

**С.Г. Гендлер, Е.И. Домпальм, А.Ю. Котомина**  
**ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ**  
**ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ**  
**ТОННЕЛЕЙ**

**Семинар № 10**

---

**В** последние годы в РФ много-кратно увеличилось число строящихся и эксплуатируемых автодорожных тоннелей [1]. Наряду с несомненными преимуществами: разгрузка наземных магистралей; повышенная защищенность автодорог от воздействия природных факторов (камнепады, оползни, лавины сели и т.п.), сокращение протяженности автодорог, пересекающих горные хребты, сохранение природного ландшафта или минимальное нарушение архитектурных ансамблей городов эксплуатация автодорожных тоннелей характеризуется рядом негативных особенностей. К основным из них следует отнести выброс в воздушную среду загрязняющих веществ, выделяющихся при движении по тоннелям транспортных средств. В отличие от автодорог, где выброс загрязняющих веществ распределен по участку дороги в целом равномерно, при эксплуатации тоннелей происходит локальный выброс этих веществ или из портала тоннеля или из вентиляционной выработки (ствол, штольня и т.п.). Причем загрязняющие вещества накапливаются в воздухе по мере его движения от места подачи в тоннель до места удаления из него. Концентрация загрязняющих веществ в исходящей воздушной струе  $C_k$  определяется протяженностью тоннеля, его се-

чением, профилем трассы, схемой вентиляции и количеством воздуха, интенсивностью и структурой транспортного потока, скоростью движения транспорта, количеством полос, направлениями движения транспортных средств (одно направленное или двух направленное) [1]. В свою очередь, выброс загрязняющих веществ равен произведению концентрации  $C_k$  на расход удаляемого воздуха  $Q$ .

Для автодорожных тоннелей схема вентиляции и расход воздуха выбираются таким образом, чтобы обеспечить концентрацию загрязняющих веществ в удаляемом воздухе в соответствии с требованиями СНиП 32-04-97 [2].

При этом нормируются только:

1. предельно-допустимые концентрации оксида углерода (для нормального режима движения - режим А, предполагающий безостановочное движение транспорта с максимальной разрешенной скоростью при интенсивности, соответствующей часу «пик») (табл. 1);

2. предельно-допустимые концентрации оксида углерода, оксида азота (в пересчете на  $\text{NO}_2$ ) и сажи (для замедленного режима движения - режим Б, определяемого безостановочной скоростью движения транспорта со скоростью менее 20 км/час и транспортной пробке - режим В, характеризующийся остановкой транспорта с рабо-

**Пределевые допустимые концентрации оксида углерода (ПДК<sub>СО</sub>) в воздухе транспортной зоны тоннеля (в мг/м<sup>3</sup>)**

Время нахождения транспортных средств в тоннеле, мин	5	6	7	8	9	10	15	20
ПДК <sub>СО</sub>	60	51	45	41	38	35	26	21

тающими двигателями длительностью до 15 минут). Для режимов Б и В предельные допустимые концентрации оксида углерода, оксида азота и сажи соответственно равны 200 мг/м<sup>3</sup>, 5 мг/м<sup>3</sup>, 4 мг/м<sup>3</sup>.

В то же время предельно-допустимые концентрации указанных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в соответствии ГН.2.1.6.13.38 -03 составляют: СО - 5 мг/м<sup>3</sup>, NO<sub>2</sub> - 0,2 мг/м<sup>3</sup>, сажа (углерод) - 0,15 мг/м<sup>3</sup> [3].

Разница между нормативными предельно-допустимыми концентрациями загрязняющих веществ в воздухе, удаляемом из тоннелей, и ПДК, определяемыми требованиями охраны атмосферного воздуха, приводит к необходимости поиска рациональных решений по минимизации негативного воздействия на окружающую среду. В основе возможных решений может лежать выбор места и способа удаления загрязненного воздуха из тоннеля, установление необходимой высоты вентиляционного ствола над уровнем автодороги. Это является особенно актуальным при расположении тоннелей в районах плотной городской застройки, где жилые кварталы находятся в непосредственной близости от мест выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Осуществим далее оценку влияния на атмосферный воздух удаляемого из тоннеля вентиляционного воздуха, содержащего оксиды углерода и азота. В качестве источников выброса примем вентиляционные шахты и порталы тоннеля. Для расчетов примем концентрации оксидов углерода и азота в удаляемом из тоннеля воздухе, равными со-

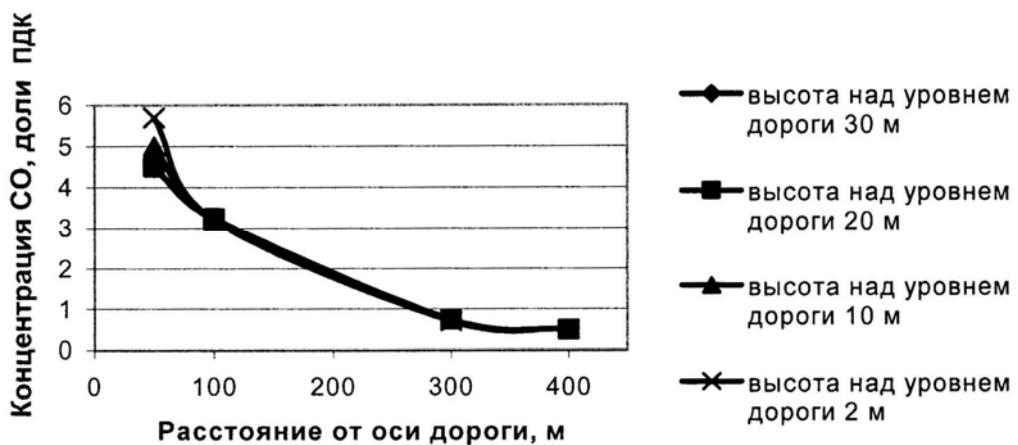
ответственно 60 мг/м<sup>3</sup> и 4 мг/м<sup>3</sup>, а расход воздуха  $Q = 200 \text{ м}^3/\text{с}$ . Величины выбросов оксидов углерода и азота при этом составят 12 г/с и 0,8 г/с.

Расчет рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере осуществлялся с помощью программного комплекса УПРЗА «Эколог», версия 3.0. В процессе вычислений вентиляционные стволы моделировались «точечными» источниками с высотой, совпадающей с высотой вентиляционного ствола над поверхностью автодороги, а портал - «магистралью», имеющей длину, равную протяженности струи, истекающей из портала тоннеля [4].

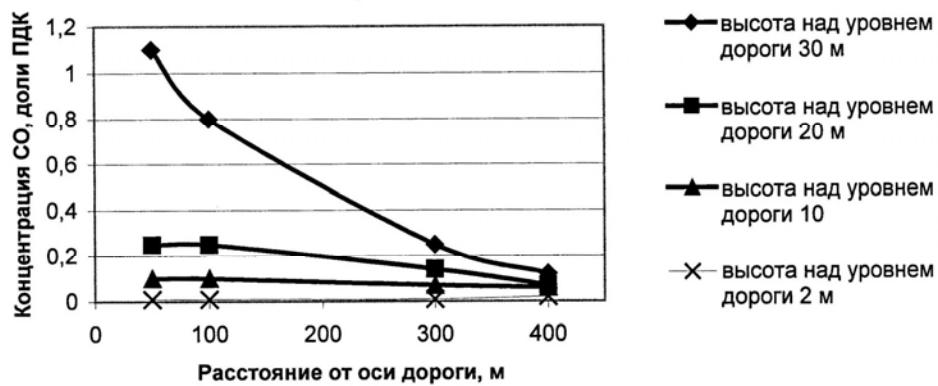
Результаты вычислений представлены на рис. 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Анализ результатов вычислений, представленных на рис. 1, 4, показывает, что при удалении загрязненного воздуха через порталы тоннелей расстояния от оси дороги, на которых концентрации оксида углерода и оксида азота в атмосферном воздухе достигают предельно-допустимых значений, составляют соответственно 270 м и 350 м. Причем эти расстояния незначительно зависят от высоты над поверхностью дороги.

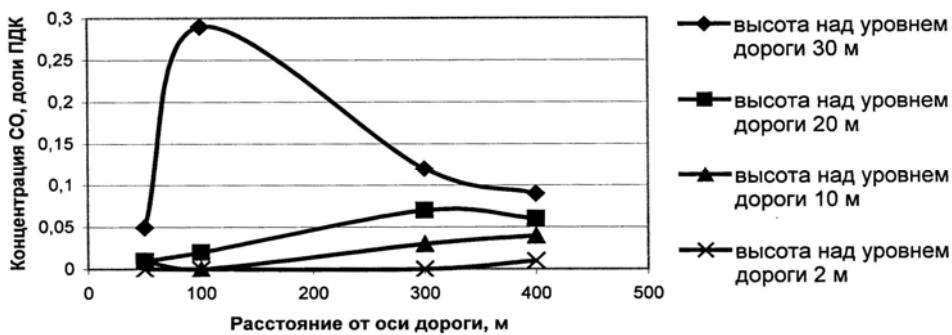
При выбросе загрязненного воздуха через вентиляционные стволы только для высоты ствола 5 м и высоты над поверхностью дороги 30 м концентрация оксида углерода и оксида азота в атмосферном воздухе на расстоянии 50 м от оси дороги может превышать ПДК соответственно в 1,1 раза и 2,3 раза. Однако уже на расстояниях от оси дороги, равных 80 м и 220 м, концентрации в атмосферном воздухе соответственно оксида



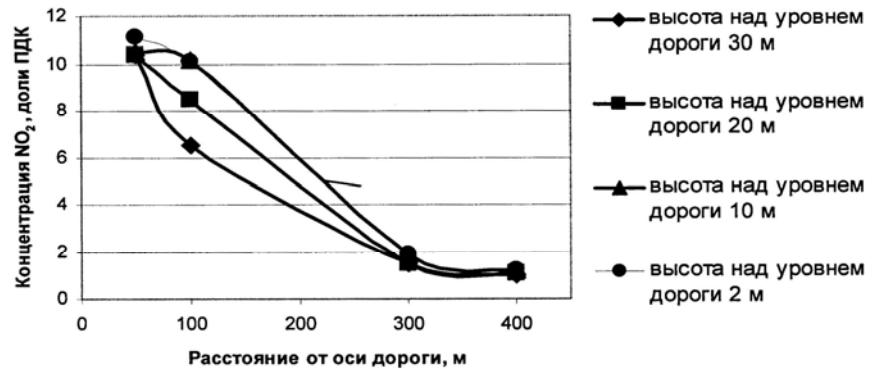
**Рис. 1. Распределение концентрации оксида углерода в атмосфере при удалении загрязненного воздуха через портал тоннеля**



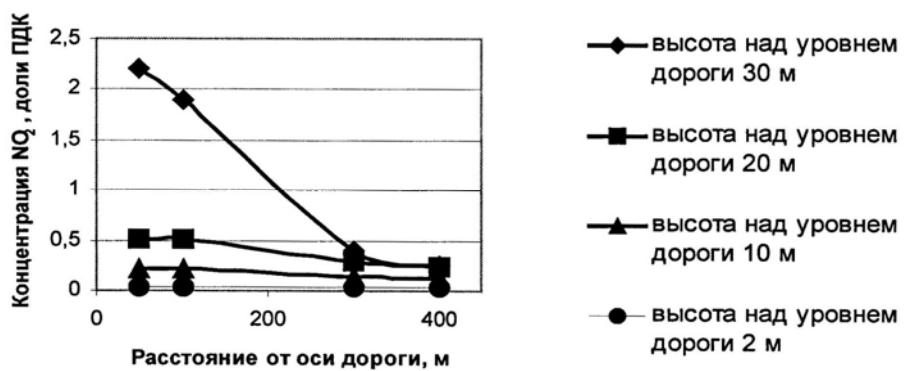
**Рис. 2. Распределение концентрации оксида углерода в атмосфере при удалении загрязненного воздуха через вентиляционную шахту высотой 5 м**



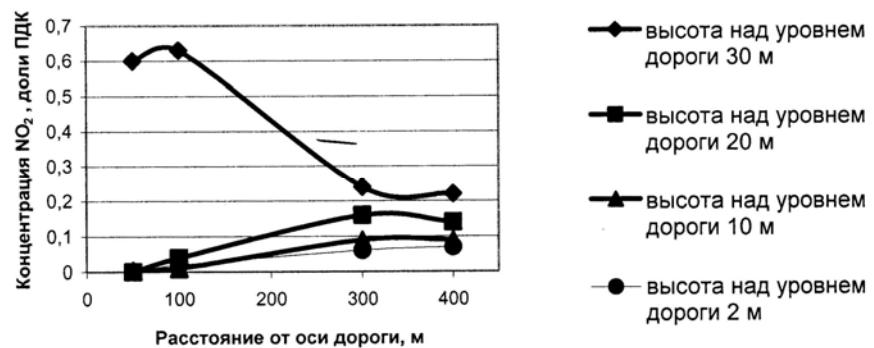
**Рис 3. Распределение концентрации оксида углерода в атмосфере при удалении загрязненного воздуха через вентиляционную шахту высотой 10м**



**Рис 4. Распределение концентрации оксида азота (в пересчете на NU2) в атмосфере при удалении загрязненного воздуха через портал тоннеля**



**Рис 5. Распределение концентрации оксида азота (в пересчете в атмосфере при удалении загрязненного воздуха через вентиляционную шахту высотой 5 м**



**Рис 6. Распределение концентрации оксида азота (в пересчете на в атмосфере при удалении загрязненного воздуха через вентиляционную шахту высотой 10 м**

углерода и оксида азота становятся соответствующими ПДК (рис. 2,5). При увеличении высоты вентиляционных шахт над уровнем дороги до 10 м и выше расчетные концентрации оксида углерода и оксида азота в атмосферном воздухе принимают значения, не превосходящие ПДК, в принятом для оценки диапазоне величин высот над поверхностью дороги и расстояний от её оси (рис. 3, 6). Таким образом, в районах плотной городской застройки места выброса из тоннеля за грязненного воздуха, геометрическую характеристику выброса (шахта, портал) и его величину необходимо планировать в зависимо-

сти от расстояний до жилых кварталов и высотности домов. Это условие необходимо учитывать при выборе схемы вентиляции тоннелей и определении количества воздуха. При невозможности обеспечения нормативных концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в жилых кварталах, находящихся в непосредственной близости от тоннелей, следует предусматривать мероприятия по очистке воздуха, удаляемого из тоннелей, до концентрации, при которой расстояние от оси дороги, где достигается ПДК загрязняющих веществ, будет меньше расстояния до жилых кварталов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гендлер С.Г. Проблемы проветривания транспортных тоннелей. Горный информационный бюллетень. Тематическое приложение Безопасность. Москва, 2005, с. 281 - 295.
2. ГН.2.1.6.13.38 - 03. Минздрав России. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.
3. СНиПа 32-04-97 «Тоннели железнодорожные и автодорожные». 1997. М. Госстрой России.
4. СНиПа 32-04-97 «Тоннели железнодорожные и автодорожные». 1997. М. Госстрой России.
5. Ушаков К.З., Бурчаков А.С., Пучков Л.А., Медведев И.И. Аэробиология горных предприятий. М. Недра. 1987. 421 с. ГИАБ

#### Коротко об авторах –

Гендлер С.Г. – профессор, доктор технических наук, профессор кафедры «Безопасность производства и разрушения горных пород»,  
Домпальм Е.И. – доцент, кандидат технических наук,  
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет),  
Котомина А.Ю. – младший научный сотрудник НИО, ОАО НИИГПИ «ЛенметроГиПротранс».

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 10 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. Е.А. Ельчанинов.

