

ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК ОТ ПОЖАРНЫХ МАШИН

Введение. В нормативных документах Республики Беларусь мало внимания уделяется учету воздействий, возникающих в результате движения транспортных средств по покрытию конструкций эксплуатируемых кровель или стилобата. Когда движение является интенсивным и постоянным, как в случае с проезжей частью, требования для определения воздействий и несущей способности можно найти в нормативных документах по проектированию мостов [1, 2, 3]. Однако в других случаях возможного движения автотранспорта по несущим конструкциям зданий, определение нагрузок и расчет конструкций вызывает сложности, особенно остро стоит вопрос такого воздействия, связанный с нагрузкой от пожарной техники, а конкретно от пожарных машин. Стоит отметить, что определение нагрузки от пожарной техники для таких конструкций в соответствии с нормативными документами [1, 2, 3], в сущности, невозможно из-за области применения данных документов. Исключением является случай, когда через конструкцию эксплуатируемой кровли проходит проезжая часть или по ней совершается интенсивное транзитное движение транспорта, тогда нагрузку от пожарной техники можно представить в виде одной из моделей нагрузок [1, 3]. Однако, для конструкции эксплуатируемых кровель и стилобата характерна организация движения с тупиковым ответвлением, где интенсивность движения ограничивается техническими условиями эксплуатации объекта.

Данная статья посвящена определению нагрузок от пожарной техники в случае ее нахождения на конструкции эксплуатируемой кровли или стилобата. В статье выполнен обзор нормативных документов, касающихся данной тематики, предложена методика определения нагрузок от реальной пожарной машины в случае ее движения, торможения, стоянки и положения на выдвинутых траверсах (аутригерах) на покрытии эксплуатируемой кровли. Выполнен сравнительный анализ рассмотренных моделей нагрузок на примере конструкции с эксплуатируемой кровлей.

1. Обзор существующих нормативных документов

В соответствии с ТКП EN 1990 [4; п. 2.1P] и со СНиП 2.01.07-85 [5; п. 1.1] конструкции должны воспринимать все воздействия и влияния, появления которых следует ожидать при эксплуатации, следовательно, необходимость учета нагрузки от пожарной техники основывается на конкретных требованиях действующих нормативных документов. Однако, как упоминалось в [6], в национальных нормативных документах Республики Беларусь информация по величине нагрузки от пожарной техники на конструкцию эксплуатируемых кровель или стилобата прописана весьма некорректно. Так, например, в соответствии с [7], предусматривается передвижение и расположение аварийно-спасательной техники на эксплуатируемых кровлях, заглубленных частей зданий, пристроек и конструкций стилобатов. При этом в нормативном документе предусматривается, что несущие конструкции должны быть запроектированы под соответствующие нагрузки, но не менее 430 кН [7, п. 13.1.5]. Стоит заметить, что приведена только величина, а рекомендации по ее приложению, виду или модели не указаны. Скорее всего, значение 430 кН относится к общему весу пожарного автомобиля, по аналогии с указаниями Еврокода [8, таблица 6.7]. Также проблема заключается в том, что область применения [7] распространяется только на высотные и общественные здания, расположенные обособленно или в составе комплекса строений. Следовательно, если конструкция экс-

плуатируемой кровли примыкает к зданию, не соответствующему по определению высотному, тогда нагрузка от пожарной техники не может быть определена согласно нормативному документу [7].

В соответствии с Еврокодом 1991-1-1 [8] нагрузку от воздействия транспортных средств можно представить в виде сосредоточенной нагрузки на одну ось или распределенной нагрузки на покрытие, интенсивность которой назначается в зависимости от категории зоны проезда. Согласно п. 6.3.3 [8], зону, по которой осуществляется движение пожарных машин, можно отнести к категории проезда *G*, при этом отмечено, что общий вес должен составлять не более 160 кН. Модель нагрузки стоит рассматривать в соответствии с п. 6.3.3.2 [8], где она принимает вид равномерно распределенной по поверхности q_k , или в виде нагрузки на одну ось Q_k , приложенной на две площади в форме квадрата, со сторонами 200 мм для категории *G*. В соответствии с национальным приложением характеристические значения от нагрузки пожарной техники q_k и Q_k принимаются равными 5,0 кН/м² и 90,0 кН соответственно. Однако при проектировании основная сложность заключается в вопросе: не превышает ли вес пожарной машины предельного значения в 160 кН и что делать, если он превышает это предельное значение? При этом следует отметить, что согласно [8], зона *G* должна быть обозначена специальными предупредительными знаками. Обратим внимание, что в этом случае нагрузка точно относится к переменной и рассматривается во всех сочетаниях.

Кроме того, согласно национальным указаниям Швеции [9], к Еврокоду для зданий, по которым возможно движение тяжелых транспортных средств, нагрузка назначается в виде сосредоточенной нагрузки на ось с величиной, равной $Q_k = 210$ кН [9, Figure C-1]. Здесь величина воздействия учитывает в себе влияние динамического эффекта при движении. Поле воздействия нагрузки должно располагаться в наиболее неблагоприятной области конструкции покрытия. Кроме того, в модели предусмотрено влияние тормозного усилия $Q_k = 100$ кН, направленного в продольном направлении движения. Площадка контакта шин с покрытием имеет размеры 0,2 м x 0,6 м.

В нормативных документах России существуют более обширные указания по учету нагрузок от пожарных машин, однако и там есть разногласия. Например, согласно [10] нагрузка от пожарной техники выглядит в виде сосредоточенной нагрузки от колес транспортного средства, при этом согласно [11] задается распределенная нагрузка по площади проезда, а согласно [12] она задается или распределенной, или сосредоточенной. Данный вопрос по определению нагрузки при движении и стоянке, сравнительно и целесообразно выбору вида нагрузки был раскрыт в [13]. Однако в статье не учитывалось воздействие от нагрузки пожарной техники при движении с учетом динамичности и торможении.

В таблицу 1 сведены основные виды и нормативные значения нагрузок от пожарных машин.

2. Предлагаемая методика определения нагрузки от реальной машины. В случае наличия информации о характеристиках пожарного автомобиля альтернативно предлагается определить нагрузки по следующей методике. Для наглядности определения нагрузок от пожарной машины в качестве начальных данных воспользуемся характеристиками, представленными в [9].

Таблица 1 – Виды и значение нормативных нагрузок от нагрузки пожарных машин на конструкцию эксплуатируемых кровель и стилобата

Наименование нормативного документа	Вид нагрузки	Значение нагрузки
ТСН 31-332-2006 Санкт-Петербург [11]	Равномерно распределенная по площади проезда/покрытия	30 кПа
МГСН 3.01-01 [10]	Сосредоточенная нагрузка от осей автомобиля	75 кН – на две передние оси; 155 кН – на две задние оси;
Нагрузка согласно рекомендациям [9]	Сосредоточенная нагрузка от осей автомобиля	210 кН – на каждую ось

Таблица 2 – Техническая информация о характеристиках автомобиля согласно [10]

Техническая информация	Значение
при движении/стоянке	
масса автомобиля	46 т = 460 кН
количество осей и колес	2x2+2x4
расстояние между передними осями	1,5 м
расстояние между 2 и 3 осями	3,52 м
расстояние между 3 и 4 осями	1,38 м
расстояние между колесами	1,856 м
нагрузка на две передние оси	$R_{z1} = 75$ кН
нагрузка на две задние оси	$R_{z2} = 155$ кН
площадка соприкосновения колес по 3 и 4 оси	длина 0,2 м; ширина 0,6 м
при установке на выносные опоры	
количество опор	4
ширина опорного контура	6
длина опорного контура	7
размеры основания опоры	0,5 м x 0,5 м

2.1 Определение нагрузки при движении. При движении транспортное средство кроме вертикальной нагрузки от собственного веса воздействует на конструкцию динамической нагрузкой. Определение этой нагрузки весьма сложный процесс, поэтому ее учет можно представить в виде увеличения статической вертикальной нагрузки коэффициентом динамичности. Статическая вертикальная нагрузка соответствует значению нагрузки при положении покоя транспортного средства – при стоянке. Она представляется в

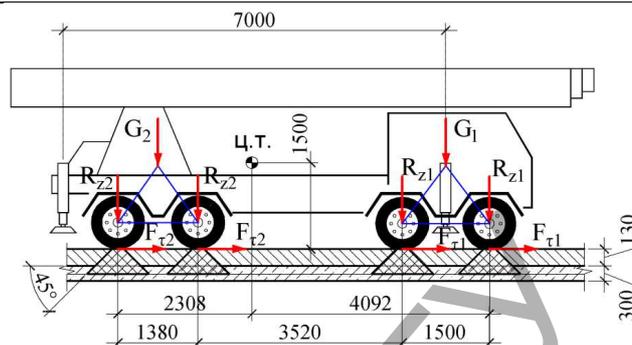


Рисунок 1 – Схема приложения нагрузки от пожарной машины

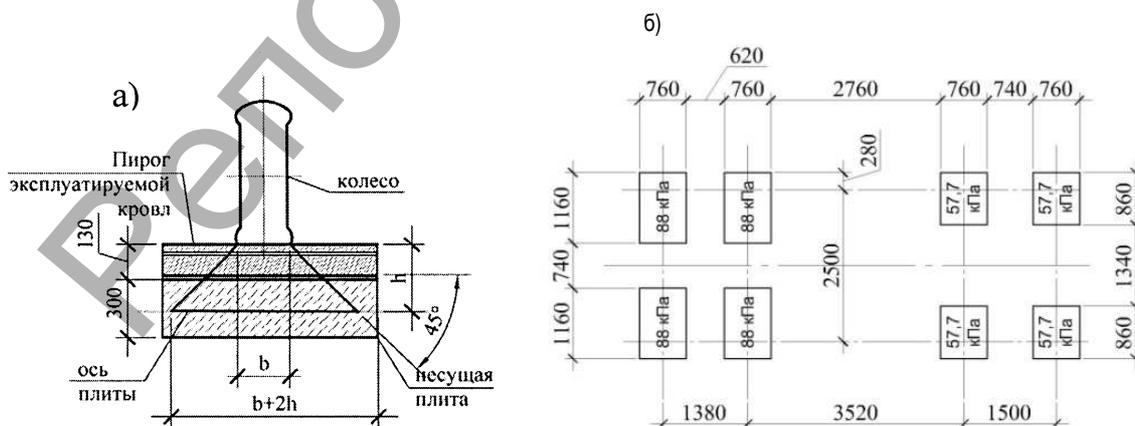
виде тележек с распределенной нагрузкой по площади, определяемой зоной локального продавливания колесом транспортного средства пирога эксплуатируемой кровли (см. рис. 2 а). Площадь продавливания зависит от пятна контакта колес с покрытием, а также толщины и механических свойств материалов пирога покрытия. Имея распределенный вес и площадь продавливания соответствующих колес, получаем распределенную нагрузку в виде четырех прямоугольных тележек со значениями для 1 и 2 оси 57,7 кПа, для 3 и 4 оси 88 кПа (см. рис. 2 б).

Коэффициент динамичности зависит от многих факторов: от массы и динамических свойств транспортного средства и конструкции, от скорости движения, от шероховатости поверхности основания.

Конкретных требований по учету динамической нагрузки от движущегося транспорта для железобетонных конструкций покрытия зданий и сооружений нет, однако это не означает, что ее воздействие не влияет несущую способность элементов конструкции. Дополнительно динамическая нагрузка может вызвать проблемы, которые впоследствии способствуют усталости, образованию трещин в бетонных конструкциях.

Покрытие эксплуатируемой кровли можно представить в виде неразрезной железобетонной балки, длина которой определяется габаритами здания или траекторией движения транспортных средств. Данная расчетная схема частично совпадает с расчетной схемой моста. Для определения коэффициентов динамичности сделаем допущение и воспользуемся нормативной документацией для конструкций мостов. В зависимости от нормативных документов коэффициент динамичности определяется следующим образом.

Согласно [2] необходимость учета коэффициента динамичности зависит от скорости движения пожарного автомобиля. Так, например, при низкой скорости (не более 5 км/ч) учет динамического коэффициента не нужен и принимается только вертикальная нагрузка. Если пожарный автомобиль будет передвигаться с нормальной скоростью (70 км/ч), тогда должно быть учтено динамическое усиление:



а) распределение нагрузки на покрытие эксплуатируемой кровли и плиту
б) схема приложения нагрузки от пожарной машины при стоянке

Рисунок 2

$$\varphi = 1,4 - \frac{L}{500}, \quad \varphi \geq 1,0. \quad (1)$$

Здесь L – длина линии влияния или расчетная длина траектории движения пожарной машины, определяемая в метрах.

Исследование, приведенное в [14], показало возможную ситуацию, когда при скорости движения транспортного средства в 20 км/ч по неровной поверхности покрытия в конструкции наблюдались самое большое значение собственной частоты, а следовательно, коэффициент динамичности имел значение $\varphi = 1,8$. Однако в целом значения находились в пределах диапазона от 1,0 до 1,4, что соответствует указаниям [2].

Согласно [3] динамический коэффициент $1+\mu$ к нагрузкам от подвижного транспорта следует принимать равным

$$1 + \mu = 1,0 + \frac{81 - \lambda}{135}, \quad 1 + \mu \geq 1,0. \quad (2)$$

Здесь λ – длина линии влияния или расчетная длина траектории движения пожарной машины, определяемая в метрах.

Формула определения коэффициента динамичности принималась из совпадения вертикальной нагрузки транспортного средства к модели нагрузок случая «б», где загрузка представляется в виде одной колонны, имеющей не более трех автомобилей с большой грузоподъемностью.

Принимая длину траектории движения $L = \lambda = 47,5$ м, согласно [2] коэффициент динамичности $\varphi = 1,3$, согласно [3] динамический коэффициент $1+\mu = 1,25$. Для дальнейшего расчета принимаем коэффициент $\varphi = 1,3$, значение нагрузки при движении представлены на рисунке 3.

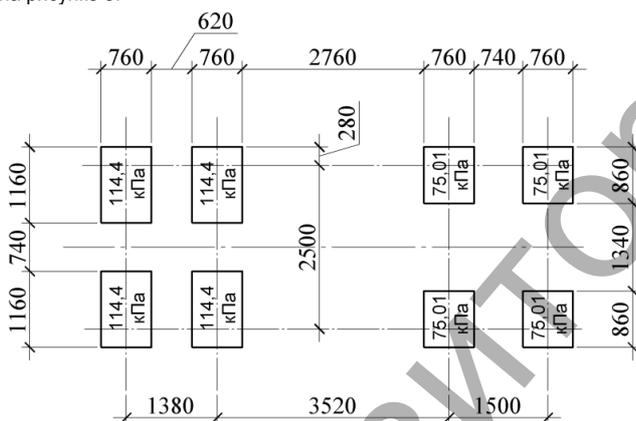


Рисунок 3 – Схема приложения нагрузки от пожарной машины при движении

2.2 Определение нагрузки при торможении. При торможении происходит перемещение центра тяжести, что приводит к перераспределению веса по осям. Кроме того, появляется горизонтальная нагрузка от замедления автотранспорта. Процесс торможения 46-тонного транспортного средства весьма сложный, поэтому для вычисления необходимых нагрузок на покрытие будут приняты следующие допущения, согласно [15]:

- торможение осуществляется на прямолинейной, горизонтальной и ровной дороге;
- силы сопротивления качению и воздуха не учитываются;
- при торможении площадь контакта шин с поверхностью покрытия не изменяется;
- все колеса транспортного средства имеют одинаковые условия сцепления с опорной поверхностью;
- распределение нормальных сил между мостами в тележке считается равномерным.

Для максимальной эффективности устойчивого и управляемого торможения необходимо обеспечивать распределение тормозных сил по осям транспортного средства. Оптимальным считается распределение, при котором в процессе торможения все колеса одновременно доводятся до границы блокирования. Также стоит отме-

тить, что замедление транспортного средства на покрытии характеризуется величиной коэффициента сцепления φ , которая зависит от шероховатости поверхности, состояния дорожного покрытия (сухое, влажное, грязное). Блокировка колес одной из тележек определяется сравнением реальных тормозных сил F_{T_i} с максимальной тормозной силой $F\varphi_i$.

Для определения вертикальных опорных реакций на тележки от транспортного средства при торможении используем выражение:

$$Rz'_1 = G_1 + \chi GZ; \quad (3)$$

$$Rz'_2 = G_2 - \chi GZ, \quad (4)$$

здесь G_1 и G_2 – вес автомобиля, приходящийся на переднюю и заднюю тележки;

G – вес транспортного средства;

Z – относительное замедление транспортного средства, принимается в диапазоне от 0 до 1,0.

$\chi = \frac{h_g}{L}$, здесь h_g – высота центра масс транспортного средства; L – база транспортного средства.

Идеальные тормозные силы при контакте колес моста с покрытием рассчитываются по формуле 4:

$$F_{T_i}^n = Rz'_i Z; \quad (5)$$

реальные тормозные силы:

$$F_{T_i}' = Rz'_i k_{\varphi_i}, \quad (6)$$

где k_{φ_i} – коэффициент реализуемого сцепления между шинами и поверхностью покрытия. Согласно [16] приложению 10 п.3.1.1 значение k_{φ_i} принадлежит от 0,2 до 0,8, при этом должно соблюдаться условие: для $0,15 \leq Z \leq 0,3$ $Z \geq 0,10 + 0,85(k_{\varphi_i} - 0,20)$.

Вследствие отсутствия информации по распределению тормозных сил по мостам автомобиля принимаем допущение $k_{\varphi_1} = k_{\varphi_2}$ как идеальное сцепление шин с поверхностью покрытия. Тогда удельная тормозная сила колес равна:

$$\Phi = \psi - \chi Z. \quad (7)$$

Реальные тормозные силы, реализуемые мостами транспортного средства при заданной величине тормозных сил с учетом $F_{T_z} = GZ$, равны:

$$F_{T_1}' = (1 - \Phi)GZ; \quad (8)$$

$$F_{T_2}' = \Phi GZ. \quad (9)$$

Максимальные тормозные силы колес мостов, ограничиваемые сцеплением колес с дорогой:

$$F\varphi_i = Rz'_i \varphi. \quad (10)$$

где φ – коэффициент сцепления колеса с дорогой, принимаемый от 0,7 до 1,0. В примере принимаем $\varphi = 0,7$.

Полученные результаты сил представлены в таблице 3. Для более наглядного представления зависимости тормозных сил передних и задних осей транспортного средства от относительного замедления строится график (см. рис. 4).

В связи с тем, что закон изменения $F\varphi_i$ в зависимости от Z линейный, достаточно определить $F\varphi_i$ при $Z = 0$ и $Z = 1,0$.

Согласно [15] для сохранения устойчивости транспортного средства на поверхности покрытия при резком торможении необходимо, чтобы первоначально блокировались передние колеса. На сегодняшний день на многих автомобилях установлена система антиблокировки, поэтому максимальное торможение будет приниматься по значению, равному приближенной к блокировке колес на передних осях. При коэффициенте сцепления колес с дорогой $\varphi = 0,7$ – асфальтобетонного покрытия соответствует относительное замедление $Z = 0,52$. Ссылаясь на неучтенные характеристики системы антиблокировки, принимаем значения тормозных сил при $Z = 0,5$ (приведены в табл. 4).

Таблица 3 – Сводная таблица показателей тормозной динамики автомобиля при идеальном распределении тормозных сил

Z	Rz' ₁	Rz' ₂	F _{T1} ' ^{ид}	F _{T2} ' ^{ид}	Φ	F _{T1} '	F _{T2} '
0	150.00	310.00	0	0	0.522	0.00	0.00
0.1	160.78	299.22	16.08	29.92	0.499	23.06	22.94
0.2	171.56	288.44	34.31	57.69	0.475	48.27	43.73
0.3	182.34	277.66	54.70	83.30	0.452	75.64	62.36
0.4	193.13	266.88	77.25	106.75	0.428	105.17	78.83
0.5	203.91	256.09	101.95	128.05	0.405	136.85	93.15
0.6	214.69	245.31	128.81	147.19	0.382	170.69	105.31
0.7	225.47	234.53	157.83	164.17	0.358	206.68	115.32
0.8	236.25	223.75	189.00	179.00	0.335	244.84	123.17
0.9	247.03	212.97	222.33	191.67	0.311	285.14	128.86
1.0	257.81	202.19	257.81	202.19	0.288	327.61	132.39

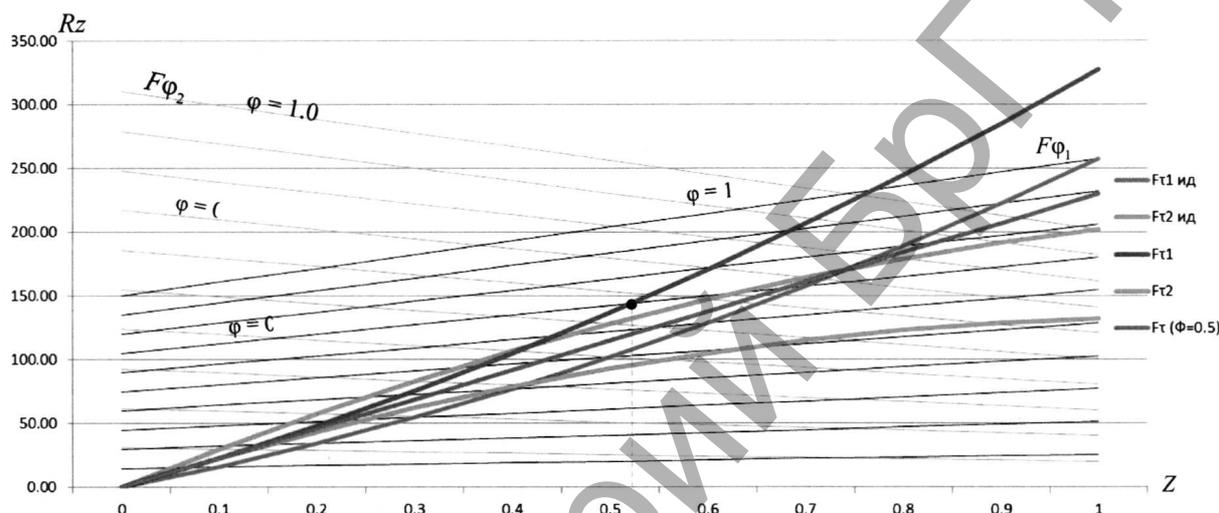


Рисунок 4 – Зависимость идеальных $F_T^{ид}$, реальных F_T и максимальных F_ϕ тормозных сил от относительного замедления Z

Таблица 4 – Значение тормозной динамики при $Z = 0,5$

Z	Rz ₁	Rz ₂	F _{T1}	F _{T2}
0.5	203.91	256.09	136.85	93.15

В тележку входят нагрузка от двух мостов передней или задней оси: $Rz_i = \frac{Rz'_i}{2}$; $F_{T_i} = \frac{F_{T_i}'}{2}$ соответственно нагрузки на ось составляют: $Rz_1 = 101,95 \text{ кН}$; $Rz_2 = 128,05 \text{ кН}$; $F_{T_1} = 68,95 \text{ кН}$; $F_{T_2} = 46,58 \text{ кН}$.

С учетом перераспределения нагрузки на поверхность несущей плиты см. рис. 5.

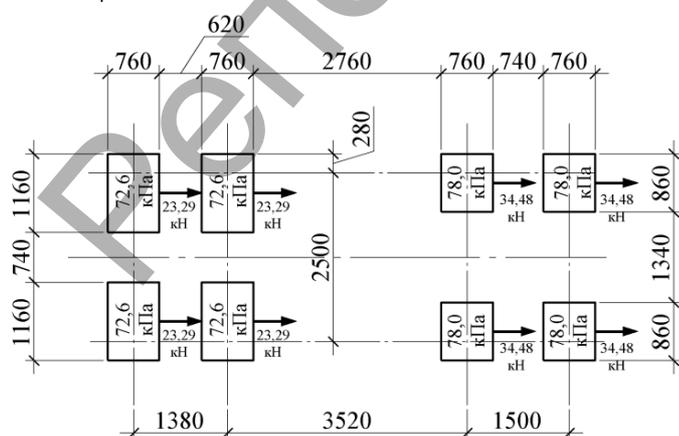


Рисунок 5 – Схема приложения нагрузки от пожарной машины при торможении

3 Сравнение нагрузок от пожарной техники. Анализ нагрузок выполнен на примере конструкций эксплуатируемой кровли фрагмента стилобата, представленной на рис. 6. Траектории движения техники назначались таким образом, чтобы возможно было проанализировать влияние нагрузки от пожарных автомобилей вдоль и по диагонали сетки колонн.

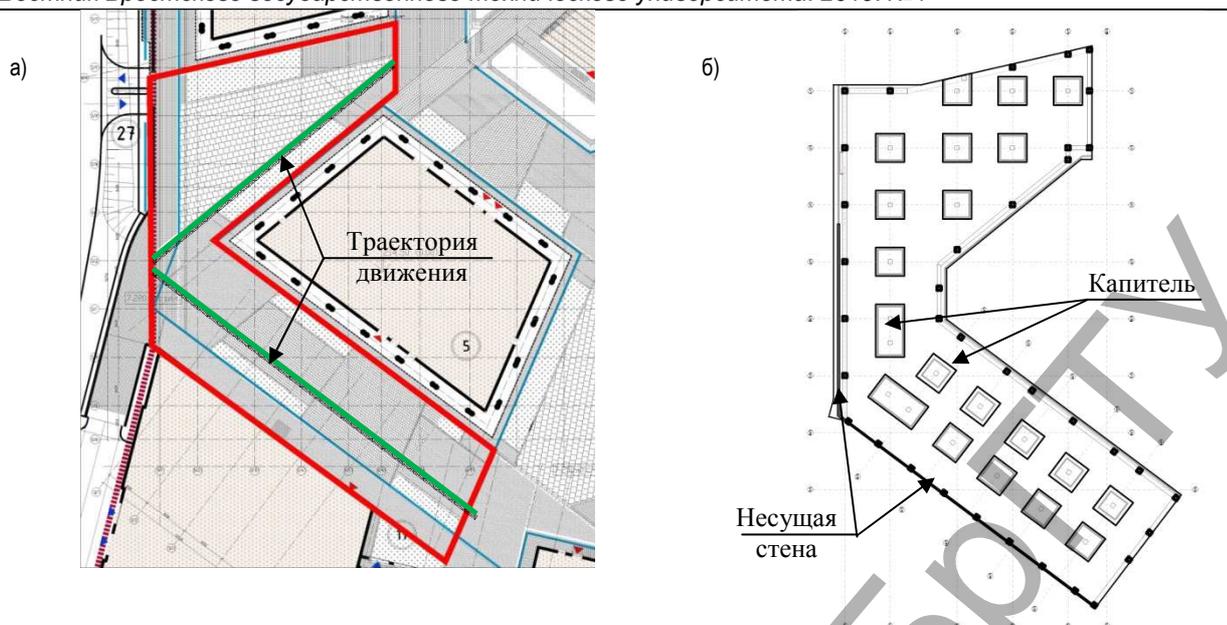
Для инсценировки особой ситуации использовались следующие допущения:

- в случае особой ситуации на конструкцию стилобата одновременно заезжает два пожарных отделения по выделенным траекториям (рис. 5а);
- в каждом пожарном отделении присутствует 3 единицы техники, где одна единица техники с выдвижными траверсами;
- расстояние между машинами составляет 10 м;
- ширина проезда составляет 6 м, расстояние от фасада здания до машины составляет 8 м.

Нагрузка от пожарной техники, в виде распределенной, прилагалась на конструкцию эксплуатируемой кровли также по траектории шириной равной зоне проезда техники 6 м.

Нагрузка от условно действительной нагрузки пожарной техники определялась в соответствии с методикой, указанной в данной статье, и задавалась в расчетной модели как подвижная нагрузка на всю длину траекторий с шагом 1 м.

Нагрузка от пожарной техники в соответствии с указаниям [9] задавалась в расчетной модели так же. Схема приложения нагрузки с учетом перераспределения на поверхность несущей плиты представлена на рисунке 7.



а) Траектории движения пожарной техники на конструкции эксплуатируемой кровли стилобата;
 б) план несущих конструкций покрытия стилобата

Рисунок 6

Таблица 5 – Результаты расчета нагрузок от пожарной техники

Контролируемый параметр	Нагрузка согласно [11]	Нагрузка, определенная согласно предлагаемой методики				Нагрузка согласно [9]
		движение	торможение	стоянка	на аутригерах	
Макс. усилие Mx в плите покрытия, кН·м/м	89,9	43,7	40,6	34,1	45,4	42,4
Макс. усилие My в плите покрытия, кН·м/м	96,5	39,2	39,5	30,4	42,6	39,0
Мин. усилие Mx в плите покрытия, кН·м/м	585,9	168,0	121,0	132,3	100,1	164,7
Мин. усилие My в плите покрытия, кН·м/м	569,5	126,5	119,5	121,3	133,2	123,7
Максимальное продольное усилие N в колоннах, кН	1681,0	462,5	351,8	354,3	441,0	456,1
Макс. усилие Mz в колоннах, кН·м/м	173,6	129,3	74,2	99,4	62,6	124,3
Макс. усилие My в колоннах, кН·м/м	273,9	107,0	77,9	81,3	40,5	101,5
Мин. усилие Mz в колоннах, кН·м/м	353,9	109,4	91,9	78,8	56,8	105,6
Мин. усилие My в колоннах, кН·м/м	267,6	120,2	84,5	91,0	58,9	116,2

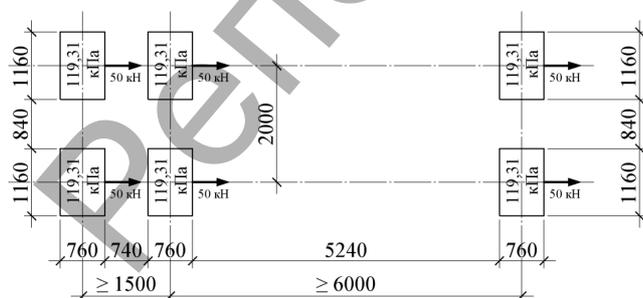


Рисунок 7 – Схема приложения нагрузки от пожарной машины по Еврокоду

Сравнение воздействий от видов нагрузок пожарной техники осуществлялось путем сравнения приращений усилий в плите покрытия и колоннах. В таблице 5 продемонстрированы результаты нагрузок при

движении, торможении пожарной техники, а также согласно рекомендациям к Еврокоду [9] и результаты, приведенные в [13].

Заключение. На основании материала, изложенного в статье, можно сделать вывод, что определение нагрузки от пожарной техники согласно действующей нормативной документации является очень неконкретным, а ее назначение будет субъективным. Это непосредственно отражается на надежности и стоимости объекта как при возведении, так и при эксплуатации.

Анализ моделей нагрузок показал, что нагрузка в виде распределенной по зоне проезда пожарной техники, согласно [11], дает наибольшее приращение усилий, что в свою очередь придает дополнительный запас прочности конструкции, но также наиболее экономически невыгодный. В случае нагрузки в виде сосредоточенной по осям автомобиля и схемы, предложенной по рекомендации к Еврокоду, определено, что приращение усилий в плите покрытия и колоннах почти совпадает. Стоит выделить, что приращение усилий, определенное от нагрузки пожарной техники, согласно представленной методике, при торможении по

некоторым параметрам может превосходить усилия при движении. Таким образом, необходимо при назначении такого вида нагрузки учитывать как торможение, так и движение автомобиля.

Как отмечалось в [7], на сегодняшний день, помимо определения модели и типа нагрузки от пожарной техники, существует проблема определения вида нагрузки (кратковременная или особая), и соответственно по какой группе предельного состояния считать конструкции, подверженные воздействию пожарной техники. Если считать ее как кратковременную, тогда необходимо учитывать две группы предельных состояний, если как особую – только первую группу. Естественно, от этого будет зависеть назначение геометрии сечений несущих конструкций, армирование или ремонт и восстановление конструкций, что в свою очередь значительно влияет на стоимость сооружения при строительстве и эксплуатации.

Также проблемы могут возникнуть с поиском и предоставлением технических характеристик по пожарным машинам, имеющихся на станциях, количества поднимаемых единиц техники по вызову, модернизация существующей техники. Так, в рассмотренном выше примере нагрузки на оси автомобиля приняты согласно общедоступной информации из [9], однако на станциях г. Минска имеется пожарная техника с нагрузками на оси, превышающими указанные в стандарте [9]. Например, для автоцистерны АЦ10-40 нагрузки на переднюю ось 71,5 кН и на две задние оси 130 кН, а для автолестницы Bronto Skylift 90 на две передние оси 90 кН и на три задние оси 105 кН.

Также стоит учитывать вероятность соблюдения всех предписывающих правил пожарному расчету в случае прибытия к месту вызова, а именно при движении и нахождении на конструкции эксплуатируемой кровли: скорость движения, боевое положение при совершении спасательных операций, размещение и стоянка пожарной техники согласно схеме движения пожарных машин и др.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мосты и трубы. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-3.03-232-20011 – Минск : МАиС, 2012 – 198 с.
2. Еврокод 1 Часть 2. Воздействия на конструкции. Транспортные нагрузки на мосты : ТКП EN 1991-2-2009. – Минск : МАиС РБ, 2010 – 159 с.
3. Строительные нормы и правила. Мосты и трубы : СНиП 2.05.03-84* / Госстрой России – М. : ФГУП ЦПП. 2005 – 239 с.
4. Основы проектирования строительных конструкций. Основные положения : ТКП EN 1990-2011*. Еврокод. – Минск : МАиС РБ, 2012. – 70 с.

5. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия : СНиП 2.01.07-85 / Госстрой России – М., 1988 – 36 с.
6. Конашков, А. О. Учет особого воздействия от нагрузок пожарных машин на конструкции эксплуатируемых кровель и стилобата / А. О. Конашков, В. В. Надольский // Современные методы расчетов и обследований железобетонных и каменных конструкций. Материалы 74-й студенческой научно-технической конференции; БНТУ – Минск, 2017 – С. 50–54.
7. Высотные здания : ТКП 45-3.02-108-2008 – Минск : МАиС, 2008 – 89 с.
8. Еврокод 1. Общие воздействия. Часть 1-1. Объемный вес, собственный вес, функциональные нагрузки для зданий : ТКП EN 1991-1-1-2016. – Минск : МАиС РБ, 2016 – 45 с.
9. Boverket mandatory provisions amending the board's mandatory provisions and general recommendations (2011:10) on the application of European design standards (Eurocodes), EKS : BFS 2013:10 – 157 p.
10. Жилые здания : МГСН 3.01-01 – М. : Правительство Москвы, 2001. – 85 с.
11. Жилые и общественные высотные здания : ТСН 31-332-2006 – СПб. : Правительство Санкт-Петербурга, 2006. – 63с.
12. Здания и комплексы высотные. Правила проектирования : СП 267.1325800.2016. – М. : Минстрой России, 2016. – 146 с.
13. Надольский, В. В. Нагрузки от пожарной техники на конструкции эксплуатируемых кровель / В. В. Надольский, А. О. Конашков // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения [Текст]: материалы Международных академических чтений / Редкол.: С. И. Меркулов (отв. ред.) [и др.]; Курск. гос. ун-т. – Курск, 2018. – С. 74–82.
14. Raeglite I / Dynamic effects caused by th vehicle-bridge interaction / Raeglite I, Smirnov J. // 5 th International Conference civil engineering' 15 Proceedings structural engineering
15. Беляев, В. М. Проектирование тормозных систем автомобиля. В 2-х частях. Часть 1. Тормозная динамика автомобилей. Тормозные механизмы : учебно-методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности Т04.06 «Автомобили» / В. М. Беляев, В. Г. Иванов. – Минск : БГПА, 2000 – 47 с.
16. Правила ЕЭК ООН №13-Н (00)/Пересмотр 3.

Материал поступил в редакцию 08.02.2019

NADOLSKY V. V., KONASHKOV A. O. Problems of definition of loadings from fire trucks

In article loadings from the fire fighting equipment according to the existing standard documentation are considered. The analysis of models of loadings in the form of the fire fighting equipment distributed on a zone of journey is made. Today, besides definition of model and type of loading from the fire fighting equipment, there is a problem of definition of a type of loading (short-term or special), and respectively on what group of a limit state to consider the designs subject to influence of the fire fighting equipment.

УДК 69+624.151.5:561.5

Клебанюк Д. Н., Шведовский П. В., Пойта П. С.

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗА ГЛУБИНЫ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ ТЯЖЕЛЫМИ ТРАМБОВКАМИ

Введение. В общем случае задача прогноза эффективности уплотнения грунтовых оснований состоит в установлении зависимости глубины уплотнения ($H_{уп}$) до требуемой плотности сухого грунта (ρ_d), при заданной обеспеченности ($p\%$), от параметров уплотнения (массы M и радиуса R_o трамбовки, скорости удара V_o , числа уда-

ров n по площади S) при известной постоянной исходной плотности (ρ_d^o) грунта и его влажности (W), т. е.

$$H_{уп} = f(\rho_d, \rho_d^o, M, R_o, V_o, w, S, n). \quad (1)$$

Наиболее широко распространенной для определения $H_{уп}$ является методика термодинамики для случая распространения удар-

Клебанюк Дмитрий Николаевич, старший преподаватель кафедры геотехники и транспортных коммуникаций Брестского государственного технического университета.

Шведовский Петр Владимирович, к. т. н., профессор, заведующий кафедрой геотехники и транспортных коммуникаций Брестского государственного технического университета.

Пойта Петр Степанович, д. т. н., профессор кафедры геотехники и транспортных коммуникаций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.