УДК 622.8

С.Г.ГЕНДЛЕР, *д-р техн. наук*, *профессор*, *sgendler@mail.ru*
В.А.ПЛЕСКУНОВ, *аспирант, pleskunov.v@yandex.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*)

S.G.GENDLER, *Dr. in eng. sc.*, *professor, sgendler@mail.ru*
V.A.PLESKUNOV, *post-graduate student*, *pleskunov.v@yandex.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (*Technical University*)

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ КУЗНЕЦОВСКОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТОННЕЛЯ

Для эффективной вентиляции Кузнецовского железнодорожного тоннеля предложена продольная схема вентиляции, основанная на использовании струйных вентиляторов. Показано, что использование предлагаемой схемы вентиляции при влиянии естественной тяги и поршневого эффекта поездов невозможно без автоматической системы управления вентиляцией (АСУВ). Обоснованы принципы работы АСУВ, учитывающие естественные и эксплуатационные факторы.

Ключевые слова: вентиляция, тепловозная тяга, продольная схема, естественная тяга, поршневой эффект, автоматическая система управления, предельное значение естественной тяги.

PRINCIPLES OF AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF VENTILATION CREATION THE KUZNETSOVSKY RAILWAY TUNNEL

For effective ventilation Kuznetsovsky railway tunnel the longitudinal scheme of ventilation based on use of jet fans is offered. It is shown that use of the offered scheme of ventilation at influence of natural draft and piston effect of trains is impossible without an automatic control system of ventilation (ACSV). The principles of work ACSV taking into consideration natural and operational factors are proved.

Key words: ventilation, diesel draft, the longitudinal scheme, natural draft, the piston effect, the automaticc control system, limiting value of natural draft.

Сооружение Кузнецовского четырех километрового железнодорожного тоннеля, проходимого через хребет Сихотэ-Алинь, является одним из этапов обхода Кузнецовского перевала. Схема основных выработок Кузнецовского тоннеля с указанием их геометрических параметров приведена в работе*.

Оперативное управление режимами работы вентиляционного оборудования может быть достигнуто лишь с помощью автоматической системы управления вентиляцией (АСУВ).

Структурная схема АСУВ будет определяться ее узловыми параметрами, т.е. физическими и технологическими параметры, которые в наибольшей степени влияют на выбор режимов работы системы вентиляции.

Анализ результатов математического моделирования аэрогазодинамических процессов, которые могут иметь место в период эксплуатации тоннеля, дает основание для выбора основных параметров, определяю-

* *Гендлер С.Г.* Выбор рациональной схемы проветривания Кузнецовского железнодорожного тоннеля / С.Г.Гендлер, В.А.Плескунов // Горный информационно-аналитический бюллетень. Тематическое приложение. Аэрология. 2010. С. 298-306.

Gendler S.G. Choice of the rational scheme of ventilation of Kuznetsovsky railway tunnel / S.G.Gendler., V.A.Pleskunov // The Mining Information and Analytical Bulletin. The Topical Applications. Aerology. 2010. P. 298-306.

щих вентиляционный и газовый режимы Кузнецовского тоннеля.* К таким параметрам следует отнести:

а) интервал времени между поездами, зависящий от интенсивности движения подвижного состава;

б) направление действия и величина естественной тяги;

в) скорость движения подвижного состава и его средняя длина;

г) предельное значение естественной тяги, ниже значения, которой целесообразно подавать воздух против направления действия естественной тяги $h_{e.пр}$.

При движении поезда в направлении противоположном естественной тяги h_e поршневой напор, развиваемый поездом $h_п$, будет также действовать против действия естественной тяги. Если $h_п > h_e$, то движение воздуха будет совпадать с направлением движения поезда, и в тоннель со стороны портала, в который входит поезд, будет поступать свежий наружный воздух. Результатом этого является образование в тоннеле участка незагрязненного воздуха протяженностью L_1. Удаление из тоннеля загрязненного воздуха может осуществляться двумя путями: за счет работы струйных вентиляторов в направлении противоположном естественной тяги или в направлении, совпадающем с естественной тягой. При одинаковом времени проветривания τ_2 объем воздуха, который следует подать в тоннель в первом случае, будет меньше, чем во втором случае, так как необходимо очистить от загрязненного воздуха меньший на длину L_1 участок тоннеля. Однако при этом вентиляторы должны подавать воздух в направлении противоположном действию естественной тяги. Поэтому такой режим вентиляции будет целесообразен лишь в случае величины естественной тяги, не превосходящей некоторое предельное значение, т.е. $h_e \le h_{e.пр}$. Ниже приведена процедура вычисления $h_{e.пр}$.

При времени движения поезда в направлении противоположном естественной тяге τ_1 протяженность участка L_1 будет составлять:

$$L_1 = \frac{Q_1 \tau_1}{S}, \qquad (1)$$

$$Q_1 = \sqrt{\frac{h_п - h_e}{R_T}}, \qquad (2)$$

где Q_1 – количество воздуха, поступающее в тоннель за счет поршневого эффекта, м^3/с, S – сечение тоннеля, м^3, $R_Т$ – аэродинамическое сопротивление тоннеля, Н·с^2/м^4.

Количество воздуха Q_2, которое необходимо подавать в тоннель для полного вытеснения загрязненного воздуха, в период времени отсутствия поезда τ_2 при длине тоннеля L, составляет

$$Q_2 = \frac{(L - L_1)S}{\tau_2}, \qquad (3)$$

или с учетом (1)-(2):

$$Q_2 = \frac{LS - \sqrt{\frac{h_п - h_e}{R_т}}\tau_1}{\tau_2}. \qquad (4)$$

Депрессия, которую должны развить струйные вентиляторы $h_{в1}$,

$$h_{в1} = Q_2^2 R_m + h_e, \qquad (5)$$

или с учетом равенства (4)

$$h_{в1} = ([R_т L^2 S^2 - 2R_m LS\tau_1\sqrt{\frac{h_п - h_e}{R_т}} + (h_п - h_e)\tau_1^2]/\tau_2^2) + h_e. \qquad (6)$$

При вытеснении загрязненного воздуха из тоннеля в направлении, совпадающем с действием естественной тяги, его количество определится из условия подачи за время τ_2 общего объема воздуха, соответствующего объему тоннеля $V_Т = LS$:

$$Q_2 = \frac{LS}{\tau_2}. \qquad (7)$$

* *Гендлер С.Г.* Проблемы проветривания транспортных тоннелей// Горный информационно-аналитический бюллетень. Тематическое приложение. Безопасность. 2005. С. 281-295.

Gendler S.G. Problems of ventilation of vehicle tunnels / S.G.Gendler, V.A.Pleskunov // The Mining Information and Analytical Bulletin. The Topical Applications. Safety. 2005. P.281-295.

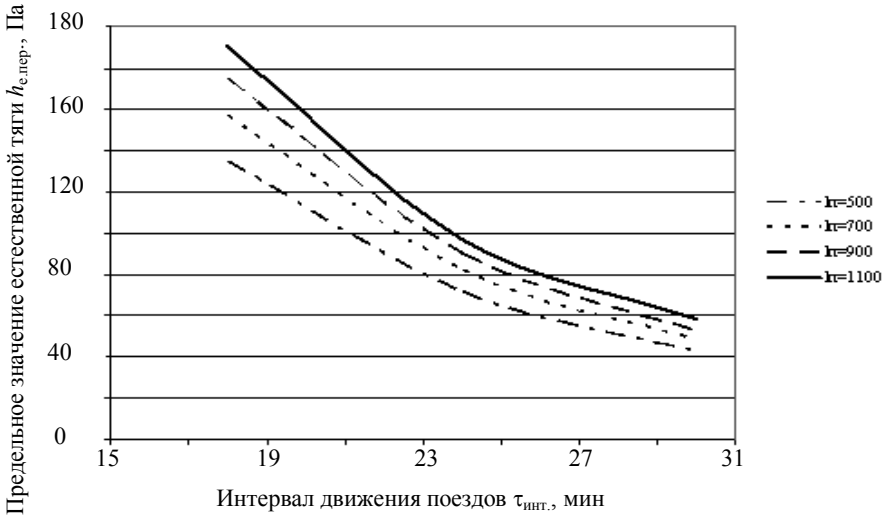


Рис.1. Предельные значения естественной тяги при движении поездов на восток со скоростью 45 км/ч при различной длине подвижного состава

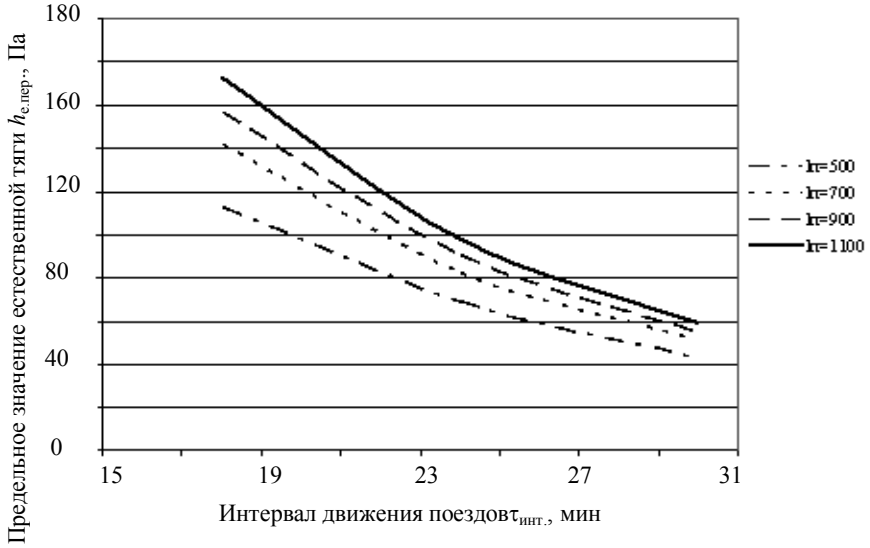


Рис.2. Предельные значения естественной тяги при движении поездов на запад со скоростью 33 км/ч при различной длине подвижного состава

Депрессия, которую должны развивать струйные вентиляторы $h_{в2}$, при этом составляет:

$$h_{в2} = Q_2^2 R_m - h_е = \frac{R_т L^2 S^2}{\tau_2^2} - h_е . \qquad (8)$$

Условие равенства величин депрессии, рассчитанных по формулам (6) и (8), позволяет получить предельное значение естественной тяги, при котором целесообразно осуществлять подачу свежего воздуха в тоннель в период отсутствия поезда, в направлении, совпадающем с направлением движения поезда во время его прохождения через тоннель и противоположном действию естественной тяги. Другими словами, данное условие определяет целесообразность реверсирования работы вентиляторов, относительно направления их

работы при движении поезда по направлению действия естественной тяги.

Величина предельного значения депрессии $h_{\text{е.пр.}}$, полученная из совместного решения уравнений (6) и (8),

$$h_{\text{е.пр}} = -\frac{n}{m} + \frac{1}{m}(n^2 + 2mk)^{0,5}, \qquad (9)$$

где $n = 2L^2S^2R_m\frac{\tau_1^2}{\tau_2^4} + 2 - \frac{\tau_1^2}{\tau_2^2}$; $m = 2 - \frac{\tau_1^2}{\tau_2^2}$;

$k = h_{\text{п}}\frac{\tau_1^2}{\tau_2^2}(4L^2S^2R_{\text{т}} - h_{\text{п}}\tau_1^2)$.

Вычисления $h_{\text{е.пр}}$, выполнены при следующих исходных данных: скорости движения поезда 45 км/ч и времени его движения по тоннелю 5,2 мин.; скорости движения подвижного состава 33 км/ч и времени его движения по тоннелю 7,2 мин. Во всех случаях интервал времени между поездами $\tau_{\text{инт.}}$, изменялся от 18 до 30 мин.

Результаты расчетов представлены на рис.1-2. При длине поезда 900 м расчетные значения $h_{\text{е.пр}}$ приведены в таблице.

Значения $h_{\text{е.пр}}$ и $\Delta t = t_{\text{в}} - t_{\text{з}}$

$V_{\text{п}}$ / параметры	Скорость движения 45 км/ч (движение поездов на восток)			Скорость движения 33 км/ч (движение поездов на запад)		
$t_{\text{ин.}}$	18	24	30	18	24	30
$h_{\text{е.пр.}}$, Па	175	90,1	53	157	91	55
|Δt| Зима	7	3,5	3,5	6	3,5	2
|Δt| Лето	7	3,5	2	6	3,5	2

В этой же таблице определена разница между температурами атмосферного воздуха у восточного и западного порталов $\Delta t = t_{\text{в}} - t_{\text{з}}$, при которой достигается предельное значение естественной тяги.

Узловые параметры АСУВ Кузнецовского тоннеля использованы при разработке алгоритма управления системой вентиляции, который основан на реализации 24 вентиляционных режимов, отличающихся принятыми интервалами между поездами, соответствием (или несоответствием) направления движения поездов направлению действия естественной тяги, а также ее абсолютной величиной.