УДК 622.4.012

А.Н.ВЕДЕНИН,
В.В.СМИРНЯКОВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ВОЗДУХА, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ПРОВЕТРИВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Разработана методика определения потребного количества воздуха для проветривания железнодорожных тоннелей от выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания с учетом направления движения воздуха в тоннеле по отношению к направлению движения поезда, скорости составов и количества поездов, одновременно находящихся в тоннеле. Рассмотрены случаи нахождения поезда в тоннеле без движения с работающими двигателями, движения поезда по и против направления движения воздушного потока, а также случаи движения нескольких поездов в тоннеле. Предложены формулы для расчета потребного количества воздуха и рекомендованной скорости движения поездов, обеспечивающие содержание вредностей ниже ПДК в атмосфере тоннеля.

A method for calculation of required air amount for ICE gas ventilation for railway tunnels has been developed. This method takes into account such positions as a direction of air movement toward a direction of train movement, speed of trains and quantity of trains, which are in a tunnel at the same time. Such cases as train standing without movement with operating engine, train movement toward and against direction of air stream and cases of several trains movement in a tunnel have been analyzed. Calculation equations of required air amount and recommended speed of trains, which can ensure air pollutants concentration in a tunnel below MAC (Maximum allowable concentration) have been offered for all variations.

В большинстве случаев фактором, определяющим потребное количество воздуха для проветривания железнодорожных тоннелей при их эксплуатации, являются выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания (ДВС).

Большинство ранее предложенных методов расчета требуемого количества воздуха в рассматриваемых условиях основано на механизме статического разжижения отходящих газов и не учитывают таких факторов, как скорость движения поезда и скорость воздуха в тоннеле.

Авторами* разработана методика определения потребного количества воздуха для проветривания железнодорожных тоннелей по газам ДВС с учетом направления движения воздуха в тоннеле по отношению к направлению движения поезда, а также количества поездов, одновременно находящихся в тоннеле.

Количество одновременно находящихся в тоннеле поездов может быть определено по формулам:

$$n = \frac{l}{l_{\text{èíò}}} + 1, \qquad (1)$$

$$n = \frac{T}{T_1} + 1, \qquad (2)$$

где l – длина тоннеля, м; $l_{\text{инт}}$ – интервал (расстояние между поездами), м; T – время прохождения поездом тоннеля, мин; T_1 – интервал времени между поездами, мин.

Потребное количество воздуха для проветривания тоннеля определяется для трех возможных случаев.

* К расчету проветривания длинных железнодорожных тоннелей по содержанию вредных веществ в воздухе / А.Н.Веденин, Р.Я.Вассель, В.Г.Беллад, Ю.Б.Мостепанов // Физико-технические проблемы управления водухообменом в горных выработках большого объема: Тезисы докладов на 3-ем Всесоюзном научно-техническом симпозиуме (г. Кохтла-Ярве). Л., 1983.

1. При нахождении поезда (тепловоза) в тоннеле без движения с работающим двигателем.

В этом случае потребное количество воздуха может быть определено по формуле статического разжижения вредных газов до ПДК:

$$Q = \frac{q_т G_{вг} \gamma}{\tilde{N}_д}, \qquad (3)$$

где $q_т$ – количество сжигаемого топлива, кг/с; $G_{вг}$ – количество выделяющегося газа при сжигании 1 кг топлива, м^3/кг; γ – плотность воздуха, кг/м^3; $C_д$ – ПДК вредного газа в воздухе, кг/м^3.

Если в тоннеле одновременно находятся несколько тепловозов, то общее количество воздуха для проветривания тоннеля определится как сумма количеств воздуха, потребного для разжижения газов, выделяющихся при работе каждого тепловоза.

2. При движении поезда против направления движения воздуха.

При движении одного поезда:

$$Q = \frac{q_т G_{вг} \gamma}{\tilde{N}_д} - S_т v_п, \qquad (4)$$

где $S_т$ – площадь поперечного сечения тоннеля, м^2; $v_п$ – скорость движения поезда, м/с.

При одновременном движении нескольких поездов в одном направлении:

$$Q = n\left(\frac{q_т G_{вг} \gamma}{\tilde{N}_д} - S_т v_п \right). \qquad (5)$$

3. При движении поезда по направлению движения воздуха.

В этом случае определять потребное количество воздуха необходимо с учетом двух обстоятельств:

- при движении поезда со скоростью, меньшей, чем скорость движения воздуха, создается возможность попадания выхлопных газов в кабину машиниста, где может создаться недопустимо высокая их концентрация;
- при скорости движения поезда, равной скорости движения воздуха, могут возникать местные повышенные концентрации газов в атмосфере тоннеля.

Из сказанного можно сделать вывод, что скорость движения поезда для исключения загазования участков тоннеля должна быть всегда больше скорости спутного движения воздуха.

Для условий движения в тоннеле одного поезда потребное количество воздуха определится по формуле

$$Q = S_т v_п - \frac{q_т G_{вг} \gamma}{\tilde{N}_д}. \qquad (6)$$

При одновременном спутном движении нескольких поездов потребное количество воздуха определяется формулой

$$Q = S_т v_п - \frac{T(k-1) q_т G_{вг} \gamma}{T_1 k \tilde{N}_д}, \qquad (7)$$

где k – отношение скорости движения поезда к скорости движения воздуха в тоннеле.

В тоннелях, где имеются участки со встречным и спутным движением поездов по отношению к направлению движения воздуха, производится расчет потребного количества воздуха для случая стоящего поезда по формуле (3) и случая движения поезда навстречу воздушному потоку по формулам (4) и (5).

Для участков со спутным движением воздуха требуется делать проверочный расчет допустимой скорости движения поезда при принятом количестве воздуха по формуле

$$v_п \geq \frac{Q}{S_т} + \frac{q_т G_{вг} \gamma}{\tilde{N}_д S_т}. \qquad (8)$$

При нескольких поездах в тоннеле можно использовать формулу

$$v_п \geq \frac{Q}{S_т} + \frac{n q_т G_{вг} \gamma}{\tilde{N}_д S_т}. \qquad (9)$$

Количество вредностей в отработанных газах двигателей тепловозов может быть определено по эмпирическим формулам, полученным с помощью экспериментальных исследований*:

- для оксида углерода

$$G_{CO} = 1{,}5\left[0{,}4 + 0{,}02\frac{N}{1000} + 1{,}6\left(\frac{N}{1000}\right)^2 \right], \qquad (10)$$

- для оксида азота

$$G_{NO_2} = 0{,}5 + 6{,}9\frac{N}{1000} - \left(\frac{N}{1000}\right)^2, \qquad (11)$$

где N – мощность двигателя, кВт.

---

* Экспериментальные исследования состава и количества вредностей в отработавших газах двигателей тепловозов / Р.Я.Вассель, А.Н.Веденин // Вентиляция шахт и рудников / ЛГИ. Л., 1982.