

**ЕВРОКОД 1:
Воздействия на сооружения –
Часть 3: Воздействия от кранов и механического оборудования
(1-я редакция)**

Издание официальное

НАЦИОНАЛЬНОЕ ПРЕДИСЛОВИЕ

ПОДГОТОВЛЕН ОАО «НИЦ «Строительство» - Центральным научно-исследовательским институтом строительных конструкций им. В.А. Кучеренко

ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК.465. «Строительство».

УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ

ЗАРЕГИСТРИРОВАН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ.

Настоящий стандарт идентичен (IDT) европейскому стандарту EN 1991-3:2006 Eurocode 1: Actions on structures - Part 3: Actions induced by cranes and machinery .

Настоящий Национальный стандарт Российской Федерации является официальной российской редакцией EN 1991-3:2006. Перевод с английского языка (en).

Официальные экземпляры европейского стандарта, на основе которого подготовлен настоящий Национальный стандарт, и стандартов, на которые даны ссылки, имеются в Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии.

Неотъемлемой частью настоящего стандарта является его Национальное приложение.

В соответствии с принципами Европейского комитета по стандартизации (CEN) национальные Стандарты, реализующие Еврокоды, должны содержать полный текст Еврокода (включая все приложения), опубликованный CEN, перед которым может находиться национальный титульный лист и национальное введение, а за которым может следовать Национальное Приложение.

Национальное Приложение может содержать информацию только о тех параметрах, которые в Еврокоде оставлены открытыми для национального выбора и именуются Национально определяемыми параметрами, предназначенными для проектирования зданий и инженерных сооружений в данной стране.

Ссылки на параметры, измененные в национальном приложении, даны в тексте Еврокода (включая его приложения). Например,

ПРИМЕЧАНИЕ — Количество кранов, учитываемых в наиболее неблагоприятных сочетания, допускается принимать по Национальному приложению.

В разделе «Нормативные ссылки» и тексте Национального стандарта ссылочные Европейские стандарты актуализированы.

Сведения о соответствии европейских стандартов, на которые даны ссылки, государственным стандартам, принятым в качестве идентичных государственных стандартов, приведены в дополнительном приложении НП С.

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

Еврокод 1: Воздействия на сооружения - Часть 3: Воздействия от кра- нов и механического оборудования

Настоящий Европейский Стандарт утвержден CEN 9 января 2006.

Члены CEN обязаны соблюдать Внутренний Регламент CEN/CENELEC, в котором оговариваются условия для придания Европейскому Стандарту безальтернативного статуса национального стандарта. Соответствующие перечни и библиографические ссылки, касающиеся национальных стандартов, можно получить по заявке в Административный Центр или к любому члену CEN.

Настоящий Европейский Стандарт представлен в трех официальных версиях (английской, французской и немецкой). Версия на любом другом языке, которая создается путем перевода на язык своей страны под ответственность члена CEN и регистрируется в Административном Центре, имеет тот же статус, что и официальные версии.

Членами CEN являются национальные органы по стандартизации Австрии, Бельгии, Чешской Республики, Дании, Финляндии, Франции, Германии, Греции, Венгрии, Исландии, Ирландии, Италии, Люксембурга, Мальты, Нидерландов, Норвегии, Португалии, Словакии, Испании, Швеции, Швейцарии и Соединенного Королевства.

ЕВРОПЕЙСКИЙ КОМИТЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG



Административный Центр: rue de Stassart, 36 B-1050 Brus-

sels

© 2003 CEN. Все права на использование в любой форме и
ются за национальными Членами CEN.
3:2003 E

любыми средствами во всем мире сохраня-
Ref. No. EN 1991-1-

Содержание

Введение.....	4
Предпосылки создания программы Еврокодов	4
Статус и область применения Еврокодов.....	5
Национальные Стандарты, реализующие Еврокоды.....	5
Связь между Еврокодами и гармонизированными техническими условиями (EN и ETA) на изделия.....	6
Дополнительные сведения о EN 1991-3	6
Национальное приложение к EN 1991-3.....	6
Раздел 1 Общие положения	8
1.1 Область применения.....	8
1.2 Нормативные ссылки	8
1.3 Различия между Принципами и Правилами применения	8
1.4 Термины и определения.....	9
1.4.1 Специальные термины и определения для подвесных кранов и кранов на подкрановых балках.....	9
1.4.2 Специальные термины и определения для воздействий, вызванных механическим оборудованием.....	12
1.5 Условные обозначения.....	13
Раздел 2 Воздействия, вызванные подъемниками и кранами на подкрановых балках.....	15
2.1 Область применения.....	15
2.2 Классификация воздействий.....	15
2.2.1 Общие положения.....	15
2.2.2 Временные нагрузки.....	15
2.2.3 Особые нагрузки	16
2.3 Расчетные состояния	18
2.4 Задание нагрузок.....	19
2.5 Систематизация нагрузок.....	19
2.5.1 Крюковая блочная обойма монорельсового крана, подвешенная на балках подкрановых путей	19
2.5.2 Мостовой кран	19
2.5.3 Нагрузки от нескольких работающих кранов	23
2.6 Нормативные значения вертикальных крановых нагрузок	24
2.7 Нормативные значения горизонтальных крановых нагрузок.....	26
2.7.1 Общие положения.....	26
2.7.2 Продольные $H_{L,i}$ и поперечные $H_{T,i}$ нагрузки от ускорения и торможения крана	26
2.7.3 Сила тяги K	29
2.7.4 Горизонтальные нагрузки $H_{S,i,j,k}$ и направляющая сила S , вызванные перекосом крана	30
2.7.5 Горизонтальная нагрузка $H_{T,3}$, от ускорения или торможения тележки мостового крана.....	34
2.8 Температурные воздействия.....	34
2.9 Нагрузки на пешеходные мостки, лестницы, платформы и ограждения.....	34
2.9.1 Вертикальные нагрузки.....	34
2.9.2 Горизонтальные нагрузки	35
2.10 Испытательные нагрузки	35
2.11 Особые нагрузки.....	36
2.11.1 Нагрузка от удара крана о тупиковый упор (буферные силы, связанные с движением крана) $H_{B,1}$	36
2.11.2 Нагрузка от удара крана о тупиковый упор (буферная сила) $H_{B,2}$, отнесенная к тележке мостового крана	37
2.11.3 Опрокидывающие силы.....	37
2.12 Усталостные нагрузки	37
2.12.1 Воздействия от одиночного крана.....	37
2.12.2 Диапазон изменения напряжений от многократного воздействия колес или кранов	40
Раздел 3 Воздействия, от механического оборудования	41
3.1 Область применения.....	41
3.2 Классификация нагрузок.....	41
3.2.1 Общие положения.....	41
3.2.2 Постоянные нагрузки	41
3.2.3 Временные нагрузки.....	42
3.2.4 Особые нагрузки	42
3.3 Расчетные состояния	42
3.4 Определение нагрузок.....	42
3.4.1 Характер нагрузок	42
3.4.2 Моделирование динамических воздействий	43

3.4.3 Моделирование взаимодействия между механическим оборудованием и конструкциями	43
3.5 Нормативные значения нагрузок	44
3.6 Критерии эксплуатационной надежности	46
Приложение А (обязательное) Основы проектирования: дополнительные условия к EN1990; Подкрановые балки, нагруженные кранами	48
А.1 Общие положения	48
А.2 Крайнее предельное состояние	48
А.2.1 Комбинации нагрузок	48
А.2.2 Частные коэффициенты	49
А.2.3 Коэффициенты ψ для крановых нагрузок	50
А.3 Предельное состояние по пригодности к эксплуатации	51
А.3.1 Комбинация нагрузок	51
А.3.2 Частные коэффициенты	51
А.3.3 Коэффициенты ψ для крановых нагрузок	51
А.4 Усталость	51
Приложение В(справочное) Указания по классификации кранов для расчета на усталость	52
Национальное приложение	54

Введение

Настоящий докусент (EN 1991-3:2006) подготовлен Техническим Комитетом CEN/TC 250 «Строительные Еврокоды», секретариат которого находится в ведении BSI.

CEN/TC 250 несет ответственность за все Строительные Еврокоды.

Настоящий Европейский Стандарт разработан взамен EN 1991-5:1998.

Настоящему Европейскому Стандарту придается статус Национального Стандарта либо посредством опубликования идентичного текста, либо через подтверждение не позднее октября 2006. Противоречащие ему Национальные Стандарты отменяются не позднее марта 2010.

Согласно Внутренним Правилам CEN-CENELEC, обеспечивать выполнение Европейского Стандарта должны Национальные Органы по Стандартизации следующих стран: Австрии, Бельгии, Венгрии, Германии, Греции, Дании, Ирландии, Исландии, Испании, Италии, Кипра, Латвии, Литвы, Люксембурга, Мальты, Нидерландов, Норвегии, Польши, Португалии, Словакии, Словении, Соединенного Королевства, Финляндии, Франции, Чешской Республики, Швейцарии, Швеции и Эстонии.

Предпосылки создания программы Еврокодов

В 1975 году Комиссия Европейских Сообществ приняла решение о введении в действие программы в области строительства, основанной на статье 95 Соглашения. Целью программы было устранение технических препятствий для ведения дел и гармонизация технических условий.

В рамках данной программы Комиссия выдвинула инициативу об установлении системы согласованных технических правил на проектирование строительных конструкций, которые, на первом этапе, должны были бы служить альтернативой национальным правилам для стран-участников и, в конечном итоге, заменили бы их.

В течение пятнадцати лет Комиссия, посредством Управляющего Комитета из представителей стран-участников, руководила разработкой программы Еврокодов, в результате чего в 1980-е годы были выпущены первые Еврокоды.

С целью предоставления Еврокодам в будущем статуса Европейского Стандарта (EN) в 1989 году Комиссия и страны-участники EU и EFTA на основе соглашения¹ между Комиссией и CEN посредством серии мандатов приняли решение передать CEN подготовку и опубликование Еврокодов. Это *фактически* связывает Еврокоды с положениями Директив Совета и (или) Решениями Комиссии, которые посвящены Европейским Стандартам (т.е. с Директивой Совета 89/106/ЕЕС по строительным изделиям – CPD, с Директивами Совета 93/37/ЕЕС, 92/50/ЕЕС и 89/440/ЕЕС по общественным работам и услугам и аналогичными Директивами EFTA, положившими начало стремлению к образованию внутреннего рынка).

Программа Строительных Еврокодов включает следующие стандарты, как правило, состоящие из нескольких частей:

EN 1990 Еврокод : Основы строительного проектирования

EN 1991 Еврокод 1: Воздействия на сооружения

¹ Соглашение между Комиссией Европейских Сообществ и Европейским комитетом по стандартизации (CEN), касающееся разработки ЕВРОКОДОВ для проектирования зданий и инженерных сооружений (BC/CEN/03/89).

EN 1992 Еврокод 2: Проектирование железобетонных конструкций
EN 1993 Еврокод 3: Проектирование стальных конструкций
EN 1994 Еврокод 4: Проектирование составных сталежелезобетонных конструкций
EN 1995 Еврокод 5: Проектирование деревянных конструкций
EN 1996 Еврокод 6: Проектирование каменных конструкций
EN 1997 Еврокод 7: Геотехническое проектирование
EN 1998 Еврокод 8: Проектирование сейсмостойких конструкций
EN 1999 Еврокод 9: Проектирование алюминиевых конструкций

Стандарты Еврокода устанавливают ответственность полномочных органов каждой из стран-участников и гарантируют их право определять значения, относящиеся к регулированию безопасности на национальном уровне, в тех случаях, когда они отличаются для различных стран.

Статус и область применения Еврокодов

Страны-члены EU и EFTA признают Еврокоды в качестве ссылочных документов в следующих целях:

- для достижения соответствия конструкций зданий и инженерных сооружений основным требованиям Директивы Совета 89/106/ЕЕС, в частности, Основному Требованию №1 – Механическая прочность и устойчивость, и Основному Требованию №2 – Безопасность при пожаре;
- как основу для составления контрактов на строительные работы и соответствующие инженерные услуги;
- как базу для разработки гармонизированных технических условий на строительные изделия (EN и ETA).

Еврокоды, поскольку они касаются строительных конструкций, имеют прямое отношение к Интерпретирующим Документам², указанным в статье 12 CPD, хотя они отличны от гармонизированных стандартов на изделия³. Поэтому соответствующим Техническим комитетам CEN и (или) рабочим группам EOTA, разрабатывающим стандарты на изделия, необходимо рассмотреть технические аспекты действия Еврокодов с целью достижения полной совместимости этих технических условий с Еврокодами.

Стандарты Еврокода обеспечивают общие правила строительного проектирования для повседневного применения и предназначены для проектирования самих конструкций и их отдельных элементов как традиционного, так и инновационного характера. Для необычных форм конструкций или проектных решений, которые не относятся к ведению Еврокодов, проектировщик должен провести дополнительное экспертное рассмотрение.

Национальные Стандарты, реализующие Еврокоды

² Согласно Ст. 3.3 CPD, интерпретирующие документы должны конкретизировать основные требования (ER), чтобы создать необходимые связи между основными требованиями и мандатами на гармонизированные EN и ETAG/ETA.

³ Согласно Ст. 12 CPD, интерпретирующие документы предназначены для того, чтобы:

- a) конкретизировать основные требования путем согласования терминологии и технических основ и, при необходимости, указания классов или уровней для каждого требования;
- b) указывать методы соотнесения этих классов или уровней с требованиями технических условий, т.е. методы расчета и доказательства, технические правила для разработки проекта и т.д.;
- c) быть ссылочными при разработке гармонизированных стандартов и рекомендаций для Европейского технического утверждения.

Фактически Еврокоды играют подобную роль в области действия ER 1 и части ER 2.

Национальные Стандарты, реализующие Еврокоды, будут содержать полный текст Еврокода (включая все приложения), опубликованный CEN, перед которым может находиться национальный титульный лист и национальное предисловие и за которым может следовать национальное приложение.

Национальное приложение может содержать информацию только о тех параметрах, которые в Еврокоде оставлены открытыми для национального выбора и именуются национально определяемыми параметрами, предназначенными для проектирования зданий и инженерных сооружений в данной стране, т.е.:

- значения частных коэффициентов и (или) классы, заданные в Еврокоде, как альтернативные,
- значения, которые требуется использовать, когда в Еврокоде заданы только символы,
- данные, характерные для страны (географические, климатические и т.п.), например, карта районирования значений веса снегового покрова,
- выбор методики, если в Еврокоде заданы альтернативные методики.

Оно также может включать в себя:

- рекомендации по применению справочных приложений,
- ссылки на не противоречащую дополнительную информацию, содействующую в применении потребителем Еврокода.

Связь между Еврокодами и гармонизированными техническими условиями (EN и ETA) на изделия

Существует необходимость согласования гармонизированных технических условий на строительные изделия и технических правил для строительных конструкций⁴. Более того, вся информация, сопровождающая CE - маркировку строительных изделий, которая относится к ведению Еврокодов, должна четко указывать, какие национально определяемые параметры учтены.

Дополнительные сведения о EN 1991-3

В EN 1991-3 содержатся правила проектирования и воздействия, учитываемые при проектировании строительных конструкций зданий и инженерных сооружений, включая следующие аспекты:

- воздействия от кранов;
- воздействия от механического оборудования

EN 1991-3 предназначен для заказчиков, проектировщиков, подрядчиков и органов государственной власти.

При проектировании сооружений EN 1991-3 необходимо применять совместно с EN 1990, другими частями EN 1991 и EN 1992 - EN 1999.

Национальное приложение к EN 1991-3

В настоящем стандарте приводятся альтернативные методы, значения и рекомендации для классов с примечаниями, в которых указано, где именно допускается национальный выбор. Поэтому Национальный Стандарт, обеспечивающий выполнение EN 1991-3, должен включать на-

⁴ См. Ст.3.3 и Ст.12 CPD, а также пункты 4.2, 4.3.1, 4.3.2 и 5.2 ID 1.

циональное приложение, содержащее национально определяемые параметры, необходимые для проектирования зданий и инженерных сооружений в конкретной стране.

В EN 1991-3 национальный выбор допускается в следующих пунктах:

Пункт	Статья
2.1(2)	Процедура получения данных по воздействиям от производителя крана
2.5.2.1 (2)	Эксцентриситет нагрузки от колеса крана
2.5.3 (2)	Максимальное число кранов, учитываемое при наиболее неблагоприятном сочетании (нагрузок)
2.7.3 (3)	Значение коэффициента трения
A2.2 (1)	Значения коэффициента γ для случаев потери несущей способности или чрезмерной деформации конструкций или частей конструкций (STR) и потери несущей способности или чрезмерной деформации основания (GEO)
A2.2 (2)	Значения коэффициента γ для случаев потери статической устойчивости (EQU)
A2.3(1)	Значение коэффициента ψ

Раздел 1 Общие положения

1.1 Область применения

(1) В 3-ей части EN 1991 определяются приложенные нагрузки (расчетные схемы и характерные значения) от кранов на подкрановых балках и механического оборудования, которые включают, при необходимости, динамические воздействия от торможения и ускорения, а так же неучтенные воздействия.

(2) В Разделе 1 содержатся общие положения и обозначения.

(3) В Разделе 2 определяются нагрузки от кранов на подкрановых балках.

(4) В Разделе 3 определяются воздействия от механического оборудования

1.2 Нормативные ссылки

Настоящий Еврокод посредством датированных и недатированных ссылок включает положения из других изданий. Эти нормативные ссылки цитируются в надлежащих местах текста, а ниже приводится перечень изданий. Для датированных ссылок, последующих поправок или редакций каждое из этих изданий применяется к настоящему Европейскому Стандарту только тогда, когда включено в него посредством поправки или редакции. Для недатированных ссылок применяется последняя редакция ссылочного издания (включая поправки).

ISO 3898	Основы проектирования конструкций. Понятия. Общие определения и обозначения
ISO 2394	Общие принципы надежности конструкций
ISO 8930	Общие принципы надежности конструкций. Перечень эквивалентных терминов
EN 1990	Еврокод. Основы строительного проектирования
EN 13001-1	Краны. Основы проектирования. Часть 1. Общие принципы и требования
EN 13001-2	Краны. Основы проектирования. Часть 2. Нагрузки и воздействия
EN 1993-1-9	Проектирование стальных конструкций. Часть 1-9. Усталостная прочность
EN 1993-6	Проектирование стальных конструкций. Часть 6. Подкрановые балки

1.3 Различия между Принципами и Правилами применения

(1) В зависимости от характера отдельных пунктов в настоящей части EN 1991 между Принципами и Правилами применения проводится различие.

(2) Принципы включают:

- общие положения и определения, для которых нет альтернативы;
- требования и расчетные схемы, для которых не допускаются альтернативы, если не указано иное.

(3) Принципы обозначаются буквой Р, следующей за номером пункта.

(4) Правилами применения следует признать общепризнанные нормы, соответствующие Принципам и удовлетворяющие их требованиям.

(5) Допускается использование альтернативных норм проектирования, отличных от Правил применения, приведенных в EN 1991-3, при условии, доказательства их тождественности соответствующим Принципам и, по меньшей мере, равнозначности в отношении обеспечения безопасности, пригодности к эксплуатации и долговечности конструкций, ожидаемых при использовании Еврокодов.

ПРИМЕЧАНИЕ: Если Правило применения заменяется на альтернативное правило проектирования, выполненный проект не может считаться полностью согласующимся с EN 1991-3, но он будет оставаться согласующимся с Принципами EN 1991-3. Если EN 1991-3 используется в отношении свойств, перечисленных в Приложении Z стандарта изделий или ЕТАG, использование альтернативного правила проектирования может оказаться недопустимым для маркировки знаком соответствия европейским стандартам (знаком CE).

(6) В данном разделе Правила применения обозначаются номером в скобках, например, как, например, настоящем пункте.

1.4 Термины и определения

В настоящем Европейском Стандарте применяются термины и определения, приведенные в ISO 2394, ISO 3898, ISO 8930 и нижеследующих стандартах. Кроме того, основной список терминов и определений для настоящего Стандарта приведен в п. 1.5 EN 1990.

1.4.1 Специальные термины и определения для подвесных кранов и кранов на подкрановых балках

1.4.1.1

Коэффициент динамичности (dynamic factor)

Коэффициент отношения динамической характеристики к статической.

1.4.1.2

Собственный вес крана Q_c (self-weight Q_c of the crane)

Собственный вес всех неподвижных и подвижных частей крана, включая механическое и электрическое оборудование, но без учета подъемного приспособления и отдельных висящих подъемных тросов или цепей, приводимых в действие конструкцией крана, см. 1.4.1.3.

1.4.1.3

Грузоподъемность Q_h (hoist load Q_h)

Нагрузка, включающая в себя полезный вес груза, вес подъемного приспособления и отдельных висящих подъемных тросов или цепей, приводимых в действие конструкцией крана, см. рис. 1.1.

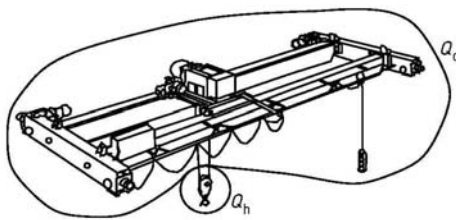


Рис. 1.1 — Определение грузоподъемности и собственного веса крана

1.4.1.4

Тележка мостового крана (grab)

Часть мостового крана, включающая подъемный механизм и обладающая способностью перемещаться по рельсам верхней части эстакады крана.

1.4.1.5

Эстакада мостового крана (crane bridge)

Часть мостового крана, перекрывающая пролет между балками подкрановых путей и служащая опорой для тележки или крюковой блочной обоймы крана.

1.4.1.6

Направляющий механизм (guidance means)

Устройство, используемое для удержания крана на подкрановых балках в выровненном положении посредством горизонтальных реакций между эстакадой крана и подкрановыми балками.

ПРИМЕЧАНИЕ: Направляющий механизм может состоять из реборд на колесах крана или отдельной системы направляющих роликов, установленных сбоку от крановых рельс или сбоку от подкрановых балок.

1.4.1.7

Подъемный механизм (hoist)

Устройство для подъема грузов.

1.4.1.8

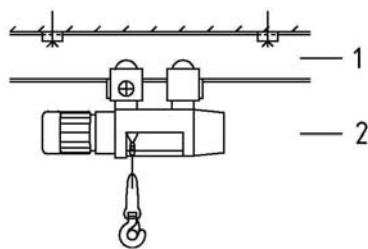
Крюковая блочная обойма крана (hoist block)

Подвесная тележка, включающая подъемный механизм и способная перемещаться по нижней полке балки, либо по неподвижному подкрановому пути (как показано на рисунке 1.2) или под эстакадой мостового крана (как показано на рисунках 1.3 и 1.4).

1.4.1.9

Крюковая блочная обойма монорельсового крана (monorail hoist block)

Крюковая блочная обойма, опирающаяся на закрепленную подкрановую балку (рис. 1.2).



Пояснения к рисунку:

- 1 подкрановая балка
- 2 крюковая блочная обойма крана

Рис. 1.2 — Подкрановая балка с крюковой блочной обоймой

1.4.1.10

Подкрановая балка (crane runway beam)

Балка, вдоль которой перемещается мостовой кран.

1.4.1.11

Мостовой кран (overhead travelling crane)

Устройство для подъема и перемещения грузов, передвигающееся на колесах по подкрановым балкам, включает в себя один или более подъемных механизмов, смонтированных на тележках мостового крана или на подвесных тележках.

1.4.1.12

Балка подкранового пути для крюковой блочной обоймы крана (runway beam for hoist block)

Балка подкранового пути, предназначенная для перемещения по ее нижней полке крюковой блочной обоймы монорельсового крана, см. рис. 1.2.

1.4.1.13

Подвесной кран (underslung crane)

Мостовой кран, опирающийся на нижние полки подкрановых балок, см. рис. 1.3.

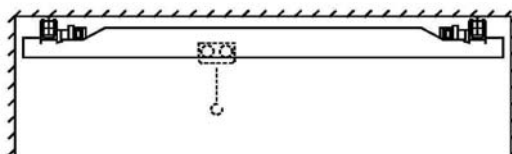


Рис. 1.3 — Подвесной кран с крюковой блочной обоймой

1.4.1.14

Кран, устанавливаемый над балкой кранового пути (top-mounted crane)

Мостовой кран, опирающийся на верхнюю поверхность подкрановой балки.

ПРИМЕЧАНИЕ: Может перемещаться как по рельсам, так и непосредственно по верхней поверхности балок (рис. 1.4).

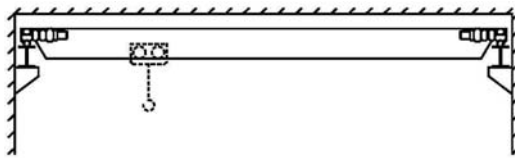


Рис. 1.4 — Кран, устанавливаемый над балкой кранового пути с крюковой блочной обоймой

1.4.2 Специальные термины и определения для воздействий, вызванных механическим оборудованием.

1.4.2.1

Собственная частота (natural frequency)

Частота свободных колебаний системы.

ПРИМЕЧАНИЕ: Для системы с бесконечным числом степеней свободы собственные частоты соответствуют частотам собственных форм колебаний.

1.4.2.2

Свободные колебания (free vibration)

Колебания системы, происходящие в отсутствие вынужденных колебаний.

1.4.2.3

Вынужденные колебания (forced vibration)

Колебания системы, вызванные действием внешнего возбуждения.

1.4.2.4

Затухание колебаний (damping)

Уменьшение интенсивности колебаний с течением времени или с увеличением расстояния.

1.4.2.5

Резонанс (resonance)

Ответное колебание системы при вынужденных гармонических колебаниях существует, когда любое изменение частоты возбуждения, каким бы незначительным оно ни было, вызывает снижение реакции системы.

1.4.2.6

Форма колебаний (mode of vibration)

Характерная модель поведения, в которой каждая частица движется по простому гармоническому закону с одной частотой, принимаемая системой под действием колебаний.

ПРИМЕЧАНИЕ: Две и более формы могут сосуществовать одновременно в системе со многими степенями свободы. Нормальная (естественная) форма колебаний — это форма колебаний, которая не связана с другими формами колебаний системы.

1.5 Условные обозначения

(1) В настоящем Европейском Стандарте приняты следующие условные обозначения:

ПРИМЕЧАНИЕ: Система условных обозначений основана на ISO3898:1997.

(2) Основной перечень условных обозначений содержится в п. 1.6 EN 1990. В настоящем пункте приведены дополнительные обозначения для данной части EN 1991.

Прописные буквы латинского алфавита

$F_{\phi,k}$	нормативное значение нагрузки от крана
F_k	нормативное значение статической составляющей нагрузки от крана
F_s	свободная сила ротора
F_w^*	нагрузка от ветрового воздействия в процессе эксплуатации
$H_{B,1}$	нагрузка от удара крана о тупиковый упор (буферная сила, связанная с движением крана)
$H_{B,2}$	нагрузка от удара тележки крана о тупиковый упор (буферная сила)
H_K	горизонтальная сосредоточенная нагрузка на ограждение
H_L	продольная нагрузка от ускорения и торможения крана
H_S	горизонтальная нагрузка, вызванные перекосом крана
$H_{T,1}, H_{T,2}$	поперечные нагрузки от ускорения и торможения крана
$H_{T,3}$	поперечная нагрузка от ускорения и торможения тележки крана
H_{TA}	опрокидывающая сила
K	сила тяги
$M_k(t)$	крутящий момент
Q_e	усталостная нагрузка
Q_c	собственный вес крана
Q_h	грузоподъемность
Q_T	испытательная нагрузка
Q_r	нагрузка на колесо
S	направляющая сила

Строчные буквы латинского алфавита

b_r	ширина головки рельса
e	эксцентриситет нагрузки на колесо
e_M	эксцентриситет массы ротора
h	расстояние между мгновенным центром вращения и направляющим механизмом
kQ	коэффициент диапазона нагрузок
l	пролет эстакады мостового крана
m_c	масса крана
m_w	количество ведущих колес
m_r	масса ротора
n	количество колесных пар

n_r количество подкрановых балок

Строчные буквы греческого алфавита

α угол перекоса
 ζ коэффициент затухания
 η соотношение нагрузки, которая сохраняется после снятия полезной нагрузки, но не входит в собственный вес крана
 λ коэффициент эквивалентной разрушающей нагрузки
 λ_s силовой коэффициент
 μ коэффициент трения
 ξ_b демпферная характеристика
 φ коэффициент динамичности
 $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3,$
 $\varphi_4, \varphi_5, \varphi_6,$
 φ_7
 φ_{fat} коэффициент эквивалентного разрушения от динамической ударной нагрузки;
 φ_M коэффициент динамичности для воздействий от механического оборудования
 ω_e собственная частота колебаний конструкции
 ω_r круговая (угловая) частота колебаний ротора
 ω_s частота возбуждающей силы

Раздел 2 Воздействия, вызванные подъемниками и кранами на подкрановых балках

2.1 Область применения

(1) В настоящем разделе указаны нагрузки и воздействия (расчетные схемы и характерные значения) возникающих во время работы:

- подвесных тележек мостового крана на рельсовых путях, см. пп. 2.5.1;
- мостовых кранов, см. пп. 2.5.2 и 2.5.3.

(2) Для облегчения обмена информацией с производителями кранов, методики, примененные в настоящем разделе, согласуются с положениями EN 13001-1 и EN 13001-2.

ПРИМЕЧАНИЕ: Если во время проектирования подкрановых путей завод изготовитель крана известен, допускается использование уточненных данных для реализации индивидуального проекта. Информация об этой процедуре должна содержаться в Национальном приложении.

2.2 Классификация воздействий

2.2.1 Общие положения

(1) Нагрузки от кранов, представленные в пп. 2.2.2 и 2.2.3, следует разделять на временные и особые.

2.2.2 Временные нагрузки

(1) Для нормальных условий эксплуатации временные нагрузки от крана являются следствием его перемещения в пространстве с течением времени. Они включают: собственный вес, в том числе полезную нагрузку; силы инерции, вызванные ускорением/торможением, нагрузки от перекоса, а так же прочие динамические воздействия.

(2) Временные нагрузки от крана следует разделять на:

- временные вертикальные нагрузки, от собственного веса крана и полезной нагрузки;
- временные горизонтальные нагрузки, от ускорения, торможения или перекоса крана, а так же от прочих динамических воздействий.

(3) Характерные значения временных нагрузок от крана являются нормативными и состоят из статической и динамической составляющих.

(4) Динамическая составляющая, вызванная колебаниями под воздействием инерционных или демпфирующих сил, учитывается введением коэффициентов динамичности φ в статическую составляющую крановой нагрузки.

$$F_{\varphi, k} = \varphi F_k \quad (2.1)$$

где

$F_{\varphi, k}$ нормативные значение нагрузки от крана;

φ коэффициент динамичности, см. таблицу 2.1;

F_k нормативное значение статической составляющей нагрузки от крана.

(5) Коэффициенты динамичности и область их применения приведены в табл. 2.1.

(6) Одновременное действие составляющих крановой нагрузки учитывается при рассмотрении групп нагрузок (табл. 2.2). Каждая из этих групп нагрузок служит для определения значения одной нормативной крановой нагрузки в сочетании прочих (некрановых) нагрузок.

ПРИМЕЧАНИЕ: Следует принять во внимание, что разделение по группам позволяет единовременно учесть только одну горизонтальную нагрузку от крана.

2.2.3 Особые нагрузки

(1) Особые нагрузки, возникающие при работе крана, могут являться следствием удара крана о тупиковый упор (буферная сила) или вследствие столкновения подъемных приспособлений крана с препятствиями (опрокидывающая сила). Необходимо учитывать вышеперечисленные воздействия во время конструирования, в случае, если проектом не предусмотрены соответствующие защитные приспособления.

(2) Особые воздействия, определяемые в соответствии с п. 2.11, относятся к общим случаям. Они представлены различными расчетными схемами, предназначенными для определения расчетных значений нагрузок (т.е. подлежащих применению с $\gamma_A = 1,0$ в виде эквивалентных статических нагрузок).

(3) Одновременное действие составляющих особых крановых нагрузок следует учесть, путем рассмотрения групп нагрузок, как показано в табл. 2.2. Каждая из этих групп нагрузок определяет значение одной нормативной крановой нагрузки в сочетании прочих (некрановых) нагрузок.

Таблица 2.1 — Коэффициенты динамичности ϕ

Коэффициенты динамичности	Рассматриваемые воздействия	Область применения
ϕ_1	Возбуждение колебаний конструкций крана вследствие подъема груза в пределах грузоподъемности над поверхностью земли	Собственный вес крана
ϕ_2 или ϕ_3	Динамическое воздействие от приложения нагрузки к крану (передачи нагрузки от земли к крану) Динамическое воздействие от быстрого снятия полезной нагрузки с крана (разгрузки крана), к примеру, если кран оснащен захватами или магнитами	Грузоподъемность
ϕ_4	Динамическое воздействие, вызванное перемещением крана по рельсовым путям или подкрановым балкам	Собственный вес крана и грузоподъемность
ϕ_5	Динамическое воздействие от разгона (движения) крана	Сила тяги
ϕ_6	Динамическое воздействие от испытательного груза, перемещаемого силой тяги так, как это рассчитано для нормальных условий эксплуатации крана	Испытательная нагрузка
ϕ_7	Динамическое воздействие от упругого удара крана о тупиковый упор	Нагрузка от удара о тупиковый упор (буферная сила)

Таблица 2.2 — Группы нагрузок и коэффициенты динамичности, принимаемые в качестве одного нормативного воздействия на кран

	Наименование символа	№ раздела	Группы нагрузок									
			Крайнее предельное состояние							Испытательная нагрузка	Особая	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Собственный вес крана	Q_c	2.6	φ_1	φ_1	1	φ_4	φ_4	φ_4	1	φ_1	1	1
2 Грузоподъемность	Q_h	2.6	φ_2	φ_3	—	φ_4	φ_4	φ_4	$\eta^{1)}$	—	1	1
3 Ускорение моста крана	H_L, H_T	2.7	φ_5	φ_5	φ_5	φ_5	—	—	—	φ_5	—	—
4 Перекос моста крана	H_S	2.7	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
5 Ускорение или торможение тележки или крюковой блочной обоймы крана	H_{T3}	2.7	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
6 Ветер во время эксплуатации	F_w^*	Приложение А	1	1	1	1	1	—	—	1	—	—
7 Пробная нагрузка	Q_T	2.10	—	—	—	—	—	—	—	φ_6	—	—
8 Нагрузка от удара о тупиковый упор	H_B	2.11	—	—	—	—	—	—	—	—	φ_7	—
9 Опрокидывающая сила	H_{TA}	2.11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
Примечание — Для ветровых нагрузок на неэксплуатируемый кран, см. Приложение А.												
¹⁾ η — это соотношение нагрузки, которая сохраняется после снятия полезной нагрузки, но не входит в собственный вес крана.												

2.3 Расчетные состояния

(1)Р Характерные нагрузки, вызываемые работой крана, следует определять для каждого расчетного состояния, определяемого в соответствии с EN 1990.

(2)Р Необходимо рассмотреть выбранные расчетные состояния и определить случаи возникновения предельных нагрузок. Для каждого случая предельной нагрузки следует определять расчетные значения нагрузок от воздействий в составе сочетания нагрузок.

(3) Указание по расчету множественных нагрузок, вызванных действием нескольких кранов, приведены в п. 2.5.3.

(4) Правила комбинирования крановых нагрузок с другими нагрузками приведены в Приложении А.

(5) Методика приложения нагрузок для расчета на усталость приведены в 2.12.

(6) Методика приложения испытательной нагрузки на кран для проведения испытаний кранов на несущих опорных конструкциях по предельному состоянию по эксплуатационной надежности приведена в п. 2.10.

2.4 Задание нагрузок

(1) Следует учитывать нагрузки и воздействия, передающиеся на балки подкрановых путей колесами кранов, а также, в зависимости от конструкций кранов, направляющими роликами или другими направляющими механизмами.

(2) Горизонтальные нагрузки на опорные конструкции кранов, возникающие в результате горизонтального перемещения монорельсовых подъемных кранов и крановых подъемников, следует определять в соответствии с пп. 2.5.1.2, 2.5.2.2 и 2.7.

2.5 Систематизация нагрузок

2.5.1 Крюковая блочная обойма монорельсового крана, подвешенная на балках подкрановых путей

2.5.1.1 Вертикальные нагрузки

(1) Для нормальных условий эксплуатации крана вертикальную нагрузку следует принимать как суммарную от собственного веса крюковой блочной обоймы крана, грузоподъемности и коэффициента динамичности, см. табл. 2.1 и табл. 2.2.

2.5.1.2 Горизонтальные нагрузки

(1) В тех случаях, когда монорельсовые подвесные тележки перемещаются по неподвижным балкам крановых путей и при отсутствии точных значений нагрузок, продольные горизонтальные нагрузки следует принимать равными 5 % от максимальной вертикальной нагрузки на колесо, без учета коэффициента динамичности.

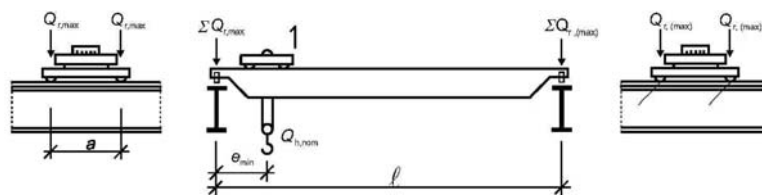
(2) Допускается применения вышеуказанного правила в случае определения горизонтальных нагрузок для поворотных подвесных подкрановых балок.

2.5.2 Мостовой кран

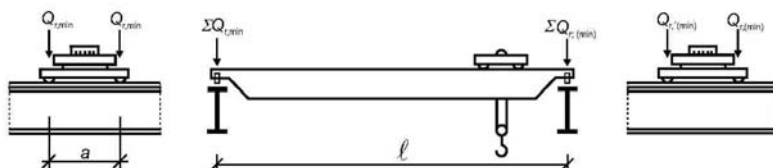
2.5.2.1 Вертикальные нагрузки

(1) Соответствующие вертикальные нагрузки от колес крана на подкрановые балки следует определять с учетом распределения нагрузок (см. рис. 2.1), используя нормативные значения, приведенные в Разделе 2.6.

а) Распределение реакций опор от крана под нагрузкой при определении максимального усилия на балку подкранового пути



б) Распределение реакций опор от крана без нагрузки при определении минимального усилия на балку подкранового пути



где

$Q_{r,max}$	максимальная нагрузка на колесо нагруженного крана;
$Q_{r,(max)}$	сопутствующая нагрузка на противоположное колесо нагруженного крана;
$\Sigma Q_{r,max}$	сумма максимальных нагрузок $Q_{r,max}$ на подкрановый путь нагруженного крана;
$\Sigma Q_{r,(max)}$	сумма сопутствующих максимальных нагрузок $Q_{r,(max)}$ на подкрановый путь нагруженного крана;
$Q_{r,min}$	минимальная нагрузка на колесо крана без нагрузки;
$Q_{r,(min)}$	сопутствующая нагрузка на противоположное колесо ненагруженного крана;
$\Sigma Q_{r,min}$	сумма минимальных нагрузок $Q_{r,min}$ на подкрановый путь ненагруженного крана;
$\Sigma Q_{r,(min)}$	сумма сопутствующих минимальных нагрузок $Q_{r,(min)}$ на подкрановый путь ненагруженного крана;
$Q_{h,nom}$	номинальная грузоподъемность.

Пояснения к рисунку:

1 Тележка мостового крана

Рис. 2.1 — Распределение нагрузок при определении соответствующих вертикальных воздействий на балки подкрановых путей

(2) Эксцентриситет e приложения нагрузки Q_r к рельсу подкранового пути от колеса крана следует принимать равным части ширины головки рельса b_r , (см. рис. 2.2).

ПРИМЕЧАНИЕ: Допускается принимать значение эксцентриситета приложения нагрузки e по Национальному приложению. Рекомендуемое значение e равняется $0,25b_r$.

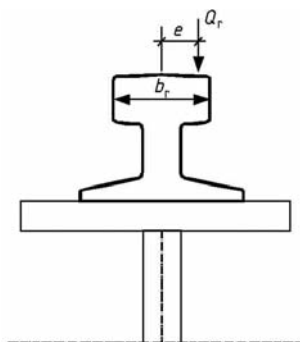


Рис. 2.2 — Эксцентриситет приложения нагрузки от колеса крана

2.5.2.2 Горизонтальные нагрузки

(1) В расчетах необходимо учитывать следующие горизонтальные нагрузки, от мостовых кранов:

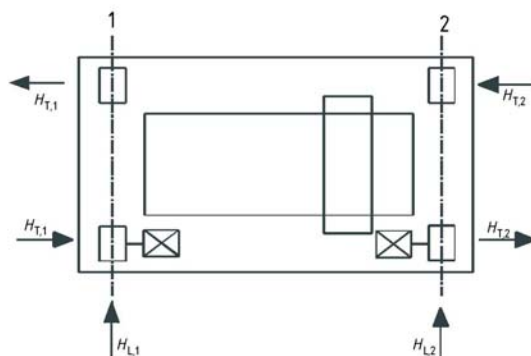
- а) нагрузку, вызванную ускорением или торможением крана при его перемещении вдоль подкрановой балки, см. п. 2.7.2;
- б) нагрузку, вызванную ускорением или торможением тележки мостового крана или подвесной тележки, при ее перемещении вдоль моста крана, см. п. 2.7.5;
- в) нагрузку, вызванные перекосом крана во время его движения вдоль подкрановой балки, см. п. 2.7.4;
- г) нагрузку, связанную с ударом крана о тупиковый упор (буферную силу), см. п. 2.11.1;
- д) нагрузку, связанную с ударом тележки мостового крана или подвесной тележки о тупиковый упор (буферную силу), см. п. 2.11.2.

(2) Если не указано иное, только одну из пяти видов горизонтальных нагрузок, указанных в п. 2.5.2.2, (1), а - е, (см. табл. 2.2) следует включать в группу одновременно действующих крановых нагрузок.

(3) Горизонтальные нагрузки, действующие в зоне контактной поверхности колес подвесных кранов, следует принимать не менее 10 % от максимальной вертикальной нагрузки на колесо, при этом, допускается не учитывать динамическую составляющую, если не указано иное.

(4) Действующие на колеса крана продольные $H_{L,i}$, и поперечные $H_{T,i}$, горизонтальные нагрузки вызванные ускорением и торможением масс крана или тележки и т. п., следует учитывать согласно рис. 2.3, если не указано иное. Нормативные значения этих нагрузок приведены в п. 2.7.2.

ПРИМЕЧАНИЕ: В вышеуказанные нагрузки не включены воздействия при подъеме груза, вызванные перекосом из-за неправильного расположения груза и тележки мостового крана, поскольку, в основном, подъем грузов под наклоном запрещен. Любые воздействия от неустраняемого и незначительного перекоса при подъеме груза учитываются при расчете сил инерции.



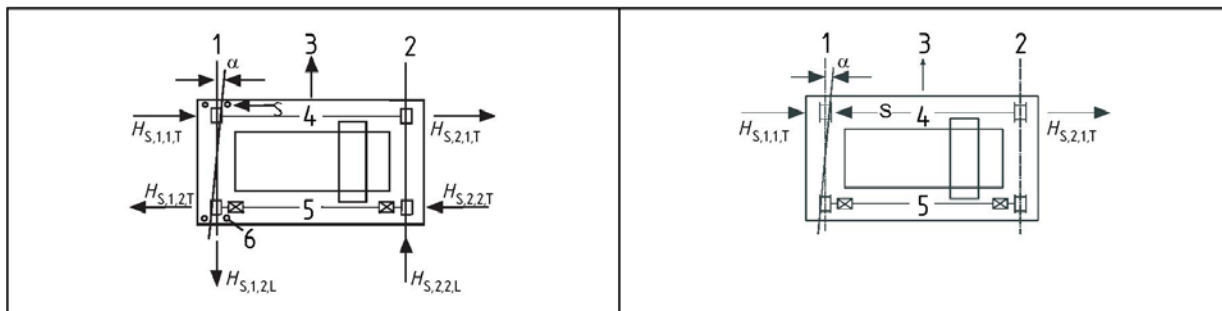
Пояснения к рисунку

- 1 рельс $i = 1$;
2 рельс $i = 2$.

Рис. 2.3 — Распределение нагрузок, вызванных действующими на колесо продольными и поперечными горизонтальными силами в результате ускорения и торможения

(5) При перемещении или движении в установившемся режиме кранов или крановых тележек на их направляющие механизмы могут действовать продольные и поперечные, приложенные к колесам, горизонтальные нагрузки $H_{S,i,j,k}$ и направляющая сила S , которые вызваны перекосом, см. рис. 2.4. Направляющие реакции, вызывающие возникновение вышеуказанных нагрузок заставляют колеса изменить режим свободного качения или отклониться от направления перемещения. Нормативные значения продольных и поперечных горизонтальных нагрузок $H_{S,i,j,k}$ и направляющей силы S , приведены в п. 2.7.4.

а) с отдельным направляющим механизмом б) с направляющими колесными ребордами



Пояснение к рисунку:

- 1 рельс $i = 1$;
- 2 рельс $i = 2$;
- 3 направление движения;
- 4 колесная пара $j = 1$;
- 5 колесная пара $j = 2$;
- 6 направляющий механизм

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Направление горизонтальных нагрузок зависит от типа направляющего механизма, направления движения и типа привода колес.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Нагрузки $H_{S,i,j,k}$ определены в п. 2.7.4(1).

Рис. 2.4 — Распределение нагрузок, вызванной воздействующими на колесо продольными и поперечными горизонтальными силами, в результате перекоса

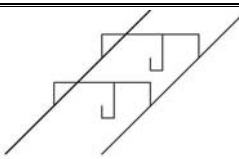
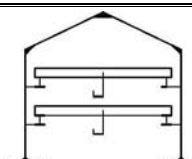
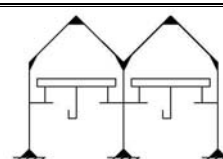
2.5.3 Нагрузки от нескольких работающих кранов

(1) Р Краны, работающие совместно, следует рассматривать как оказывающие единое воздействие.

(2) Если несколько кранов работают независимо друг от друга, то для расчета необходимо указать максимальное количество одновременно работающих кранов.

ПРИМЕЧАНИЕ — Количество кранов, учитываемых в наиболее неблагоприятных сочетания, допускается принимать по Национальному приложению. Рекомендуемое количество кранов представлено в табл. 2.3.

Таблица 2.3 — Рекомендуемое максимальное количество кранов, учитываемых при наиболее неблагоприятных сочетаниях

		Кол-во кранов на каждый подкрановый путь	Кол-во кранов на каждый пролет цеха	Кол-во кранов в многопролетных зданиях
				
Вертикальное воздействие крана	3	4	4	2
Горизонтальное воздействие крана	2	2	2	2

2.6 Нормативные значения вертикальных крановых нагрузок

(1) Нормативные значения вертикальных крановых нагрузок на опорные конструкции кранов следует определять в соответствии с табл. 2.2.

(2) Р Номинальные значения собственного веса крана и грузоподъемности, указанные изготовителем крана, следует принимать в качестве нормативных значений вертикальных нагрузок.

Таблица 2.4 — Коэффициенты динамичности φ_i для вертикальных нагрузок

	Значения коэффициентов динамичности
φ_1	$0,9 < \varphi_1 < 1,1$ Значения 1,1 и 0,9 отражают верхнее и нижнее значения импульса колебаний
φ_2	$\varphi_2 = \varphi_{2,\min} + \beta_2 v_h$ v_h — постоянная скорость подъема груза в м/сек; Значения $\varphi_{2,\min}$ и β_2 см. в табл. 2.5
φ_3	$\varphi_3 = 1 - \frac{\Delta m}{m}(1 + \beta_3)$ где <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15%;"> Δm m $\beta_3 = 0,5$ $\beta_3 = 1,0$ </div> <div style="width: 85%;"> освобожденная или сброшенная часть массы груза; общая масса поднимаемого груза; для кранов, оснащенных захватами или подобными устройствами с замедленным освобождением груза; для кранов, оснащенных магнитами или подобными устройствами с быстрым освобождением груза. </div> </div>
φ_4	$\varphi_4 = 1,0$ при соблюдении допусков по EN 1993-6 для рельсовых путей
ПРИМЕЧАНИЕ: Если допуски на рельсовые пути, указанные в EN 1993-6, не соблюдены, коэффициент динамичности φ_4 следует определять по схеме, приведенной в EN 13001-2.	

(3) В случае если в документацию изготовителя крана не включены коэффициенты динамичности φ_1 , φ_2 , φ_3 и φ_4 , (табл. 2.1), следует воспользоваться указаниями табл. 2.4.

(4) В Приложении А приведены соответствующие значения для эксплуатации крана в условиях ветрового воздействия.

Таблица 2.5 — Значения β_2 и $\varphi_{2,\min}$

Класс подъемного оборудования	β_2	$\varphi_{2,\min}$
НС1	0,17	1,05
НС2	0,34	1,10
НС3	0,51	1,15
НС4	0,68	1,20
ПРИМЕЧАНИЕ: Для учета динамических эффектов передачи нагрузки от земли крану, краны следует классифицировать по классам подъемного оборудования от НС1 до НС4. Выбор класса зависит от конкретного типа крана; см. рекомендации в Приложении В.		

2.7 Нормативные значения горизонтальных крановых нагрузок

2.7.1 Общие положения

(1) Номинальные значения воздействий от ускорения и перекося, указанные заводом изготовителем крана, следует принимать в качестве нормативных значений горизонтальных нагрузок.

(2) Допускается использование нормативных значений горизонтальных нагрузок, полученных от изготовителя крана или эти нагрузки следует определять в соответствии с пп. 2.7.2 – 2.7.5.

2.7.2 Продольные $H_{L,i}$ и поперечные $H_{T,i}$ нагрузки от ускорения и торможения крана

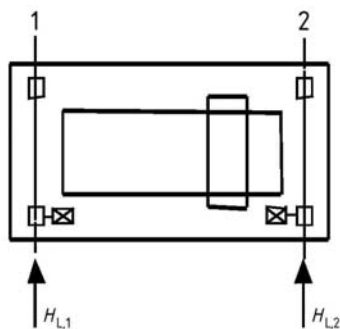
(1) Продольные нагрузки $H_{L,i}$, от ускорения и торможения крана образуются от действия тягового усилия на поверхности соприкосновения рельса и ведомого колеса, см. рис. 2.5.

(2) Продольные нагрузки $H_{L,i}$, приложенные к подкрановой балке определяются по формуле:

$$H_{L,i} = \varphi_5 K \cdot \frac{1}{n_r} \quad (2.2)$$

где

- n_r количество подкрановых балок;
- K сила тяги, согласно п. 2.7.3;
- φ_5 коэффициент динамичности, см. табл. 2.6;
- i целое число, обозначающее балку подкранового пути ($i = 1, 2 \dots$).



Пояснения к рисунку

- 1 рельс $i = 1$;
 2 рельс $i = 2$

Рис. 2.5 — Продольные горизонтальные нагрузки $H_{L,i}$

(3) Действие момента M от силы тяги, приложенной к центру масс, уравнивается поперечными горизонтальными силами $H_{T,1}$ и $H_{T,2}$, см. рис. 2.6. Горизонтальные нагрузки определяются по формулам:

$$H_{T,1} = \varphi_5 \xi_2 \frac{M}{a} \quad (2.3)$$

$$H_{T,2} = \varphi_5 \xi_1 \frac{M}{a} \quad (2.4)$$

где

$$\xi_1 = \frac{\sum Q_{r,\max}}{\sum Q_r}$$

$$\xi_2 = 1 - \xi_1;$$

$$\sum Q_r = \sum Q_{r,\max} + \sum Q_{r,(\max)};$$

$$\sum Q_{r,\max} \quad \text{см. рис. 2.1};$$

$$\sum Q_{r,(\max)} \quad \text{см. рис. 2.1}$$

α расстояние между направляющими роликами или колесами с ребордами;

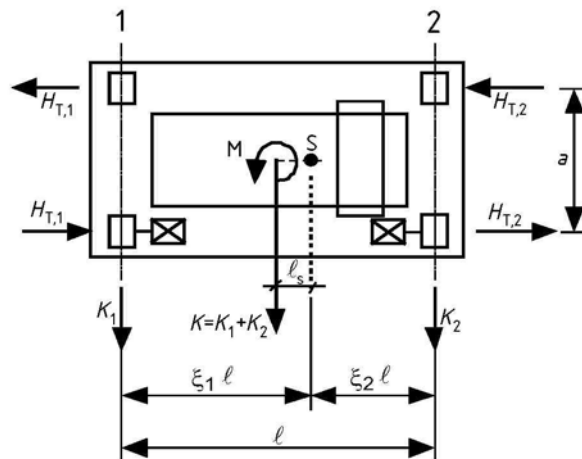
$$M = K l_s;$$

$$l_s = (\xi_1 - 0,5) l;$$

l пролет моста крана;

φ_5 коэффициент динамичности, см. табл. 2.6;

K сила тяги, см. п. 2.7.3 и рис. 2.7.



Пояснения к рисунку

- 1 рельс $i = 1$;
- 2 рельс $i = 2$

Рис. 2.6 — Определение поперечных нагрузок $H_{T,i}$

(4) Для криволинейных подкрановых балок результирующую центробежную силу следует умножить на коэффициент динамичности φ_5 .

(5) В случае, если коэффициент динамичности φ_5 не приведен в документации изготовителя крана, допускается использование значения коэффициента, по табл. 2.6.

Таблица 2.6 — Коэффициент динамичности φ_5

Значения коэффициента динамичности φ_5	Специальное применение
$\varphi_5 = 1,0$	для центробежных сил
$1,0 \leq \varphi_5 \leq 1,5$	для систем, с равномерно изменяемой нагрузкой
$1,5 \leq \varphi_5 \leq 2,0$	для систем, где может произойти резкое изменение нагрузки
$\varphi_5 = 3,0$	для приводов, имеющих значительный люфт

2.7.3 Сила тяги K

(1) Для ведомого колеса силу тяги K следует устанавливать таким образом, чтобы исключить возможность его проскальзывания.

(2) Значение силы K должно быть представлено заводом изготовителем крана.

(3) Кроме тех случаев, когда применяется система с управляемыми колесами, силу тяги K следует определять по формуле:

$$K = K_1 + K_2 = \mu \sum Q_{r,\min}^* , \quad (2.5)$$

где

μ — коэффициент трения;

— для привода на каждое колесо:

$$\sum Q_{r,\min}^* = m_w Q_{r,\min},$$

где

m_w — количество ведущих колес;

— для привода на колесную пару колеса (на ось):

$$\sum Q_{r,\min}^* = Q_{r,\min} + Q_{r,(\min)};$$

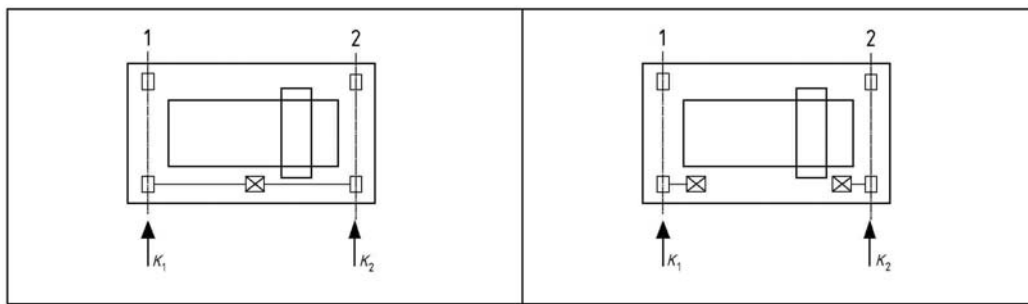
ПРИМЕЧАНИЕ 1 : В производимых в настоящее время кранах обычно не применяется привод на два колеса (на ось).

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Значение коэффициента трения допускается принимать по Национальному приложению. Рекомендуется использовать следующие значения:

$\mu = 0,2$ для сопряженных материалов: сталь — сталь;

$\mu = 0,5$ для сопряженных материалов: сталь — резина.

а) привод на колесную пару (на ось) б) привод на каждое колесо



Пояснения к рисунку

- 1 рельс $i = 1$;
2 рельс $i = 2$

Рис. 2.7 — Определение силы тяги K

2.7.4 Горизонтальные нагрузки $H_{S,i,j,k}$ и направляющая сила S , вызванные перекосом крана

(1) Направляющую силу S и поперечные нагрузки $H_{S,i,j,k}$, вызванные перекосом крана, следует определять по формулам:

$$S = f \lambda_{S,j} \sum Q_r \quad (2.6)$$

$$H_{S,1,j,L} = f \lambda_{S,1,j,L} \sum Q_r \text{ (индекс } j \text{ указывает на ведомую колесную пару)} \quad (2.7)$$

$$H_{S,2,j,L} = f \lambda_{S,2,j,L} \sum Q_r \text{ (индекс } j \text{ указывает на ведомую колесную пару)} \quad (2.8)$$

$$H_{S,1,j,T} = f \lambda_{S,1,j,T} \sum Q_r \quad (2.9)$$

$$H_{S,2,j,T} = f \lambda_{S,2,j,T} \sum Q_r, \quad (2.10)$$

где

- f «отрицательный» коэффициент, см. (2);
 $\lambda_{S,i,j,k}$ силовой коэффициент, см. (4);
 i рельс i ;
 j колесная пара j ;
 k направление действия силы (L = продольное, T = поперечное).

(2) «Отрицательный» коэффициент следует определять по формуле:

$$f = 0,3 (1 - \exp (-250 \alpha)) \leq 0,3, \quad (2.11)$$

где

- α угол перекоса, см. (3).

(3) Угол перекося $\alpha \leq 0,015$ рад, (см. рис. 2.8) следует определять с учетом расстояния между направляющим механизмом и рельсом, а также с учетом допусков на размеры и износ колес, оборудования и рельсов. Угол перекося α определяется по формуле:

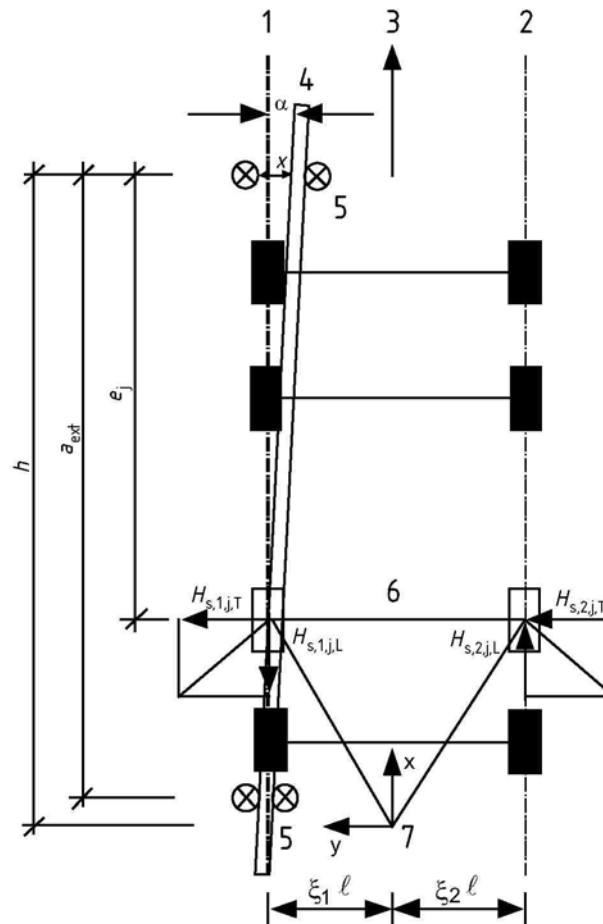
$$\alpha = \alpha_F + \alpha_V + \alpha_0 \leq 0,015 \text{ rad}, \quad (2.12)$$

значения α_F , α_V и α_0 следует определять по табл. 2.7.

Таблица 2.7 — Значения α_F , α_V и α_0

Углы α_i	Минимальные значения α_i
$\alpha_F = \frac{0,75x}{a_{\text{ext}}}$	$0,75x \geq 5$ мм для направляющих роликов
	$0,75x \geq 10$ мм для реборд колеса
$\alpha_V = \frac{y}{a_{\text{ext}}}$	$y \geq 0,03b$ мм для направляющих роликов
	$y \geq 0,10b$ мм для реборд колеса
α_0	$\alpha_0 = 0,001$
<p>где</p> <p>a_{ext} интервал наружного направляющего механизма или колес с ребордами вдоль направляющего рельса;</p> <p>b ширина головки рельса;</p> <p>x расстояние между рельсом и направляющим механизмом (боковой сдвиг);</p> <p>y износ рельса и направляющего механизма;</p> <p>a_0 допуск на направление колеса и рельса.</p>	

(4) Силовой коэффициент $\lambda_{S,i,j,k}$ зависит от типа комбинации колесных пар и расстояния h между мгновенным центром вращения и соответствующим направляющим механизмом, а именно первыми по направлению движения, (рис. 2.8). Расстояния h следует определять по табл. 2.8. Силовой коэффициент $\lambda_{S,i,j,k}$ определяется по табл. 2.9.



Пояснения к рисунку:

- 1 рельс $i = 1$;
- 2 рельс $i = 2$;
- 3 направление движения;
- 4 направление рельса;
- 5 направляющий механизм;
- 6 колесная пара j ;
- 7 мгновенный центр вращения

Рис. 2.8 — Определение угла α и расстояния h

Таблица 2.8 — Определение расстояния h


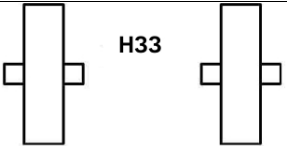
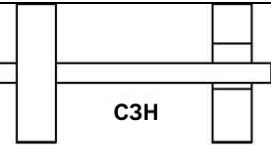
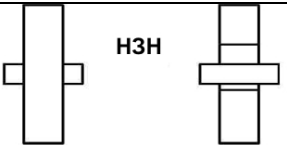
Типы закрепления колес в зависимости от боковых перемещений	Типы комбинации колесных пар		h
	Спаренные колеса (С)	Независимые колеса (Н)	
Закрепленное/Закрепленное (ЗЗ)			$\frac{m \xi_1 \xi_2 l^2 + \sum e_j^2}{\sum e_j}$
Закрепленное/Незакрепленное (ЗН)			$\frac{m \xi_1 l^2 + \sum e_j^2}{\sum e_j}$
где			
h	расстояние между моментальным центром вращения и соответствующим направляющим механизмом;		
m	количество спаренных колесных пар ($m = 0$ для независимых колесных пар);		
$\xi_1 l$	расстояние от моментального центра вращения до рельса 1;		
$\xi_2 l$	расстояние от моментального центра вращения до рельса 2;		
l	пролет;		
e_j	расстояние от колесной пары j до соответствующего направляющего механизма.		

Таблица 2.9 — Определение значений $\lambda_{S,i,j,k}$

Тип	$\lambda_{S,j}$	$\lambda_{S,1,j,L}$	$\lambda_{S,1,j,T}$	$\lambda_{S,2,j,L}$	$\lambda_{S,2,j,T}$
СЗЗ	$1 - \frac{\sum e_j}{nh}$	$\frac{\xi_1 \xi_2}{n} \frac{l}{h}$	$\frac{\xi_2}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h}\right)$	$\frac{\xi_1 \xi_2}{n} \frac{l}{h}$	$\frac{\xi_1}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h}\right)$
НЗЗ		0	$\frac{\xi_2}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h}\right)$	0	$\frac{\xi_1}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h}\right)$
СЗН	$\xi_2 \left(1 - \frac{\sum e_j}{nh}\right)$	$\frac{\xi_1 \xi_2}{n} \frac{l}{h}$	$\frac{\xi_2}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h}\right)$	$\frac{\xi_1 \xi_2}{n} \frac{l}{h}$	0
НЗН		0	$\frac{\xi_2}{n} \left(1 - \frac{e_j}{h}\right)$	0	0

где

n количество колесных пар;

$\xi_1 l$ расстояние от моментального центра вращения до рельса 1;

$\xi_2 l$ расстояние от моментального центра вращения до рельса 2;

l пролет оборудования;

e_j расстояние от колесной пары j до соответствующего направляющего механизма.

h расстояние между моментальным центром вращения и соответствующим направляющим механизмом.

2.7.5 Горизонтальная нагрузка $H_{T,3}$, от ускорения или торможения тележки мостового крана

(1) Допускается замена горизонтальной силы $H_{T,3}$, вызванной ускорением или торможением тележки мостового крана или подвесной тележки, на горизонтальную силу $H_{B,2}$, определенную в 2.11.2.

2.8 Температурные воздействия

(1)Р При необходимости, при расчете подкрановых путей следует учесть воздействия от температурных колебаний. В общем случае последствия неравномерного распределения температуры допускается не учитывать.

(2) Для подкрановых путей, находящихся на открытом воздухе учет неравномерного распределения температуры следует производить согласно EN 1991-1-5.

2.9 Нагрузки на пешеходные мостки, лестницы, платформы и ограждения

2.9.1 Вертикальные нагрузки

(1) Для пешеходных мостков, лестниц и платформ вертикальную нагрузку Q , следует принимать равномерно распределенной по площади $0,3 \times 0,3$ м, если иное особо не оговорено.

(2) При использовании пешеходных мостков, лестниц и платформ для производства ремонтных работ или складирования материалов, вертикальную нагрузку следует принимать равной $Q_k = 3$ кН.

(3) Если пешеходные мостки, лестницы и платформы используются только для прохода людей к оборудованию, нормативное значение Q_k из п. 2.9.1 (2) допускается уменьшить до 1,5 кН.

(4) Вертикальной нагрузкой Q_k можно пренебречь, если на рассматриваемый конструктивный элемент действует нагрузка от крана.

2.9.2 Горизонтальные нагрузки

(1) Горизонтальную сосредоточенную нагрузку на ограждения следует принимать равной $H_k = 0,3$ кН, если иное особо не оговорено.

(2) Горизонтальной нагрузкой H_k можно пренебречь, если на все конструктивные элементы действует нагрузка от крана.

2.10 Испытательные нагрузки

(1) Перед проведением испытаний кранов, возведенных на опорных несущих конструкциях, эти конструкции необходимо проверить на действие испытательной нагрузки

(2) При необходимости, опорные несущие конструкции кранов должны быть запроектированы с учетом действия испытательных нагрузок.

(3) При испытаниях на грузоподъемность испытательную нагрузку следует увеличить на коэффициент динамичности φ_6 .

(4) При рассмотрении испытательной нагрузки необходимо различать следующие случаи:

— Динамическая испытательная нагрузка:

Испытательный груз следует перемещать с помощью приводов, так, как это рассчитано для нормальной эксплуатации крана. Испытательная нагрузка должна составлять, по крайней мере, 110 % от номинальной грузоподъемности.

$$\varphi_6 = 0,5(1,0 + \varphi_2) \quad (2.13)$$

— Статическая испытательная нагрузка:

В процессе испытаний нагрузку следует повышать путем нагружения крана без применения приводов. Испытательная нагрузка должна составлять, по крайней мере, 125 % от номинальной грузоподъемности.

$$\varphi_6 = 1,0 \quad (2.14)$$

2.11 Особые нагрузки

2.11.1 Нагрузка от удара крана о тупиковый упор (буферные силы, связанные с движением крана) $H_{B,1}$,

(1) Необходимо определить нагрузку от соударения крана, движущегося со скоростью от 0,7 до 1,0 номинальной о тупиковые упоры, исходя из кинетической энергии всех задействованных частей крана.

(2) Нагрузку от удара крана о тупиковый упор (буферную силу), предварительно умноженную на коэффициент φ_7 в соответствии с табл. 2.10 для учета динамического воздействия, следует определять по нижеследующей формуле, учитывая распределение соответствующих масс и характеристики упоров (см. рис. 2.9b):

$$H_{B,1} = \varphi_7 v_1 \sqrt{m_c S_B}, \quad (2.15)$$

где

φ_7 см. табл. 2.10;
 v_1 70 % скорости на длинном ходу (м/с);
 m_c масса крана и грузоподъемность (в кг);
 S_B динамическая жесткость упора (Н/м).

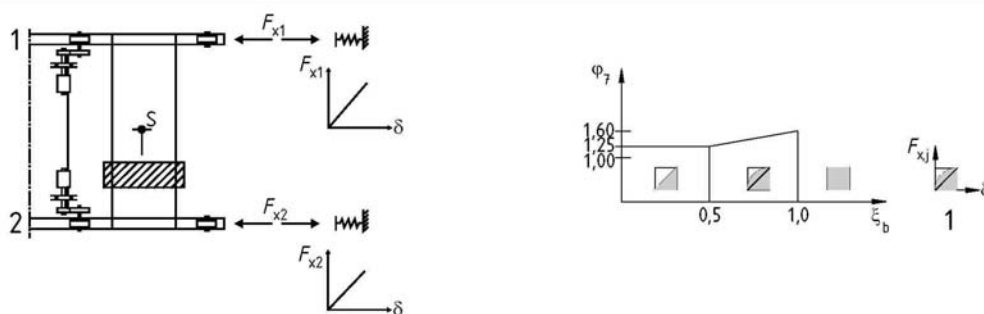
Таблица 2.10 — Коэффициент динамичности φ_7

Значения коэффициента динамичности φ_7	Характеристика упора
$\varphi_7 = 1,25$	$0,0 \leq \xi_b \leq 0,5$
$\varphi_7 = 1,25 + 0,7 (\xi_b - 0,5)$	$0,5 \leq \xi_b \leq 1$
ПРИМЕЧАНИЕ: Приближенное значение ξ_b следует определять по рис. 2.9	

а) нагрузка от удара крана о тупиковый упор (буферная сила)

б) характеристика упора

$$\xi_b = \frac{1}{F u} \int_0^u F du$$



Пояснения к рисунку

1 характеристика упора

Примечание — Дополнительную информацию о характеристиках упоров см. в EN 13001-2.

Рис. 2.9 — Определение нагрузки от удара крана о тупиковый упор (буферной силы)

2.11.2 Нагрузка от удара крана о тупиковый упор (буферная сила) $H_{B,2}$, отнесенная к тележке мостового крана

(1) В случае, если груз не закреплен в горизонтальной плоскости, горизонтальную нагрузку от удара тележки мостового крана или подвесной тележки о тупиковый упор (буферную силу) $H_{B,2}$, следует принимать равной 10 % от суммы веса поднятого груза и веса тележки. В остальных случаях нагрузку от удара о тупиковый упор (буферную силу) следует определять так же, как и для крана, см. 2.11.1.

2.11.3 Опрокидывающие силы

(1) В случае, если при столкновении груза или подъемного приспособления с препятствием возможно опрокидывание крана с грузом, закрепленным в горизонтальной плоскости, в расчетах необходимо учесть результирующие статические нагрузки.

2.12 Усталостные нагрузки

2.12.1 Воздействия от одиночного крана

(1) При расчете на усталостные нагрузки необходимо удостовериться, что эксплуатационный режим распределения нагрузок от поднимаемых грузов и влияния от перемещения крана учтены должным образом.

ПРИМЕЧАНИЕ: В случае, если имеется подробная информация об условиях эксплуатации крана, усталостные нагрузки следует определять в соответствии с EN 13001 и приложением А к EN 1993-1-9. Если информация отсутствует или планируется использовать упрощенные принципы расчета, следует применять следующие правила.

(2) Для нормальных условий эксплуатации крана усталостную нагрузку следует выражать через эквивалентную нагрузку усталостного разрушения Q_e , которую следует принять за постоянную величину при любом положении крана.

ПРИМЕЧАНИЕ: Эта методика совместима с требованиями EN 13001. Тем не менее она представляет собой упрощенный подход к расчету пролетных строений кранов и предназначена для предварительного проектирования при отсутствии полного объема данных.

(3) При определении эквивалентной нагрузки усталостного разрушения Q_e следует учесть историю нагружений, происходящих при заданных условиях эксплуатации, а также отношение абсолютного количества циклов нагружения в течение предполагаемого срока службы конструкции к контрольному значению $N = 2,0 \cdot 10^6$ циклов.

Таблица 2.11 — Классификация усталостных воздействий на краны в соответствии с EN 13001-1

Класс диапазона нагрузок		Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5
		$kQ \leq 0,03$ 13	$0,0313 < kQ \leq 0,0625$	$0,0625 < kQ \leq 0,125$	$0,125 < kQ \leq 0,25$	$0,25 < kQ \leq 0,5$	$0,5 < kQ \leq 1,0$
Класс общего количества циклов							
U_0	$C \leq 1,6 \cdot 10^4$	S_0	S_0	S_0	S_0	S_0	S_0
U_1	$1,6 \cdot 10^4 < C \leq 3,15 \cdot 10^4$	S_0	S_0	S_0	S_0	S_0	S_1
U_2	$3,15 \cdot 10^4 < C \leq 6,30 \cdot 10^4$	S_0	S_0	S_0	S_0	S_1	S_2
U_3	$6,30 \cdot 10^4 < C \leq 1,25 \cdot 10^5$	S_0	S_0	S_0	S_1	S_2	S_3
U_4	$1,25 \cdot 10^5 < C \leq 2,50 \cdot 10^5$	S_0	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4
U_5	$2,50 \cdot 10^5 < C \leq 5,00 \cdot 10^5$	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
U_6	$5,00 \cdot 10^5 < C \leq 1,00 \cdot 10^6$	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
U_7	$1,00 \cdot 10^6 < C \leq 2,00 \cdot 10^6$	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
U_8	$2,00 \cdot 10^6 < C \leq 4,00 \cdot 10^6$	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8
U_9	$4,00 \cdot 10^6 < C \leq 8,00 \cdot 10^6$	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9

где

kQ коэффициент диапазона нагрузок для всех режимов крана;

C общее количество рабочих циклов в течение расчетного срока службы крана.

ПРИМЕЧАНИЕ: В EN 13001-1 классы S_i распределяются согласно параметру истории нагружений, s , который определяется как:

$$s = vk,$$

где

k коэффициент диапазона нагружения;

v количество циклов нагружения C , отнесенное к $2,0 \cdot 10^6$ циклов нагружения.

Данная классификация основана на общей продолжительности срока службы в 25 лет.

(4) Усталостную нагрузку следует определять по формуле:

$$Q_e = \varphi_{fat} \lambda_i Q_{max,i}, \quad (2.16)$$

где

$Q_{\max,i}$ максимальное нормативное значение вертикальной нагрузки на колесо i ;
 $\lambda_i = \lambda_{1,i} \lambda_{2,i}$ коэффициент эквивалентной разрушающей нагрузки, служащий для введения поправок в соответствующий нормированный диапазон усталостных нагрузок и абсолютное число циклов нагружений, отнесенное к $N = 2,0 \cdot 10^6$ циклов.

$$\lambda_{1,i} = \sqrt[m]{k_Q} = \left[\sum_j \left(\left(\frac{\Delta Q_{i,j}}{\max \Delta Q_i} \right)^m \frac{n_{i,j}}{\sum n_{i,j}} \right) \right]^{1/m}; \quad (2.17)$$

$$\lambda_{2,i} = \sqrt[m]{n_v} = \left[\frac{\sum_j n_{i,j}}{N} \right]^{1/m}, \quad (2.18)$$

где

$\Delta Q_{i,j}$ амплитуда нагрузки в диапазоне j на колесо i :

$$\Delta Q_{i,j} = Q_{i,j} - Q_{\min,i};$$

$\max \Delta Q_i$ максимальная амплитуда нагрузки на колесо i :

$$\max \Delta Q_i = Q_{\max,i} - Q_{\min,i};$$

k_Q, v коэффициенты эквивалентной разрушающей нагрузки;

m наклон кривой усталостной прочности;

φ_{fat} коэффициенты эквивалентного разрушения от динамической ударной нагрузки, см. (7);

i количество колес

$N = 2 \cdot 10^6$.

ПРИМЕЧАНИЕ: Значение m см. в EN 1993-1-9; также см. примечания к табл. 2.12.

(5) Для определения значения λ , использование кранов следует классифицировать в соответствии с диапазоном нагружений и общим количеством циклов нагружения, как показано в таблице 2.11.

(6) Значения λ следует определять по табл. 2.12 с учетом классификации кранов.

Таблица 2.12 — Значения λ_i в соответствии с классификацией кранов

Классы S	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉
Нормальные напряжения	0,198	0,250	0,315	0,397	0,500	0,630	0,794	1,00	1,260	1,587
Сдвиговые напряжения	0,379	0,436	0,500	0,575	0,660	0,758	0,871	1,00	1,149	1,320
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1: При расчете значений λ использовались нормализованные диапазоны нагружений с гауссовым распределением эффектов нагружений, законом накопления повреждений Майнера и отрезков S-N усталостной прочности с наклоном $m = 3$ для нормальных напряжений и $m = 5$ для сдвиговых напряжений.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2: В случае, если класс крана не указан в детализированной спецификации, указания по назначению класса крана следует принимать по Приложению В.</p>										

(7) Коэффициент эквивалентного разрушения при динамическом ударном воздействии φ_{fat} при нормальных условиях определяется по формулам:

$$\varphi_{\text{fat},1} = \frac{1 + \varphi_1}{2} \text{ and } \varphi_{\text{fat},2} = \frac{1 + \varphi_2}{2} \quad (2.19)$$

2.12.2 Диапазон изменения напряжений от многократного воздействия колес или кранов

(1) Для уточненного расчета на усталостное воздействие, диапазон изменения напряжений вследствие действия эквивалентной разрушающей нагрузки на колесо, следует определять исходя из анализа истории нагружений

ПРИМЕЧАНИЕ: Для использования значений λ_i по табл. 2.12 по упрощенной методике см. п. 9.4.2.3 EN 1993-6.

Раздел 3 Воздействия, от механического оборудования

3.1 Область применения

(1) Настоящий раздел следует применять для конструкций ротационного механического оборудования, способного вызывать динамические воздействия в одной или нескольких плоскостях

(2) В настоящем разделе представлены методы для определения динамических характеристик и воздействий, необходимые для проверки конструкций на надежность.

ПРИМЕЧАНИЕ: Несмотря на то, что точную границу безопасных значений установить невозможно, допускается не учитывать в расчетах малогабаритное механическое оборудования, с отдельными вращающимися частями, вес которого не превышает 5 кН, а мощность менее 50 кВт, поскольку воздействия от них включены в состав временных нагрузок. В подобных случаях, для защиты механизмов и окружающего оборудования, достаточно применить, так называемые, виброгасители под опорами. Примерами являются стиральные машины и небольшие вентиляторы.

3.2 Классификация нагрузок

3.2.1 Общие положения

(1) Р Нагрузки от механического оборудования, представленные различными расчетными схемами в пп. 3.2.2 – 3.2.4, следует классифицировать как постоянные, временные и особые, .

3.2.2 Постоянные нагрузки

(1) В период эксплуатации постоянные нагрузки включают в себя: собственный вес всех неподвижных и подвижных частей, а также статические эксплуатационные нагрузки, такие, как:

- собственные веса роторов и корпусов (приложены по вертикали);
- собственные веса конденсаторов, при необходимости с учетом их заполнения жидкостью (приложены по вертикали);
- воздействия от разряжения для турбин, конденсаторы которых соединены с корпусом компенсаторами (приложены по вертикали и по горизонтали);
- вращающие моменты механизмов, передаваемые корпусами на фундаменты (приложены с помощью пары вертикальных сил);
- сил трения в подшипниках, вызванные тепловым расширением корпусов (приложены по горизонтали);
- воздействия от собственного веса, сил и моментов в трубах происходящие из-за теплового расширения, воздействия от газов: течение потока и давление (приложены по вертикали и по горизонтали);
- температурные воздействия, действующие на механизмы и трубы, к примеру: при разнице температур механического оборудования, трубы и фундамента.

(2) На переходных стадиях эксплуатации постоянные нагрузки (монтаж, техническое обслуживание или ремонт) определяются только собственным весом, включая подъемное оборудование, подмости и другие вспомогательные устройства.

3.2.3 Временные нагрузки

(1) Временные нагрузки от механического оборудования для нормальных условий эксплуатации включают в себя динамические воздействия от ускорения масс тел, такие как:

- периодические, зависящие от частоты вращения нагрузки на подшипники, вызванные эксцентриситетом вращающихся масс; Действуют во всех направлениях, но преимущественно перпендикулярно осям роторов;
- нагрузки от неуравновешенной массы или моменты от масс;
- периодические эксплуатационные нагрузки, зависящие от типа механического оборудования; передающих нагрузки на фундаменты через корпуса или опоры;
- силы или моменты, связанные с включением или выключением и другими переходными состояниями, такими как синхронизация.

3.2.4 Особые нагрузки

(1) Особые нагрузки могут возникнуть в результате:

- аварийного увеличения эксцентриситета масс (например, поломки тормозов, случайной деформации или разрыва вала движущихся деталей);
- короткого замыкания или рассогласования генераторов и механизма;
- динамического гидроудара в результате перекрывания труб.

3.3 Расчетные состояния

(1)Р для каждой расчетной ситуации, в соответствии с EN 1990, следует определять соответствующие воздействия, вызванные механическим оборудованием.

(2)Р Расчетные ситуации следует выбирать с целью следующих проверок:

- условия эксплуатации механического оборудования соответствуют эксплуатационным требованиям и аварийные воздействия, которые могут воспрепятствовать последующему использованию данного устройства в процессе эксплуатации не приводят к повреждениям опорных конструкций и фундаментов оборудования;
- воздействие на окружение находится в допустимых пределах, например, помехи чувствительному оборудованию;
- в конструкции не крайнего предельного состояния;
- в конструкции не возникают усталостные разрушения.

ПРИМЕЧАНИЕ: Если не указано иное, требования к эксплуатационной надежности должны рассчитываться для каждого отдельного проекта.

3.4 Определение нагрузок

3.4.1 Характер нагрузок

(1)Р В расчетах необходимо проводить различие между статическими и динамическими нагрузками.

(2)Р При расчете статических нагрузок следует учитывать нагрузки как и от механического оборудования, так и от конструкций.

ПРИМЕЧАНИЕ: Статические нагрузки от механического оборудования относятся к постоянным нагрузкам, как определено в п. 3.2.2. Эти нагрузки следует использовать для определения явления ползучести или для проверки того, что статические деформации не превышают допустимых значений.

(3)Р При расчете результатов динамического воздействия следует учесть возможность передачи динамического возбуждения от механического оборудования конструкциям.

Примечание — Динамические нагрузки от механического оборудования относятся к временным нагрузкам, как определено в п. 3.2.3.

(4)Р Расчет конструкций на действие динамических нагрузок следует проводить с помощью динамического расчета с соответствующим моделированием системы колебаний и динамического воздействия, см. п. 3.4.2.

(5) Динамическими воздействиями можно пренебречь, если они незначительны (не ясен критерий существенности).

3.4.2 Моделирование динамических воздействий

(1) Динамическая нагрузка от механического оборудования, состоящих только из вращающихся деталей, например, ротационных компрессоров, турбин, генераторов и вентиляторов, представляет собой периодически изменяющуюся силу, которые следует определять по синусоидальной функции (см. рис. 3.1).

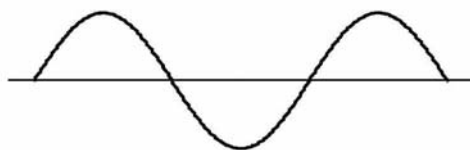


Рис 3.1 — Гармоническая сила

(2) Крутящий момент $M_k(t)$ может быть представлен посредством комбинации синусоидальных диаграмм, отражающих зависимость момента от времени при взаимодействии ротора с корпусом.

3.4.3 Моделирование взаимодействия между механическим оборудованием и конструкциями

(1)Р Колебательную систему, состоящую из механического оборудования и конструкции, следует моделировать таким образом, чтобы возбуждение, количество масс, жесткостные свойства и демпфирование были в достаточной степени учтены в расчетах фактических динамических характеристик.

(2) Модель может быть линейно упругой с концентрированными или распределенными массами, опирающимися и связанными с пружинами.

(3) Общий центр тяжести системы (например, фундамента и механизма) должен находиться как можно ближе к вертикальной линии, проходящей через центр масс площади фундамента, соприкасающейся с грунтом (основанием). В любом случае эксцентриситет распределения масс не должен превышать 5 % длины соприкасающейся стороны. Кроме того, центр тяжести системы, состоящей из механизма и фундамента, должен находиться, по возможности, ниже верхней отметки фундаментного блока.

(4) Следует рассмотреть три поступательных и три вращательных степеней свободы, однако, как правило, отсутствует необходимость в применении пространственной модели.

(5) Характеристики основания фундамента должны быть представлены в терминах модели (свойства пружин, коэффициенты затухания и т.п.). Требуемыми характеристиками являются:

- для грунтов: динамический G-модуль и коэффициенты затухания;
- для свай: динамическая жесткость пружин в вертикальном и горизонтальном направлениях;
- для пружин (амортизаторов): жесткость пружин в вертикальном и горизонтальном направлениях и для резиновых пружин (амортизаторов) — информация о затухании.

3.5 Нормативные значения нагрузок

(1) От изготовителя должен быть получен полный перечень статических и динамических характеристик для различных расчетных состояний вместе со всеми другими техническими данными об оборудовании, такими как контурные чертежи, вес неподвижных и подвижных частей, скорости, балансировка и т. д.

(2) Изготовитель механического оборудования должен предоставить следующую информацию:

- схема нагружения механического оборудования с указанием места приложения, величины и направления всех нагрузок, включая динамические нагрузки;
- скорость перемещения механического оборудования;
- критические значения скоростей механического оборудования;
- габаритные размеры фундамента;
- момент инерции компонентов механического оборудования;
- детализация вставок и заделки арматуры;
- расположение трубопроводов, каналов и т. п., а также их опорные элементы;
- температура в различных зонах во время эксплуатации;
- допустимые смещения точек приложения нагрузки на механическое оборудование в процессе нормальной эксплуатации.

(3) В простых случаях динамические нагрузки (свободные силы) воздействующие на вращающиеся части механического оборудования определяются по формуле:

$$F_s = m_R \omega_r^2 e_M = m_R \omega_r (\omega_r e_M), \quad (3.1)$$

где

F_s — свободная сила ротора;

m_R — масса ротора;

ω_r — круговая (угловая) частота ротора (рад/сек);

e_M — эксцентриситет массы ротора;

$\omega_r e$ — точность балансировки ротора, выраженная как амплитуда скорости.

(4) Для точности балансировки необходимо рассмотреть следующие состояния:

- устойчивое состояние:

механизм хорошо сбалансирован, но со временем балансировка ухудшается до минимального уровня, пригодного для нормальной эксплуатации. Система предупреждения, уста-

новленная на оборудовании, гарантирует, что оператор будет предупрежден в случае превышения определенного предела. До достижения этого состояния дисбаланса не могут появиться колебания, наносящие ущерб строительным конструкциям и окружающей среде и выполняются требования по уровню вибраций

– аварийное состояние:

балансировка полностью нарушена в результате аварии: система слежения гарантирует выключение механизма. Конструкция должна быть достаточно прочной, чтобы выдержать действие динамических нагрузок.

(5) В простых случаях эффект от взаимодействия динамического возбуждения механического оборудования, обладающего массой вращения и динамическим поведением строительных конструкций можно выразить посредством эквивалентной статической нагрузки:

$$F_{eq} = F_s \varphi_M, \quad (3.2)$$

где

F_s свободная сила ротора;

φ_M коэффициент динамичности, который зависит от отношения собственной частоты n_e (или ω_e) конструкции к частоте возбуждающей силы n_s (или ω_s) и коэффициента затухания ζ .

(6) Для гармонически изменяющихся нагрузок (свободных сил ротационных механизмов) коэффициент усиления определяется по формулам:

а) при незначительном затухании или состоянии, далеком от резонанса:

$$\varphi_M = \frac{\omega_e^2}{\omega_e^2 - \omega_s^2}; \quad (3.3)$$

б) в случае возникновения резонанса $\omega_e = \omega_s$ при коэффициенте затухания ζ :

$$\varphi_M = \left[\left(1 - \frac{\omega_s^2}{\omega_e^2} \right)^2 + \left(2\zeta \frac{\omega_s}{\omega_e} \right)^2 \right]^{-1/2}. \quad (3.4)$$

(7) Если диаграмма изменений во времени крутящего момента $M_k(t)$ не указана изготовителем, зависимость момента от времени определяется по формуле:

$$M_k(t) = 10 M_o \left(e_m^{\frac{t}{0,4}} \sin \Omega_N t - \frac{1}{2} e_m^{\frac{t}{0,4}} \sin 2\Omega_N t \right) - M_o \left(1 - e_m^{\frac{t}{0,15}} \right) \quad (3.5)$$

где

M_0 — номинальный момент, являющийся следствием эффективной мощности;
 Ω_N — угловая частота электрической цепи, рад/сек;
 t — время, сек.

(8) Для собственных частот в диапазоне от $0,95\Omega_N$ до $1,05\Omega_N$ расчетные частоты электрической цепи должны быть идентичны собственным частотам.

(9) Для упрощения, эквивалентный статический момент может быть определен по формуле:

$$M_{k,eq} = 1,7M_{k,max} \quad (3.6)$$

где

$M_{k,max}$ — пиковое значение крутящего момента $M_k(t)$.

(10) Если это значение $M_{k,max}$ не указано изготовителем то для его определения допускается использовать следующее выражение:

$$M_{k,max} = 12M_0 \quad (3.7)$$

3.6 Критерии эксплуатационной надежности

(1) Критерии эксплуатационной надежности, в основном, связаны с колебаниями:

- а) осей механического оборудования и мест их опирания;
- б) крайних точек конструкций и механического оборудования.

(2) Характеристиками этих колебаний являются:

- амплитуда смещения A ;
- амплитуда скорости $\omega_s A$;
- амплитуда ускорения $\omega_s^2 A$.

(3) При расчете амплитуд данной системы следует учитывать поступательные и угловые колебания, вызванные динамическими нагрузками и моментами, а также разброс жесткостей фундамента и основания (почва, сваи).

(4) В простом случае в системе, представляющей собой пружинный маятник с демпфером, (см. рис. 3.2), амплитуды смещения могут быть вычислены по формуле:

$$A = \frac{F_{eq}}{k}, \quad (3.8)$$

где

k — жесткость пружины.

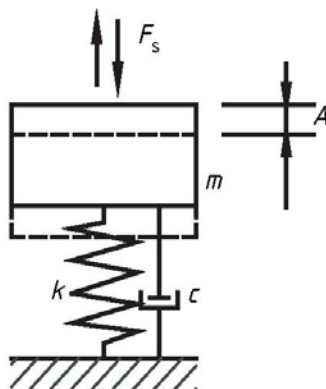


Рис. 3.2 — Модель пружинного маятника с демпфером

Приложение А(обязательное)

Основы проектирования: дополнительные условия к EN 1990; Подкрановые балки, нагруженные кранами

А.1 Общие положения

(1) В настоящем Приложении приведены указания по определению частных коэффициентов γ , комбинаций крановых нагрузок на балки подкрановых путей с постоянными нагрузками, квазистатическими ветровыми, снеговыми и температурными воздействиями, а также соответствующих коэффициентов ψ .

(2) В случае если для расчета необходимо учесть дополнительные воздействия (например, осадки грунта, вызванные горными разработками), комбинации следует дополнить. Также следует дополнить и адаптировать вышеуказанные комбинации для стадии производства.

(3) При комбинировании группы крановых нагрузок с другими воздействиями, эту группа следует рассматривать в качестве единого воздействия.

(4) При рассмотрении комбинаций крановых нагрузок с другими воздействиями следует различать следующие случаи:

- подкрановые пути находятся вне сооружения;
- подкрановые пути находятся внутри сооружения, где климатические воздействия воспринимаются ограждающими конструкциями сооружения, а на несущие конструкции могут прямо или опосредованно передаваться нагрузки от кранов.

(5) В случае, если подкрановые пути расположены вне сооружения в расчетах следует учесть нормативное ветровое воздействие, на конструкцию крана и на подъемное оборудование, выраженное нормативной нагрузкой F_{wk} в соответствии с EN 1991-1-4.

(6) При рассмотрении комбинаций полезной нагрузки с воздействием ветра, необходимо также учесть максимальную ветровую нагрузку, согласованную с требованиями правил эксплуатации кранов. Вышеуказанная нагрузка F_w^* ассоциируется со скоростью ветра равной 20 м/сек. Расчетную площадь для полезной нагрузки $A_{ref,x}$ следует определять для каждого конкретного случая.

(7) В случае, если подкрановые пути расположены внутри сооружения ветровые и снеговые нагрузки на конструкции крана допускается не учитывать; однако, для расчета конструктивных частей сооружения, подверженных действию ветровых, снеговых и крановых нагрузок, необходимо учесть соответствующие комбинации этих нагрузок.

А.2 Крайнее предельное состояние

А.2.1 Комбинации нагрузок

(1) Для каждой критической нагрузке расчетные значения воздействий следует определять путем комбинирования значений одновременно действующих нагрузок в соответствии с EN 1990

(2) При рассмотрении особой нагрузки не следует одновременно учитывать действия других особых нагрузок, равно как и снеговое и ветровое воздействие.

A.2.2 Частные коэффициенты

(1) Для расчета по крайнему предельному состоянию (ULS) на основании прочности строительных материалов и грунтов следует определить частные коэффициенты для нагрузок по первому предельному состоянию для постоянной, временной и особой расчетных ситуаций. Для случая потери статической устойчивости (EQU) см. ниже п. (2).

ПРИМЕЧАНИЕ: Значения коэффициентов γ допускается принимать по Национальному приложению. Для проектирования подкрановых балок рекомендуются значения γ , приведенные в табл. А.1. В этих значениях учтены случаи внутренней потери несущей способности или чрезмерной деформации конструкций или частей конструкций (STR) и потери несущей способности или чрезмерной деформации основания (GEO), определенные в п. 6.4.1(1) EN 1990 для зданий.

Таблица А.1 — Рекомендуемые значения коэффициентов γ

Нагрузки	Обозначения	Расчетные ситуации	
		постоянно- ая/временная	особая
Постоянные нагрузки от крана			
неблагоприятные	$\gamma_{G \sup}$	1,35	1,00
благоприятные	$\gamma_{G \inf}$	1,00	1,00
Временные нагрузки от крана			
неблагоприятные	$\gamma_{Q \sup}$	1,35	1,00
благоприятные	$\gamma_{Q \inf}$		
с краном		1,00	1,00
без крана		0,00	0,00
Другие временные нагрузки	γ_Q		
неблагоприятные		1,50	1,00
благоприятные		0,00	0,00
Особые нагрузки	γ_A		1,00

(2) Для расчета на случай потери статической устойчивости (EQU) и восстановления несущей способности благоприятные и неблагоприятные воздействия крана следует рассматривать как независимые. Если не указано иное, (см., в частности, соответствующие Еврокоды по проектированию) неблагоприятная и благоприятная части постоянных нагрузок должны соответствовать обозначениями $\gamma_{G \sup}$ и $\gamma_{G \inf}$.

ПРИМЕЧАНИЕ: Значения коэффициентов γ допускается принимать по Национальному приложению. Рекомендуются следующие значения γ :

$\gamma_{G \sup} = 1,05$;

$\gamma_{G \inf} = 0,95$.

Оставшиеся коэффициенты γ (в особенности для временных нагрузок) следует принимать по п. (1).

А.2.3 Коэффициенты ψ для крановых нагрузок

(1) Коэффициенты ψ для крановых нагрузок представлены в табл. А.2.

Таблица А.2 — Коэффициенты ψ для крановых нагрузок

Нагрузки	Обозначения	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Одиночный кран или группы крановых нагрузок	Q_T	ψ_0	ψ_1	ψ_2

ПРИМЕЧАНИЕ: Коэффициенты ψ допускается принимать по Национальному приложению. Рекомендуются следующие значения коэффициентов ψ :

$\psi_0 = 1,0$;

$\psi_1 = 0,9$;

ψ_2 = отношение между постоянным крановой нагрузкой и полной крановой нагрузкой.

А.3 Предельное состояние по пригодности к эксплуатации

А.3.1 Комбинация нагрузок

(1) Для расчета по предельному состоянию по пригодности к эксплуатации различные комбинации нагрузок следует принимать по EN 1990.

(2) Во время проведения испытаний загрузка крана испытательной нагрузкой (см. 2.10) следует рассматривать как воздействие крана.

А.3.2 Частные коэффициенты

(1) Если не указано иное для расчета по предельному состоянию по пригодности к эксплуатации частные коэффициенты для нагрузок на опорные конструкции крана следует принимать за 1.

А.3.3 Коэффициенты ψ для крановых нагрузок

(1) Коэффициенты ψ приведены в табл. А.2.

А.4 Усталость

(1) Правила расчета на усталость зависят от используемой модели усталостной нагрузки и приведены в Еврокодах по проектированию.

Приложение В (справочное)
Указания по классификации кранов для расчета на усталость

Таблица В.1 — Рекомендации для определения классов нагрузки

Позиция	Тип крана	Класс подъемного оборудо-	S-классы
1	Краны с ручным управлением	HC 1	S0, S1
2	Монтажные краны	HC1, HC2	S0, S1
3	Краны для генераторных силовых станций	HC1	S1, S2
4	Складские краны с прерывистым режимом работы	HC2	S4
5	Складские краны, широкозахватные краны/кран-балки, краны шихтового двора с непрерывным режимом работы	HC3, HC4	S6, S7
6	Цеховые краны	HC2, HC3	S3, S4
7	Мостовые краны, гидравлические краны с захватом или	HC3, HC4	S6, S7
8	Краны для литейных цехов	HC2, HC3	S6, S7
9	Колодцевые краны	HC3, HC4	S7, S8
10	Краны для раздевания слитков, загрузочные краны	HC4	S8, S9
11	Ковочные краны	HC4	S6, S7
12	Транспортные платформы, полупортальные краны, портальные краны с тележками или поворотные краны с рабочим	HC2	S4, S5
13	Транспортные платформы, полупортальные краны, портальные краны с тележками или поворотные краны с захватом или	HC3, HC4	S6, S7
14	Подвижный ленточный портал с неподвижно или скользящей лентой	HC1	S3, S4
15	Судостроительные краны, краны для стапелей, монтажные краны с крюком	HC2	S3, S4
16	Портовые краны, поворотные, плавучие краны, поворотные краны с неподвижной стрелой и с крюком	HC2	S4, S5
17	Портовые краны, , поворотные, плавучие краны, поворотные краны с неподвижной стрелой и захватом или магнитом	HC3, HC4	S6, S7
18	Плавучие краны для тяжелых режимов работы, козловые краны	HC1	S1, S2
19	Краны для погрузки судов с крюком	HC2	S3, S4
20	Краны для погрузки судов с захватом или магнитом	HC3, HC4	S4, S5
21	Башенные поворотные краны для строительной промышленности	HC1	S2, S3

Окончание табл. В.1

Позиция	Тип крана	Класс подъемного оборудования	S-классы
22	Монтажные краны, мачтовые краны с крюком	HC1, HC2	S1, S2
23	Поворотные краны на железнодорожном ходу с крюком	HC2	S3, S4
24	Поворотные краны на железнодорожном ходу с захватом или магнитом	HC3, HC4	S4, S5
25	Железнодорожные краны, допущенные к работе на поездах	HC2	S4
26	Автомобильные краны, мобильные краны с крюком	HC2	S3, S4
27	Автомобильные краны, мобильные краны с захватом или магнитом	HC3, HC4	S4, S5
28	Автомобильные краны для тяжелых режимов работы, мобильные краны для тяжелых режимов работы	HC1	S1, S2

Национальное приложение

к НСР ЕН 1991-3-2011

Еврокод 1: Воздействия на сооружения –

Часть 3: Воздействия от кранов и механического оборудования

Предисловие

Настоящее национальное приложение следует применять совместно со стандартом ГОСТ Р EN 1991-3-2011.

Настоящее Национальное приложение содержит следующие требования и национальные параметры, разрешенные на национальном уровне и установленные при проектировании зданий и сооружений на территории РФ:

а) требования и национальные параметры для следующих пунктов EN 1991-3, национальный выбор которых разрешен:

**Требования и национальные параметры, установленные при проектировании
зданий и сооружений на территории Российской Федерации**

Пункт EN 1991-3	Наименование раздела, пункта и (или) таблицы, содержание статьи	Пункты Национального приложения
2.1 (2)	2.1 Процедура получения данных по воздействиям от производителя крана	НП 2.1 (2)
2.5.2.1 (2)	2.5.2.1 Эксцентриситет нагрузки от колеса крана	НП 2.5.2.1 (2)
2.5.3 (2)	2.5.3 Максимальное число кранов, учитываемое при наиболее неблагоприятном сочетании (нагрузок)	НП 2.5.3 (2)1- НП 2.5.3 (2)7
2.7.3 (3)	2.7.3 Значение коэффициента трения	НП 2.7.3 (3)
A 2.2 (1)	A 2.2 Значения коэффициента γ для случаев потери несущей способности или чрезмерной деформации конструкций или частей конструкций (STR) и потери несущей способности или чрезмерной деформации основания (GEO)	НП A 2.2 (1)
A 2.2 (2)	A 2.2 Значения коэффициента γ для случаев потери статической устойчивости (EQU)	НП A 2.2 (2)
A 2.3 (1)	A 2.3 Значение коэффициента ψ	НП A 2.3 (1)

б) рекомендации по использованию обязательного приложения А – НП А.

НП 2.1 (2) Полные нормативные значения вертикальных нагрузок, передаваемых колесами кранов на балки кранового пути, и другие необходимые для расчета данные следует принимать в соответствии с требованиями государственных стандартов на краны, а для нестандартных кранов - в соответствии с данными, указанными в паспортах заводов-изготовителей.

Примечание. Под крановым путем понимаются обе балки, несущие один мостовой кран, и все балки, несущие один подвесной кран (две балки - при однопролетном, три - при двухпролетном подвесном кране и т. п.).

НП 2.5.2.1 (2) Необходимо учитывать возможное смещение центра приложения давления на ободе колеса крана в поперечном направлении по отношению к середине опорной поверхности головки рельса. Величина такого смещения может достигать до 40% ширины головки рельса.

НП 2.5.3 (2) 1. Вертикальные нагрузки при расчете прочности и устойчивости балок крановых путей следует учитывать не более чем от двух наиболее неблагоприятных по воздействию мостовых или подвесных кранов.

НП 2.5.3 (2) 2. Вертикальные нагрузки при расчете прочности и устойчивости рам, колонн, фундаментов, а также оснований в зданиях с мостовыми кранами в нескольких пролетах (в каждом пролете на одном ярусе) следует принимать на каждом пути не более чем от двух наиболее неблагоприятных по воздействию кранов, а при учете совмещения в одном створе кранов разных пролетов - не более чем от четырех наиболее неблагоприятных по воздействию кранов.

НП 2.5.3 (2) 3. Вертикальные нагрузки при расчете прочности и устойчивости рам, колонн, стропильных и подстропильных конструкций, фундаментов, а также оснований зданий с подвесными кранами на одном или нескольких путях следует принимать на каждом пути не более чем от двух наиболее неблагоприятных по воздействию кранов. При учете совмещения в одном створе подвесных кранов, работающих на разных путях, вертикальные нагрузки следует принимать:

не более чем от двух кранов

- для колонн, подстропильных конструкций, фундаментов и оснований крайнего ряда при двух крановых путях в пролете;

не более чем от четырех кранов:

- для колонн, подстропильных конструкций, фундаментов и оснований среднего ряда;
- для колонн, подстропильных конструкций, фундаментов и оснований крайнего ряда при трех крановых путях в пролете;
- для стропильных конструкций при двух или трех крановых путях в пролете.

НП 2.5.3 (2) 4. Горизонтальные нагрузки при расчете прочности и устойчивости балок крановых путей, колонн, рам, стропильных и подстропильных конструкций, фундаментов, а также оснований следует учитывать не более чем от двух наиболее неблагоприятных по воздействию кранов, расположенных на одном крановом пути или на разных путях в одном створе. При этом для каждого крана необходимо учитывать только одну горизонтальную нагрузку (поперечную или продольную).

НП 2.5.3 (2) 5. Число кранов, учитываемое в расчетах прочности и устойчивости при определении вертикальных и горизонтальных нагрузок от мостовых кранов на двух или трех ярусах в пролете, при одновременном размещении в пролете как подвесных, так и мостовых кранов, а также при эксплуатации подвесных кранов, предназначенных для передачи груза с одного кра-

на на другой с помощью перекидных мостиков, следует принимать по строительному заданию на основании технологических решений.

НП 2.5.3 (2) 6. При определении вертикальных и горизонтальных прогибов балок крановых путей, а также горизонтальных смещений колонн нагрузку следует учитывать от одного наиболее неблагоприятного по воздействию крана.

НП 2.5.3 (2) 7. При наличии на крановом пути одного крана и при условии, что второй кран не будет установлен во время эксплуатации сооружения, нагрузки на этом пути должны быть учтены только от одного крана.

НП 2.7.3 (3) Коэффициенты трения следует определять экспериментальным путем по ГОСТ 27640-88 «Материалы конструкционные и смазочные. Методы экспериментальной оценки коэффициента трения» или по справочным данным.

НП А 2.2 (1) Коэффициент надежности по нагрузке для крановых нагрузок следует принимать $\gamma_t = 1,2$.

При учете местного и динамического действия сосредоточенной вертикальной нагрузки от одного колеса крана полное нормативное значение этой нагрузки следует умножать при расчете прочности балок крановых путей на дополнительный коэффициент γ_c , равный:

- 1,8 - для группы режима работы кранов 8К с жестким подвесом груза;
- 1,7 - для группы режима работы кранов 8К с гибким подвесом груза;
- 1,6 - для группы режима работы кранов 7К;
- 1,4 - для группы режима работы кранов 6К;
- 1,2 - для остальных групп режимов работы кранов.

При расчете прочности и устойчивости балок кранового пути и их креплений к несущим конструкциям расчетные значения вертикальных крановых нагрузок следует умножать на коэффициент динамичности, равный 1,2 независимо от шага колонн.

При расчете конструкций на выносливость, проверке прогибов балок крановых путей и смещений колонн, а также при учете местного действия сосредоточенной вертикальной нагрузки от одного колеса крана коэффициент динамичности учитывать не следует.

При проверке местной устойчивости стенок балок значение дополнительного коэффициента следует принимать равным 1,2.

НП А 2.2 (2). Аналогов в Российских нормах не найдено

НП А 2.3 (1) При наличии на крановом пути одного крана и при условии, что второй кран не будет установлен во время эксплуатации сооружения, нагрузки на этом пути должны быть учтены только от одного крана.

При учете двух кранов нагрузки от них необходимо умножать на коэффициент сочетаний:

- $\psi = 0,85$ - для групп режимов работы кранов 1К - 6К;
- $\psi = 0,95$ - для групп режимов работы кранов 7К, 8К.

При учете четырех кранов нагрузки от них необходимо умножать на коэффициент сочетаний:

- $\psi = 0,7$ - для групп режимов работы кранов 1К - 6К;
- $\psi = 0,8$ - для групп режимов работы кранов 7К, 8К.

При учете одного крана вертикальные и горизонтальные нагрузки от него необходимо принимать без снижения.

НП А. Рекомендации по использованию приложения А (обязательного)
Мостовые и подвесные краны разных групп режимов работы
(примерный перечень)

При определении коэффициентов надежности по нагрузке и коэффициентов сочетаний (п.п. НП А 2.2 (1), НП А 2.3 (1)) группы режимов работы кранов следует определять используя соответствующие данные нормативных и справочных документов, действующих на территории РФ, приведенные в таблице НП А1.

Таблица НП А1.

Краны	Группы режимов работы	Условия использования
Ручные всех видов С приводными подвесными талями, в том числе с навесными захватами С лебедочными грузовыми тележками, в том числе с навесными захватами	1К - 3К	Любые Ремонтные и перегрузочные работы ограниченной интенсивности Машинные залы электростанций, монтажные работы, перегрузочные работы ограниченной интенсивности
С лебедочными грузовыми тележками, в том числе с навесными захватами С грейферами двухканатного типа, магнитно-грейферные Магнитные	4К - 6К	Перегрузочные работы средней интенсивности, технологические работы в механических цехах, склады готовых изделий предприятий строительных материалов, склады металлообработки Смешанные склады, работа с разнообразными грузами Склады полуфабрикатов, работа с разнообразными грузами
Закалочные, ковочные, штыревые, литейные С грейферами двухканатного типа, магнитно-грейферные С лебедочными грузовыми тележками, в том числе с навесными захватами	7К	Цехи металлургических предприятий Склады насыпных грузов и металлолома с однородными грузами (при работе в одну или две смены) Технологические краны при круглосуточной работе
Траверсные, мультгрейферные, мультдозавалочные, для разделения слитков, копровые, ваграночные, колодцевые Магнитные С грейферами двухканатного типа, магнитно-грейферные	8К	Цехи металлургических предприятий Цехи и склады металлургических предприятий, крупные металлобазы с однородными грузами Склады насыпных грузов и металлолома с однородными грузами (при круглосуточной работе)