

# МЫ ИДЕМ СВОИМ ПУТЕМ

**О.В. Скворцов**, президент Ассоциации дорожных проектно-изыскательских организаций «РОДОС»

*Транспортная нагрузка является одним из самых варьируемых параметров при оценке надежности и несущей способности моста, и ее точная оценка позволяет получать огромную экономию за счет снижения стоимости строительства, реконструкции, содержания или его замены.*

*Невежда непобедим в споре.*

*Феликс Райчак*



В последнее десятилетие у нас в стране дважды обновлялись нормы нагрузок на мостовые сооружения – в 2007 и 2011 году [2,8], в результате чего были получены нормативные временные вертикальные нагрузки от подвижного состава класса К-14 в виде полос АК (А-14), каждая из которых включает одну двухосную тележку с осевой нагрузкой и равномерно распределенную нагрузку (Рис. 1а), и в виде тяжелых одиночных

нагрузок НК (Н-14) в виде четырехосной тележки (Рис. 1б). Однако качество и научная обоснованность этих норм вызвали много дискуссий.

В итоге соответствующие положения свода правил СП 35.13330.2011 [8], касающиеся транспортных нагрузок на автодорожные мосты (пункты 6.12, 6.23), не были включены в Перечень национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований федерального закона, технического регламента о безопасности зданий и сооружений», утвержденный постановлением Правительства Российской Федерации постановлением от 26 декабря 2014 г. №1521[6].

Предусмотренные в нормах модели нагрузки класса К-14 предусматривают два вида моделей нагрузок для расчета мостов в виде полос А-14, которые включают одну двухосную тележку с осевой нагрузкой 14,18 тс и равномерно распределенную нагрузку интенсивностью 1,42 тс/м. (Рис. 1, а) и в виде четырехосной колесной нагрузки Н=14 общей массой 103 тс (Рис. 1б).

Существенным недостатком наших норм является то, что для мостов и труб, расположенных на всех дорогах общего пользования, включая сельские дороги, улицы и дороги городов, поселков и сельских населенных пунктов установлена единая нагрузка класса К-14.

Даже не специалисту ясно, что нагрузки на автомагистралях, сельских и городских дорогах не могут

быть одинаковыми, что разница – в составе транспортного потока на автомагистралях и городских дорогах. Для малых пролетов и при малых длинах загрузки нагрузки класса К-14 нереальны, и их появление на мостах на магистральных дорогах маловероятно, а для обычных дорог просто невозможно. Например, нагрузочный эффект от нагрузки класса А-14 (Рис. 1а) при пролете моста 20 метров будет адекватен воздействию, создаваемому нагрузкой от транспортного средства с колесной схемой наиболее распространенного автосамосвала КАМАЗ 65115-А4 массой 60 тс.

Для того чтобы создать в элементах моста воздействие, соответствующее нагрузке Н-14, потребуется автомобиль с колесной схемой автосамосвала КАМАЗ 65115-А4 массой 90 тс. Однако таких автомобилей у нас в стране не выпускают. Колесной нагрузки в виде четырехосной тележки Н-14 с колесной базой 3,6 метров полной массой 110 тонн (с учетом коэффициента надежности, равного 1,1) в мире вообще не существует.

Ближайшим аналогом такой нагрузки может быть сверхтяжелый карьерный самосвал КАМАЗ 65201-73 общей массой 41 тс с колесной базой  $1,96+3,00+1,44=6,4$  метра или автосамосвал Тонар массой 60 тонн с колесной базой  $5.6+1,3+1.3=8,2$  метра. Нагрузочный эффект от нагрузки НК-100 будет превышать эффект от воздействия этих нагрузок более чем в два раза!

Самой тяжелой нагрузкой, периодически обрабатываемой по дорогам

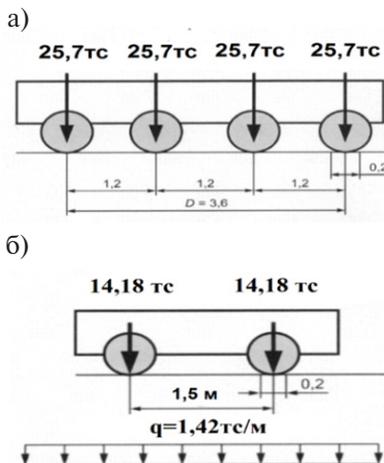


Рис.1 Нагрузки А-14 (а) и Н-14 (б).

у нас в стране, является нагрузка в виде семиосной тележки с колесной базой 12 метра с полной массой 105 тс, предназначенная только для дорог оборонного значения и принимаемая по согласованию с Минобороны России (Рис 2). Нагрузочный эффект от такой нагрузки на мостах малых пролетов существенно меньше чем от нагрузки Н-14!

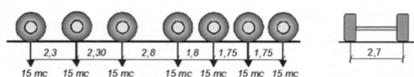


Рис 2. Современная тяжелая нагрузка для дорог оборонного значения.

В настоящее время разрешенная максимальная масса транспортных средств, согласно техническому регламенту [11] не должна превышать 40 тонн, а для автопоездов в составе 3-осного тягача и 2- или 3-осного полуприцепа, перевозящего 40-футовый контейнер ISO — 44 тонны, при этом максимальная осевая нагрузка для ведущей оси — 11,5 тонн.

Несомненно, нагрузки для расчета мостов должны превышать указанные выше, поскольку действующее законодательство допускает пропуск по дорогам общего пользования так называемых тяжеловесных транспортных средств с массой, превышающей нормативную. Однако пропуск таких транспортных средств осуществляется на основании специального разрешения, в котором может быть регламентирован маршрут движения и, при необходимости, условия движения [7].

Транспортные средства массой 80 и более тонн относятся к категории так называемых сверхтяжелых грузов, движение которых осуществляется на основании специальных разрешений с разработкой специальных проектов на их перевозку. По данным ФГУП «РОСДОРНИИ», ежегодно по федеральным дорогам осуществляется около 100 таких поездок.

Вероятность появления таких нагрузок не местных автомобильных

дорогах равна нулю! Однако авторы норм отнесли их к нагрузкам от транспортных средств общего пользования и более того нормы требуют проведения проверки на воздействие сдвоенных нагрузок Н-14 массой по 103 тонны, устанавливаемых на расстоянии 12 м!

Встает законный вопрос: может ли автомобиль такой массы появиться на проселочной дороге или дороге к ферме?

Мосты малых пролетов по протяженности составляют около 85% от всего мостового парка страны. Используя данные учета перевозок тяжеловесных грузов, нетрудно определить, что при среднем периоде обеспеченности для мостов вероятность появления таких нагрузок равна нулю. А это ведет к необоснованному завышению расхода материалов и стоимости, что обходится бюджетам различных уровней ежегодными потерями в десятки миллиардов рублей.

Для мостов больших пролетов наоборот, нагрузочный эффект от нагрузки А-14 при больших пролетах и длинах загрузки более 60 метров оказывается меньшим, чем при загрузке моста реальными



*Согласно законам строительной механики, срок службы сооружений, постоянно испытывающих перегрузку существенно снижается. А это – миллиардные расходы бюджета.*

нагрузками в условиях стесненного потока (затора).

Такие несоответствия результатов воздействий от нагрузок, установленных действующими нормами и воздействиями от реальных транспортных потоков, связаны, прежде всего, с тем, что при моделировании нагрузки А-14 не принимались во внимание результаты проводимого учета по дорогам тяжелых грузовиков, получение значений модельных сил проводилось без учета, воспроизводимого с большей вероятностью нагрузоч-

ного эффекта от реального транспортного потока [15].

Эти результаты дают основание предположить, что действующие у нас в стране нормы транспортных нагрузок на мосты научно не обоснованы и не имеют под собой необходимой доказательной базы.

В последние годы на основании результатов научных исследований и практического опыта сформировались общие принципы построения моделей транспортных нагрузок для проектирования мостов.

Современные теории позволяют разработать вероятностные модели для транспортных нагрузок на мосты и их несущей способности, чтобы иметь возможность определять вероятность разрушения конструкции.

На основании результатов научных исследований, проведенных в последние десятилетия, и практического опыта, сформировались общие принципы построения моделей транспортных нагрузок для проектирования мостов, которые основываются на статистическом анализе данных, позволяющих получить распределение наиболее существенных параметров потока, влия-

ющих на загрузку конструкций моста, таких как состав движения, расстояния между движущимися автомобилями, расстояния между осями, масса, длина и скорость движения каждого грузовика.

Необходимым условием для моделирования нагрузки является ее соответствие измеренным транспортным потоком именно в том месте, где планируется.

Для получения экстремальных значений нагрузок используются теоретические основы методов математической статистики и теории

надежности. Статистическое моделирование нагрузок осуществляется методом теории вероятностей

Одним из них может быть метод с использованием распределения Гумбеля, которое описывает распределение  $n$  экстремальных значений случайной величины  $x$  при  $x \rightarrow \infty$ . Этот метод использовался при составлении Еврокода [14].

Кроме этого достаточно широко используется статистическое моделирование методом Монте-Карло, идея которого заключается в автоматической генерации сценариев стохастических экстремальных значений подвижных нагрузок. Основой моделирования являются данные регистрации нагрузок в реальном транспортном потоке. Тип грузовика, осевые нагрузки, расстояние между нагрузками в двух направлениях выбирают, следуя процедуре Монте-Карло [12].

Появление экстремальных нагрузок на мосту рассматривается как стационарный случайный процесс с периодом повторения равного 1000 лет, что соответствует среднему периоду заданной обеспеченности 50 лет и вероятности реализации экстремального значения нагрузки  $\alpha = 0,05$  [14].

Получить от авторов четкого разъяснения, каким образом были получены предлагаемые ими нагрузки не удастся. Но ясно одно, что вероятностные методы они не использовали и использовать не могли, поскольку установлено, что они не обращались к базам данных Росавтодора, в которых ведется учет перевозок тяжеловесных грузов.

Однако при нормировании транспортных нагрузок можно получить модель конструкции только в том случае, если исходные данные для разработки этой модели основываются на результатах исследования транспортных потоков, проведенных в предполагаемом месте применения модели нагрузки [13] чего у нас не было сделано и привело к описанным выше парадоксальным результатам.

Сегодня на практике доказано, что выбор определяющей транспортной нагрузки зависит от динамического взаимодействия и плотности транспортного потока.

Для мостов с большими пролетами, основным расчетным случаем для определения критических временных нагрузок, является стесненный поток с образованием затора на мосту [13].

Для мостов с малыми и средними пролетами в большинстве случаев расчетным случаем бывает транспортная нагрузка в условиях свободного транспортного потока, включающая одновременно динамическое воздействие.

Обязательным этапом построения модели является ее калибровка, цель которой состоит в получении таких значений модельных сил, которые с возможно большей вероятностью воспроизводили бы нагрузочные эффекты реально-

Однако разработчики отечественных норм указанным выше мировым опытом не руководствовались. Какие методы были использованы авторами нагрузки АК, не понятно, и они прямого ответа на этот вопрос не дают. Они проявляют полнейший нигилизм ко всему, содеянному мировым научным сообществом, и, по всей видимости, это отчасти связано с тем, что они просто с ними не знакомы. Они идут своим путем.

Анализ действующих норм, выполненный проф. П.М. Саламахины (МАДИ) показал, что недостатком действующей у нас нагрузки А-14 является отсутствие ее очевидной связи с реально действующими нагрузками на мостовые сооружения. В результате чего, мостовые сооружения, спроектированные на нагрузку А14, в диапазоне малых пролетов (до 40 м) имеют избыточную грузоподъ-



*Существенным недостатком наших норм является то, что для мостов и труб, расположенных на всех дорогах общего пользования, включая сельские дороги, улицы и дороги городов, поселков и сельских населенных пунктов установлена единая нагрузка класса К- 14.*

го транспортного потока. Модель нагрузок должна соответствовать расчетам по прочности, усталости, по эксплуатационным требованиям, поэтому значения модельных сил после соответствующей статистической обработки далее должны проверяться на основе рассмотрения различных линий влияния, различных длин пролетов и вероятных сценариев загрузки пролетного строения.

Однако этот этап разработчики норм также проигнорировали, что наглядно демонстрирует выявленное расхождение нагрузочного эффекта от моделей нагрузки А-14 и Н-14 с воздействием от реальных нагрузок, обрабатываемых по нашим дорогам.

емность, по сравнению с реально возможными нагрузками, а в диапазоне больших пролетов — недостаточную [3,4,5]!

Такие результаты дают основание предположить, что действующие у нас в стране нормы транспортных нагрузок на мосты научно не обоснованы и не имеют под собой необходимой доказательной основы.

Анализ эволюции отечественных норм свидетельствует о полном непонимании их авторами того, что рост транспортных нагрузок на мосты в последние десятилетия осуществляется не за счет увеличения массы транспортных средств, а за счет увеличения плотности транспортного потока. Как следствие этого, анализ нагрузки класса А-11

№№ П./П	Пролетим	СНиП II-Д.7-62	СНиП 2.05.03-84*	ГОСТ Р 52748—2007*	Свод правил СП 35.13330.2011**	Свод правил СП 35.13330.2011***
	20	214	248	321	188	309
	30	352	409	528	354	530
	40	587	701	794	540	797
	50	901	854	1104	776	1110
	60	1276	1283	1457	1360	1467
	70	1700	1436	1855	1729	1860
	80	2164	2008	2294	2140	2297
	100	3441	2551	3294	3088	3303
	120	4724	3440	4438	4196	4475

Таблица 1. Расчетные изгибающие моменты в середине пролета при загрузении одной полосы движения при различных классах нагрузок и нормах

и А-14, предложенной в действующих нормах [1], показал, что они не обеспечивают учет возросших транспортных потоков и массы транспортных средств, которые декларировал в своих работах автор нагрузки А.И. Васильев [1].

Сопоставление нагрузочного эффекта от этих новых нагрузок с воздействием от нагрузки, установленной нормами СНиП II-Д.7-62, показало, что для мостов малых пролетов (менее 30 метров) в подавляющем большинстве случаев расчетная нагрузка не изменилась, поскольку в этом диапазоне пролетов при малых габаритах расчетной нагрузкой оставалась нагрузка НК-80.

При длине загрузки более 50 метров воздействие от полос нагрузки А-11 и А-14 оказалось меньше, чем от нагрузки Н-30, принятой в нормах 1962 года, что наглядно показано в табл. 1.

Согласно данным, полученным проф. П.М. Соламахиным (МАДИ), максимально возможное значение изгибающего момента в середине пролета от возможной реальной перспективной нагрузки, может превышать максимальное значение момента от нормативной нагрузки А-14 в 1,43 раза [4]. Расчетный изгибающий момент от воздействия колонн нагрузки Н-30, состоящей из 30 тонных трехосных грузовиков, может превышать зна-

чение от этой расчетной нагрузки в 1,2 раза, от колонны плотно установленных современных тяжелых грузовиков – в 1,4 раза.

Поражает реакция авторов нагрузок и отдельных «специалистов», высказанная недавно на совещании в НП «РОДОС», которые, как они сказали, не видят проблем с нагрузками на мосты, объясняя это тем, что мосты стоят, проходят приемочные испытания, и с ними ничего не случается.

Но это, конечно, не так. Согласно законам строительной механи-

в течении времени, равному сроку службы больших мостов, который во всех странах принимают как 100 лет, во всяком случае, не менее 50 лет. И за этот период на сооружении не должно появиться экстремальных нагрузок, способных вызвать его разрушение.

Большие мосты, действительно, обязательно проходят приемочные испытания, при которых усилия (силы, моменты), возникающие в любых элементах мостов от испытательной нагрузки, должны быть не более 90% от величины уси-



*Действующие у нас в стране нормы транспортных нагрузок на мосты научно не обоснованы и не имеют под собой необходимой доказательной базы.*

ки, срок службы сооружений, постоянно испытывающих перегрузку существенно снижается. А это – миллиардные расходы бюджета.

Что касается того, что пока нет примеров разрушения мостов, то для инженера-мостовика такое заявление выглядит странным. Это примитивизм мышления и полнейшее незнание проблемы.

Мосты, построенные по нашим нормам, рассчитанные на нагрузки класса А-11 и А-14, действительно стоят и прошли приемочные испытания. Но стоять они должны

лишь от временной вертикальной подвижной нагрузки, принятой в проекте, с учетом коэффициента надежности по нагрузке, равного единице, и динамического коэффициента [9]. Но усилия от проектной нагрузки, как показано выше, будут, как минимум, в 1,4 раза меньше, чем от реальных колонн автомобилей, то есть они существенно меньше усилий, которые могут быть вызваны реальными нагрузками.

А заторы на дорогах – объективная реальность. Чтобы охладить

\*) Расчетные нагрузки приняты с коэффициентами надежности и динамическими коэффициентами, установленными СНиП 2.05.03-84\* «Мосты и трубы»

\*\*) для железобетонных мостов

\*\*\*) для стальных и сталежелезобетонных мостов

пыл новых теоретиков, предлагаю им рассчитывать мост пролетом не менее 100 метров на реальные нагрузки, возникающие на дорогах, показанные на приведенных ниже фотографиях (см. рис.3).



Рис 3. Реальные заторы на дорогах.

Мостостроение — наука точная, базирующаяся на законах строительной механики. Она не терпит дилетантства. Про мостовиков, как и про саперов, говорят, что они ошибаются только один раз в жизни. Практически все разногласия, в том числе по вопросам, связанным с обоснованностью нагрузок и оценкой их воздействия, могут быть доказаны расчетами.

Однако авторы норм предпочитают научной аргументации оскорбления оппонентов. Например, проф. А.И.Васильев называет мнение не согласных с ним «субъективным мнением группы людей, не являющихся специалистами в области нормирования мостов и не владеющих материалами соответствующих исследований в России и в мире». Он и его сподвижники очевидно до конца не понимают, чем может обернуться для них нормотворчество, приносящее ежегодный ущерб «в особо крупных размерах», которое с высокой степенью вероят-

ности создает угрозу разрушению сооружения и жизни людей.

Что, на мой взгляд, нужно сделать, чтобы навести порядок в нормировании важнейшего параметра — транспортных нагрузок на мосты?

1. Незамедлительно приступить к разработке новых научно обоснованных норм, с учетом международного опыта и данных о существующих транспортных потоках, основываясь на современных методах моделирования транспортных нагрузок.

2. Оперативно подготовить рекомендации, обязывающие проектные организации при проектировании больших мостов, наряду с загрузкой нагрузкой А-14, больших пролетов, проводить проверку несущей способности моста загрузкой моделями нагрузки, которые с заданной степенью вероятности воспроизводили бы нагрузочные эффекты реального транспортного потока, соответствующего транспортному потоку, измеренному в том месте, где планируется строительство.

3. Изъять из норм нереальную нагрузку Н-14 массой более 100 тс с колесной базой 3,6 м и не производить расчеты на эту нагрузку, заменив ее нагрузкой в виде семиосной тележки с колесной базой 12 м с полной массой 105 тс, на которую должны рассчитываться только мосты, расположенные на дорогах оборонного значения или по требованию Министерства обороны.

3. Создать комиссию из представителей общественных организаций — пользователей автомобильных дорог-плательщиков дорожного налога и подготовить от лица общества потребителей предложения о привлечении к ответственности организаций и конкретных исполнителей составителей норм, применение которых привело к материальному ущербу для государства.

## Литература

1. Васильев А.И. Нормирование временных вертикальных нагрузок на автодорожные мосты. — М.: Сб. трудов ЦНИИС— 1973. — Вып. 80— С. 54—63.
2. ГОСТ Р 52748-2007 Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения.
3. П.М. Саламахин Временные нагрузки на автодорожные мосты. Недостатки, их последствия, способы их устранения Palmarium academic publishing . Германия,2013,- ISBN978-3-659-98687-1 79 стр.
4. П.М. Саламахин Недостатки действующих нормативных вертикальных временных нагрузок на автодорожные мостовые сооружения Транспортное строительство №11 —2012 С 28—32.
5. П.М. Саламахин Нормативные нагрузки АК для автодорожных мостовых сооружений. Наука и техника в дорожной отрасли, №2 -2010, С. 27—31.
6. Постановление Правительства РФ от 26.12.2014 N 1521.
7. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации (Минтранса России) от 24 июля 2012 г. N 258 г. Москва.
8. Свод правил СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы»
9. Свод правил СП 79.13330.2012 Мосты и трубы. Правила обследования и испытаний. Актуализированная редакция СНиП 3.06.07-86
10. СНиП II-Д.7-62 Мосты и трубы
11. Технический регламент «О безопасности колесных транспортных средств» приложение №4. Утвержден постановлением Правительства Российской Федерации от 10 сентября 2009 года №720
12. Bachoum M. Traffic Actions for the Design of Long and Medium Span Road Bridges. A Comparison of International Codes. — IABSE Colloquium.// Basis of Design and Actions on Structures.— Vol. 74.— Delft, 1996. — p. 541—550.
13. С.С Caprani (Dept. of Civil/ Structural Engineering, Dublin Institute of Technology, Ireland) & E.J. Obrien (School of Architecture, Landscape and Civil Engineering, University College Dublin, Ireland). The governin from Traffic for Highway Bridge Loading.
14. European Standard Env 1991-1-3-Basis of design and action on structures. Part 3: Traffic Loads on Bridges. European Committee for Standardization. 1995.— Brussels:—67 p
15. Jacob B., Kretz Th. Calibration of bridge fatigue loads under real traffic conditions. — IABSE Colloquium.— Basis of Design and Actions on Structures.— Vol. 74.— Delft, 1996.— p. 479—487. ●