля не превышает нормы.

Размеры санитарно-защитной зоны и зоны ограничений устанавливают в соответствии с методиками, изложенными в приложении правил СП 2963—84, а границы этих зон при приемке объекта в эксплуатацию уточняют на основе измерений.

При проектировании жилых и административных зданий, расположенных в зонах действия ЭМП, следует принимать во внимание экранизирующую способность Э (дБ) строительных конструкций:

$$\mathcal{E} = 20 \lg \frac{ППЭ_{внеш}}{ППЭ_{внут}} \quad (2.16)$$

где  $ППЭ_{внут}$  — соответственно площадь потока энергии на внешней и внутренней поверхностях конструкции.

Ослабление (экранирование) электромагнитных излучений строительными конструкциями приведено в таблице А-17.

Материалы стен (в том числе и окрасочные) и перекрытий зданий в различной степени поглощают и отражают электромагнитные волны. Масляная краска, например, создает гладкую поверхность, отражающую до 30% электромагнитной энергии сантиметрового диапазона. Известковые покрытия имеют малую отражательную способность, поэтому для уменьшения отражения потолок целесообразно покрывать известковой или меловой краской.

Для защиты от электрических полей промышленной частоты необходимо увеличивать высоту подвеса фазных проводов ВЛ, уменьшать расстояние между ними и т.д. При правильном подборе геометрических параметров можно в 1,6—1,8 раз снизить напряженность поля вблизи ВЛ. Напряженность ЭМП может быть уменьшена удалением жилой застройки от ВЛ, применением экранирующих устройств и других средств снижения напряженности электрического поля.

Машины и механизмы на пневматическом ходу, находящиеся в санитарно-защитных зонах ВЛ, должны быть заземлены. В качестве заземлителя допускается использовать металлическую цепь, соединенную с рамой или кузовом и касающуюся земли.

Напряженность электрического поля в зданиях, оставляемых в санитарно-защитных зонах ВЛ напряжением 330—500 кВ и имеющих неметаллическую кровлю, может быть снижена установкой заземленной металлической сетки на крыше этих зданий (заземлять сетку нужно в двух местах). Металлические кровли должны быть заземлены не менее чем в двух местах, сопротивление заземления не нормируется. На открытых территориях, расположенных в этих зонах, напряженность электрического поля можно снизить установкой экранирующих перегородок (железобетонных заборов, тросовых экранирующих устройств) или посадкой деревьев и кустарника высотой не менее 2 м.

При проведении строительно-монтажных работ в санитарно-защитных зонах ВЛ необходимо заземлить протяженные металлические объекты (трубопроводы, кабели, провода линий связи и пр.) не менее чем в двух точках. Сопротивление заземления не нормируется.

В период проведения сельскохозяйственных и других работ вблизи ВЛ лица, ответственные за их осуществление, должны проводить инструктаж с работающими и обеспечивать выполнение мер защиты от воздействия ЭМП, регламентируемых Санитарными нормами и правилами.

На территории санитарно-защитных зон ВЛ напряжением 750 кВ и выше запрещается проведение сельскохозяйственных и других работ лицами в возрасте до 18 лет.

Для ограничения уровня ЭМП, воздействующих на окружающую среду, от промышленных источников могут быть использованы средства, стандартизированные ГОСТ 12.1.006—84 и применяемые для снижения уровня ЭМП непосредственно в цехах предприятий: экранирование оборудования (источника поля), использование поглотителей мощности (специальные облицовки потолка и стен рабочих помещений на основе материалов с большим содержанием углерода). Особенно важен для снижения излучаемой мощности поля правильный выбор типа оборудования, генерирующего электромагнитное излучение.

Измерение электрической и магнитной составляющих напряженности ЭМП производят специальными приборами. Измерения уровней ЭМП должны производить:

— при приемке в эксплуатацию новых или реконструированных объектов (источников ЭМП) (измерения производят владельцы этих объектов с участием представителей органов и учреждений санитарно-эпидемиологической службы);

— при приемке в эксплуатацию общественных зданий и сооружений, расположенных на территории, прилегающей к источникам ЭМП (измерения производят представители органов и учреждений санитарно-эпидемиологической службы с участием представителей владельца указанного объекта);

— в порядке текущего санитарного надзора (измерения производят представители органов и учреждений санитарно-эпидемиологической службы с участием представителей владельца источника ЭМП).

Уровни ЭМП, создаваемые радиолокационными средствами, определяются по методикам, утвержденным Министерством здравоохранения и изложенным в следующих документах:

«Методические указания по определению плотности потока энергии электромагнитного поля, размеров санитарно-защитных зон и размещению метеорологических радиолокаторов» 1910—77; «Методические указания по определению уровней электромагнитного поля и гигиенические требования к размещению ОВЧ, УВЧ и СВЧ радиотехнических средств гражданской авиации» № 2284— 81.

При разработке проектов следует:

- проверить соответствие санитарным нормам территориальных разрывов от источников до жилой застройки;
- провести анализ и прогноз вредных воздействий электромагнитных полей с учетом строящихся и проектируемых на перспективу источников;
- привести перечень планировочных мероприятий по устранению вредного влияния электромагнитных полей ЭМП на население территорий различного хозяйственного использования.

### **3 ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОБОСНОВАННЫЕ МЕТОДЫ СТРОИТЕЛЬСТВА**

#### **3.1 Строительство биопозитивных зданий и сооружений**

Минимальное условие биопозитивности (экологичности) зданий и сооружений - создание возможности существования и роста растений на их поверхностях. Растения, закрепленные на вертикальных, горизонтальных и наклонных поверхностях, улучшают состав воздуха и воды, очищают среду обитания от загрязнений, улучшают микроклимат, создают биомассу, обеспечивают существование микроорганизмов, создают звуко- и теплозащиту, улучшают внешний вид сооружений, его визуальное восприятие.

Следующим шагом к повышению уровня биопозитивности является создание условий для роста и существования мелких животных на озеленённой или приспособленной для этого поверхности зданий и сооружений.

Человек, будучи оторван от окружающей среды в современном городе, компенсирует её отсутствие доступными средствами, «впуская» природу в дом (цветы на окнах, домашние животные, иногда изображение природы на картинах, обоях, а в последнее время – на видеоэкране, дисплее компьютера) и, проводя часть времени в природных условиях (отпуск, выходные дни). Исследования показывают, что наличие домашних животных и зелени в доме способствует снижению числа заболеваний, благоприятному психологическому климату в доме. В настоящее время все чаще задается вопрос о допустимой (предельной) степени оторванности человека от природы, той среды, в которой человек возник и развивался многие тысячелетия. Видимо, необходим возврат естественной природной среды в город, но уже на более высоком уровне. Возможно, что при этом человеку будет необходимо несколько изменить существующие понятия о

градостроительстве, свое отношение к природной среде, растительному и животному миру, одновременно сохранив любовь к городу.

### **3.2 Биопозитивные подпорные и шумозащитные стены**

Биопозитивные подпорные стены выполняются в виде конструкций с внутренним заполнением растительным грунтом и наружным сплошным озеленением; активные стены конструируют с постоянно действующими фильтрами для очистки воздуха, загрязненного выхлопными газами автомобилей, причем движение воздуха сквозь фильтры обеспечивается за счет давления воздуха при движении автотранспорта вдоль подпорной стены.

Биопозитивные шумозащитные стены - это озеленяемые стены с внутренним заполнением растительным грунтом и двусторонним сплошным озеленением.

Биопозитивные подпорные стены могут быть:

- по схеме работ: гравитационные, уголковые, контрфорсные, из армированного грунта;
- по схеме контакта с озеленяемым грунтом: стены с большими или малыми сквозными проемами в лицевой поверхности, заполненные растительным грунтом под углом естественного откоса; стены с горизонтальными озеленяемыми поверхностями; стены с протяжёнными наклонными поверхностями грунта.

Вообще любую известную конструкцию подпорной стены можно сделать озеленяемой, если устроить на ней выступы для зацепления вьющихся растений, высаженных у основания стены, либо выполнить чередующиеся сквозные, горизонтальные или наклонные проемы, контактирующие с обратной засыпкой, и высадить в них растения.

Для озеленения лицевой поверхности необходимо:

- устраивать проемы или карманы на лицевой поверхности стен с последующим их заполнением естественным грунтом и посадкой растений; габионовых элементов;
- полностью или фрагментарно возводить подпорные стены из габионовых элементов;
- устраивать пористую лицевую поверхность, заполняемую грунтом;

Массивные (гравитационные) стены выполняют из отдельных сборных пустотелых элементов, заполненных растительным грунтом. В качестве этих элементов могут быть использованы, например, пустотелые бездонные ящики из тонких железобетонных плит с одинарным армированием (рисунок 3.1).

Стена с проемами, заполненными грунтом, может быть смонтирована, например, из сборных объемных блоков замкнутого или незамкнутого

профиля, монтируемых послойно и заполняемых грунтом. Проемы могут быть открыты в сторону лицевой поверхности, при этом поверхность грунта выполняется наклонной под углом естественного откоса или вверх (тогда поверхность грунта горизонтальна). В первом случае лицевая поверхность стены может быть вертикальной, во втором – с уступами по высоте.

В связи с выполнением стены из однотипных небольших сборных элементов облегчается устройство стен переменной высоты и на уклонах. С учетом возможности декоративного оформления участков лицевой поверхности могут быть получены разнообразные архитектурно выразительные решения. Номенклатура сборных изделий при этом минимальна, что значительно упрощает организацию их выпуска и снижает стоимость строительства.

Габионовые подпорные стены возводят из заполненных растительным грунтом гибких сеток, корзин, ящиков. Высаженные в грунт семена прорастают в результате действия атмосферных осадков или грунтовых вод. Основным строительным материалом в данном случае является грунт, что обуславливает минимальную стоимость таких стен.

На рисунке 3.2 показаны варианты массивной подпорной стены, выполняемой из поярусно уложенных элементов, образующих горизонтальные полости, наполненные грунтом. Грунт увеличивает массу сооружения, а открытые с лицевой стороны поверхности грунта могут быть использованы для посадки растений. Во всех вариантах поверхность имеет вид пчелиных сот. Изготовление сборных элементов стены в виде цельного шестигранника (рисунок 3.2 б) технически сложно. Кроме того, после монтажа толщина стенок сот удваивается, что увеличивает расход материалов.

На рисунках 3.2, в-д показано выполнение сот из более простых по форме элементов – полусот, трилистника, V – образных плит и балок. Наиболее простой - последний вариант: V – образные плиты имеют постоянные размеры и могут изготавливаться по кассетной технологии. С увеличением высоты стен меняется только длина балочных элементов, изготовление которых не представляет трудностей.

Для выполнения массивных озеленяемых стен можно применять элементы, серийно выпускаемые на заводах ЖБИ. Стена из лотков теплотрасс показана на рисунках 3.3.а,б. Для более полного наполнения их грунтом засыпки и его уплотнения задняя грань выполняется наклонной. Кроме того, консольные части элементов играют роль грунтовых анкеров и увеличивают несущую способность стены.

Другим вариантом применения лотков теплотрасс является установка их в проектное положение. Торцевая грань, выходящая на лицевую сторону, закрывается перфорированной плитой. При этом сохраняется возможность

озеленения, улучшается архитектурная выразительность сооружения, а наполнение стен грунтом становится более полным.

Озеленяемая массивная подпорная стена со ступенчатой лицевой поверхностью может выполняться из объемных коробчатых элементов, устанавливаемых друг на друга со смещением (рисунок 3.2, в).

При этом образуются горизонтальные участки открытого грунта, более удобные для высадки вечнозеленых вьющихся растений, декоративных кустарников и цветов.

Биопозитивные сооружения могут быть приданы угловым подпорным стенам, в том числе и с пространственной лицевой поверхностью, за счет выполнения отверстий в лицевых плитах или в местах стыка между ними (рисунки 3.3, г, д). Кроме того, на лицевой стороне могут быть созданы участки, где грунт засыпки удерживается установленными с определенным шагом по высоте плитами (рисунок 3.3, е).

### **3.3 Устройство шумозащитных стен (экранов) на магистралях**

Экран состоит из двух железобетонных элементов (стоек и плит), соединенных таким образом, что после монтажа образуются плоскости, заполняемые грунтом. В грунт высаживают вьющиеся растения (рисунки 3.4, 3.5).

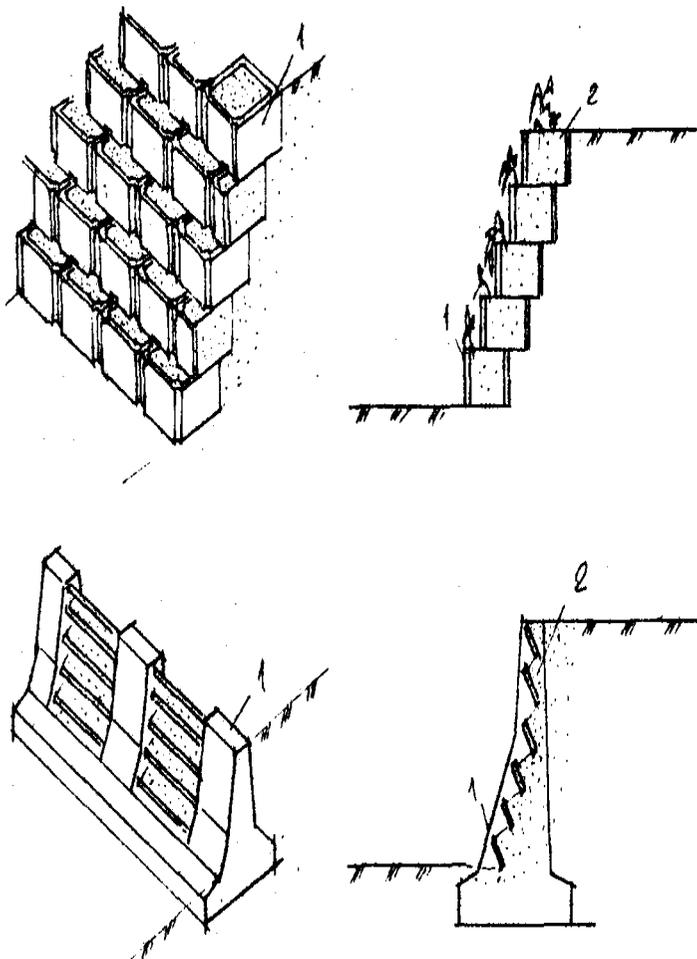
С учетом наибольшей эффективности шумозащиты и простоты возведения рекомендуются биопозитивные шумозащитные стены (экраны) на магистралях.

Шумозащитные озеленяемые стены рекомендуется проектировать таким образом, чтобы отношение высоты к толщине поперечного сечения в нижней части стены было в пределах 3:1-5:1.

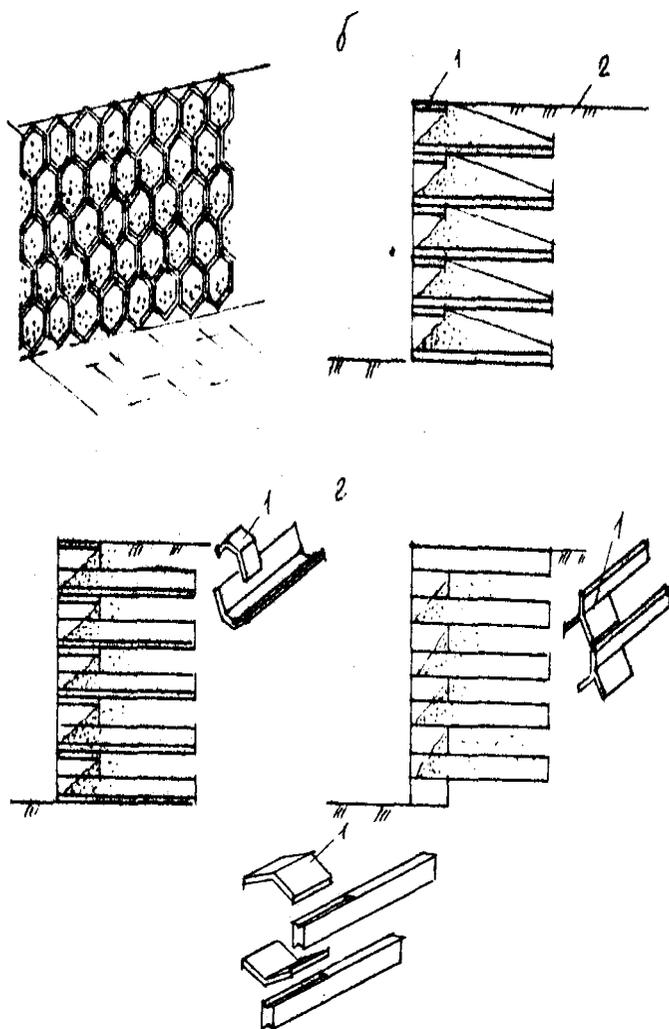
В настоящее время разработаны различные конструкции шумозащитных озеленяемых подпорных стен. Эти стены могут быть выполнены из сборного или монолитного железобетона. Конструктивно они представляют собой железобетонные емкости, заполненные естественной или искусственной грунтовой смесью с высаженными в нее вьющимися растениями. Грунт, расположенный внутри емкостей, сообщается между собой за счет отверстий в емкостях. Этот грунт так же контактирует с естественным грунтом в основании стены. Вследствие этого корни растений, высаженных в озеленяемой шумозащитной стене, проникают в естественный грунт, в связи с чем не требуется специальная поливка.

Для архитектурной выразительности железобетонных плоскостей их рекомендуется выполнять с рельефом (например, волнообразный рельеф или нанесение какого-либо геометрического рисунка и др.).

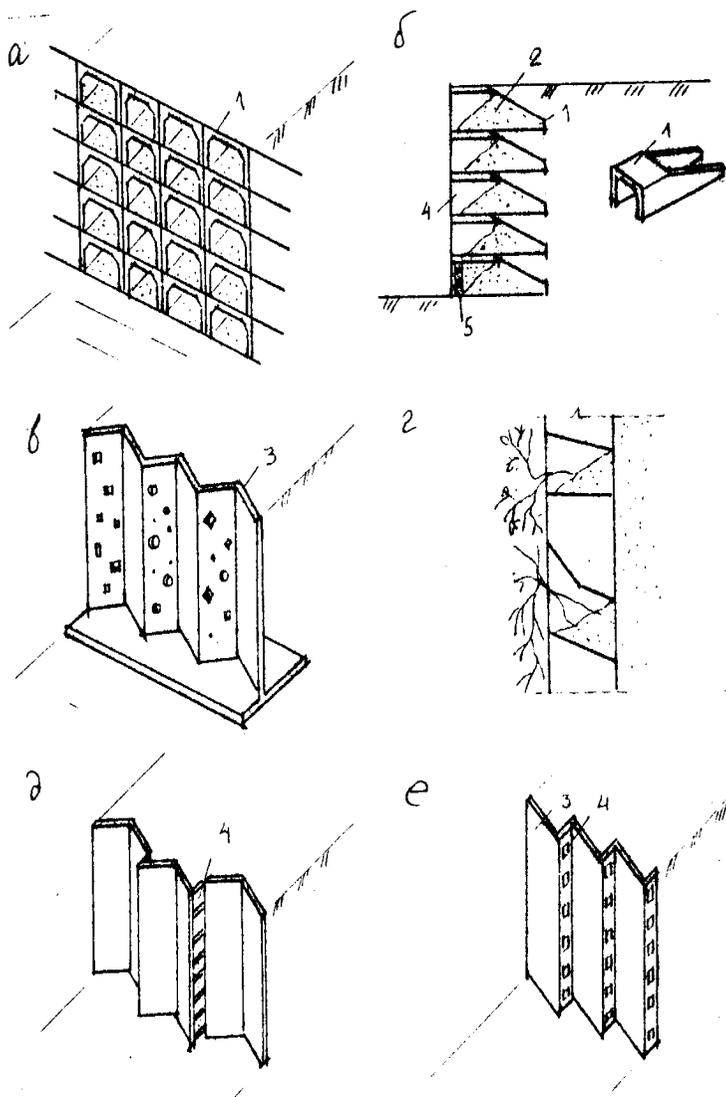
По конструкции шумозащитные стены могут быть выполнены в следующих вариантах:



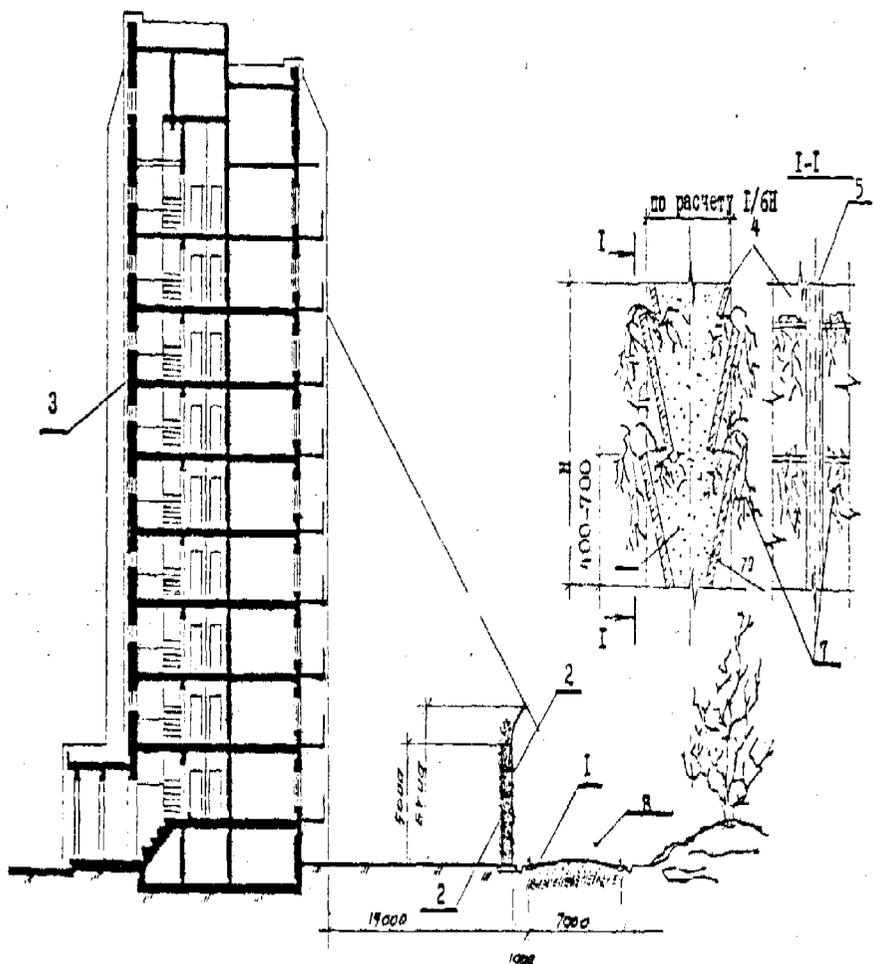
**Рисунок 3.1** Гравитационные озеленяемые стены:  
 а – из ящиков; б – с проемами; 1 – сборные  
 элементы; 2 – растительный грунт.



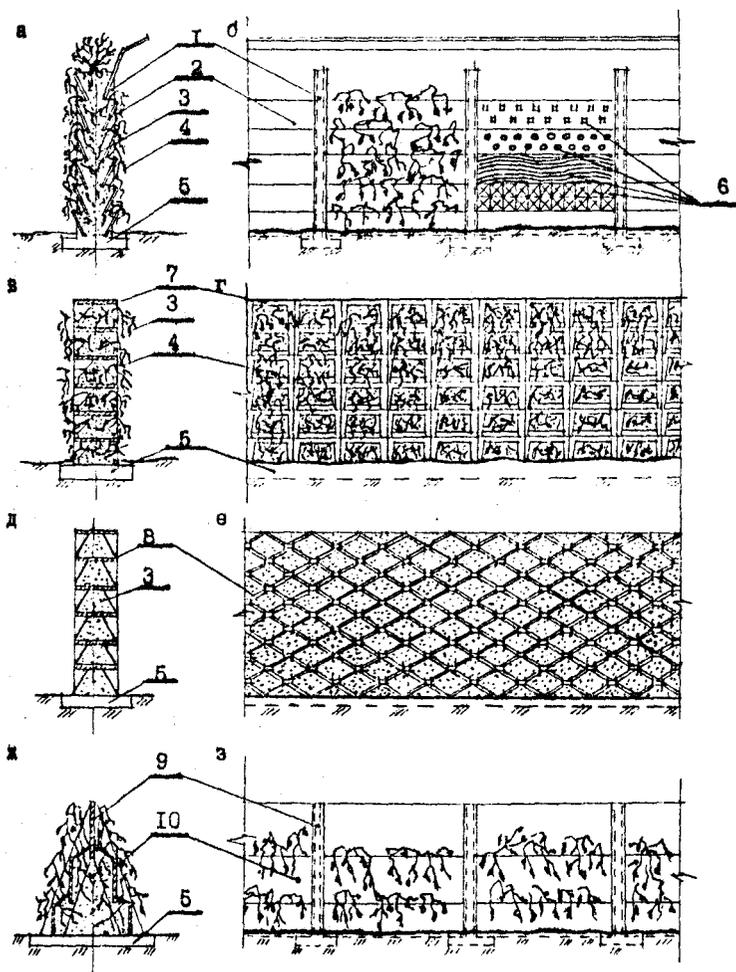
**Рис.3.2 Подпорные стены с горизонтальным расположением сотовых элементов:** а - общий вид; б - с цельными шестигранниками; в - из складок; г - из трилистника; д - из у-образных элементов; 1 - элемент оболочки; 2 - грунт.



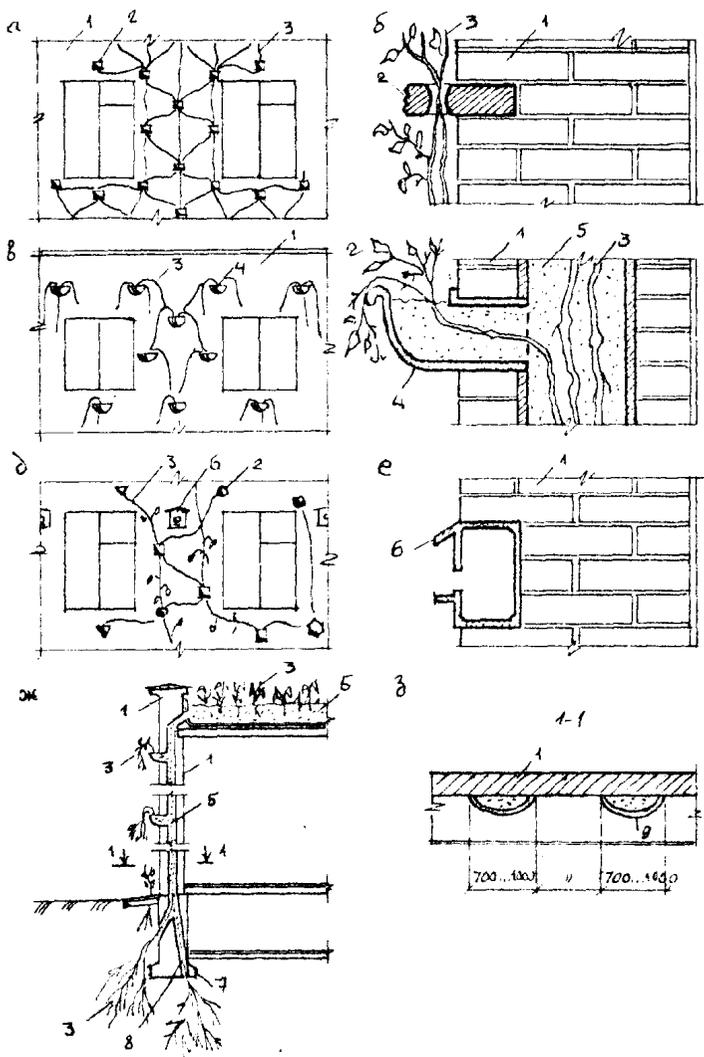
**Рисунок 3.3** Стены из коробчатых элементов (а, в), угловые (г- е);  
 1 - лоток; 2 - растительный грунт; 3 - угловая стена; 4 - проем; 5 - плита.



**Рисунок 3.4 Организация шумозащиты способом устройства биооптимальных шумозащитных экранов: 1 - магистраль; 2 - экран; 3 - здание; 4 - панели шумозащитной стены; 5 - стойки; 6 - грунт; 7 - вертикальное озеленение; в - источник шума.**



**Рисунок 3.5** Шумозащитные озеленяемые стены; а - разрез сборной стены; б - фасад; в - разрез стены из сборных объемных элементов; г - фасад; д - разрез стены из сборных объемных элементов; е - фасад; ж - разрез стены из сборных элементов; з - фасад; 1 - опорный железобетонный элемент; 2 - наклонные плиты; 3 - грунт; 4 - зеленые насаждения; 5 - фундамент; 6 - сборный П-образный объемный элемент; 7 - сборный сотообразный объемный элемент; 8 - опорная рама (железобетон, металл); 9 - вертикальные панели железобетонные.



**Рисунок 3.6** Озеленяемые стены: а-б - с наружным озеленением; в-г с внутренними каналами; 1 - стена; 2 - крепление озеленения; 3 - зелень; 4 - лоток; и - грунт; о - скворечник; 7 - фундамент; 8 - проем в фундаменте; 9 - проем в отмыске.

1. Стойки с шагом 4...6 м, заземленные в фундаменте или грунте, с введенными в пазы в стойках наклонными плоскими плитами, имеющими рельефную поверхность. В этих плитах могут быть выполнены отверстия диаметром 5...10 см, в которые также можно высадить растения.

2. Коробчатые элементы, установленные один на другой и заполненные грунтом, причем на фасадных частях видны естественные откосы грунта, на поверхность этих откосов высаживают растения. Для грунтового заполнения и прохода корней растений в горизонтальных плитах коробов выполняют отверстия диаметром 10...20 см. Торцевые поверхности коробов могут иметь зубчатый профиль для большей архитектурной выразительности.

3. Сотовые элементы, выполненные из отдельных складок, монтируемых одна на другую с заполнением внутреннего пространства грунтом. В конструктивном отношении эти элементы подобны описанным выше коробчатым элементам.

Защита от проникновения шума осуществляется в этих стенах, во-первых, за счет его глушения массивными железобетонными стенами с грунтовым заполнением; во-вторых, за счет изменения его направления ввиду неплоской поверхности стен; в-третьих, за счет глушения шума озеленением.

Подпорные и шумозащитные стены на магистралях могут выполнять также функцию очистки загрязненного воздуха, если создать возможность подпитки энергией. Для этого в стенах устраивают проемы, в которые засасывается загрязненный воздух. Пройдя через фильтры, очищенный воздух выбрасывается в проемы стен. Для всасывания загрязненного воздуха служат воздушные насосы (вентиляторы), приводимые в действие давлением воздуха перед движущимся автомобилем или электроэнергией от солнечных батарей, ветровых колес, установленных на верхней поверхности стен (рисунок 3.5).

Следующей функцией биопозитивных стен может быть использование их поверхности (особенно верхней части) для размещения гелиоколлекторов, солнечных батарей, а пространства за стенами – для установки метантенков, подогреваемых энергией от гелиоколлекторов. При южной ориентации стен и их достаточно большой протяженности это решение может быть эффективным.

### **3.4 Биопозитивные и шумозащитные здания.**

Биопозитивные здания могут иметь озеленяемую кровлю, озеленяемую кровлю и стены, озеленяемую кровлю, стены и лоджию, то же, со скворечниками для мелких птиц, активные стены, содержащие также фильтры для очистки атмосферного воздуха от загрязнении, активные кровли, содержащие фильтры для очистки атмосферных осадков от загрязнений перед их стеканием на землю. При устройстве террасных зданий наряду с кровлей верхнего яруса озеленяют все террасы.

Шумозащитные здания служат для защиты внутренних объемов кварталов от шума на магистралях, а шумозащищенные - резко снижают уровень шума внутри здания. В этих зданиях также успешно применяется озеленение террас для поглощения шума.

Озеленение крыш и террас можно устраивать с устройством гидроизоляции, дренажного слоя и почвы, толщина которой зависит от вида высаживаемых растений. Особое внимание должно быть уделено вертикальному озеленению стен. Для этого может быть рекомендовано (рисунок 3.6) обычное внешнее озеленение стен вьющимися растениями, закрепляемыми, например, в проемах декоративных керамических выступов. Более интенсивное озеленение может быть получено при использовании озеленяемой стены с сетью внутренних керамических каналов, заполненных растительным грунтом и сообщающихся внизу с грунтом в основании здания. В заданных местах могут быть устроены выходы грунта на поверхность стены в виде керамических чаш, в которые высаживают любые растения. В этом случае корни растений по каналам получают влагу из грунта. В этой стене можно устроить керамические скворечники для мелких птиц, размещенные между озелененными чашами. Более совершенным решением является соединение керамических каналов в стене с газоном на кровле, так как при стоке осадков с кровли они будут попадать в вертикальные каналы с грунтом и далее - в основание.

Такое решение приемлемо для высаживания вьющихся растений с тонкими длинными корнями, которые проходят в каналах до естественного грунта. Озеленение, выполненное в виде сплошного ковра на стене, существенно улучшает микроклимат внутри помещения, так как является дополнительной теплоизоляцией, улавливает загрязнение и шум, вырабатывает кислород; до 15% снижаются затраты на отопление.

Озеленяемая кровля не только улучшает состав воздуха, но и пропускает через себя загрязненные осадки, частично задерживая загрязнения.

Очищающую функцию озеленяемых стен и кровли можно повысить, проектируя активно – биопозитивные здания с подпиткой от источников энергии, чтобы дополнительно всасывать воздух из окружающей среды с целью его очистки. Для этого в стене и кровле устраивают всасывающие проемы, закрытые решетками, за которыми устанавливают съемные

фильтры. Пройдя сквозь очищающие фильтры, чистый воздух выбрасывается через выпускные проемы в окружающее пространство. Для создания энергии всасывания воздуха можно использовать ветровые колеса, установленные на здании. Фильтры можно расположить в водосточных трубах, чтобы они самоочищались потоком дождевой воды и загрязнения смывались в ливневую канализацию. Можно также применять периодически сменяемые фильтры.

Аналогичная пассивная система очистки может быть установлена на пути стекания дождевых вод с кровли – газона в водосточные трубы.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Здания и сооружения в настоящее время делят на бионегативные (наносящие вред природе), бионейтральные и биопозитивные (помогающие развитию природы).

Обычно, традиционные здания для массовой застройки на пологих участках являются бионегативными, так как при строительстве на много лет отторгается земля, причем площадь и толщина земли практически полностью исключаются из круговорота веществ. Кроме того, после окончания функционирования здания очень затруднительно или даже невозможно вернуть занятую им территорию в первоначальное состояние "зеленой лужайки". Любое здание или инженерное сооружение с традиционными конструктивными и технологическими решениями, таким образом, создает помехи в экосистемах; прерывает энергетический поток, уменьшает или исключает места локализации экологических ниш, нарушает обмен популяционной информацией.

Конструкции зданий и инженерных сооружений, а также технология их возведения должны не угнетать природную среду, а способствовать ее существованию

Основная проблема, рассматриваемая при разработке архитектурно-планировочных, конструктивных и технологических решений при строительстве промышленных и гражданских объектов - это повышать биопозитивность урбанизированных ландшафтов.

Основным направлением экологической деятельности инженера-строителя является превращение любой урбанизированной системы в "хорошую" экосистему архитектурными, технологическими и конструктивными средствами, чтобы эта новая экосистема отвечала требованиям природной среды и качества жизни человека. Ей должна быть свойственна высокая продуктивность и стабильность в широком диапазоне внешних воздействий, высокая скорость обмена веществ и энергии (следовательно, высокая скорость самоочистения), способность к быстрой перестройке при изменении внешней среды.

Минимизация загрязнения атмосферы химическими и физическими загрязнителями является важной составной частью решения этой проблемы

Решение экологической проблемы означает превращение особой природоохранной, природовоспроизводственной деятельности во всеобщее основание любой человеческой деятельности и соответственно превращение особых экологических ценностей и целей во всеобщие. Для этого необходимо формирование экологического мышления путем экологического образования.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

**Таблица А.1 Интенсивность движения автомобилей в зависимости от категории дорог**

Категория дороги	Расчетная интенсивность движения, авт/сут Приведенная к легковому автомобилю	
	Св.14000	в транспортных единицах
I-а	Св. 6000 до 14 000	Св.7000
I-б II III IV V	Св. 2000 до 6000	Св. 3000 до 7000
	Св. 200 до 2000	Св. 1000 до 3000
	До 200	Св. 100 до 1000

*Примечания:*

1 Расчетная интенсивность в транспортных единицах принимается в случаях, когда легковые автомобили будут составлять менее 30 % общего транспортного потока.

2 Категория подъездных дорог к промышленным предприятиям назначается в соответствии с расчетной интенсивностью движения для дорог I-б – V.

3 При применении одинаковых требований для дорог I-а и I-б категорий их относят к I категории.

**Таблица А.2 Коэффициент учета скорости и состава транспортного потока**

Доля грузовых автомобилей и автобусов с карбюраторными двигателями в общем потоке, %	K <sub>1</sub> при скорости транспортного потока, км/ч						
	20	30	40	50	60	70	80

80	1.17	1.11	1.05	0.90	1.02	0.11	1.21
70	1.14	1.08	1.00	0.87	0.95	1.04	1.12
60	1.12	1.04	0.95	0.83	0.89	0.93	1.03
50	1.11	1.01	0.91	0.80	0.84	0.90	0.95
40	1.09	0.97	0.86	0.76	0.77	0.78	0.85
30	1.08	0.95	0.82	0.73	0.70	0.66	0.75
20	1.05	0.91	0.77	0.69	0.62	0.57	0.67
10	1.02	0.87	0.72	0.65	0.54	0.46	0.55

**Таблица А.3 Номенклатура объектов и планировочных элементов, допускаемых к размещению на территории санитарно-защитных зон в зависимости от их ширины**

№ п.п.	Наименование	Ширина зоны, м		
		до 300	300-1000	1000-3000
	<b>Озеленение, благоустройство</b>			
	Древесно-кустарниковые насаждения	+	+	+
	Газоны, цветники	+	+	+
	Питомники	-	-	+
	Сельскохозяйственные культуры	-	-	+
	Площадки для отдыха работающих на предприятиях	+	+	+
	<b>Транспортные сети</b>			
	Автомобильные дороги, проезды	+	+	+
	Развязки дорог в разных уровнях	-	-	+
	Тротуары	+	+	+
	Велосипедные дорожки	+	+	+
	Стоянки автомототранспорта	+	+	+
	Железнодорожные пути	-	-	+
	Вертолетные площадки	-	-	+
	<b>Инженерные коммуникации</b>			
	Сети инженерных коммуникаций	+	+	+
	ЛЭП от 20 до 110 кВ	-	+	+
	ЛЭП от 110 до 220 кВ	-	+	+
	<b>Здания административно-служебного и научно-технического назначения</b>			
	Административно-служебные здания промпредприятий	+	+	+
	Здания научно-технического назначения промпредприятий	+	+	+
	Помещения для аварийного персонала и охраны предприятий	+	+	+
	Профтехучилища, техникумы	+	+	+
	Павильоны стационарного наблюдения за загрязнением атмосферы	+	+	+

Продолжение таблицы А-3

№ п.п.	Наименование	Ширина зоны, м		
		до 300	300-1000	1000-3000
	<b>Здания торгово-коммунального назначения</b>			
21	Торговые здания, киоски	+	+	+
22	Заводские столовые	+	+	+
23	Заводские поликлиники, амбулатории поликлиники	+	+	+
24	Пожарные депо	+	+	+
25	Бани, прачечные	+	+	+
26	Гаражи	+	+	+
27	Котельные (на газовом топливе с обоснованием их размещения расчётом рассеивания)	-	+	+
28	Промышленные склады, не выделяющие вредностей	-	+	+
29	Мелкие предприятия, не выделяющие производственных вредностей	-	+	+

Таблица А.4 Группы городских поселений республики

Группа поселений	Численность населения, тыс. человек		Примечание
	городские поселения	Сельские поселения	
Крупнейшие	Свыше 1000	-	В группу малых городов включаются поселки городского типа
Крупные	От 500 до 1000	Свыше 5	
	От 250 до 500	От 3 до 5	
Большие	От 100 до 250	От 1 до 3	
Средние	От 50 до 100	От 0,2 до 1	
Малые	От 20 до 50	От 0,05 до 0,2	
	От 10 до 20	До 0,05	

**Таблица А.5 Нормы озеленения территорий городской застройки насаждениями общего пользования, м<sup>2</sup>/на одного жителя**

Озелененные территории общего пользования городов	Площадь озелененных территорий, м <sup>2</sup> /чел.			
	Крупнейших, крупных и больших	Средних городов	Малых городов	Сельских поселений
Общегородские	10	7	8	12
Жилых районов	6	6	-	-

**Таблица А.6 Состав и площади парковых территорий для городов республики**

Группа городов	Состав парков	Количество	Площадь парка, га
Крупнейшие	Общегородские парки:		
	Многофункциональные	1-2	70-100
	Специализированные	4-6	20-70
	Районные парки:		
	Планировочных районов	5-7	30-70
Крупные	Жилых районов	7-8	15-30
	Общегородские парки:		
	Многофункциональные	1-2	50-100
	Специализированные	3-5	20-50
	Районные парки:		
Большие	Планировочных районов	3-4	30-50
	Жилых районов	4-5	15-20
	Общегородские парки:		
	Многофункциональные	1	30-70
	Специализированные	2-3	15-50
Средние	Районные парки	2-3	10
	Многофункциональный парк	1-2	20-30
	Районные парки	1-2	10
Малые	Районные парки	1	10
	Многофункциональный		

Таблица А.7 **Минимально допустимое расстояние до линии застройки**

Минимальное расстояние от проезжей части до линии застройки, м	Количество экипажей в транспортном потоке в час					
	В том числе грузовых автомобилей, автобусов и троллейбусов, %					
	10	20	30	40	50	60
30	450-500	400	350	300	250	200
40	550	500	450	400	350	300
50	650	600	550	500	450	400
100	900	850	800	700	650	600

*Примечание*

Данные таблицы предусматривают режим движения для дневного времени при составе потока современных автомобилей и автобусов.

Таблица А.8 **Шумовые характеристики транспортных потоков на улицах и дорогах в час пик**

Категория улиц и дорог	х л пот
Скоростные дороги Магистральные улицы общегородского значения с непрерывным движением Магистральные улицы общегородского значения с регулируемым движением Магистральные улицы районного значения Магистральные дороги с грузовым движением Дорог и промышленных и коммунально-складских районов	

**Таблица А.9 Шумовые характеристики движения железнодорожных составов**

Поезда	Интенсивность движения, пар/ч						
	1	2	3	4	5	6	8
	Эквивалентный уровень звука $L_{A экв}$ , дБ А						
Пассажирские	66	69	71	72	73	74	75
Электропоезда	72	75	77	78	79	80	81
Грузовые	76	79	81	82	83	84	85

Поезда	Интенсивность движения, пар/ч				
	10	15	20	25	30
	Эквивалентный уровень звука $L_{A экв}$ , дБ А				
Пассажирские	76	78	79	80	81
Электропоезда	82	84	85	86	87
Грузовые	86	88	89	90	91

**Таблица А.10 Поправка к уровню шума железнодорожных составов**

Поправка к эквивалентному уровню звука $L_{A экв}$ , дБ А	-5	-4	-3	-2	-1
Средняя скорость движения поездов, км/ч:					
Пассажирских	-	-	-	40	50
Грузовых	40	43	47	50	55
Электропоездов					

Поправка к эквивалентному уровню звука $L_{A экв}$ , дБ А	0	+1	+2	+3	+4	+5
Средняя скорость движения поездов, км/ч:						
Пассажирских	60	100	-	-	-	-
Грузовых	60	75	80	80	100	100
Электропоездов						

**Таблица А.11 Минимально допустимое расстояние до жилых домов и участков отдыха**

Источник шума	Количество экипажей в час в двух направлениях	Минимальное расстояние до жилого дома или участка для отдыха на территории микрорайона или квартала, м	
		С защитными зелеными насаждениями	Без защитных зеленых насаждений
Транспортный поток проезжей части улицы	100	15	25
	200	30	50
	300	35	60
	400	40	70
	500	50	100
	1000	100	200
	2000	200	400
Электропоезда и железнодорожные составы	До 10 поездов	100	200
	Более 10 поездов	200	400

*Примечания*

1 Защитные зеленые насаждения представляют собой посадки деревьев с сомкнутыми кронами (высотой 7-8 м) и кустарниками по периметру полосы, закрывающих просвет от земли до низа кроны; ширина полосы защитных насаждений не менее 10 м.

2 Защитная зеленая полоса должна размещаться не далее 5-6 м от края проезжей части или рельсового пути.

**Таблица А.12 Предельно допустимые уровни (ПДУ) электромагнитной энергии для населенных мест**

Наименование диапазонов радиоволн	Частота, Гц	Предельно допустимые уровни облучения для жилой застройки, В/м

Длинные	$30 \times 10^3$ — $300 \times 10^3$	20
Средние	$0,3 \times 10^6$ — $3 \times 10^6$	10
Короткие	$3 \times 10^6$ — $30 \times 10^6$	4
Ультракороткие микроволны (круглосуточное облучение)	$30 \times 10^8$ — $300 \times 10^8$ $300 \times 10^6$ — $300 \times 10^9$	2 5 мкВт/см <sup>2</sup> *

\* Количественная оценка облучения электромагнитными волнами с частотами от 300 МГц до 300 ГГц производится по интенсивности излучения, выражаемой величиной плотности потока мощности излучения ППМ, измеряемой в мкВт/см<sup>2</sup>, в отличие от напряженности, измеряемой в В/м.

**Таблица А.13 Границы санитарно-защитных зон вдоль трассы высоковольтных воздушных линий электропередачи ВЛ в населенной местности**

Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние от проекции на землю крайних фаз проводов, м	Напряжение ВЛ, кВ	Расстояние от проекции на землю крайних фаз проводов, м
1150	300 (55 *)	220	25
750	250 (40 )	110	20
500	150(30)	35	15
330	75 (20)	До 20	10

\* Значения, приведенные в скобках, допускаются в порядке исключения для сельской местности. Необходимо обеспечить ограничение длительности работ и заземление механизмов, а также провести инструктаж населения.

**Таблица А.14 Размеры санитарно-защитных зон для типовых передающих радиостанций**

№ п.п.	Мощность одного передатчика, кВт	Наименование объектов	Санитарно-защитная зона, м
1	Малая до 5	Длинноволновые	10

		Средневолновые	20
		Коротковолновые	175
2	Средняя 5—25	Длинноволновые	10—75
		Средневолновые	20—150
		Коротковолновые	175—400
3	Большая 25—100	Длинноволновые	75—480
		Средневолновые	150—960
		Коротковолновые	400—2500
4	Сверхмощная св. 100	Длинноволновые	Св. 480
		Средневолновые	> 960
		Коротковолновые	> 2500

**Таблица А.15 Размеры санитарно-защитных зон для типовых телецентров и телевизионных ретрансляторов**

№ п.п.	Мощность одного передатчика, кВт	Количество программ	Высота антенны, м	Санитарно-защитная зона, м
1	Малая до 5/2,5)	1	180	В пределах технической территории

2	Средняя 5/2,5—25/7,5	»	240	200—300
3	Большая 25/7,5—50/15	2	300	400—500
4	Сверхмощные св. 50/15	3	300	500—1000

*Примечание*

В числителе указана мощность передатчиков видеоизображения, а в знаменателе - мощность передатчика звукового сопровождения.

Таблица А.16 **Номенклатура диапазонов частот (длин волн)**

Номер диапазона*	Диапазон частот (исключая нижний, включая верхний пределы)	Диапазоны длин волн (исключая верхний, включая нижний пределы)	Соответствующее метрическое подразделение
	Частоты, f	длины волн, $\lambda$	
5**	От 30 до 300 кГц	От $10^4$ до $10^3$ м	Километровые волны (низкие частоты, НЧ)
6	От 300 до 3000 кГц	От $10^3$ до $10^2$ м	Гектометровые волны (средние частоты, СЧ)
7	От 3 до 30 МГц	От $10^2$ до 10 м	Декаметровые волны (высокие частоты, ВЧ)
8	От 30 до 300 МГц	От 10 до 1 м	Метровые волны (очень высокие частоты, ОВЧ)
9	От 300 до 3000 МГц	От 1 до 0.1 м	Дециметровые волны (ультравысокие частоты, УВЧ)
10	От 3 до 30 ГГц	От 10 до 1 см	Сантиметровые волны (сверхвысокие частоты, СВЧ)

			частоты, СВЧ)
11	От 300 до 3000 ГГц	От 1 до 0,1 см	Миллиметровые волны (крайне высокие частоты, КВЧ)

\* Номера диапазонов частот приведены в соответствии с Регламентом радиосвязи, принятым МККР.

\*\* Поддиапазоны № 1—4 к радиочастотному не относятся.

**Таблица А.17 Экранизирующая способность Э, дБ, строительных конструкций**

Материал и элементы конструкции	Ослабление потока мощности, дБ, при длине волн	
	$\lambda = 3$ см	$\lambda = 10$ см
Кирпичная стена толщиной 70 см	21	16
Междуэтажное перекрытие	22	2
Оштукатуренная стена здания	12	8
Окна с двойными рамами	18	7

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 Луканин В.Н., Буслов А.П. и др. Автотранспортные потоки и окружающая среда: Учебное пособие для вузов. М.: ИНФРА, 1998. – 407 с.
- 2 Мазур И.И., Молдаванов О.И. Инженерная экология. Общий курс. М.: Высшая школа, 1996. –1125 с.
- 3 Гаев А.Я., Нарижная В.Е. и др. Экологические основы строительного производства. Свердловск: Изд-воУрал. ун-та, 1990. – 180 с.
- 4 Тетиор А.Н. Строительная экология. Киев: УМК ВО, 1991. – 274 с.
- 5 СНиП 1.02.01.-85. Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений. М.: Стройиздат,1987.- 104 с.
- 6 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. Л.,1987.
- 7 Руководство по проектированию санитарно-защитных зон промышленных предприятий. М.: Стройиздат, 1984.- 110 с.
- 8 СНиП 11-12-72. Строительные нормы и правила. Часть II. Нормы проектирования. Глава 12. Защита от шума. М.: Стройиздат, 1978. 102 с.
- 9 Елшин И.М. Строителю об охране окружающей природной среды. М.: Стройиздат, 1986. –136с.
- 10 Смирнов В.И., Кожевников В.С., Гаврилов Г.М. Охрана окружающей среды при проектировании городов. М.: Стройиздат, 1981. – 168с.
- 11 Орнатский Н.П. Автомобильные дороги и охрана природы. М.: Транспорт, 1982. – 176с.
- 12 Рекомендации по охране окружающей среды в районной планировке. М., 1986. – 228 с.
- 13 Осипов. Г.Л. Защита зданий от шума. М.: Стройиздат, 1972. – 216 с.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

В в е д е н и е.....	3
1. Мероприятия по охране атмосферы от химических загрязнений.....	5
1.1. Технологические мероприятия.....	5
1.2. Санитарно-технические мероприятия.....	7
1.3. Инженерно-организационные мероприятия.....	8
1.4. Архитектурно-планировочные мероприятия.....	9
2. Мероприятия по охране атмосферы от физических загрязнений.....	42
2.1. Методы борьбы с городским шумом.....	42
2.1.1. Технологические мероприятия.....	42
2.1.2. Архитектурно-планировочные мероприятия.....	43
2.1.3. Инженерно-организационные мероприятия.....	45
2.1.4. Строительно-акустические мероприятия.....	45
2.1.5. Шумозащитные зелёные насаждения.....	49
2.1.6. Методы расчета снижения уровня шума. Расчет шумового режима жилой застройки от транспортных источников шума.....	49
2.1.7. Мероприятия по обеспечению норм шума в жилом массиве.....	53
2.2. Электромагнитные загрязнения и меры защиты от них.....	57
3. Экологически обоснованные методы строительства.....	66
3.1. Строительство биопозитивных зданий и сооружений.....	66
3.2. Биопозитивные подпорные и шумозащитные стены.....	67
3.3. Устройство шумозащитных стен(экранов) на магистралях.....	69
3.4. Биопозитивные и шумозащитные здания.....	77
З а к л ю ч е н и е.....	79
П р и л о ж е н и е А Исходные параметры для решения зада.....	81
С п и с о к л и т е р а т у р ы.....	93