ОДМ 218.4.025-2016

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГРУЗОПОДЪЁМНОСТИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)

МОСКВА 2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1. РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Сибирский государственный университет путей сообщения».

2. ВНЕСЕН Управлением эксплуатации автомобильных дорог Федерального дорожного агентства Министерства транспорта Российской Федерации.

3. ИЗДАН на основании распоряжения Федерального дорожного агентства Министерства транспорта Российской Федерации от 09.11.2016 № 2322-р..

4. ИМЕЕТ рекомендательный характер

© Издательство ФГУП «Информавтодор», 2016

Содержание

1 Область применения ... 1

2 Нормативные ссылки ... 2

3 Термины и определения ... 2

4 Принципы оценки грузоподъемности методом классификации ... 5

4.1 Основные понятия грузоподъемности ... 5

4.2 Способы определения грузоподъемности ... 11

4.3 Регулирование движения транспортных средств по мостовому сооружению по условию грузоподъемности ... 13

5 Назначение учитываемых в расчетах нагрузок и их сочетаний, системы расчетных коэффициентов ... 14

5.1 Постоянные и прочие нагрузки ... 14

5.2 Пешеходная нагрузка ... 16

5.3 Временные нагрузки ... 17

Вертикальные нагрузки ... 17

Горизонтальные нагрузки ... 18

5.4 Сочетания нагрузок ... 19

6. Прочие рекомендации ... 20

Библиография ... 21

Приложение А Краткие сведения по нормативным документам проектирования автодорожных мостов ... 22

А.1 Нормативные документы проектирования автодорожных мостов ... 22

А.2 Нагрузки по нормам СНиП 2.05.03-84* и СНиП 2.05.03-84 ... 22

А.3 Нагрузки по нормам СН 200-62 ... 25

А.4 Нагрузки по нормам Н 106-53 ... 26

А.5 Нагрузки по нормам Гушосдор 1948 г. ... 28

А.6 Нагрузки по нормам Гушосдор 1943 г. ... 29

А.7 Нагрузки по нормам Гушосдор 1938 г. ... 30

А.8 Параметры нормативных нагрузок ... 31

А.9 Временная нагрузка от пешеходов на тротуарах 32

А.10 Расчетные коэффициенты к временным нагрузкам 32

Приложение Б. Рекомендации по составлению конечно-элементных расчетных моделей для получения линий и поверхностей влияния усилий 37

Б.1 Расчетные модели балочных разрезных пролетных строений 38

Б.1.1 Моделирование пролетного строения балочным ростверком 38

Б.1.2 Моделирование пролетных строений и опор плитными (пластинчатыми) конечными элементами 40

Б.2 Моделирование косых мостов 41

Б.3 Особенности определения усилий от временной нагрузки при расчетах методом конечных элементов 44

Приложение В Плотность (объемный вес) конструкционных материалов 46

Приложение Г Рекомендации по учету последовательности монтажа, усилий от осадок опор, регулирования усилий, изменения температуры 47

Приложение Д Рекомендации по определению расчетных длин внецентренно сжатых стержней 47

Приложение Е Соотношение физических величин в системах СГС и СИ, используемое в Рекомендациях 49

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

Методические рекомендации по определению грузоподъёмности эксплуатируемых мостовых сооружений на автомобильных дорогах общего пользования. Общая часть.

1 Область применения

Настоящий отраслевой дорожный методический документ (далее – методический документ, Рекомендации) является актом рекомендательного характера в дорожном хозяйстве [1], содержащим методику определения грузоподъемности мостовых сооружений с учетом технического состояния элементов их конструкций.

Настоящий методический документ рекомендуется для применения при расчетах грузоподъемности мостовых сооружений, эксплуатируемых на федеральных автомобильных дорогах Российской Федерации. Для мостовых сооружений, расположенных на дорогах иной подчиненности, этот методический документ может использоваться по решению соответствующих органов управления.

Положения настоящего методического документа предназначены для использования проектными и специализированными организациями, выполняющими работы по диагностике, обследованию, испытаниям и оценке технического состояния мостовых сооружений, а также мостовыми подразделениями органов управления автомобильными дорогами при организации и приемке обследовательских работ.

Определение грузоподъемности висячих и вантовых пролетных строений, мостовых конструкций иных сложных систем, требующих применения специальных методов расчета, усиленных элементов мостовых сооружений, а также выполненных с применением материалов, не рассматриваемых в Рекомендациях, опор по устойчивости против опрокидывания и сдвигу по грунту основания выполняют по отдельно разрабатываемым методикам с соблюдением общих принципов, указанных в настоящем методическом документе.

Настоящий методический документ включает следующие тома (книги):

ОДМ 218.4.025-2016 Методические рекомендации по определению грузоподъёмности эксплуатируемых мостовых сооружений на автомобильных дорогах общего пользования. Общая часть.

ОДМ 218.4.026-2016 Методические рекомендации по определению грузоподъёмности эксплуатируемых мостовых сооружений на автомобильных дорогах общего пользования. Бетонные и железобетонные конструкции.

ОДМ 218.4.027-2016 Методические рекомендации по определению грузоподъёмности эксплуатируемых мостовых сооружений на автомобильных дорогах общего пользования. Металлические и сталежелезобетонные конструкции.

ОДМ 218.4.028-2016 Методические рекомендации по определению грузоподъёмности эксплуатируемых мостовых сооружений на автомобильных дорогах общего пользования. Опорные части, опоры и фундаменты.

ОДМ 218.4.029-2016 Методические рекомендации по определению грузоподъёмности эксплуатируемых мостовых сооружений на автомобильных дорогах общего пользования. Определение грузоподъемности конструкций деревянных мостов.

При определении грузоподъемности допускается использование иных от приведенных в настоящем методическом документе алгоритмов и программного обеспечения. Обоснованность применения таких алгоритмов и программ должна быть подтверждена либо сертификатом их соответствия действующим нормам проектирования мостовых сооружений, выданным уполномоченным органом, либо предыдущим успешным опытом применения при разработке проектов мостовых сооружений, прошедших государственную техническую экспертизу.

2 Нормативные ссылки

В настоящей книге Рекомендаций использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ Р 52289-2004 Национальный стандарт Российской Федерации. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств;

ГОСТ Р 52290-2004 Национальный стандарт Российской Федерации. Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования;

СП 35.13330.2011. Свод правил. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*;

ГОСТ 27751-2014. Межгосударственный стандарт. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения.

3 Термины и определения

В настоящем методическом документе применены следующие термины с соответствующими определениями:

временная вертикальная нагрузка: Произвольное транспортное средство (средства), расположенное в пределах ездового полотна мостового сооружения.

воздействие от нагрузки: Усилия, напряжения, деформации, перемещения в конструкции (элементе конструкции), возникающие от действия внешних нагрузок (постоянных, временных, температурных и пр.).

грузоподъемность: Характеристика (показатель) технического состояния мостового сооружения, соответствующая максимальному воздействию временной вертикальной нагрузки, при котором не наступает предельное состояние первой группы ни в одной из основных несущих конструкций сооружения.

Примечание. Грузоподъемность сооружения в целом определяется грузоподъемностью наиболее слабой из основных несущих конструкций.

дефект в мостовом сооружении (дефект): Каждое отдельное несоответствие в мостовом сооружении установленным требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

допустимый класс нагрузки: Мера экстремально допустимого воздействия временной вертикальной нагрузки определенной структуры, которое не вызывает наступление предельного состояния первой группы в несущих конструкциях при нормальной эксплуатации сооружения.

Примечания:

1. Для эталонных нагрузок по схемам АК и НК допустимые классы нагрузки выражаются безразмерными величинами $K_{АК}$ и $K_{НК}$ как отношение величины экстремального воздействия от эталонной нагрузки к воздействию от аналогичной единичной эталонной нагрузки класса $K = 1$.

2. Для нагрузок от колонн автомобилей допустимый класс нагрузки соответствует допустимой массе отдельного автомобиля из состава колонны.

класс грузоподъемности: Мера грузоподъемности сооружения (конструкции, элемента конструкции), выраженная значением допустимого класса или массы рассматриваемой временной вертикальной нагрузки.

конструкция: Часть мостового сооружения, состоящая из конструктивно объединенных элементов, выполняющая определенные функции (несущие, ограждающие, защитные и (или) другие).

Примечания:

1. В мостовом сооружении конструкции делят на основные, обеспечивающие основные функциональные свойства мостового сооружения, и неосновные (вспомогательные), обеспечивающие, например, защиту и безопасность только в экстремальных ситуациях, удобство содержания в период эксплуатации и другие вспомогательные функциональные свойства.

2. Из множества основных конструкций выделяют несущие конструкции, основной функцией которых является восприятие воздействий от постоянных и временных нагрузок.

контролируемый режим движения: Режим движения, при котором пропуск транспортных средств по сооружению осуществляется по специальному разрешению в сопровождении представителей службы эксплуатации и/или ГИБДД и, как правило, в одиночном порядке.

мостовое сооружение: Искусственное сооружение, состоящее из одного или нескольких пролетных строений и опор, предназначенное для пропуска различных видов транспорта и пешеходов, а также водотоков, селей, скота, коммуникаций различного назначения, порознь или в различных комбинациях над естественными или искусственными препятствиями.

Примечание. К искусственным препятствиям относятся искусственные водоемы, водные каналы, автомобильные и железные дороги, другие инженерные сооружения, а также территории предприятий, городские территории, через которые проходит автомобильная дорога.

неконтролируемый режим движения: Режим движения, при котором регулирование пропуска транспортных средств осуществляется техническими средствами организации дорожного движения.

основная несущая конструкция: Конструкция сооружения, предназначенная для восприятия воздействий от постоянных и временных нагрузок, наступление предельного состояния первой группы (по ГОСТ 27751-2014) в которой приводит к утрате работоспособного состояния (жесткости и устойчивости) сооружения в целом.

опора моста: Несущая конструкция мостового сооружения, поддерживающая пролетные строения и передающая нагрузки от них на основание.

опорная часть: Несущая конструкция мостового сооружения, передающая нагрузку от пролетного строения на опоры и обеспечивающая угловые и линейные, либо только угловые перемещения пролетного строения.

основание опоры: Массив грунта, в котором размещены собственно строительные конструкции фундамента опоры.

пролетное строение: Несущая конструкция мостового сооружения, перекрывающая все пространство или часть его между двумя или несколькими опорами, воспринимающая нагрузку от элементов мостового полотна, транспортных средств и пешеходов, и передающая ее на опоры или поддерживающие конструкции.

сталежелезобетонная конструкция: Единая несущая конструкция со стальными и железобетонными элементами, совместно воспринимающими воздействия от нагрузки.

Примечание. Применительно к сталежелезобетонным пролетным строениям автодорожных мостов конструктивным железобетонным элементом является

железобетонная плита проезжей части, объединённая с металлическими несущими элементами главных балок (ферм).

условная несущая способность: Величина максимального воздействия на элемент от временных проектных нагрузок, определяемая в соответствии с указаниями тех норм проектирования, по которым конструкция была запроектирована.

ширина проезда: Расстояние в свету между ограждениями безопасности ездового полотна мостового сооружения.

элемент конструкции: Составная часть сложного технического объекта, рассматриваемая как единое целое, не подлежащее дальнейшему разукрупнению, имеющая самостоятельные характеристики, используемые при расчетах, и выполняющая определенную частную функцию в интересах сложного объекта, который по отношению к элементу представляет собой систему.

Примечание. Элементами могут быть балка, плита, диафрагма, ригель и т.д.

эталонные автомобильные нагрузки: Временные вертикальные нагрузки заданной структуры.

4 Принципы оценки грузоподъемности методом классификации

4.1 Основные понятия грузоподъемности

4.1.1 Расчет грузоподъемности, как одной из характеристик технического состояния сооружения [2], выполняют для эксплуатируемых и вновь построенных мостов в соответствии с приведенными в настоящем методическом документе правилами определения воздействий от загружения конструкций постоянной и временными эталонными нагрузками, независимо от соответствующих положений действующих норм проектирования. При этом грузоподъемность устанавливают:

- для неконтролируемого режима движения транспортных средств - по допустимому классу эталонной нагрузки АК и по допустимой общей массе эталонного трехосного транспортного средства (грузовика) $ЭН_3$;

- для контролируемого режима движения транспортных средств – по допустимому классу одиночной эталонной нагрузки НК.

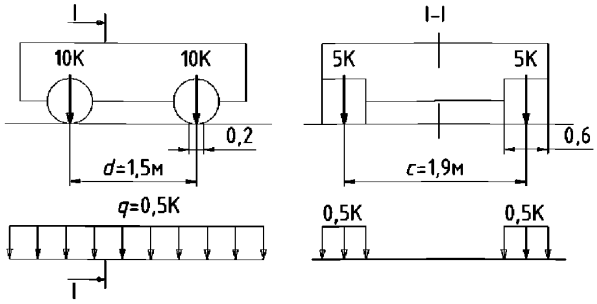
Для оценки возможности и условий пропуска по сооружению конкретного обращающегося транспортного средства грузоподъемность может быть определена и выражена в допустимой общей массе этого транспортного средства.

4.1.2 Грузоподъемность сооружения определяется несущей способностью его основных несущих конструкции (элементов конструкций). Расчет несущей способности элементов мостового сооружения следует производить с учетом их фактических геометрических

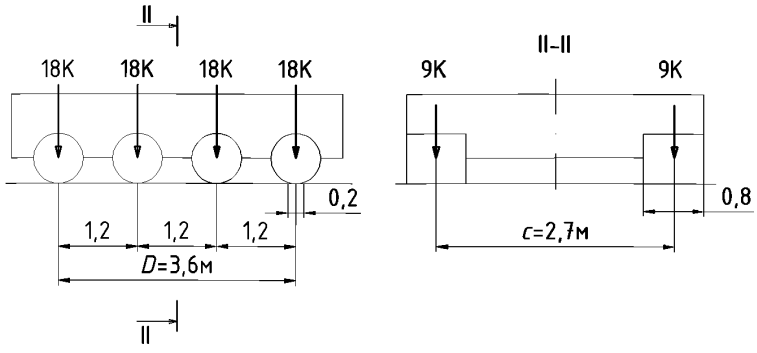
размеров, прочностных и деформативных свойств материалов (бетона, арматуры, стали, древесины и др.), влияния имеющихся дефектов и повреждений.

4.1.3 Эталонную нагрузку АК принимают в виде равномерно распределенной нагрузки с интенсивностью K кН/м (0,1K, тс/м) и одной двухосной тележки с нагрузкой на ось 10K кН (1K, тс) для каждой полосы движения (рисунок 4.1.1, *а*).

а)



б)



в)

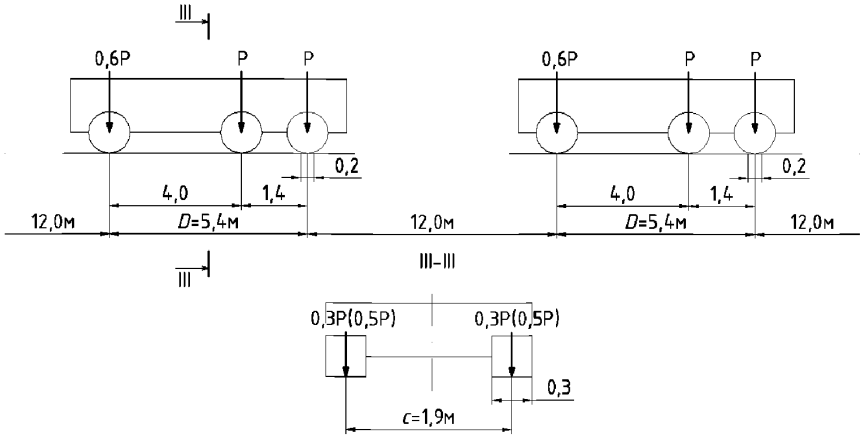


Рисунок 4.1.1 – Схемы эталонных нагрузок:

а – нагрузка АК; *б* – нагрузка НК; *в* – трехосная нагрузка $ЭН_3$

Одиночную эталонную нагрузку НК принимают в виде четырехосного колесного транспортного средства с нагрузкой на ось 18К кН (1,8К тс/м), (рисунок 4.1.1 *б*).

При расчете элементов конструкций эталонные нагрузки, в единицах которых определяется грузоподъемность, устанавливают на ездовом полотне в наиболее невыгодное положение для рассчитываемого элемента:

1) Нагрузка АК:

- вдоль моста при поверхности (линии) влияния воздействия, имеющей три или более участков разных знаков, тележка устанавливается на участке, дающем для рассматриваемого знака наибольшее значение воздействия; равномерно распределенной нагрузкой (с необходимыми её перерывами по длине) загружаются все участки того же знака;

- расстояния между осями смежных полос нагрузки должны быть не менее 3,0 м;

Рассматривают два случая воздействия нагрузки АК:

первый – предусматривающий невыгодное размещение на ширине проезжей части (в которую не входят боковые полосы безопасности) числа полос нагрузки, не превышающего числа полос движения по сооружению. При многополосном движении и наличии на проезде разделительной полосы без ограждений безопасности полосы нагрузки могут размещаться в пределах ширины разделительной полосы без ограничений;

второй – предусматривающий при незагруженных тротуарах невыгодное размещение на всей ширине проезда (включая полосы безопасности) двух полос нагрузки (на однополосных мостах — одной полосы нагрузки).

Оси крайних полос нагрузки АК должны быть расположены не ближе 1,5 м от границы проезжей части – в первом и от границы проезда (бокового или разделительного ограждения безопасности ездового полотна) – во втором случаях.

Воздействие нагрузки АК с нескольких полос движения учитывают с коэффициентом полосности:

- равным 1,0 для тележки;

- равным 1,0 для равномерно распределенной части нагрузки с той полосы движения, где нагрузка вызывает наибольшее воздействие на рассчитываемый элемент;

- равным 0,6 для равномерно распределенной части нагрузки с остальных полос движения.

Коэффициенты надежности по нагрузке γ_f принимают:

- для тележки при расчете элементов проезжей части мостов	1,50;
при расчете прочих несущих элементов мостов	1,50 при $\lambda = 0$;
	1,20 при $\lambda \geq 30$ м;
для равномерно распределенной части	1,20

Для промежуточных значений λ величину γ_f следует принимать по интерполяции.

Динамические коэффициенты 1+μ к нагрузке АК принимают по таблице 4.1.1.

Таблица 4.1.1 – Динамические коэффициенты к нагрузке АК

Конструкции [3]	Динамический коэффициент (1+μ)
а) для элементов стальных и сталежелезобетонных пролетных строений, а также элементов стальных опор:	
основных элементов главных ферм совмещенных мостов всех систем под автомобильную и железнодорожную (включая поезда метрополитена) нагрузки	$1+\mu=1+\frac{14}{30+\lambda}$, но не менее 1,10
элементов автодорожных мостов всех систем, кроме главных ферм (балок) и пилонов висячих и вантовых мостов	$1+\mu=1+\frac{15}{37,5+\lambda}$
элементов главных ферм и пилонов висячих и вантовых мостов	$1+\mu=1+\frac{50}{70+\lambda}$
б) для железобетонных балочных пролетных строений, рамных конструкций (в том числе для сквозных надарочных строений), а также для железобетонных сквозных, тонкостенных и стоечных опор:	
совмещенных мостов	$1+\mu=1+\frac{10}{20+\lambda}$ но не менее 1,10;
автодорожных мостов	$1+\mu=1+\frac{45-\lambda}{135}$ но не менее 1,0
в) для железобетонных и бетонных арок со сплошным надсводным строением, для бетонных опор и грунтовых оснований и фундаментов	$1+\mu=1,00$;
г) для арок и сводов арочных железобетонных пролетных строений со сквозной надарочной конструкцией:	$1+\mu=1+\frac{70-\lambda}{250}$ но не менее 1,00;
д) для деревянных конструкций	$1+\mu=1,00$

Динамический коэффициент к временным горизонтальным нагрузкам и давлению грунта на опоры принимают $1+\mu=1,00$;

Примечание. Величину λ принимают равной:

а) для основных элементов несущих конструкций, а также для продольных и поперечных балок пролетных строений - длине расчетного пролета или длине загружения поверхности (линии) влияния, если эта длина больше величины пролета;

б) для основных элементов несущих конструкций неразрезных систем – сумме длин загружаемых участков поверхности (линии) влияния (вместе с разделяющими их участками);

в) при расчете на местную нагрузку (при загружении той части поверхности (линии) влияния, которая учитывает воздействие местной нагрузки):

продольных балок и продольных ребер ортотропных плит – равной длине их пролета;

поперечных балок и поперечных ребер ортотропных плит – равной суммарной длине продольных балок в примыкающих панелях;

подвесок, стоек и других элементов, работающих только на местную нагрузку, – равной длине загружения поверхности (линии) влияния;

железобетонных плит автодорожного проезда, укладываемых по металлическим балкам, при расчете плит поперек моста – равной расстоянию между балками, на которые опирается плита.

г) при загружении поверхностей (линий) влияния, учитывающих одновременно основную и местные нагрузки, – раздельно для каждой из этих нагрузок.

При загружении поверхности влияния λ определяют по секущему продольному створу той полосы нагрузки, которая создает наибольшее воздействие.

2) Нагрузку НК устанавливают вдоль направления движения в любое положение на проезжей части вне полос безопасности.

Коэффициент надежности по нагрузке принимают γ_f=1,0.

Динамический коэффициент принимают для пролетных строений, сквозных, тонкостенных и стоечных опор:

$1 + \mu = 1{,}30$ при $\lambda \leq 1{,}0$ м;

$1 + \mu = 1{,}10$ при $\lambda \geq 5{,}0$ м;

для промежуточных значений λ — по интерполяции.

При загружении поверхности влияния λ определяют по секущему продольному створу.

4.1.4 Эталонная трехосная нагрузка по схеме $ЭН_3$ представляет колонну эталонных грузовиков (рисунок 4.1.1, *в*), устанавливаемых вдоль моста на расстоянии 12 м друг от друга по ближайшим осям смежных автомобилей. По ширине ездового полотна колонны грузовиков размещают по правилам, предусмотренным для нагрузки АК.

Масса трехосного эталонного грузовика $m_Э$=30 т определяется суммой осевых нагрузок

$$m_Э = 2{,}6P, \qquad (4.1.1)$$

где P – нагрузка на ось, кН (тс).

При многозначной поверхности (линии) влияния воздействия, имеющей три или более участков разных знаков, грузовики в колонне устанавливают вдоль движения (в том числе с разрывами по длине колонны на участках противоположного знака) таким образом, чтобы получить наибольшее значение воздействия рассматриваемого знака.

Расстояния между смежными колоннами грузовиков, а также случаи рассматриваемого воздействия при размещении колонн по ширине проезда принимают как для эталонной нагрузки АК.

Коэффициенты полосности для различных колонн грузовиков принимают:

- равным 1,0 для всех полос движения при значении $\lambda \leq 25$ м;

- равным 1,0 для той полосы движения, где нагрузка вызывает наибольшее воздействие на рассчитываемый элемент, и равным 0,6 с остальных учитываемых полос движения при $\lambda > 25$ м.

Величину λ определяют по секущему продольному створу той полосы нагрузки, которая создает наибольшее воздействие.

Коэффициент надежности по нагрузке принимают как для тележки эталонной нагрузки АК.

Динамический коэффициент принимают как для эталонной нагрузки АК.

4.1.5 При расчете грузоподъемности элементов мостового сооружения определяют:

- предельно допустимые воздействия (несущую способность) для рассчитываемых элементов ($S_{пред}$), в качестве значения допустимого воздействия могут рассматриваться предельные усилия, напряжения или деформации, соответствующие достижению предельного состояния первой группы;

- расчетные воздействия от постоянной нагрузки ($S_{пост}$), пешеходов на тротуарах ($S_{пеш}$), прочих нагрузок ($S_{пр}$), учитываемых совместно с временной вертикальной нагрузкой от транспортных средств;

- предельно допустимые расчетные воздействия от временной вертикальной нагрузки ($S_{врем}$);

- допустимые классы эталонных нагрузок по схемам АК (Как) и НК (Кнк) с точностью до 0,1 величины, допустимую массу эталонной трехосной нагрузки по схеме $ЭН_3$ с точностью до 0,1 тонн.

4.2 Способы определения грузоподъемности

4.2.1 Грузоподъемность конструктивного несущего элемента мостового сооружения определяют расчетом из сопоставления его несущей способности (доли несущей способности) с воздействием от внешних нагрузок.

В зависимости от характера восприятия конструкцией (элементом конструкции) внешних воздействий и полноты необходимой расчетной информации классы по грузоподъемности могут быть получены тремя различными способами.

4.2.2 Первый способ расчета применяют, если несущая способность рассчитываемого элемента конструкции является фиксированной величиной, и зависит от его геометрических характеристик, а также прочностных и деформативных свойств материалов, из которых данный элемент изготовлен. Интенсивность временных и постоянных нагрузок, действующих на такой элемент, влияния на его несущую способность не оказывают. К таким конструктивным элементам относятся, в частности, железобетонные балки при расчете на изгиб и при упрощенном расчете на поперечную силу, металлические и деревянные балки при расчете на изгиб и поперечную силу, элементы ферм при расчете на продольные усилия, и т.д. В этом случае производится сопоставление предельно допустимого воздействия для рассчитываемого элемента от временной нагрузки с аналогичным воздействием от той временной нагрузки ($S_н$), в единицах которой определяется класс грузоподъемности, исходя из выполнения следующего условия:

$$S_н \le S_{врем}. \qquad (4.2.1)$$

Допустимую величину воздействия от временной нагрузки определяют по формуле:

$$S_{врем} = S_{пред} - S_{пост} - S_{пеш} - S_{пр} \qquad (4.2.2)$$

Необходимость учета в формуле (4.2.2) пешеходных и прочих нагрузок определяется конкретным случаем расчета в зависимости от рассчитываемой конструкции и в соответствии с указаниями действующих нормативных документов на проектирование мостовых сооружений.

Допустимый класс нагрузки (допустимую массу нагрузки) и, соответственно, класс грузоподъемности элемента определяют по формуле:

$$K = \frac{S_{врем}}{S_н} K_э \qquad (4.2.3)$$

где $K_э$ – класс эталонной нагрузки АК, НК, либо масса эталонного трехосного грузовика по схеме $ЭН_3$, либо масса транспортного средства из состава произвольной нагрузки, в единицах которой определяется класс грузоподъемности.

4.2.3 Второй способ расчета применяют, если несущая способность рассчитываемого элемента конструкции зависит от интенсивности временных нагрузок, или расчет выполняют с учетом нагрузок от торможения.

К конструкциям, несущая способность которых зависит от временных нагрузок, относятся, в частности, сталежелезобетонные пролетные строения при учете пластических деформаций, элементы, работающие на внецентренное сжатие, и т.д.

В этом случае допустимый класс (допустимую массу) временных нагрузок определяют итерационным расчетом (с последовательными приближениями), исходя из выполнения следующего условия:

$$S_{\text{действ}} \leq S_{\text{пред}} \qquad (4.2.4)$$

где $S_{\text{действ}}$ – суммарное воздействие от постоянной, пешеходной, прочих нагрузок и временной нагрузки, выраженной через искомое значение класса нагрузки.

4.2.4 Третий способ расчета применяют, если фактическую несущую способность конструктивного элемента установить не представляется возможным, но имеются сведения о нормах проектирования и проектных нагрузках для сооружения. В этом случае, как и для первого способа, производится сопоставление предельно допустимого воздействия для рассчитываемого элемента от временной нагрузки с аналогичным воздействием от той временной нагрузки ($S_{\text{н}}$), в единицах которой определяется класс грузоподъемности, исходя из условия (4.2.1). В качестве предельно допустимого воздействия ($S_{\text{пред}}$) принимают «условную несущую способность», выражаемую величиной максимального воздействия от тех временных проектных нагрузок, на которые конструкция была запроектирована, и определяемую в соответствии с указаниями этих норм проектирования.

Воздействия от постоянных нагрузок и пешеходных нагрузок в расчете условной несущей способности не учитываются. Однако, если в процессе эксплуатации появилась дополнительная сверхпроектная нагрузка (например, от дополнительного слоя покрытия проезжей части), то условная несущая способность должна быть уменьшена на величину воздействия от этой дополнительной нагрузки.

Этот способ может использоваться, если сохранилась проектная ширина ездового полотна моста. При наличии дефектов, снижающих изначальную несущую способность конструкции, такое снижение должно быть соответствующим образом учтено в величине условной несущей способности.

В случае переустройства сооружения с заменой или усилением несущих конструкций в качестве проектной нагрузки следует рассматривать нагрузку, под которую проектировалось усиление.

Сведения о схемах и параметрах вертикальных нагрузок от транспортных средств, правила их установки, коэффициенты полосности и динамические коэффициенты, принятые в нормах проектирования различных лет приведены в приложении А.

4.2.5 Несущая способность $S_{пред}$ может быть получена:

- расчетом, произведенном в соответствии с настоящими Рекомендациями с учетом указаний действующих нормативных документов на проектирование мостовых сооружений, при известных параметрах сечения и материала;

- по расчетным листам проекта, если расчетные предпосылки и характеристики материалов конструкции соответствуют положениям действующих нормативных документов на проектирование мостовых сооружений;

- по результатам определения усилий, напряжений и деформаций от загружения проектными нагрузками года проектирования;

- итерационным расчетом, если несущая способность зависит от временной нагрузки.

4.2.6 Воздействия в элементах от нагрузок определяют по общим правилам строительной механики.

Как правило, следует использовать пространственные расчетные схемы и механизм загружения поверхностей влияния соответствующих воздействий.

Допускается использовать условно-пространственные расчетные схемы с механизмом загружения продольных линий влияния и линий влияния распределения поперечного давления.

4.3 Регулирование движения транспортных средств по мостовому сооружению по условию грузоподъемности

4.3.1 Регулирование неконтролируемого режима движения транспортных средств по мостовому сооружению следует производить в том случае, если класс сооружения по грузоподъемности, выраженный в единицах нагрузки АК, менее 11 (Как < 11). Однако, если при этом допустимая масса эталонной трехосной нагрузки $ЭН_3$ для этого сооружения, вычисленная с коэффициентом надежности по нагрузке γ_f = 1,2, окажется более 27 т, ограничения вводить не следует.

4.3.2 Ограничение допустимой общей массы транспортных средств для неконтролируемого режима осуществляется установкой дорожного знака 3.11 «Ограничение массы» в соответствии с указаниями ГОСТ Р 52289-2004 и ГОСТ Р 52290-2004.

4.3.3 Если грузоподъемность сооружения, определена грузоподъемностью конструктивного элемента, полученной расчетом на местную нагрузку (плита проезжей части и пр.), и при этом допускаемая осевая нагрузка менее 11 т, регулирование движения

осуществляется установкой дорожного знака 3.12 «Ограничение массы, приходящейся на ось транспортного средства» в соответствии с указаниями ГОСТ Р 52289-2004 и ГОСТ Р 52290-2004.

4.3.4 Возможность и условия пропуска транспортных средств с массой или осевыми нагрузками, превышающими установленную для сооружения грузоподъёмность, определяют соответствующим расчётом, предусматривающим контролируемый режим движения.

5 Назначение учитываемых в расчетах нагрузок и их сочетаний, системы расчетных коэффициентов

5.1 Постоянные и прочие нагрузки

5.1.1 Постоянные нагрузки принимаются в виде интенсивности на квадратный метр поверхности влияния или на погонный метр линии влияния.

Расчетное воздействие от постоянных нагрузок в элементе конструкции определяют по формуле

$$S_{\text{пост}} = \Sigma(\gamma_{fi} \cdot g_i \cdot \omega_i), \qquad (5.1.1)$$

где γ_{fi} – коэффициенты надежности к учитываемым постоянным нагрузкам, принимаемые в соответствии с указаниями таблицы 5.1.1; g_i – интенсивность учитываемых постоянных нагрузок, кПа (тс/м^2); ω_i – объем поверхности влияния воздействия под зоной приложения каждой постоянной нагрузки.

Таблица 5.1.1 – Коэффициенты надежности к постоянным нагрузкам и воздействиям

Нагрузки и воздействия	Коэффициенты надежности по нагрузке γ_f
Вес конструктивных элементов и другие нагрузки и воздействия, кроме указанных ниже в данной таблице	
при числе замеров 6 и более	1,05 (0,9)
при числе замеров менее 6	1,10 (0,9)
Вес слоев одежды мостового полотна (изоляция, защитный и выравнивающий слой)	
при числе замеров 6 и более	1,15 (0,95)
при числе замеров менее 6	1,20 (0,95)
Вес покрытия ездового полотна и тротуаров	1,20 (0,95)
Горизонтальное давление грунта при расчете опор и фундаментов	
от веса насыпи	1,40 (0,70)
от грунта, лежащего ниже поверхности земли	1,30 (0,80)

Примечание. Значения γ_f в скобках принимают в случаях, когда это приводит к более невыгодному воздействию на элементы конструкции.

Нагрузку от конструктивных элементов мостового полотна допускается принимать равномерно распределенной по площади мостового полотна, если величина ее на отдельных участках отклоняется от средней величины не более чем на 10%.

Для балочных пролетных строений нагрузку от собственного веса допускается принимать равномерно распределенной между балками, если величина для отдельных конструкций отклоняется от средней величины не более чем на 10%.

Коэффициент надежности к нагрузке от температурного воздействия при расчете грузоподъемности стальных, железобетонных рамных конструкций, сталежелезобетонных пролетных строений и гибких опор принимают равным 1,2.

5.1.2 Нагрузку от собственного веса элементов конструкции и мостового полотна при отсутствии проектных или иных сведений вычисляют с учетом данных по плотности (объемному весу) материалов (приложение В).

5.1.3 Нормативное вертикальное давление от веса грунта p_v, кПа (тс/м^2) определяют по формуле:

$$p_v = \gamma_n h, \tag{5.1.2}$$

где γ_n – нормативный удельный вес грунта, кН/м^3(тс/м^3); h – высота засыпки, м, определяемая для концевых опор от верха дорожного покрытия до рассматриваемого сечения (приложение Е [4]).

5.1.4 Нормативное горизонтальное (боковое) давление от собственного веса грунта примыкающей к опоре насыпи (призмы обрушения) определяют по формуле:

$$p_n = \gamma_n h \tau_n, \tag{5.1.3}$$

где τ_n – коэффициент нормативного бокового давления грунта засыпки опор:

$$\tau_n = \mathrm{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi_n}{2}\right) \tag{5.1.4}$$

где φ_n – нормативный угол внутреннего трения грунта, град.

При отсутствии лабораторных исследований допускается принимать удельный вес засыпки γ_n = 17,7 кН/м^3 (1,80 тс/м^3), нормативный угол внутреннего трения φ_n = 35° (при засыпке песчаным дренирующим грунтом).

Методика определения равнодействующего нормативного горизонтального (бокового) давления от собственного веса насыпного грунта, а также грунта, лежащего ниже естественной поверхности земли, на опоры мостов приведена в приложении Е [4].

5.1.5 Усилия от изменения температуры в стальных и железобетонных рамных конструкциях и гибких опорах вычисляют от перемещений Δ, вызванных изменениями температуры и определяемых по формуле:

$$\Delta = \alpha \Delta t l_i, \tag{5.1.5}$$

где l_i – расстояние от рассматриваемого сечения до точки, которая при изменении температуры остается неподвижной; Δt – амплитуда изменения температуры в течение года (п. 6.27 [4]); α – коэффициент линейного расширения, $\alpha = 0{,}00001$ для железобетона, $\alpha = 0{,}000012$ – для стали.

Изменение температуры в сталежелезобетонных конструкциях учитывают согласно п. 9.10 [4].

При учете в расчетах температурных воздействий используют коэффициенты сочетания нагрузок в соответствии с указаниями п. 5.4.

5.2 Пешеходная нагрузка

5.2.1 Расчетное воздействие от пешеходной нагрузки в рассчитываемом элементе определяется по формуле

$$S_{\text{пеш}} = \gamma_f g_{\text{пеш}} \cdot \Sigma \omega_{i\text{пеш}}, \tag{5.2.1}$$

где γ_f – коэффициент надежности к пешеходной нагрузке при совместном учете с временной вертикальной нагрузкой, принимаемый равным 1,2; $g_{\text{пеш}}$ – интенсивность учитываемой пешеходной нагрузки, принимаемая при учете совместно с эталонной нагрузкой АК и колоннами эталонных грузовиков $ЭН_3$ равной 2,0 кПа; $\omega_{i\text{пеш}}$ – объем поверхности влияния воздействия под зоной действия пешеходной нагрузки.

На служебных тротуарных проходах шириной менее 1 метра пешеходная нагрузка не учитывается.

5.2.2 При использовании аппарата линий влияния воздействие $S_{\text{пеш}}$ определяют с учетом коэффициентов поперечной установки по формуле

$$S_{\text{пеш}} = \gamma_f g_{\text{пеш}} \cdot K_{\text{пу}} \cdot \Sigma \omega_{i\text{пеш}}, \tag{5.2.2}$$

где $\omega_{i\text{пеш}}$ – площадь линии влияния воздействия под зоной действия пешеходной нагрузки; $K_{\text{пу}}$ – коэффициент поперечной установки.

Остальные обозначения приведены в п. 5.2.1.

5.3 Временные нагрузки

Вертикальные нагрузки

5.3.1 Воздействие от вертикальной временной нагрузки при различных её положениях на ездовом полотне определяют процедурой «прокатки» схемы нагрузки по поверхности влияния.

5.3.2 Расчетные воздействия от временных вертикальных нагрузок определяют по формулам:

$$\begin{cases} S_{\text{н,АК}} = \sum\limits_i s_i \left[\gamma_{fT} \left(1+\mu\right)_{\text{т}} \sum P_{ki}\, a_{ki} + \gamma_{fv}\, v_i \left(1+\mu\right)_v \omega_i \right]; \\ S_{\text{н,НК}} = \gamma_{f,\text{НК}} \left(1+\mu\right)_{\text{НК}} \sum P_{ki}\, a_{ki}\,; \\ S_{\text{н,Э}} = \gamma_{fT} \left(1+\mu\right)_{\text{т}} \sum\limits_i s_i \left(\sum P_{ki}\, a_{ki} \right), \end{cases} \qquad (5.3.1)$$

где $S_{\text{н,АК}}$, $S_{\text{н,НК}}$, $S_{\text{н,Э}}$ – соответственно воздействия от нагрузок по схемам АК, НК и эталонной трехосной нагрузки ЭН$_3$ (или произвольных колесных нагрузок); $(1+\mu)_{\text{т}}$, $(1+\mu)_v$, $(1+\mu)_{\text{НК}}$ – соответственно динамические коэффициенты к тележке, равномерно распределенной части нагрузки АК и нагрузке НК; γ_{fT}, γ_{fv}, $\gamma_{f\text{НК}}$ –коэффициенты надежности соответственно к осевой и распределенной частям временной нагрузки АК и нагрузке НК; s_i – коэффициенты полосности; P_{ki} – давление на k-е колесо временной нагрузки на i-ой полосе; a_{ki} – ордината поверхности влияния воздействия под k-м колесом на i-ой полосе; v_i – интенсивность распределенной временной части нагрузки АК на i-ой полосе, кПа (тс/м^2); ω_i – объем поверхности влияния воздействия под зоной приложения распределенной временной нагрузки.

Допускается загружать поверхности влияния давлениями от колес временных вертикальных нагрузок, распределенными по площади отпечатка колеса. Тогда в формулах (5.3.1) величина a_{ki} будет равна объему поверхности влияния воздействия под зоной отпечатка соответствующего колеса, а величина P_{ki} – интенсивности давления от колеса, распределенной по площади его отпечатка. При необходимости для получения более точного результата расчета размер отпечатка распределенного давления, а также интенсивность давления может быть определена с учетом распределения давления в толще одежды ездового полотна.

5.3.3 Воздействия от временных вертикальных нагрузок при использовании аппарата загружения линий влияния определяют с учетом коэффициентов поперечной установки по формулам:

$$\begin{cases} S_{\text{н,АК}} = K_{\text{пу.АК}} \sum_i s_i \left[\gamma_{fT} \left(1+\mu\right)_{\text{Т}} \sum P_{ki}\, a_{ki} + \gamma_{fv}\, v_i \left(1+\mu\right)_v \omega_i \right]; \\ S_{\text{н,НК}} = K_{\text{пу.НК}} \gamma_{f,\text{НК}} \left(1+\mu\right)_{\text{НК}} \sum P_{ki}\, a_{ki}\,; \\ S_{\text{н,Э}} = K_{\text{пу.Э}} \gamma_{fT} \left(1+\mu\right)_{\text{Т}} \sum_i s_i \left(\sum P_{ki}\, a_{ki} \right), \end{cases} \quad (5.3.2)$$

где $K_{\text{пу.АК}}$, $K_{\text{пу.НК}}$, $K_{\text{пу.Э}}$ – соответственно коэффициенты поперечной установки для нагрузок по схемам АК, НК и эталонной трехосной нагрузки ЭН$_3$ (или произвольных колесных нагрузок); P_{ki} – давление на $к$-ю ось временной нагрузки на i-ой полосе; a_{ki} – ордината линии влияния воздействия под $к$-ой осью на i-ой полосе; ω_i – площадь линии влияния воздействия под зоной приложения распределенной временной нагрузки.

Остальные обозначения приведены в п. 5.3.2.

Здесь также допускается вместо сосредоточенных величин давлений на оси использовать величины давления, распределенные по длине отпечатков колес.

5.3.4 Коэффициенты надежности, динамический коэффициент, коэффициенты полосности, учитывающие воздействие нагрузки с нескольких полос движения, для нагрузок АК и НК принимают согласно п.п. 4.1.3 и 4.1.4.

В случае, если расчет производится по условной несущей способности для конструкции, запроектированной по допускаемым напряжениям по нормам до СН 200-62, воздействие от временной вертикальной нагрузки, в единицах которой определяются классы грузоподъемности, следует определять со значением коэффициента надежности по нагрузке $\gamma_f = 1$, но с динамическим коэффициентом и коэффициентом полосности согласно указаниям п.п. 4.1.3 и 4.1.4.

Горизонтальные нагрузки

5.3.5 Воздействие горизонтальной продольной нагрузки от торможения или тягового усилия T с каждой полосы движения одного направления, где выполняется торможение, определяют:

- от распределенной части нагрузки АК

$$T_{\text{АК}} = T_1 K; \quad (5.3.3)$$

- от эталонной трехосной нагрузки ЭН$_3$ и произвольных колесных транспортных средств

$$T_{\text{Э}} = 0{,}5 \cdot s_i \gamma_{fv} m_{i,\text{Э}}, \quad (5.3.4)$$

где s_i – коэффициенты полосности; γ_{fv} – коэффициент надежности для временной нагрузки; $m_{\text{Э}}$ – вес эталонной трехосной нагрузки ЭН$_3$ и произвольных колесных транспортных средств, расположенных на поверхности (линии) влияния; λ – принимают согласно п. 4.1.3.

Величину T_1 принимают в пределах:

$$7{,}8 \le T_1 = 0{,}5 s_i\, 0{,}98\lambda \le 24{,}5$$ при расчетах в системе СИ;

$$0{,}8 \le T_1 = 0{,}5 s_i\, 0{,}10 \cdot \lambda \le 2{,}5$$ при расчетах в системе СГС.

Величину Tэ принимают не более:

- $0{,}3 \cdot m_Э$ – при значении $\lambda \le 25$ м;

- $0{,}6 \cdot m_Э$ – при значении $25 < \lambda \le 50$ м;

- $0{,}9 \cdot m_Э$ – при значении $\lambda > 50$ м.

При определении усилий от тормозной силы ее прикладывают:

- на расстоянии 1,5 м от верха покрытия проезжей части;

- при наличии балочных пролетных строений – в центре шарниров опорных частей;

- при расчете устоев – в уровне верха покрытия мостового полотна.

При расчетах грузоподъемности опор и фундаментов при опирании на них балочных пролетных строений допускается тормозную силу прикладывать в уровне центров опорных частей.

5.3.6 Допускается в запас прочности долю передачи тормозных нагрузок опорными частями на опору принимать величиной 50 % для резинометаллических опорных частей и 100 % – для всех опорных частей других типов, как подвижных, так и неподвижных. Однако если при подобном допущении классы элементов опоры оказываются недостаточными, расчет следует выполнить, определяя долю передачи тормозных нагрузок через опорные части согласно п. 6.20 [4].

5.3.7 Нормативное горизонтальное продольное давление грунта на концевые опоры мостов, а также на промежуточные опоры, расположенные в теле насыпи, от допускаемой временной вертикальной нагрузки, находящейся на призме обрушения, следует определять по приложению М [4] с учетом приложения В [5].

5.4 Сочетания нагрузок

5.4.1 При расчете грузоподъемности элементов мостовых сооружений рассматривают следующие сочетания нагрузок:

а) основное сочетание

[постоянные] + [вертикальные временные нагрузки];

б) дополнительное сочетание №1

[постоянные] + 0,8·[вертикальные временные нагрузки] + 0,7·[горизонтальные продольные нагрузки от торможения];

в) дополнительное сочетание №2

[постоянные] + 0,8·[вертикальные временные нагрузки] + 0,7·[горизонтальные продольные нагрузки от торможения] + 0,7·[горизонтальные продольные нагрузки от изменения температуры];

г) дополнительное сочетание №3

[постоянные] + 0,8·[вертикальные временные нагрузки] + 0,7·[нагрузки от изменения температуры].

5.4.2 Расчет на основное сочетание нагрузок выполняется во всех случаях. Расчеты на дополнительные сочетания №1 и №2 выполняют в случаях, если они могут стать определяющими для внецентренно сжатых элементов (опоры облегченного типа, опоры рамных мостов, опоры мостов с гибкими опорами, фундаменты опор и т.д.). Расчет на дополнительное сочетание №3 выполняют в случае, если он может стать определяющим при определении грузоподъемности составных сечений (например, сталежелезобетонных пролетных строений).

Другие нагрузки и их сочетания, предусмотренные действующими нормами проектирования мостов, рассматривают по необходимости.

5.4.3 При одновременном действии нескольких силовых факторов (например, продольной силы и изгибающего момента для внецентренно сжатых элементов или изгибающего момента и поперечной силы при расчете балочных конструкций в четвертях пролетов при расчете по приведенным напряжениям и т.д.), невыгодное положение временной нагрузки и соответствующие ему значения силовых факторов, участвующих в расчете, могут быть получены:

- для всех видов конструкций – путем загружения поверхностей (линий) влияния последовательно каждого из рассматриваемых силовых факторов на максимум (или минимум в зависимости от вида расчета) и получения соответствующих ему значений остальных силовых факторов путем загружения поверхностей (линий) влияния этих силовых факторов при одном и том же положении нагрузки;

- для элементов металлических и деревянных конструкций – путем загружения поверхностей (линий) влияния ядровых моментов или фибровых напряжений. Последние могут быть определены по формулам соответствующих разделов настоящих Рекомендаций.

6. Прочие рекомендации

6.1 Общие рекомендации по составлению расчетных схем при моделировании методом конечных элементов приведены в приложении Б. Общие рекомендации по учету последовательности (стадийности) монтажа, усилий от осадок опор, регулирования усилий, изменения температуры приведены в приложении Г. Общие рекомендации по определению расчетных длин внецентренно сжатых стержней приведены в приложении Д.

6.2 Справочные данные по соотношению физических величин в системах СГС и СИ, используемых в Рекомендациях, приведены в приложении Е.

Библиография

1. ОДМ 218.1.001-2010 Рекомендации по разработке и применению документов технического регулирования в сфере в дорожного хозяйства.

2. ОДМ 218.3.014-2011 Методика оценки технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах.

3. ОДМ 218.2.012-2011 Классификация конструктивных элементов искусственных дорожных сооружений.

4. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*.

5. ОДМ 218.4.028-2016 Методические рекомендации по определению грузоподъёмности эксплуатируемых мостовых сооружений на автомобильных дорогах общего пользования. Опорные части, опоры и фундаменты.

Приложение А

Краткие сведения по нормативным документам проектирования автодорожных мостов

А.1 Нормативные документы проектирования автодорожных мостов

При расчете воздействий в элементах конструкций от временной нагрузки по нормам года проектирования (определение условной несущей способности) следует использовать соответствующие нормативные документы на проектирование автодорожных мостов:

- Строительные нормы и правила. Мосты и трубы (СНиП 2.05.03-84*);

- Строительные нормы и правила. Мосты и трубы (СНиП 2.05.03-84);

- Технические условия проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб (СН 200-62) М. 1962 г.;

- Нормы подвижных вертикальных нагрузок для расчета искусственных сооружений на автомобильных дорогах (Н 106-53) (даны в виде приложения к нормам проектирования автомобильных дорог НиТУ 128-55);

- Правила и указания по проектированию железобетонных, металлических, бетонных и каменных искусственных сооружений на автомобильных дорогах, Гушосдор МВД СССР, 1948 г.;

- Технические условия на проектирование искусственных сооружений на автомобильных дорогах. Гушосдор НКВД, 1943 г.;

- Технические условия на сооружение автомобильных дорог и мостов. Гушосдор НКВД, 1938 г.;

Сооружения, построенные по более ранним нормам проектирования, практически выведены из эксплуатации.

Для расчета деревянных мостов по нормам проектирования 1938-1953 гг. применялась автомобильная нагрузка Н-8. В связи с практическим отсутствием в эксплуатации таких сооружений данная нагрузка в настоящих рекомендациях не рассматривается.

Расчеты несущих конструкций на силовые воздействия по нормам проектирования 1938-1953 гг. выполнялись по допускаемым напряжениям. Начиная с норм проектирования СН 200-62, расчеты выполнялись по предельным состояниям.

А.2 Нагрузки по нормам СНиП 2.05.03-84* и СНиП 2.05.03-84

Нормативные временные подвижные вертикальные нагрузки принимались:

а) от автотранспортных средств – в виде полос АК (рисунок А.2.1, *а*), каждая из которых включает одну двухосную тележку с осевой нагрузкой P, равной $9{,}81K$ кН ($1K$ тс), и равномерно распределенную нагрузку интенсивностью ν (на обе колеи) – $0{,}98K$ кН/м ($0{,}10K$ тс/м).

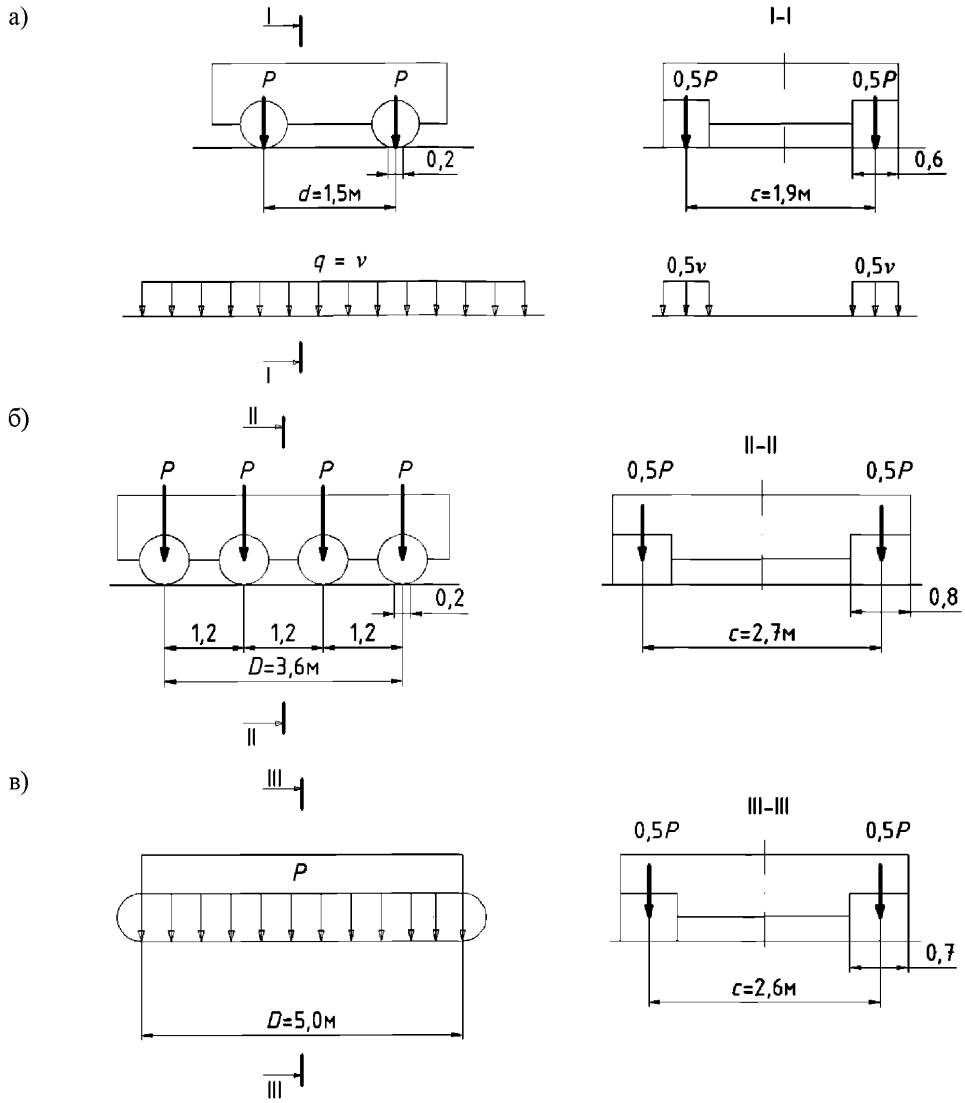


Рисунок А.2.1 – Схемы нагрузок:

а – нагрузка А11; *б* – нагрузка НК-80; *в* – нагрузка НГ-60

По СНиП 2.05.03-84* класс нагрузки *К* принимали равным 11 для всех мостов, кроме деревянных мостов на дорогах V категории и внутрихозяйственных дорогах II-с и III-с категорий, для которых он может приниматься равным 8.

По СНиП 2.05.03-84 класс нагрузки *К* принимали равным 11 для мостов на дорогах I-III категорий и в городах, а также для больших мостов (кроме деревянных) на дорогах IV и V категорий, и равным 8 для малых и средних мостов на дорогах IV и V категорий и на внутрихозяйственных дорогах. Элементы проезжей части мостов, запроектированных под нагрузку А8, проверяли на давление одиночной оси, равное 108 кН (11 тс).

б) от тяжелых одиночных колесных и гусеничных нагрузок:

- для мостов под нагрузку А11 – в виде одиночной колесной нагрузки НК-80 (рисунок А.2.1, *б*) общим весом 785 кН (80 тс) и осевой нагрузкой *Р*, равной 196 кН (20 тс);

- для мостов под нагрузку А8 – в виде одиночной гусеничной нагрузки НГ-60 (рисунок А.2.1, *в*) общим весом *Р* = 588 кН (60 тс).

Расчетные комбинации временных подвижных нагрузок: А11 и НК-80; А8 и НГ-60. Нагрузки НК-80 и НГ-60 совместно с автомобильной и пешеходной нагрузкой не учитывались.

Динамические коэффициенты, коэффициенты полосности и коэффициенты надежности к временным нагрузкам приведены в п. А.10.

Правила расстановки нагрузок

Нагрузка АК:

- при наличии линий (поверхностей) влияния, имеющих три или более участков разных знаков, тележкой загружается участок, дающий для рассматриваемого знака наибольшее значение усилия (перемещения), равномерно распределенной нагрузкой (с необходимыми ее перерывами по длине) загружаются все участки, вызывающие усилие (перемещение) этого знака;

- число полос нагрузки, размещаемой на мосту, не должно превышать установленного числа полос движения;

- расстояния между осями смежных полос нагрузки должны быть не менее 3,0 м;

- при многополосном движении в каждом направлении и отсутствии разделительной полосы на мосту ось крайней левой (внутренней) полосы нагрузки каждого направления не должна быть расположена ближе 1,5 м от осевой линии или линии, разделяющей направления движения.

Следует рассматривать два случая воздействия нагрузки АК:

первый — предусматривающий невыгодное размещение на проезжей части (в которую не входят полосы безопасности) числа полос нагрузки, не превышающего числа полос движения;

второй — предусматривающий при незагруженных тротуарах невыгодное размещение на всей ширине ездового полотна моста (в которое входят полосы безопасности) двух полос нагрузки (на однополосных мостах — одной полосы нагрузки).

При этом оси крайних полос нагрузки АК должны быть расположены не ближе 1,5 м от кромки проезжей части — в первом и от ограждения ездового полотна — во втором случаях.

Нагрузки НК-80 и НГ-60 устанавливают в любое положение по ширине проезжей части моста (без полос безопасности) для достижения наиболее неблагоприятного воздействия.

А.3 Нагрузки по нормам СН 200-62

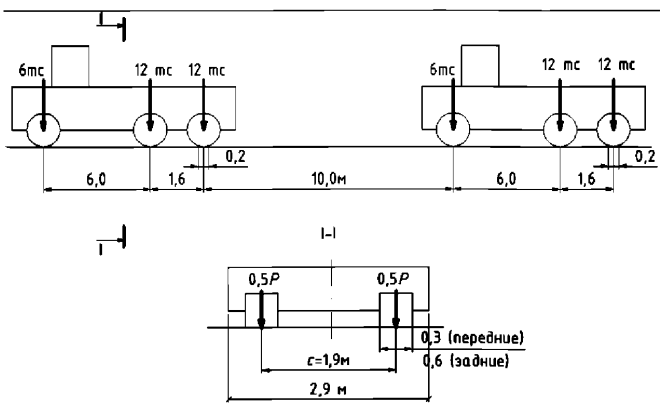
Нормативные временные подвижные вертикальные нагрузки для всех мостов кроме деревянных принимались по схемам Н-30 и НК-80, а для деревянных – соответственно по схемам Н-10 и НГ-60.

Нормативная автомобильная нагрузка Н-30 принималась в виде колонны следующих друг за другом трехосных грузовиков весом по 30 тс (рисунок А.3.1, *а*).

Нормативная автомобильная нагрузка Н-10 принималась в виде колонны следующих друг за другом двухосных грузовиков весом по 10 тс, среди которых имеется один утяжеленный автомобиль весом 13 тс (рисунок А.3.1, *б*).

Нормативная колесная нагрузка НК-80 (см. рисунок А.2.1, *б*) и нормативная гусеничная нагрузка НГ-60 (см. рисунок А.2.1, *в*) принимались каждая состоящими из одной машины.

а)



б)

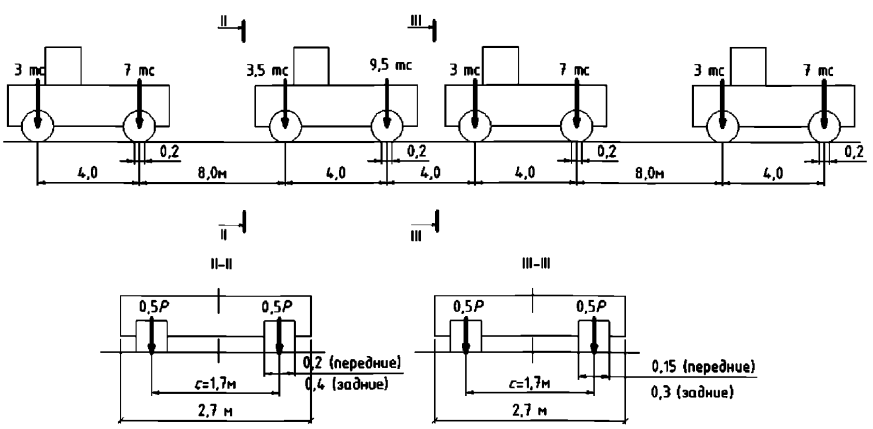


Рисунок А.3.1 – Схемы нагрузок:

а – нагрузка Н-30; *б* – нагрузка Н-10

Расчетные комбинации временных подвижных нагрузок: Н-30 и НК-80; Н-10 и НГ-60. Нагрузки НК-80 и НГ-60 совместно с автомобильной и пешеходной нагрузкой не учитывались.

Динамические коэффициенты, коэффициенты полосности и коэффициенты надежности к временным нагрузкам приведены в п. А.10.

По ширине проезда допускалось устанавливать любое количество колонн автомобилей, вызывающих наибольшее воздействие в рассчитываемых элементах, при условии, что:

- расстояние между кузовами соседних автомобилей будет не менее 0,1 м;

- габарит автомобиля (кузов) не выступает за пределы ширины проезда.

Колонны автомобилей на ездовом полотне устанавливались в расчетное положение параллельно продольной оси моста и направленными в одну сторону. При этом длина колонны не ограничивалась.

Каждая колонна автомобилей могла быть расположена с разрывами между отдельными автомобилями, если такое расположение вызывало наибольшее воздействие.

Нагрузка НК-80 и НГ-60 по ширине проезда устанавливалась в положение, вызывающее наибольшее воздействие в рассчитываемом элементе, но не ближе 0,25 м к краю проезда, считая от края обода или гусеницы.

А.4 Нагрузки по нормам Н 106-53

Нормативные временные подвижные вертикальные нагрузки для расчета искусственных сооружений назначались в различных комбинациях в зависимости от категории автомобильной дороги (таблица А.4.1).

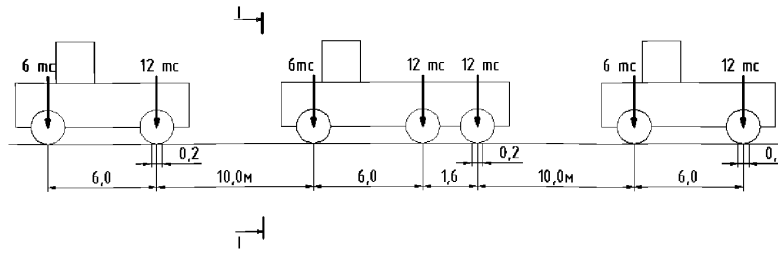
Таблица А.4.1 – Расчетные комбинации временных подвижных нагрузок для капитальных сооружений

Категория дороги	Автомобильная нагрузка (колонны грузовиков)	Колесная или гусеничная нагрузка
I – II	Н-18	НК-80
III	Н-13	НГ-60
IV	Н-13	НГ-60 или НГ-30
V	Н-10	НГ-60 или НГ-30

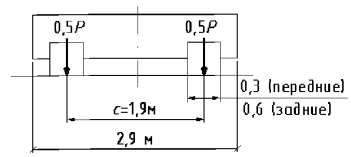
Нормативная автомобильная нагрузка Н-18 принималась в виде колонны следующих друг за другом двухосных грузовиков весом по 18 тс, среди которых имеется один утяжеленный трехосный автомобиль весом 30 тс (рисунок А.4.1, *а*).

Нормативная автомобильная нагрузка Н-13 принималась в виде колонны следующих друг за другом двухосных грузовиков весом по 13 тс, среди которых имеется один утяжеленный автомобиль весом 16,9 тс (рисунок А.4.1, *б*).

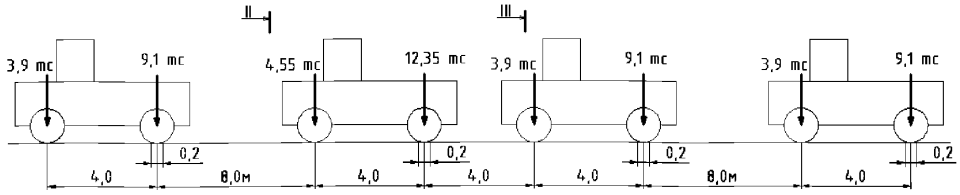
а)



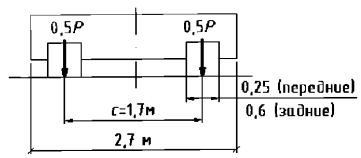
I–I



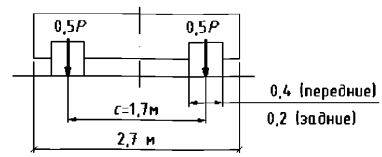
б)



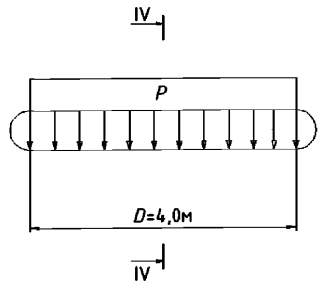
II–II



III–III



в)



IV–IV

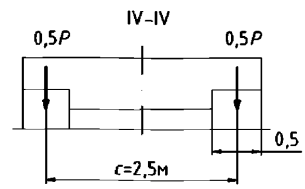


Рисунок А.4.1 – Схемы нагрузок:

а – нагрузка Н-18; *б* – нагрузка Н-13; *в* – нагрузка НГ-30

Нормативная автомобильная нагрузка Н-10 принималась в виде колонны следующих друг за другом двухосных грузовиков весом по 10 тс, среди которых имеется один утяжеленный автомобиль весом 13 тс (см. рисунок А.3.1, *б*).

Нормативная колесная нагрузка НК-80 (см. рисунок А.2.1, *б*) и нормативные гусеничные нагрузки НГ-60 (см. рисунок А.2.1, *в*) и НГ-30 (общим весом P = 294 кН (30 тс), рисунок А.3.1, *в*) принимались каждая состоящими из одной машины.

Колесная нагрузка НК-80 и гусеничные нагрузки совместно с автомобильной и пешеходной нагрузкой не учитывались. При расчете на колесную и гусеничную нагрузки допускаемые напряжения на материалы несущих конструкций повышали на 30 %.

Динамические коэффициенты, коэффициенты полосности к временным нагрузкам приведены в п. А.10.

По ширине проезда допускалось устанавливать любое количество колонн автомобилей, вызывающих наибольшее воздействие в рассчитываемых элементах, при условии, что:

- расстояние между кузовами автомобилей в соседних колоннах не менее 0,1 м;

- габарит автомобиля (кузов) в крайних колоннах не выступает за пределы ширины проезда.

Колонны автомобилей на ездовом полотне устанавливались в расчетное положение параллельно оси сооружений и направленными в одну сторону. При этом длина колонны не ограничивалась.

Каждая колонна автомобилей могла быть расположена с разрывами между отдельными автомобилями, если такое расположение вызывало наибольшее воздействие.

Колесная нагрузка НК-80 и гусеничные нагрузки по ширине проезда устанавливалась в положение, вызывающее наибольшее воздействие в рассчитываемом элементе, но не ближе 0,25 м к краю проезда, считая от края обода или гусеницы.

А.5 Нагрузки по нормам Гушосдор 1948 г.

Нормативные временные подвижные вертикальные нагрузки для расчета капитальных сооружений назначались в виде колонн автомобилей по схемам Н-13 и Н-10 (см. рисунки А.4.1, *б* и А.3.1, *б*), и одиночных гусеничных нагрузок, обозначенных в нормах как Н-60 и Н-30. Параметры гусеничных машин Н-60 и Н-30 аналогичны гусеничной нагрузке НГ-60 (см. рисунок А.2.1, *в*) и НГ-30 (см. рисунок А.3.1, *в*) соответственно.

Расчетные комбинации временных подвижных нагрузок: Н-13 и НГ-60; Н-10 и НГ-60; Н-13 и НГ-30; Н-10 и НГ-30. Конкретное значение устанавливалось заданием на проектирование.

Гусеничные нагрузки совместно с автомобильной и пешеходной нагрузкой не учитывались. При расчете на гусеничные нагрузки допускаемые напряжения на материалы несущих конструкций повышали на 30 %.

Динамические коэффициенты, коэффициенты полосности к временным нагрузкам приведены в п. А.10.

По ширине проезда допускалось устанавливать любое количество колонн автомобилей, вызывающих наибольшее воздействие в рассчитываемых элементах, при условии, что:

- расстояние между кузовами автомобилей в соседних колоннах не менее 0,1 м (минимальное расстояние между осями соседних колонн 2.8 м);

- габарит автомобиля (кузов) в крайних колоннах не выступает за пределы ширины проезда.

Колонны автомобилей на ездовом полотне устанавливались в расчетное положение параллельно продольной оси сооружений и направленными в одну сторону. При этом длина колонны не ограничивалась.

Каждая колонна автомобилей могла быть расположена с разрывами между отдельными автомобилями, если такое расположение вызывало наибольшее воздействие.

Гусеничные нагрузки по ширине проезда устанавливалась в положение, вызывающее наибольшее воздействие в рассчитываемом элементе, но не ближе 0,25 м к краю проезда, считая от края гусеницы.

А.6 Нагрузки по нормам Гушосдор 1943 г.

Нормативные временные подвижные вертикальные нагрузки для расчета капитальных сооружений назначались в виде колонны автомобилей по схеме Н-10 (см. рисунок А.3.1, *б*) и одиночных гусеничных нагрузок от тракторов Т-60/5 и Т-30/4 (см. рисунки А.2.1, *в* и А.3.1, *в* соответственно). Цифровые индексы гусеничных нагрузок соответствовали массе трактора в тоннах (в числителе) и длине гусеничного отпечатка в метрах (в знаменателе). Нагрузка Н-13 норм проектирования была исключена в связи с необходимостью экономии строительных материалов в военное время.

Расчетные комбинации временных подвижных нагрузок: Н-10 и Т-60/5; Н-10 и Т-30/4. Конкретное значение устанавливалось заданием на проектирование.

Гусеничные нагрузки совместно с автомобильной и пешеходной нагрузкой не учитывались.

При расчете на гусеничные нагрузки допускаемые напряжения на материалы несущих конструкций повышали на 30 %.

Динамические коэффициенты, коэффициенты полосности к временным нагрузкам приведены в п. А.10.

По ширине проезда допускалось устанавливать любое количество колонн автомобилей, вызывающих наибольшее воздействие в рассчитываемых элементах, при условии, что:

- расстояние между кузовами автомобилей в соседних колоннах не менее 0,1 м (минимальное расстояние между осями соседних колонн 2,8 м);

- габарит автомобиля (кузов) в крайних колоннах не выступает за пределы ширины проезда.

Колонны автомобилей на ездовом полотне устанавливались в расчетное положение параллельно продольной оси сооружений и направленными в одну сторону. При этом длина колонны не ограничивалась.

Каждая колонна автомобилей могла быть расположена с разрывами между отдельными автомобилями, если такое расположение вызывало наибольшее воздействие.

Гусеничные нагрузки по ширине проезда устанавливалась в положение, вызывающее наибольшее воздействие в рассчитываемом элементе, но не ближе 0,25 м к краю проезда, считая от края гусеницы.

А.7 Нагрузки по нормам Гушосдор 1938 г.

Нормативные временные подвижные вертикальные нагрузки для расчета искусственных сооружений назначались в различных комбинациях в зависимости от класса (категории) автомобильной дороги.

Таблица А.7.1 – Расчетные комбинации временных подвижных нагрузок для капитальных сооружений

Класс дороги	Количество полос	Габариты проезда	Автомобильная нагрузка	Тракторная (гусеничная) нагрузка
I	4	Г-14 и Г-16,5	Н-13	Т-60
II	2	Г-7 и Г-9,5, Г-6,5 в горной местности	Н-10	Т-25 (Т-60 – по указанию)
III	2	Г-6,5 и Г-8,5	Н-10	Т-25 (Т-60 – по указанию)

Гусеничные нагрузки совместно с автомобильной и пешеходной нагрузкой не учитывались. При расчете на гусеничные нагрузки допускаемые напряжения на материалы несущих конструкций повышали на 30 %.

Динамические коэффициенты, коэффициенты полосности к временным нагрузкам приведены в п. А.10.

Нагрузка Н-13 (см. рисунок А.4.1, *б*) в составе 4-х колонн при габарите проезда не менее 14 м располагалась по две колонны на каждой половине ширины проезда в любом положении, но без захода габарита ближайшей к оси проезжей части колонны на соседнюю

половину. При меньшем количестве колонн, они устанавливались по ширине проезда в любое невыгодное положение.

Для мостов на дорогах II и III классов по ширине проезда устанавливалось любое количество колонн нагрузки Н-10 (см. рисунок А.3.1, *б*), допускаемое габаритом и вызывающих наибольшее воздействие в рассчитываемых элементах. Во всех случаях должны были быть соблюдены следующие условия:

- расстояние между кузовами автомобилей в соседних колоннах не менее 0,1 м (минимальное расстояние между осями соседних колонн 2,8 м);

- габарит автомобиля (кузов) в крайних колоннах не выступает за пределы ширины проезда.

Колонны автомобилей на ездовом полотне устанавливались в расчетное положение параллельно продольной оси сооружений и направленными в одну сторону. При этом длина колонны не ограничивалась.

Каждая колонна автомобилей могла быть расположена с разрывами между отдельными автомобилями, если такое расположение вызывало наибольшее воздействие.

Гусеничные нагрузки по ширине проезда устанавливалась в любое положение, вызывающее наибольшее воздействие в рассчитываемом элементе.

А.8 Параметры нормативных нагрузок

В таблицах А.8.1 и А.8.2 приведены основные параметры нормативных автомобильных и гусеничных нагрузок.

Таблица А.8.1 – Основные параметры автомобильных нормативных нагрузок

Наименование параметра	Схема нагрузки						
	Н-30	Н-18	Н-13	Н-10	Н-18	Н-13	Н-10
		утяжеленный			нормальный		
Вес расчетного автомобиля, тс	30	30	16,9	13	18	13	10
Нагрузка на заднюю ось, тс	2×12	2×12	12,35	9,5	12	9,1	7
Нагрузка на переднюю ось, тс	6	6	4,55	3,5	6	3,9	3
Ширина кузова, м	2,9	2,9	2,7	2,7	2,9	2,7	2,7
База автомобиля, м	6,6	6,6	4,0	4,0	6,0	4,0	4,0
Расстояние между осями скатов (колея), м	1,9	1,9	1,7	1,7	1,9	1,7	1,7
Ширина отпечатка заднего ската, м	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,4	0,3
Ширина отпечатка переднего ската, м	0,3	0,3	0,25	0,2	0,3	0,2	0,15
Длина отпечатка ската (вдоль движения), м	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Таблица А.8.2 – Основные параметры гусеничных нормативных нагрузок

Наименование параметра	НГ-60	НГ-30	Т-60/5	Т-30/4	Т-60	Т-25
Полный вес нагрузки, тс	60,0	30,0	60,0	30,0	60,0	25,0
Давление на 1 п.м. гусеницы, тс/м	6,0	3,75	6,0	3,75	4,6	2,5
Число гусениц машины	2	2	2	2	2	2
Длина отпечатка гусеницы, м	5,0	4,0	5,0	4,0	6,5	5,0
Ширина гусеницы, м	0,7	0,5	0,7	0,5	0,6	0,4
Расстояние между осями гусениц, м	2,6	2,5	2,6	2,5	2,5	2,5

Примечание. Схема одиночной гусеничной нагрузки Т-25 (общим весом P = 245 кН (25 тс)), соответствует схеме нагрузки НГ-30 (рисунок А.3.1, *в*).

А.9 Временная нагрузка от пешеходов на тротуарах

Интенсивность временной нагрузки от пешеходов на тротуарах при расчетах основных несущих конструкций автодорожных мостов принималась:

- по нормам Гушосдора 1938 г. и 1943 г. – 400 кгс/м^2 при длине загружаемого участка до 20 м, 300 кгс/м^2 при длине более 30 м, для промежуточных значений – по интерполяции;

- по нормам Гушосдора 1948 г. и Н 106-53 – 300 кгс/м^2;

- по СН 200-62 – 400 кгс/м^2;

- по СНиП 2.05.03-84 и СНиП 2.05.03.84* – $p = 3{,}92 - 0{,}0196\lambda$, кПа, $\left(p = 400 - 2\lambda, \text{кгс/м}^2\right)$, но не менее 1,96 кПа (200 кгс/м^2), где λ – длина загружения (сумма длин при загружении двух участков и более), м.

А.10 Расчетные коэффициенты к временным нагрузкам

В таблицах А.10.1-А10.3 приведены коэффициенты надежности, полосности и динамические коэффициенты по различным нормам проектирования.

Таблица А.10.1 – Коэффициенты надежности по нагрузке γ_f

Нагрузка	Случай применения	Коэффициент надежности
1	2	3
Колонны грузовиков, одиночные колесные и гусеничные нагрузки по нормам 1938-1953 гг.	При всех расчетах на вертикальные и горизонтальные воздействия	1,0
Колонны грузовиков по нормам СН 200-62		1,4
НК-80 и гусеничные нагрузки по нормам СН 200-62		1,1

Продолжение таблицы А.10.1

1	2	3
Тележка АК	При расчетах элементов проезжей части	1,50
	При расчетах всех других элементов	1,50 при $\lambda^{*)} = 0$ 1,20 при $\lambda \geq 30$ м
Равномерно распределенная часть нагрузки АК	При всех расчетах на вертикальные и горизонтальные воздействия	1,20
НК-80 и НГ-60 по СНиП 2.05.03-84*		1,0

Примечание. *) Здесь λ – длина участка линии (поверхности) влияния одного знака; для промежуточных значений λ коэффициенты γ_f принимают по интерполяции.

Таблица А.10.2 – Коэффициенты полосности для колонн грузовиков (значения указаны для каждой полосы движения)

Количество полос движения	Нормы проектирования					
	1938 г.	1943 г.	1948 г.	Н106-53	СН 200-62 при $\lambda \leq 25$ м	СН 200-62 при $\lambda > 25$ м
1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9
3	0,85*)	0,85*)	0,85*)	0,85*)	1	0,8
4	0,75**) (для Н-10) 1,0 (для Н-13)	0,75**)	0,75**)	0,75**)	1	0,7
Более 4-х	-	-	-	-	1	0,7

Примечание. *) Максимальное воздействия от 3-х колонн с учетом снижения величины коэффициента полосности не должно быть меньшим, чем от 2-х колонн;

**) Максимальное воздействие от 4-х колонн с учетом снижения величины коэффициента полосности не должно быть меньшим, чем от 2-х колонн.

Согласно СНиП 2.05.03-84* коэффициент полосности принимали:

- с одной полосы движения, где нагрузка приводит к самым неблагоприятным результатам, равным 1,0 для тележек и равномерно распределенной части нагрузки;

- с остальных полос движения для нагрузки АК равным: 1,0 – для тележек и 0,6 – для равномерно распределенной части нагрузки.

Динамический коэффициент для всех одиночных гусеничных и колесных нагрузок для всех элементов мостового сооружения принимался: по нормам до 1984 г. – $1+\mu = 1,0$; по СНиП 2.05.03-84 и СНиП 2.05.03-84* – $1+\mu = 1,1$.

Таблица А.10.3 – Динамические коэффициенты для колонн грузовиков и нагрузки АК

Конструкция	Нормы проектирования					
	1938 г.	1943г.	1948 г.	Н106-53	СН 200-62	СНиП 2.05.03-84*
1	2	3	4	5	6	7
Металлические и сталежелезобетонные пролетные строения всех систем кроме элементов главных ферм висячих и вантовых мостов	$1+\mu = 1+15/(37,5+\lambda)$	$1+\mu = 1+15/(37,5+\lambda)$	$1+\mu = 1+15/(37,5+\lambda)$	$1+\mu = 1+15/(37,5+\lambda)$	$1+\mu = 1+15/(37,5+\lambda)$	$1+\mu = 1+15/(37,5+\lambda)$
Элементы главных ферм металлических пролетных строений и металлических пилонов висячих и вантовых мостов	$1+\mu= 1+50/(75+\lambda)$	$1+\mu= 1+50/(75+\lambda)$	$1+\mu= 1+50/(75+\lambda)$	$1+\mu= 1+50/(75+\lambda)$	$1+\mu= 1+50/(75+\lambda)$	$1+\mu= 1+50/(75+\lambda)$
Железобетонные балочные пролетные строения, рамные конструкции, сквозные надарочные строения	$1+\mu = =1,1+0,01\cdot(15-\lambda)$, не более 1,2 и не менее 1,1	$1+\mu = =1,0+0,01\cdot(45-\lambda)$, не более 1,4 и не менее 1,0	$1+\mu = =1,0+0,0075\cdot(45-\lambda)$, не более 1,3 и не менее 1,0	$1+\mu = =1,0+0,0075\cdot(45-\lambda)$, не более 1,3 и не менее 1,0	$1+\mu = =1,0+0,0075\cdot(45-\lambda)$ не более 1,3 и не менее 1,0	$1+\mu = =1,0+0,0075\cdot(45-\lambda)$ не менее 1,0

Продолжение таблицы А.10.3

1	2	3	4	5	6	7
Арки и своды арочных железобетонных пролетных строений со сквозной надарочной конструкцией	$1+\mu = 1,0+0,003\cdot(70-\lambda)$, не более 1,15 и не менее 1,0	$1+\mu = 1,0+0,005\cdot(70-\lambda)$, не более 1,25 и не менее 1,0	$1+\mu = 1,0+0,004\cdot(70-\lambda)$, не более 1,2 и не менее 1,0	$1+\mu = 1,0+0,004\cdot(70-\lambda)$, не более 1,2 и не менее 1,0	$1+\mu = 1,0+0,004\cdot(70-\lambda)$, не более 1,2 и не менее 1,0	$1+\mu = 1+0,004\cdot(70-\lambda)$ не менее 1,0
Железобетонные, бетонные и каменные арки со сплошным надсводным строением	$1+\mu = 1,0+0,002\cdot(70-\lambda)$, не более 1,1 и не менее 1,0	$1+\mu = 1,0$	$1+\mu = 1,0$	$1+\mu = 1,0$	$1+\mu = 1,0$	$1+\mu = 1,0$
Деревянные конструкции пролетных строений	$1+\mu = 1,0$	$1+\mu = 1,0$	$1+\mu = 1,0$	$1+\mu = 1,0$	$1+\mu = 1,0$	$1+\mu = 1,0$
Массивные опоры (бетонные, каменные), деревянные опоры, фундаменты и основания	$1+\mu = 1,0$	$1+\mu = 1,0$	$1+\mu = 1,0$	$1+\mu = 1,0$	$1+\mu = 1,0$	$1+\mu = 1,0$
Элементы металлических опор кроме пилонов висячих и вантовых мостов	$1+\mu = 1+15/(37,5+\lambda)$	$1+\mu = 1+15/(37,5+\lambda)$	$1+\mu = 1+15/(37,5+\lambda)$	$1+\mu = 1+15/(37,5+\lambda)$	$1+\mu = 1+15/(37,5+\lambda)$	$1+\mu = 1+15/(37,5+\lambda)$

Продолжение таблицы А.10.3

1	2	3	4	5	6	7
Элементы металлических пилонов висячих и вантовых мостов	1+μ= 1+15/(37,5+λ)	1+μ = 1+15/(37,5+λ)	1+μ = 1+15/(37,5+λ)	1+μ = 1+15/(37,5+λ)	1+μ = 1+50/(70+λ)	1+μ = 1+50/(70+λ)
Железобетонные сквозные, тонкостенные и стоечные опоры	1 + μ = 1,00	1+μ= =1,0+0,01·(45-λ), не более 1,4 и не менее 1,0	1+μ= =1,0+0,0075·(45-λ), не более 1,3 и не менее 1,0	1+μ = =1,0+0,0075·(45-λ), не более 1,3 и не менее 1,0	1+μ = =1,0+0,0075·(45-λ) не более 1,3 и не менее 1,0	1+μ = =1,0+0,0075·(45-λ) не менее 1,0

Приложение Б.

Рекомендации по составлению конечно-элементных расчетных моделей для получения линий и поверхностей влияния усилий

Численное моделирование элементов мостовых сооружений целесообразно выполнять стрежневыми изгибаемыми (балочными) конечными элементами с шестью степенями свободы (в англоязычных программах имеют название «Beam»). Такие конечные элементы обеспечивают непосредственное получение необходимых силовых компонент – продольной и двух поперечных сил, крутящего и двух изгибающих моментов. Стержневые конечные элементы применяют для моделирования элементов мостовых конструкции (в том числе – переменного сечения), длина которых не менее чем в 5 раз превышает высоту сечения.

Для расчетов элементов мостов, работающих на местные нагрузки (железобетонная и ортотропная плиты проезжей части), для расчетов на местную устойчивость, а также в других случаях, когда неприменимы стержневые элементы, необходимо использовать плитные (плоскостные) конечные элементы, имеющие, как правило, пять степеней свободы и допускающие изгиб как в плоскости, так и из плоскости. В англоязычных программах такие конечные элементы имеют названия «Plate» или «Shell». Такие элементы позволяют получать погонные усилия (три продольные силы вдоль осей координат и два момента вокруг осей в плоскости элемента), распределенные на длину конечного элемента. Поскольку длины сторон плитных конечных элементов далеко не всегда равны 1 м, то фактическую длину распределения усилий следует учитывать при определении, например, несущего момента при расчете железобетонной плиты проезжей части.

Как правило, плитные конечные элементы подразделяют на два типа:

- элементы на базе теории тонких плит Кирхгофа, целесообразно использовать для моделирования тонкостенных элементов стальных конструкций;
- элементы на базе теории Миндлина-Рейсснера, позволяющие учитывать деформации сдвига по высоте плиты, целесообразно использовать для моделирования элементов толстостенных железобетонных конструкций.

Возможна также комбинация в одной конечно-элементной схеме стержневых и плитных элементов при учете особенностей стыковки элементов с разным числом степеней свободы.

Использование объемных конечных элементов (в англоязычных программах такие конечные элементы имеют название «Solid») для расчетов грузоподъемности не целесообразно.

Б.1 Расчетные модели балочных разрезных пролетных строений

Б.1.1 Моделирование пролетного строения балочным ростверком

Железобетонные балочные пролетные строения, объединенные по плите проезжей части

Расчетная схема представляет собой систему перекрестных балок (балочную клетку или балочный ростверк), как правило, имеющих жесткость двух типов. Элементы первого типа жесткости предназначены для моделирования главных балок пролетного строения и имеют соответствующие характеристики жесткости. Элементы второго типа жесткости являются в расчетной схеме поперечными балками и предназначены для объединения главных балок в пространственную схему. Для назначения жесткости поперечных балок, как правило, применяют прямоугольное поперечное сечение высотой, равной толщине плиты, и шириной, равной расстоянию между узлами сетки на главных балках.

Армирование балок при назначении жесткости элементов допускается не учитывать.

В продольном направлении главные балки необходимо разбивать не менее чем на 10 конечных элементов. Как правило, степень разбивки определяется подбором, если результаты расчета при более крупной и более мелкой сетке отличаются незначительно, то дальнейшее дробление на конченые элементы не целесообразно.

В поперечном направлении достаточно располагать узлы конечно-элементной сетки только на главных балках. Разделение поперечных балок на большее количество конечных элементов не целесообразно.

Узлы сетки балочных пролетных строений, жесткость которых незначительно меняется по длине пролета, достаточно располагать на уровне центров тяжести конечных элементов. При существенном изменении высоты сечения (например, для рамно-консольных мостов) может потребоваться введение дополнительных узлов для закрепления балок, которые должны быть связаны с узлами на геометрической оси элементов двухузловыми упругими связями (пружинами). Жесткость таких связей по вертикали может быть бесконечно большой, а в горизонтальных направлениях соответствовать подвижности опорных частей.

Узлы модели должны располагаться:

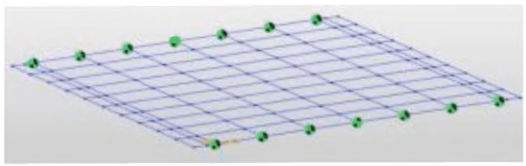
- В точках, где должны быть получены результаты расчета;
- В местах приложения нагрузок;
- В местах изменения жесткости;
- В местах изменения свойств материала;
- На границах конструкции.

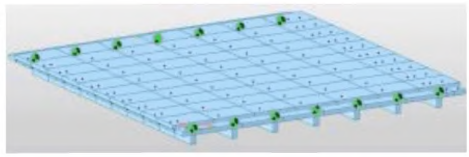
Закрепление модели необходимо выполнять согласно фактической работе опорных частей. При установке РОЧ от перемещений вдоль моста достаточно закрепить один узел, а

от перемещений поперек моста – по одному узлу на концах средней (или ближайшей к оси пролетного строения) главной балки. Перемещения по вертикали закрепляются во всех узлах на опорах, все углы поворота могут быть свободны.

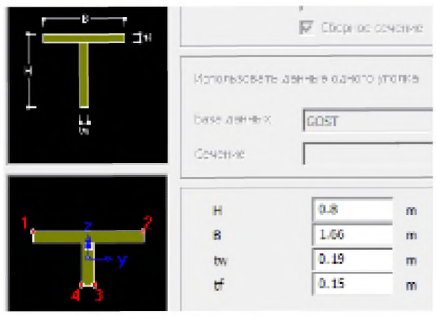
Пример расчетной модели пролетного строения по типовому проекту 56Д показан на рисунке Г.1.1.

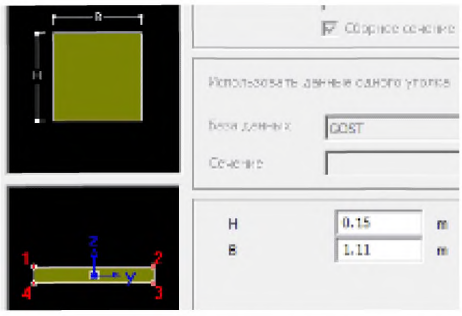
а) б)





в) г)





д)

Узлы	D_x	D_y	D_z	R_x	R_y	R_z
Начало пролета, промежуточные балки	0	0	1	0	0	0
Начало пролета, средняя балка	0	1	1	0	0	0
Конец пролета, промежуточные балки	0	0	1	0	0	0
Конец пролета, средняя балка	1	1	1	0	0	0

Рисунок Б.1.1 – Расчетная модель пролетного строения по типовому проекту 56Д (глобальная ось координат X направлена поперек пролета, глобальная ось координат Y направлена вдоль пролета):

а) схема в геометрических осях с закреплениями; б) схема «в теле»; в) сечение элементов главных балок; г) сечение элементов поперечных балок; д) степени свободы в опорных узлах (D_i – линейное перемещение, R_i – поворот, 0 – перемещение разрешено, 1 – перемещение запрещено)

Для рассматриваемых конструкций для приложения постоянных нагрузок целесообразно рассматривать две расчетные схемы – собственный вес и вес стыков омоноличивания прикладывают в расчетной схеме одной балки, остальные нагрузки – в пространственной расчетной схеме балочного ростверка. Однако, если различие в результатах не велико, то допускается все нагрузки прикладывать только в пространственной расчетной схеме.

Б.1.2 Моделирование пролетных строений и опор плитными (пластинчатыми) конечными элементами

Плитные (пластинчатые) конечные элементы целесообразно использовать для определения грузоподъемности мостов, расположенных в кривых, элементов мостов, работающих на местную нагрузку, плитных элементов фундаментов, при определении грузоподъемности балок по фибровым напряжениям и в некоторых других случаях.

Для моделирования целесообразно применять четырехузловые плитные (пластинчатые) конечные элементы, допускающие приложение нагрузок перпендикулярно плоскости элемента. Сетка таких элементов должна быть более мелкой в тех местах, где ожидаются наибольшие напряжения или требуются детальные результаты расчета.

Сгущение сетки применяется в следующих областях:

- геометрической неоднородности или близости к отверстиям;
- где прикладываемые нагрузки наиболее существенны, например точечные нагрузки относительно большой величины или в зонах опирания;
- где жесткость или свойства материалов меняются;
- с границами неправильной формы;
- где ожидается концентрация напряжений;
- где требуются более детальные результаты внутренних сил или напряжений в элементах.

Формы и размеры элементов должны быть по возможности унифицированы. Соотношение размеров сторон должно стремиться к 1:1, и по возможности не быть меньше 1:4. Различие в размерах соседних элементов не должно превышать значение 1:2. Для изменения размеров элементов лучше использовать логарифмические зависимости. Для переходной жесткости допускается соотношение размеров менее 1:10.

Следует стремиться соблюдать углы около 90° для четырехугольных элементов и около 60° для треугольных элементов. В любом случае внутренние углы элементов не должны выходить за пределы интервала от 45° до 135° для четырехугольных элементов и от 30° до 150° для треугольных элементов.

При моделировании опирания пролетного строения на опору во избежание получения неверной концентрации напряжений следует узел закрепления пролетного строения соединять с соседними узлами двухузловыми упругими связями с характеристиками жестких вставок.

При стыковании в узле стержневого и плитного элементов как имеющих разное количество степеней свободы (например, при моделировании опирания тела опоры на ростверк фундамента, когда тело опоры моделируется стержневыми элементами, а ростверк

– плитными), следует принимать меры для компенсации такого несоответствия. В качестве подобных мер могут служить также применение двухузловых упругих связей (пружин) с характеристиками жестких вставок или введение дополнительных стержневых балочных элементов с бесконечной изгибной жесткостью для связи узла контакта тела опоры и ростверка с узлами соседних плитных элементов.

Б.2 Моделирование косых мостов

Алгоритм представляет собой последовательность построения поверхностей влияния для пролетных строений балочных разрезных пролетных строений.

Для расчета предпочтительны стержневые двухузловые изгибаемые конечные элементы с шестью степенями свободы в узле. Конструкция моделируется балочным ростверком (см. п. Б.1.1) – системой продольных и поперечных перекрестных стержней. Число продольных стержней равно числу балок в пролетном строении. Число стержней, моделирующих работу конструкции в поперечном направлении, равно числу участков разбиения конструкции вдоль пролета. Продольные стержни имеют характеристики балок, а поперечные стержни – характеристики плиты. Дополнительные поперечные стержни назначаются в створах, в которых необходимо получить поверхности влияния силовых факторов.

Система координат прямоугольная, начало координатных осей совпадает с начальным (опорным) узлом первой балки в пролетном строении. Ось «*y*» направлена вдоль оси первой балки в пролетном строении, ось «*x*» направлена вправо.

В зависимости от косины моста α могут быть использованы три варианта алгоритма:

Алгоритм «А», $-10° < \alpha < 10°$.

Алгоритм «Б», $\alpha \le -10°$, $\alpha \ge 10°$.

Алгоритм «В», $\alpha > \text{arctg}\,(L_р / B)$,

где $L_р$ – расчетный пролет, B – расстояние между крайними балками в пролетном строении.

Алгоритм «А»

Формирование модели рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1) Создают стержневые конечные элементы, моделирующие работу главных балок пролетного строения (далее – тип «Б»). Геометрические характеристики стержней и модуль упругости принимают в соответствии с их фактическими значениями.

2) В начале стержня, соответствующего началу каждой балки пролетного строения, устанавливают шарнирно-неподвижные опоры, в конце – шарнирно-подвижные. Для стержней, моделирующих плитные, плитно-ребристые (сводчатые) балки, дополнительно запрещают углы поворота относительно их продольных осей. Это связано с тем, что балки

этого типа устанавливаются на два ребра, а не на одно, то есть предполагается, что угол закручивания опорных сечений равен нулю.

3) Создание стержневых конечных элементов, моделирующих работу плиты проезжей части (далее – тип «П»). Эти стержни объединяют балки в поперечном направлении. Узлы объединения со стержнями главных балок образуются в местах пересечения с поперечными стержнями. Шаг получившейся сетки вдоль пролетного строения не более $L_р$ / 10.

4) Разбиение пополам тех конечных элементов типа «П», которые соединяют смежные балки (стержни типа «Б»). Это осуществляется путем добавления в середину каждого поперечного стержня типа «П» дополнительного узла.

5) Сечение элементов типа «П» принимается прямоугольным. Ширину сечения (длина плиты вдоль пролетного строения) назначают равной полусумме расстояний до смежных поперечных створов. Высота сечения соответствует толщине плиты балки h_f.

6) Случай, когда объединение балок в пролетном строении между собой отсутствует, моделируют отделением поперечных элементов типа «П» зазором не более 2 см.

7) Преобразование модели в косую выполняют путем изменения ординат всех узлов:

$$Y_i = Y_i + X_i \cdot \mathrm{tg}\alpha.$$

8) Добавляют стержневые конечные элементы, моделирующие диафрагмы пролетного строения (при необходимости). Места расстановки и характеристики стержней принимают в соответствии с фактическими данными.

Алгоритм «Б»

Формирование модели рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1) Создают стержневые конечные элементы, моделирующие работу главных балок пролетного строения (элементы типа «Б»). Элементы создают в положении, которое соответствует положению балок в пролетном строении, с учетом угла косины α. Добавление закреплений (см. алгоритм «А»).

2) Создают стержневые конечные элементы типа «П». На этом шаге поперечные стержни создают только для начального и конечного участков (участки № 1 и № 2 на рисунке Б.3.1). Продольная ось этих стержней направлена перпендикулярно осям балок. Узлы объединения со стержнями балок образуются в местах их пересечений. Шаг получившейся сетки вдоль пролетного строения не регулярный, равен $b \cdot \mathrm{tg}\ (\alpha)$, где b – расстояние между осями соседних балок пролетного строения.

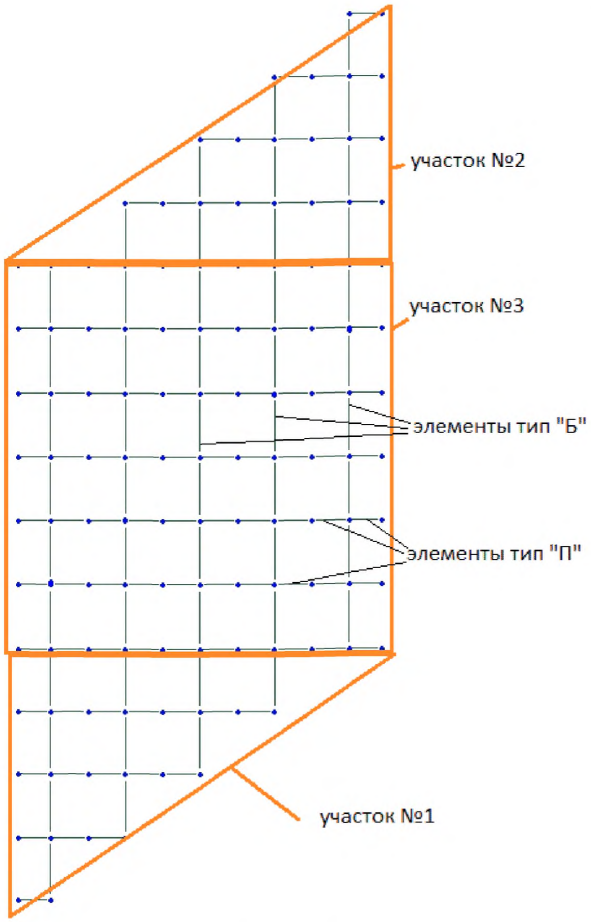


Рисунок Б.3.1 – Схема к формированию расчетной модели косого пролетного строения по алгоритму «Б»

3) Создают стрежневые конечные элементы типа «П» для прямого участка (участок № 3 на рисунке Б.3.1).

4) Разбивают элементы типа «П» пополам. При необходимости моделируют отсутствие объединения между балками (см. алгоритм «А»).

5) При необходимости добавляют конечные элементы, моделирующие диафрагмы (см. алгоритм «А»).

Алгоритм «В»

Этот алгоритм рекомендуется для пролетных строений с большой косиной. Он отличается от алгоритм «Б» отсутствием прямого участка (участок № 3 на рисунке Б.1.3). Начальная косина принимается $\alpha' = \text{arctg}\ (L_p / B)$. Модель в конце формирования дополнительно скашивают за счет изменения ординат всех узлов. Окончательный угол косины равен α.

Вычисление силовых факторов в выбранных створах

После определения перемещений вычисляют усилия в выбранных створах для каждого загружения (узла). Результаты вычислений образуют поверхность влияния.

При расчете на поперечную силу возможны два варианта назначения створа:

1) Положение створа $y = 0$. При этом вычисляется опорная реакции в начале балки.

2) Положение створа $y > 0$. При этом вычисляется поперечная сила в начале стержня балки, следующего за выбранным створом. В соответствии с правилами строительной механики в том створе, где действует единичная сила, на поверхности формируется скачек соответствующей величины.

При расчете на поперечную силу конструкций с косиной $\alpha \geq 10°$ рекомендуется назначать значение створа $y = 0$.

Б.3 Особенности определения усилий от временной нагрузки при расчетах методом конечных элементов

Б.3.1 Усилие в рассчитываемом элементе от заданной временной нагрузки определяется ее положением на ездовом полотне. Невыгоднейшее положение, создающее максимальное усилие, зависит от конфигурации поверхности влияния.

Процедура размещения нагрузки на поверхности влияния следует основному правилу – при наличии экстремумов на загружаемой части поверхности нагрузка устанавливается своими осями в экстремумы поверхности влияния. Начинается алгоритм с того, что первое транспортное средство устанавливается своей первой осью в первый экстремум линии влияния. При таком положении первого транспортного средства устанавливается второе. При этом если имеются экстремумы, то второе транспортное средство устанавливается в экстремумы также первой своей осью. При отсутствии других экстремумов – на минимально установленной дистанции к первому транспортному средству. И так далее. Когда вариантов более не остается – первое транспортное средство перемещается так, что устанавливается второй своей осью в первый экстремум, и процедура продолжается. После того, как все варианты исчерпаны, выбирается тот, при котором создается максимальное усилие. В результате применения такого алгоритма количество положений транспортных средств, в которых необходимо выполнять расчет усилий резко сокращается по сравнению с алгоритмом последовательного перебора всех возможных вариантов при стандартной прокатке.

Таким образом, выполняется установка транспортных средств во всех назначенных продольных створах по ширине ездового полотна моста от крайнего левого возможного положения до крайнего правого с заданным шагом. На основании данных по створам выполняется поиск положений колонн, которые суммарно создают максимальное усилие. Для этого строится «виртуальная линия влияния» поперечного давления, которая описывает

усилие, создаваемое колоннами транспортных средств в зависимости от их размещения поперек оси проезжей части – горизонтальная координата описывает положение колонны поперек моста, вертикальная координата – значение усилия, создаваемого этой колонной. Строится «виртуальное транспортное средство», которое имеет продольную осевую схему, соответствующую поперечной осевой схеме расставляемой нагрузки. Такая нагрузка размещается на «виртуальной линии влияния» с дистанцией, соответствующей заданному интервалу между колоннами, а количество таких транспортных средств не должно превышать количество колонн.

Результатом работы алгоритма является схема расположения транспортных средств на ездовом полотне, при котором создается максимальное усилие и значение этого усилия. Схема расположения транспортного средства включает в себя перечень колонн (их положение) и перечень (положение) транспортных средств в каждой колонне.

Б.3.2 В автоматизированном режиме определения грузоподъемности по второму способу (п. 4.2.3) допускаемые классы нагрузок АК, НК и допускаемую массу эталонной трехосной нагрузки $ЭН_3$ вычисляют итерационным путем (последовательными приближениями), подбирая искомые величины K и P из серии прямых расчетов.

Рекомендуемый порядок итерационного расчета:

1) Временная нагрузка располагается на линии (поверхности) влияния изгибающего момента или продольной силы в положении, при котором величина соответствующего усилия в рассматриваемом сечении является наибольшей;

2) Начальная величина класса нагрузки K (для нагрузок АК и НК) или величина нагрузки на ось P эталонных грузовиков принимают равной 1;

3) Определяются величины усилий от внешних воздействий (например, момента и продольной силы) при заданных значениях K и P;

4) Выполняется проверка прочности сечения согласно указаниям, приведенным в соответствующих пунктах настоящих Рекомендаций;

5) Если хотя бы одно из проверяемых условий нарушено – расчет закончен и в качестве допускаемого класса K нагрузок типа АК или НК или допускаемой массы эталонных грузовиков $m_Э$ принимают соответствующую величину предыдущего шага расчета;

5) если ни одно из проверяемых условий не нарушено, величина класса K или нагрузки на ось P эталонных грузовиков увеличивают на величину соответственно $0{,}1K$ или 0,1 тс и расчет повторяют с п. 3.

Начальные величины класса K и нагрузки на ось P эталонных грузовиков, величины приращения класса или нагрузки на ось выбирают, исходя из желаемой скорости расчета.

Приложение В

Плотность (объемный вес) конструкционных материалов

В.1.1 Плотность (объемный вес) бетона и железобетона принимают по таблице В.1.1.

Таблица В.1.1 – Плотность бетона и железобетона

Материал	Плотность бетона и железобетона, кН/м^3 (тс/м^3) для пролетных строений и опор проектировок		
	1906-1937 г.г.	1938-1961 г.г.	после 1961 г.
Бетон вибрированный на гравии или щебне из природного камня, железобетон при коэффициенте армирования менее 0,03	21,5 (2,2)	23,5 (2,4)	23,5 (2,4)
Железобетон при коэффициенте армирования более 0,03	23,5 (2,4)	25,5 (2,6)	24,5 (2,5)

В.1.2 Объемный вес материалов кладки опор принимают по таблице В.1.2.

Таблица В.1.2 – Средняя плотность (объемный вес) материалов кладки опор

Материал	Средняя плотность, кН/м^3 (тс/м^3)
1	2
Кладка из тесаных или грубооколотых камней:	
гранита	26,5 (2,7)
песчаника	23,5 (2,4)
известняка	21,6 (2,2)
Кладка бутовая и бутобетонная:	
на тяжелом известняковом камне	22,6 (2,3)
на легком известняковом камне	19,6 (2,0)
на песчаниках и кварцитах	21,6 (2,2)
на граните и базальте	23,5 (2,4)
Кладка бетонная:	
на гравии или щебне из природного камня	21,6 (2,2)
на кирпичном щебне	17,6 (1,8)
на шлаке доменных печей	15,7 (1,6)
на угольном шлаке или пемзе	11,8 (1,2)
на коксовом шлаке	10,8 (1,1)

Объемный вес грунта засыпки между обратными стенками устоев принимают не менее 17,6 кН/м^3 (1,8 тс/м^3).

В.1.3 Объемный вес покрытия ездового полотна и тротуаров (бетона, асфальтобетона и цементобетона) принимают не менее 24,5 кН/м^3 (2,5 тс/м^3).

В.1.4 Объемный вес стальных элементов принимают равным 76,98 кН/м^3 (7,85 тс/м^3).

В.1.5 Объемный вес деревянных элементов принимают по таблице В.1.3.

Таблица В.1.3 – Объемные веса древесины

Материал	Объемный вес, кН/м^3 (тс/м^3)
Сосна, ель, кедр:	
непропитанные	5,89 (0,6)
пропитанные (в том числе для клееных конструкций)	6,87 (0,7)
Дуб, лиственница:	
непропитанные	7,85 (0,8)
пропитанные (в том числе для клееных конструкций)	8,23 (0,9)
Бакелизированная фанера	10,0 (1,02)

Приложение Г

Рекомендации по учету последовательности монтажа, усилий от осадок опор, регулирования усилий, изменения температуры

Для статически неопределимых конструкций, сталежелезобетонных пролетных строений, при усилении эксплуатируемых пролетных строений накладной железобетонной плитой следует учитывать последовательность (стадийность) монтажа и регулирования усилий в соответствии с проектной и исполнительной документацией. Перераспределение усилий в конструкциях от осадок опор и изменения температуры при необходимости также должны быть учтены. Влияние перечисленных факторов либо включают соответствующим образом в значение предельной несущей способности рассчитываемого элемента, либо относят к прочим воздействиям, и вычисляют с использованием численных методов или применяя известные приемы строительной механики (например, метод сил).

Приложение Д

Рекомендации по определению расчетных длин внецентренно сжатых стержней

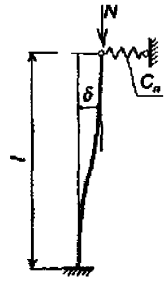
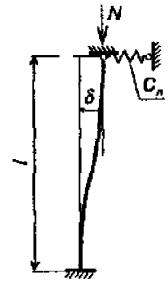
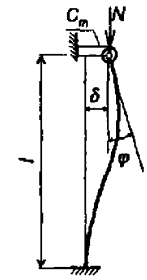
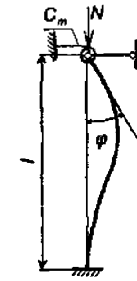
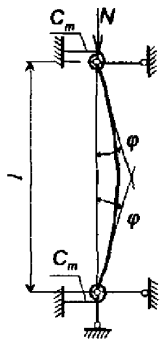
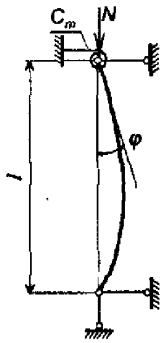
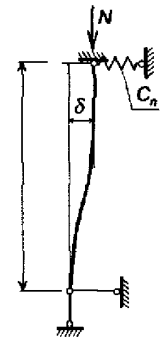
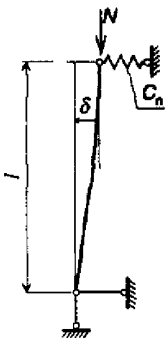
В общем случае расчетные длины стержней l_0, учитываемые в расчетной схеме сооружения, определяют с учетом условий закрепления их концов по формуле

$$l_0 = \mu h, \qquad (Д.1.1)$$

где μ – коэффициент свободной длины стержня; h – геометрическая длина стержня (расстояние между точками закрепления) в расчетной схеме.

Коэффициенты свободной длины стержней определяют по формулам таблицы Д.1.1.

Таблица Д.1.1 – Коэффициенты свободной длины стержней с упруго-податливыми связями

А	Б	В	Г
Верхний конец: Упругая горизонтальная связь. Угол поворота разрешен. Нижний конец - защемление	Верхний конец: Упругая горизонтальная связь. Угол поворота запрещен. Нижний конец - защемление	Верхний конец: Упругая горизонтальная связь. Угол поворота разрешен с упругой связью. Нижний конец - защемление	Верхний конец: Жесткая горизонтальная связь. Угол поворота разрешен с упругой связью. Нижний конец - защемление
			
$\mu = \sqrt{\frac{n_1 + 18}{2n_1 + 4{,}5}}$	$\mu = \sqrt{\frac{2{,}5n_1 + 5{,}4}{n_1 + 5{,}4}}$	$\mu = \sqrt{\frac{n+4}{n+1}}$	$\mu = 0{,}5\sqrt{\frac{n+4{,}8}{n+2{,}4}}$
$2{,}0 \geq \mu \geq 0{,}7$	$1{,}0 \geq \mu \geq 0{,}5$	$2{,}0 \geq \mu \geq 1{,}0$	$0{,}7 \geq \mu \geq 0{,}5$
Д	Е	Ж	З
Оба конца: Жесткая горизонтальная связь. Угол поворота разрешен с упругой связью	Верхний конец: Упругая горизонтальная связь. Угол поворота разрешен с упругой связью. Нижний конец: шарнир несмещаемый	Верхний конец: Упругая горизонтальная связь. Угол поворота запрещен. Нижний конец: шарнир несмещаемый	Верхний конец: Упругая горизонтальная связь. Угол поворота разрешен. Нижний конец: шарнир несмещаемый
			
$\mu = \frac{n + 4{,}8}{2n + 4{,}8}$	$\mu = \sqrt{\frac{n + 4{,}8}{2n + 4{,}8}}$	$\mu = \pi\sqrt{\frac{1{,}3}{n_1 + 3}}$	$\mu = \frac{\pi}{\sqrt{n}}$
$1{,}0 \geq \mu \geq 0{,}5$	$1{,}0 \geq \mu \geq 0{,}7$	$2{,}0 \geq \mu \geq 1{,}0$	При $n_1 > \pi$ $\mu = 1$

В таблице Д.1.1 обозначено: μ – коэффициент свободной длины стержня; n – характеристика жесткости углового защемления, определяемая по формуле (Д.1.2); n_1 – характеристика жесткости линейного защемления, определяемая по формуле (Д.1.3).

Характеристика жесткости углового защемления

$$n = C_m h / EI, \quad (Д.1.2)$$

Характеристика жесткости линейного защемления

$$n_1 = C_n h^3 / EI, \quad (Д.1.3)$$

где C_m – коэффициент жесткости упругого углового защемления, равный значению реактивного момента, возникающего в опорном сечении при повороте его на угол, равный 1,0 радиан; C_n – коэффициент жесткости упругого линейного защемления, равный значению реактивной силы, возникающей в опорном сечении при смещении его на 1,0 м;

Величины C_n и C_m, которые по сути являются перемещениями узлов расчетной схемы от единичной силы, могут быть определены как методом сил, так и численно с использованием метода конечных элементов непосредственным загружением расчетной схемы соответствующей единичной силой.

Приложение Е

Соотношение физических величин в системах СГС и СИ, используемое в Рекомендациях

Таблица Е.1.1 – Соотношение физических величин в системах СГС и СИ

Наименование величины	Единица				Соотношение единиц
	СГС		СИ		
	Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение	
Сила, нагрузка, вес	Килограмм – сила Тонна – сила	кгс тс	ньютон	Н	1 кгс~10 Н 1 тс~10 кН
Распределенная линейная нагрузка	Килограмм – сила на метр Тонна–сила на метр	кгс/м тс/м	Ньютон на метр	Н/м	1 кгс/м~10 Н/м 1 тс/м~10 кН/м
Распределенная поверхностная нагрузка	Килограмм – сила на квадратный метр Тонна–сила на квадратный метр	кгс/м^2 тс/м^2	Паскаль	Па	1 кгс/м^2~10 Па 1 тс/м^2~10 Па
Давление, напряжение (механическое)	Килограмм – сила на квадратный сантиметр Килограмм – сила на квадратный миллиметр	кгс/см^2 кгс/мм^2	Паскаль	Па	1 кгс/см^2~0,1 МПа 1 кгс/мм^2~10 МПа
Нормативные и расчетные сопротивления, модуль упругости, модуль сдвига	Килограмм – сила на квадратный сантиметр	кгс/см^2	Паскаль	Па	1 кгс/см^2~0,1 МПа
Момент силы; момент пары сил	Килограмм– сила–метр	кгс·м	Ньютон-метр	Н·м	1 кгс·м~10 Н·м

ОКС

Ключевые слова: мостовое сооружение, классы, определение грузоподъемности

Руководитель организации-разработчика

СГУПС

Проректор по научной работе _____С.А. Бокарев

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО

(РОСАВТОДОР)

РАСПОРЯЖЕНИЕ

09.11.2016 Москва № 2322-р

Об утверждении и применении ОДМ 218.4.025-2016 «Методические рекомендации по определению грузоподъёмности эксплуатируемых мостовых сооружений на автомобильных дорогах общего пользования. Общая часть»

В целях реализации в дорожном хозяйстве основных положений Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» и обеспечения дорожных организаций методическими рекомендациями по определению грузоподъёмности эксплуатируемых мостовых сооружений на автомобильных дорогах общего пользования (Общая часть):

1. Утвердить ОДМ 218.4.025-2016 «Методические рекомендации по определению грузоподъёмности эксплуатируемых мостовых сооружений на автомобильных дорогах общего пользования. Общая часть» (далее – ОДМ 218.4.025-2016).
2. Структурным подразделениям центрального аппарата Росавтодора, федеральным управлениям автомобильных дорог, управлениям автомобильных магистралей, межрегиональным дирекциям по строительству автомобильных дорог федерального значения, территориальным органам управления дорожным хозяйством субъектов Российской Федерации рекомендовать к применению ОДМ 218.4.025-2016 с даты подписания настоящего распоряжения.
3. Управлению научно-технических исследований и информационного обеспечения (А.В. Бухтояров) в установленном порядке обеспечить официальную публикацию ОДМ 218.4.025-2016.
4. Контроль за исполнением настоящего распоряжения возложить на заместителя руководителя А.А. Костюка.

Руководитель Р.В. Старовойт

gost.e-ecolog.ru

И.В. Чанцев
(495) 687-88-21