

РАСЧЁТ ВЕНТИЛЯЦИИ ВЕЛОСИПЕДНОЙ ЭСТАКАДЫ ТУННЕЛЬНОГО ТИПА (ВЕЛОПОЛИТЕНА МАДИ)

Зега А.Н., Трофименко Ю.В.

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),
Москва, e-mail: zegeartur@yandex.ru

В данной статье рассматриваются вопросы, касающиеся высокой зависимости велосипедного движения от погодных условий. В качестве способа решения данного вопроса предложено использовать на отдельных участках велотранспортной сети крытые велосипедные эстакады туннельного типа (VELOPOLITEN MADI), особенно в составе транспортно – пересадочных узлов между станциями метро и станциями Московского центрального кольца. Описаны преимущества, которые дает использование велосипедных эстакад в городских условиях, характеризующихся наличием площадных ограничений. Поднимается вопрос о необходимости организации вентиляции внутри велосипедной эстакады для поддержания оптимальных микроклиматических условий внутри. Рассмотрены основные системы вентиляции для велосипедных эстакад, кратко описывается принцип их работы и представлены их преимущества и недостатки в сравнении друг с другом. Приведен алгоритм расчета вентиляции внутри велосипедной эстакады из условия установления нормального температурного режима. Представлены результаты расчета для системы вентиляции велосипедной эстакады туннельного типа в составе транспортно – пересадочного узла между станцией МЦК «Верхние Котлы» и станцией метро «Нагатинская». Определен диапазон площадей поперечного сечения для велосипедной эстакады, исходя из условий поддержания оптимального температурного режима внутри, составляющий 5,5–8,6 м².

Ключевые слова: велодвижение, вентиляция, велосипедная эстакада, микроклимат, транспортно-пересадочный узел

HVAC DESIGN A BICYCLE OVERPASS OF TUNNEL TYPE (HOLOPAINEN MADI)

Zege A.N., Trofimenko Y.W.

Moscow automobile and road construction state technical university (MADI), Moscow,
e-mail: zegeartur@yandex.ru

The article deals with issues related to the high dependence of cycling on weather conditions. As a solution of the problem which arises while using bicycle infrastructure it is proposed to make covered tunnel-type overpasses (HOLOPAINEN MADI) as a part of transfer hubs between metro stations and stations of Moscow Center Circle. The advantages of using cycling overpasses in urban conditions which include area restrictions are described. The work deals with the topic of necessity of organization of the process of ventilation inside the cycling overpass for maintaining optimal microclimatic conditions. The main systems of ventilation for cycling overpasses are considered, it is briefly described the principle of the operation and it is also presented their advantages and disadvantages in comparison with each other. The scheme of calculation of ventilation inside the cycling overpass is presented from establishing normal temperature regime. The results of calculation for the system of ventilation of cycling tunnel-type overpass as a part of transfer hub between the Verhnie Kotli station of MCC and Nagatinskaya metro station. The range of cross-sectional areas for cycling overpass is calculated from the conditions for maintaining the optimal regime inside it is about 5,5-8,6 m².

Keywords: cycling, ventilation, cycling overpasses, microclimate, transport hub

Развитие велосипедного транспорта создаёт условия, в которых люди будут сокращать использование автомобильного транспорта, который создает много проблем для городских жителей. При сокращении автомобильного транспорта в городе освобождается большая территория, которую можно использовать для развития различных сфер городской жизни.[1] Для определенных территорий это означает значительное увеличение ценности в градостроительном отношении, что привлекает дополнительные частные вложения средств для модернизации и обновления жилого фонда. Одной из самых больших проблем для развития велосипедного движения является высокая зависимость от погодных условий. Дождь и снег препятствуют ему больше, чем другим способам передвижения. Для решения этой проблемы в городах при наличии площадных ограничений предлагается исполь-

зовать на отдельных участках велотранспортной сети, к примеру, между станциями метро и МЦК (транспортно-пересадочном узле) крытые велосипедные эстакады туннельного типа (VELOPOLITEN MADI) протяженностью до 1,5-2 км [2, 3]. Велосипедные эстакады тоннельного типа могут быть размещены в разнообразных условиях и иметь как рекреационное, так и утилитарное назначение. Несмотря на повышенную стоимость, они могут быть эффективны ввиду удобства их эксплуатации и ремонта. При строительстве велодорожек вблизи транспортных магистралей следует оценивать влияния воздействий от транспорта. При устройстве крытых велосипедных эстакад стоит учитывать, что значительное влияние на состояние организма человека и его работоспособность оказывает микроклимат (метеорологические условия) в помещениях. Для пользователей велозэстакады микро-

климат внутри будет играть большую роль, так как при несоответствии микроклиматических условий гигиеническим нормам человеку сложно будет совершать движение по велоэстакаде, а соответственно привлекательность велотранспорта в данной среде среди пассажиров будет падать. Учитывая, что в данном сооружении должны поддерживаться оптимальные параметры микроклимата для комфортного передвижения велосипедистов как в холодное, так и теплое время года, особенно актуальным становится вопрос расчета вентиляции, как элемента системы климатотеплового регулирования.

Целью работы является изучение методики для расчета вентиляции и систем вентиляции. Необходимо оценить конструктивные параметры велосипедной эстакады. Основным показателем в данном случае будет служить площадь поперечного сечения по которой передвигаются воздушные потоки и от которой зависит их объем и скорость.

Материалы и методы исследования

Для проведения расчета были использованы методики расчета вентиляции транспортных тоннелей, описанные в работах [4, 5].

Ключевым вопросом является выбор системы вентиляции. вентиляция может быть естественной или искусственной.

При естественной вентиляции воздух перемещается за счет воздушной тяги, создаваемой разницей давлений на въезде и выезде с велосипедной эстакады, а также потоком движущихся транспортных средств.

Главным достоинством естественной системы вентиляции является экономичность и отсутствие затрат механической энергии. К недостаткам естественной вентиляции можно отнести:

- зависимость эффективности воздухообмена от температуры наружного воздуха и направления и скорости ветра;
- воздух поступает в эстакаду неподготовленным: не подогревается (охлаждается), не очищается от вредных веществ, не увлажнен;
- удаляемый из эстакады воздух не может быть обработан.

При этом использование естественной вентиляции возможно только в том случае, если длина крытой велосипедной эстакады не превышает 400 метров. В случае если длина превышает 400 метров следует использовать искусственную систему вентиляции.

При расположении эстакады в районах с холодной зимой возникает опасность образования наледей на проезжей части и внутренних конструкциях, температура внутри может быть некомфортной для движения.

По вышеуказанным причинам эксплуатация велоэстакады может быть опасной для велосипедистов. Для устранения данных проблем в эстакаду необходимо подавать нагретый воздух.

Искусственная (механическая) вентиляция. При искусственной вентиляции воздух перемещается благодаря электровентиляторам. Существуют следующие виды искусственной вентиляции:

- продольная;
- продольно-струйная;
- поперечная.

При устройстве продольной системы вентиляции подача и удаление воздуха осуществляется по всему сечению велосипедной эстакады вентиляторами, которые устанавливаются у порталов.

При возведении велосипедных эстакад, длина которых находится в диапазоне 1...2 км рационально использование продольно-струйной вентиляции. Продольно-струйная вентиляция – одна из разновидностей продольной вентиляционной системы. Для повышения интенсивности проветривания через каждые 50...10 м устанавливаются высокоскоростные струйные вентиляторы. Вентиляторы могут располагаться как на потолке, так и на стенках велосипедной эстакады.

Наиболее действенной системой вентиляции для эстакад, имеющих большую длину (более 2 км), является поперечная система вентиляции, которая осуществляется с помощью подачи и удаления воздуха по продольным каналам, расположенным за пределами габарита.

К недостаткам искусственной вентиляции можно отнести:

- высокая стоимость оборудования, его установки и эксплуатации;
- необходимы мероприятия для борьбы с шумом.

При подборе системы вентиляции исходят из скорости движения воздушного потока внутри закрытого пространства велосипедной эстакады и длины эстакады, что приведено в табл. 1.

Для подбора системы вентиляции велосипедной эстакады туннельного типа (велополитена МАДИ) и расчета ее основных показателей принят следующий алгоритм:

1) определение расхода воздуха, необходимого для удаления избытков теплоты и установления оптимального температурного режима по формуле

$$Q_m = \frac{T}{1000 \cdot a \cdot (t_m - t_n) \cdot \rho_m}, \quad (1)$$

где T – общие избытки теплоты в велоэстакаде, Вт;

a – удельная массовая теплоемкость воздуха, кДж/(кг·°C),
принимается $a = 1$ кДж/(кг·°C);
 t_m, t_n – температуры воздуха внутри эстакады и снаружи, °C;
 ρ_m – плотность воздуха внутри эстакады при определенной температуре, кг/м³;

2) определение типа системы вентиляции по допустимой скорости движения воздушных потоков в эстакаде (табл. 1);

3) определение воздушной тяги по формуле

$$P_e = \pm P_v \pm P_t \pm P_b \pm P_a, \quad (2)$$

где P_v, P_t, P_b, P_a – значения давления, вызываемые такими факторами как ветер, перепад температуры, барометрическое давление и поршневой эффект движущихся велосипедистов. Каждый из описанных факторов может оказывать действие в любом направлении и зависит от определенных условий.

4) определение полного необходимого давления по формуле

$$P_{\max} = P_{1,\text{прод}} + P_{2,\text{прод}} + P_{1,\text{пк}} + P_{2,\text{пк}}, \quad (3)$$

где $P_{1,\text{прод}}$ и $P_{2,\text{прод}}$ – давления в продольном канале, Па;

$P_{1,\text{пк}}$ и $P_{2,\text{пк}}$ – давления в поперечном канале, Па.

В случае, если скорость воздуха превышает 6 м/с, производится перерасчет сечения велосипедной эстакады и далее по пунктам 2, 3, 4.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты расчета системы вентиляции велосипедной эстакады туннельного типа в ТПУ между станцией МЦК «Верхние Котлы» и станцией метро «Нагатинская» представлены в табл. 2.

На рисунке приведены результаты расчета скорости воздушного потока от площади поперечного сечения крытого пространства велосипедной эстакады, которые важны для подбора типа системы вентиляции крытого пространства велосипедной эстакады а также для определения конструктивных параметров.

Таблица 1

Допустимые значения скорости движения воздуха и длины тоннеля для подбора системы вентиляции

Система вентиляции	Длина тоннеля L, км	Скорость движения воздуха в эстакаде V_e , м/с
Естественное проветривание	$\leq 0,4$	$V_e \geq Q_{\max}/S_m^*$
Продольная	0,4...3	≤ 6
Продольно-струйная	0,4...3	≤ 6
Поперечная	$> 1,2$	> 6

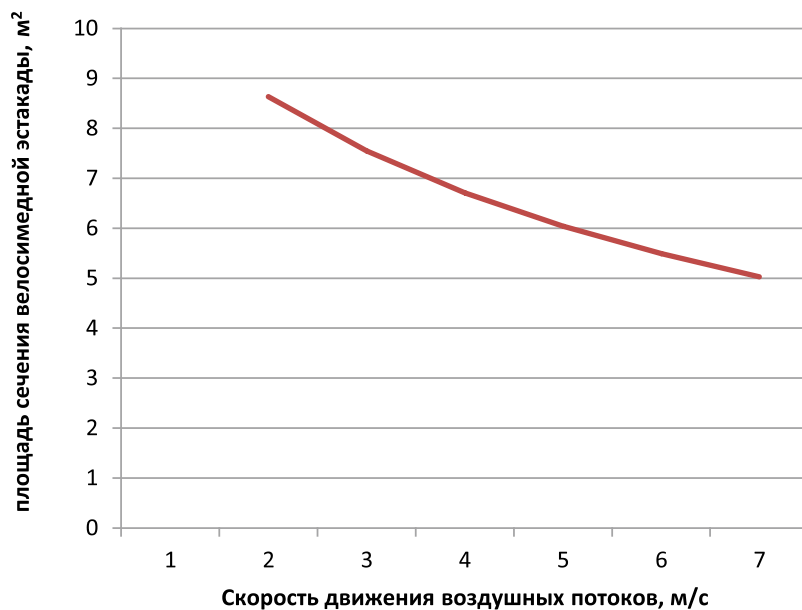
Примечание* где V_e – скорость движения воздуха в велосипедной эстакаде,
 $Q_{\max}$ – расход воздуха, необходимый для удаления тепла и установления оптимального температурного режима;

S_m – площадь поперечного сечения велосипедной эстакады.

Таблица 2

Результаты расчета вентиляции велосипедной эстакады

Показатель	Размерность	Значение
Длина велосипедной эстакады	км	1
Площадь поперечного сечения крытого пространства велосипедной эстакады	м²	8,5
Интенсивность движения велосипедистов	чел./ч	200
Расход воздуха, необходимый для удаления избытков теплоты и установления оптимального температурного режима	м³/с	60,43
Общие избытки теплоты в крытом пространстве велосипедной эстакады	Вт	211187,5
Средняя скорость движения воздушного потока в крытом пространстве велосипедной эстакады	м/с	5,75
Воздушная тяга	Па	125,79
Полное необходимое давление	Па	127,2



Зависимость скорости воздушного потока от площади поперечного сечения крытого пространства велосипедной эстакады

Выводы

Следует, что при заданной длине велосипедной эстакады и интенсивности движения велосипедистов, площадь поперечного сечения крытого пространства эстакады может составлять от 5,5 до 8,6 м².

Список литературы

1. Шелмаков С.В. Экотранспорт: учеб. пособие. М.: МАДИ, 2018. 199 с.

2. Трофименко Ю.В., Зеге С.О., Зеге О.С. Назад в будущее или развитие велодвижения в городе Москве // Интеграл. 2013. № 3. С. 60–61.

3. Буренин В.В., Галышев А.Б., Зеге О.С., Зеге С.О., Сова А.Н., Трофименко Ю.В., Шелмаков С.В. Дорожно-транспортное сооружение «Велополитен МАДИ». Патент на изобретение RU 2559270 C2, 10.08.2015. Заявка № 2013155499/03 от 13.12.2013.

4. Прокофьев С.Ю. Проектирование систем вентиляции тоннелей за рубежом // Мир дорог, №45/2010.

5. Маковский Л.В., Трофименко Ю.В., Евстигнеева Н.А. Вентиляция автодорожных тоннелей [Электронный ресурс]: Учеб. пособие. М.: МАДИ (ГТУ), 2009. 148 с. ISBN 5-7962-0089-5 (978-5-7962-0089-6).