

Сәулет, қала құрылысы және құрылыс
саласындағы мемлекеттік нормативтер
ҚР НОРМАТИВТІК–ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ

Государственные нормативы в области
архитектуры, градостроительства и строительства
НОРМАТИВНО–ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ РК

БОЛАТ КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫ ЖОБАЛАУ
1-6 бөлімі. Созылуға жұмыс істейтін элементтері бар
конструкцияларды жобалау

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ.

Часть 1-6. Проектирование конструкций с
элементами, работающими на растяжение

ҚР НТҚ 03-01-11.1-2011
(ҚР ҚН EN 1993-1-11/2011 әзірленген)
НТП РК 03-01-11.1-2011
(к СН РК EN 1993-1-11/2011)

Ресми басылым
Издание официальное

Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің
Құрылыс, тұрғын үй–коммуналдық шаруашылық істері және жер
ресурстарын басқару комитеті

Комитет по делам строительства, жилищно–коммунального
хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства
национальной экономики Республики Казахстан

Астана 2015

АЛҒЫ СӨЗ

1. ӘЗІРЛЕГЕН: «ҚазҚСҒЗИ» АҚ, «Астана Строй-Консалтинг» ЖШС
2. ҰСЫНҒАН: Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің Техникалық реттеу және нормалау басқармасы
3. БЕКІТІЛІП,
ҚОЛДАНЫСҚА
ЕНГІЗІЛГЕН: Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігі Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің 2014 жылғы 29-желтоқсандағы № 156-НҚ бұйрығымен 2015 жылғы 1-шілдеден бастап

ПРЕДИСЛОВИЕ

1. ПОДГОТОВЛЕН: АО «КазНИИСА», ТОО «Астана Строй-Консалтинг»
2. ПРЕДСТАВЛЕН: Управлением технического регулирования и нормирования Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан
3. ПРИНЯТ И ВВЕДЕН
В ДЕЙСТВИЕ: Приказом Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан от «29» декабря 2014 года № 156-НҚ с 1 июля 2015 года

Осы мемлекеттік нормативті Қазақстан Республикасының сәулет, қала құрылысы және құрылыс істері жөніндегі уәкілетті мемлекеттік органның рұқсатысыз ресми басылым ретінде толық немесе ішінара қайта басуға, көбейтуге және таратуға болмайды

Настоящий государственный норматив не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения уполномоченного государственного органа по делам архитектуры, градостроительства и строительства Республики Казахстан

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	III
1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	1
1.1 Область применения	1
1.2 Нормативные ссылки	3
1.3 Условия применения	4
1.4 Различия между принципами и правилами проектирования	4
1.5 Термины и определения.....	4
1.6 Обозначения.....	4
1.7 Условные обозначения осей элементов	5
2 ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	6
2.1 Общие положения	6
2.2 Требования	7
2.3 Воздействия.....	8
2.4 Расчетные ситуации и частные коэффициенты безопасности.....	12
3 МАТЕРИАЛ	14
3.1 Прочность марок сталей и проволоки	14
3.2 Модуль упругости	14
3.3 Температурный коэффициент линейного расширения	17
3.4 Разрезка на мерные по длине отрезки растянутых элементов группы В.....	17
3.5 Мерные по длине отрезки и допуски при изготовлении	17
3.6 Коэффициент трения.....	18
4 ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ПРОВОЛОКИ, КАНАТОВ И ПРЯДЕЙ.....	19
4.1 Общие требования.....	19
4.2 Антикоррозийная защита отдельных проволок	19
4.3 Защита от коррозии внутренней части растянутых элементов группы В	19
4.4 Антикоррозийная защита наружной части растянутых элементов группы В	20
4.5 Защита от коррозии растянутых элементов группы С.....	20
4.6 Защита от коррозии в местах соединений.....	21
5 РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ.....	22
5.1 Общие положения	22
5.2 Переходная фаза строительства	22
5.3 Постоянные расчетные ситуации во время эксплуатации	22
5.4 Нелинейные влияния от учета деформаций.....	23
6 КРИТИЧЕСКИЕ ПРЕДЕЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ	25
6.1 Системы с растянутыми стержнями	25

ПРИМЕР 1 Расчет растянутого стержня группы А на критическое предельное состояние (по СН РК EN 1993-1-1)	25
6.2Р Предварительно напряженные стержни и составные элементы системы групп В и С	26
ПРИМЕР 2 Расчет спирально-прядевого каната оттяжки мачты (элемент группы В) на критическое предельное состояние	28
ПРИМЕР 3 Расчет каната полностью закрытой свивки несущей подвески моста (элемент группы В) на критическое предельное состояние	29
ПРИМЕР 4 Расчет многопрядного каната подвески висячего моста (элемент группы В) на критическое предельное состояние	31
ПРИМЕР 5 Расчет невитого каната из параллельных проволок несущей ванты висячего моста (составной элемент систем группы С) на критическое предельное состояние.....	32
6.3 Седла.....	34
ПРИМЕР 6 Подбор геометрических размеров седла ванты	37
ПРИМЕР 7 Расчет ванты на проскальзывание в седле	38
ПРИМЕР 8 Расчет ванты на проскальзывание в седле	39
6.4 Зажимы	40
ПРИМЕР 9 Расчет зажима	42
7 ПРЕДЕЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРИГОДНОСТИ...	46
7.1 Критерий эксплуатационной пригодности	46
7.2 Предельные напряжения.....	46
ПРИМЕР 10 Расчет предельных напряжений для стадий строительства и эксплуатации для каната полностью закрытой свивки (составного элемента группы В)	47
8 ВИБРАЦИИ ВАНТ	49
8.1 Общие сведения.....	49
8.2 Меры по ограничению вибраций канатов.....	49
8.3 Оценка рисков.....	50
9 УСТАЛОСТЬ	51
9.1 Общие сведения.....	51
9.2 Флотационные осевые нагрузки	51
Приложение А (информационное) Требования к изделиям для растянутых элементов	53
Приложение В (информационное) Транспортировка, складирование, погрузочно-разгрузочные работы.....	58
Приложение С (информационное) Словарь терминов	59
Приложение Д.А (информационное) Сведения о соответствии норм республики Казахстан ссылочным европейским нормам	63

Приложение Е (<i>информационное</i>) Справочные данные и выдержки из таблиц нормативных документов и стандартов, на которые ссылается СН РК EN 1993-1-11:2006/2011	64
Приложение F (<i>информационное</i>) Нагрузка от обледенения и сочетания обледенения с ветром.....	100
БИБЛИОГРАФИЯ.....	104

ВВЕДЕНИЕ

Стратегической целью реформы системы технического регулирования, изложенной в Концепции реформирования системы технического регулирования строительной отрасли Республики Казахстан на 2010-2014 годы, является создание благоприятных условий для формирования в Республике Казахстан устойчивой высокой культуры строительства, которая является характерной чертой и показателем развитого общества.

Основным требованием к реформе является приведение строительного законодательства и нормативных технических документов в области технического регулирования в соответствие с зарубежными аналогами, применяющимися в экономически развитых странах.

Государственные нормативы в области архитектуры градостроительства и строительства Республики Казахстан должны быть усовершенствованы в соответствии с основами правового регулирования архитектурной, градостроительной и строительной деятельности, законодательством и структурой управления на базе действующих в переходный период в Казахстане, а также международных нормативных правовых актов, нормативно-технических документов и иных обязательных и рекомендуемых требований, условий и ограничений.

Главная направленность государственных нормативов – обеспечение охраняемых законом потребностей граждан и общества в создании благоприятной и экологически безопасной среды обитания и жизнедеятельности при осуществлении архитектурной, градостроительной и строительной деятельности, защита прав потребителей проектной и строительной продукции, обеспечение надежности и безопасности строительства, устойчивого функционирования построенных объектов при эксплуатации.

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ НОРМАТИВТІК–ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ
НОРМАТИВНО–ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

БОЛАТ КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫ ЖОБАЛАУ

1-6 бөлімі. Созылуға жұмыс істейтін элементтері бар конструкцияларды жобалау

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Часть 1-6. Проектирование конструкций с элементами, работающими на растяжение

Дата введения 2015-07-01

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Область применения

1.1.1 Общие сведения

1.1.1.1 Комплекс нормативно-технических пособий к строительным нормам Республики Казахстан, идентичных Еврокоду 3 (далее НТП к СН РК EN 1993) - это перечень нормативных документов, в которых даны:

а) рекомендации по основным положениям расчета и конструирования стальных конструкций по СН РК EN 1993;

б) разъяснения ссылочной информации;

в) численные примеры расчета;

г) дополнительная справочная информация.

1.1.1.2 Основополагающими документами при разработке комплекса нормативно-технических пособий к СН РК EN 1993, помимо самих 20 частей СН РК EN 1993 «Проектирование стальных конструкций», являются:

а) СН РК EN 1990 «Основы проектирования несущих конструкций»;

б) СН РК EN 1991 «Воздействия на конструкции»;

в) EN 1090 «Изготовление стальных и алюминиевых конструкций».

1.1.2 Область применения нормативно-технических пособий к СН РК EN 1993

1.2.1.1 НТП к СН РК EN 1993 применяется для расчета и конструирования стальных конструкций зданий и сооружений гражданского назначения, выполненного согласно СН РК EN 1993.

1.1.2.2 Положения НТП к СН РК EN 1993 охватывают только требования по несущей способности, эксплуатационной пригодности, долговечности и огнестойкости стальных конструкций. Другие требования не отражены в НТП к СН РК EN 1993.

1.1.2.3 НТП к СН РК EN 1993 необходимо использовать совместно со следующими нормативными документами:

а) НТП к СН РК EN 1990;

б) НТП к СН РК EN 1991;

в) НТП к СН РК EN 1992 - СН РК EN 1999, в тех частях, которые непосредственно затрагивают расчет стальных конструкций или их элементов;

г) стандарты EN, ETAG, ETA и другие соответствующие стандарты на строительные изделия, относящиеся к стальным конструкциям.

1.1.2.4 Комплекс нормативно-технических пособий к СН РК EN состоит из 19 пособий:

- НТП к СН РК EN 1993-1 «Проектирование стальных конструкций. Общие правила» (12 пособий);
- НТП к СН РК EN 1993-2 «Проектирование стальных конструкций. Стальные мосты» (1 пособие);
- НТП к СН РК EN 1993-3 – «Проектирование стальных конструкций. Стальные башни, мачты и дымовые трубы» (1 пособие);
- НТП к СН РК EN 1993-4 «Проектирование стальных конструкций. Стальные бункера, резервуары и трубопроводы» (3 пособия);
- НТП к СН РК EN 1993-5 «Проектирование стальных конструкций. Стальные шпунты» (1 пособие);
- НТП к СН РК EN 1993-6 «Проектирование стальных конструкций. Стальные подкрановые пути» (1 пособие).

1.1.2.5 В НТП к СН РК EN 1993-1 приведены общие рекомендации и указания по проектированию стальных конструкций, которые распространяются на НТП к СП РК EN 1993, имеющие отношение к специальным зданиям и сооружениям: НТП к СН РК EN 1993-2, НТП к СН РК EN 1993, НТП к СН РК EN 1993-4, НТП к СН РК EN 1993-5, НТП к СН РК EN 1993-6.

1.1.2.6 НТП к СН РК EN 1993-1 состоит из 12 пособий:

- НТП к СН РК EN 1993-1-1;
- НТП к СН РК EN 1993-1-2;
- НТП к СН РК EN 1993-1-3;
- НТП к СН РК EN 1993-1-4;
- НТП к СН РК EN 1993-1-5;
- НТП к СН РК EN 1993-1-6;
- НТП к СН РК EN 1993-1-7;
- НТП к СН РК EN 1993-1-8;
- НТП к СН РК EN 1993-1-9;
- НТП к СН РК EN 1993-1-10;
- НТП к СН РК EN 1993-1-11;
- НТП к СН РК EN 1993-1-12.

1.1.3 Область применения нормативно-технических пособий к СН РК EN 1993-1-11

1.1.3.1 В настоящем пособии представлены основные положения по проектированию стальных несущих конструкций, изготовленных из стержней, круглой и z-образной проволоки и прядей, работающих на растяжение.

Кроме того, рассматриваются особенности проектирования конструктивных элементов, изготовленных с применением вышеуказанных растянутых элементов и кольцевых муфт для устройства узлов соединений.

1.1.3.2 Настоящее пособие состоит из 9 разделов:

Раздел 1: Общие положения;

Раздел 2: Основы проектирования;

Раздел 3: Материал;

Раздел 4: Долговечность проволоки, канатов и прядей;

Раздел 5: Расчет строительных конструкций;

Раздел 6: Предельные состояния по безопасности;

Раздел 7: Предельные состояния по пригодности;

Раздел 8: Вибрация вант;

Раздел 9: Усталость.

1.1.3.3 Разделы с 1 по 9 настоящего пособия повторяют структуру норматива СН РК EN 1993.

В них даются разъяснения по разделам и пунктам СН РК EN 1993-1-11. В настоящем пособии номера пунктов к СН РК EN 1993 приведены в скобках.

1.1.3.3.1 Раздел 1 характеризует область применения настоящего пособия;

1.1.3.3.2 Раздел 2 раскрывает вопросы требований, воздействий, расчетных ситуаций и коэффициентов безопасности, принятых при проектировании растянутых элементов;

1.1.3.3.3 Раздел 3 описывает свойства материалов, используемых для изготовления растянутых элементов: модуль упругости; температурные коэффициенты линейного расширения; коэффициент трения; требования по разрезке не мерные длины и др;

1.1.3.3.4 В разделе 4 приведены требования по обеспечению долговечности растянутых элементов групп А, В, С;

1.1.3.3.5 В разделе 5 представляет положения по расчету строительных конструкций, как на переходный период строительства, так и на время постоянной эксплуатации;

1.1.3.3.6 В разделе 6 даны требования по предельным состояниям по безопасности для систем с растянутыми стержнями, предварительно-напряженными стержнями и составными элементами систем групп В и С, расчету седел, зажимов, вант;

1.1.3.3.7 Раздел 7 раскрывает положения, характеризующие предельные состояния по пригодности к нормальной эксплуатации;

1.1.3.3.8 В разделе 8 представлены правила и требования для контроля за вибрацией вант, оценке рисков и ограничение вибрации;

1.1.3.3.9 Раздел 9 дополняет требования по обеспечению усталостной прочности, с учетом флотационных осевых нагрузок.

1.2 Нормативные ссылки

1.2.1 В настоящем пособии ссылки на части СН РК EN 1990 - СН РК EN 1999 (основные ссылки):

- СН РК EN 1990;

- СН РК EN 1991;

- СН РК EN 1992;

- СН РК EN 1993;

- СН РК EN 1994;

- СН РК EN 1995;
- СН РК EN 1996;
- СН РК EN 1997;
- СН РК EN 1998;
- СН РК EN 1999.

1.2.2 В настоящем пособии приведены ссылки на стандарты (вторичные ссылки):

- EN 10138;
- EN 10244;
- EN 10264;
- EN 12385;
- EN 13411.

1.3 Условия применения

При применении настоящего пособия необходимо учитывать общие требования СН РК EN 1990. Кроме того, все положения настоящего пособия предполагают, что изготовление и сборка стальных конструкций выполнены согласно EN 1090.

1.4 Различия между принципами и правилами проектирования

1.4.1 Различия между принципами и правилами проектирования в настоящем пособии базируются на положениях СН РК EN 1990, где приведены различия между принципами и правилами проектирования конструкций.

1.4.2 Принципы - это такие требования, невыполнение которых не допустимо (если не указано другое).

1.4.3 Правила применения - общепринятые правила, дополняющие и поясняющие принципы.

1.5 Термины и определения

1.5.1 В настоящем пособии используются термины и определения в соответствии:

- с Пунктом 1.5 СН РК EN 1990;
- с Пунктом 1.5 (1) СН РК EN 1993-1-1;
- с Пунктом 1.3 СН РК EN 1993-1-3;
- с Пунктом 1.3 СН РК EN 1993-1-5;
- с Пунктом 1.4 СН РК EN 1993-1-8,

которые необходимы для проектирования стальных несущих конструкций, работающих на растяжение.

1.5.2 Термины и определения, касающиеся термообработки металлов – см. EN 10052.

1.6 Обозначения

1.6.1 В настоящем пособии используются обозначения символов в соответствии:

- с Пунктом 1.6 СН РК EN 1990;
- с Пунктом 1.6 СН РК EN 1993-1-1;
- с Пунктом 1.4 СН РК EN 1993-1-3;
- с Пунктом 1.4 СН РК EN 1993-1-5;
- с Пунктом 1.5 СН РК EN 1993-1-8,

которые необходимы для проектирования стальных несущих конструкций, работающих на растяжение.

1.6.2 В дополнение к обозначению символов, перечисленных в Пункте 1.6.1. настоящего пособия, используются символы согласно Пункту 1.8 СН РК EN 1993-1-11.

1.7 Условные обозначения осей элементов

В настоящем пособии используются аналогичное с СН РК EN 1993-1-1, СН РК EN 1993-1-3, СН РК EN 1993-1-5 и СН РК EN 1993-1-8 обозначение осей элемента.

2 ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

2.1 Общие положения

2.1.1Р Проектирование конструкций с растянутыми элементами, основанных на принципах и правилах применения, достигается при выполнении условий, оговоренных в настоящем стандарте.

2.1.2 Общими условиями для настоящего стандарта являются:

- выбор конструктивной схемы и проектирование несущей конструкции производятся опытным, квалифицированным персоналом;
- строительство осуществляется опытным обученным персоналом;
- надзор и контроль качества выполняется на всех этапах строительства, включая проектирование, изготовление и монтаж несущих конструкций;
- применение строительных материалов и изделий производится в соответствии с требованиями настоящего стандарта или стандартов EN 1991 – EN 1999, или в соответствии с требованиями стандартов на производство работ, материалы и изделия;
- несущие конструкции поддерживаются в исправном состоянии надлежащим образом;
- несущие конструкции применяются согласно проектной документации.

ПРИМЕЧАНИЕ К особым строительным объектам могут применяться дополнительные требования.

2.1.3 Дополнительные положения, приведенные в настоящих строительных нормах для растянутых элементов, также подлежат применению.

2.1.4 Для характеристики элементов требуемой повышенной надежности может быть применена следующая классификация по степени воздействия окружающей среды.

Таблица 2.1 — Классы, учитывающие неблагоприятные воздействия

Усталостное воздействие	Воздействие коррозии	
	Без внешнего воздействия	С внешним воздействием
Без существенного усталостного воздействия	Класс 1	Класс 2
Преимущественно осевое усталостное воздействие	Класс 3	Класс 4
Осевое и поперечное усталостное воздействие (ветер и дождь)	—	Класс 5

2.1.5 Соединение растянутых элементов с конструкцией должно быть таким, чтобы обеспечить их замену и регулировку.

2.2 Требования

2.2.1Р При проектировании растянутых элементов должны быть рассмотрены следующие предельные состояния:

— ULS (критическое предельное состояние): прикладываемые осевые нагрузки не должны превышать расчетного значения несущей способности при растяжении, см. Раздел 6;

— SLS (предельное состояние по эксплуатационной пригодности): уровни напряжений и деформаций в элементе не должны превышать предельных значений, см. Раздел 7;

ПРИМЕЧАНИЕ В целях обеспечения требуемой долговечности, проверка на эксплуатационную пригодность может иметь более высокий приоритет над проверками по ULS.

— усталость: диапазоны напряжений от колебаний, вызванных осевой силой, и вибраций, вызванных ветром и дождем, не должны превышать предельных значений, см. разделы 0 и 0.

ПРИМЕЧАНИЕ Вследствие трудностей моделирования возбужденного состояния растянутого элемента проверки по SLS должны проводиться дополнительно к проверкам на усталость.

2.2.2 Для предотвращения возможного уменьшения напряжения растянутых элементов (т. е. состояния, когда величина напряжения достигает в них значений менее нуля, вызывая в нем состояние потери устойчивости, усталость или повреждение конструктивных элементов), а также других типов конструктивных элементов, растянутые элементы предварительно деформируют путем предварительного натяжения.

В таких случаях постоянное воздействие, которое должно состоять из воздействий собственного веса G и предварительного натяжения P , должно рассматриваться как суммарное постоянное воздействие $G+P$, к которому следует применять соответствующие частные коэффициенты безопасности $\gamma_{G,i}$, см. Раздел 5.

ПРИМЕЧАНИЕ Для других материалов и методов строительства могут применяться другие требования для комбинаций воздействий G и P .

2.2.3 Любые приспособления к растянутым элементам заводского изготовления, такие как седла или зажимы, должны проектироваться с учетом критического предельного состояния и предельного состояния по эксплуатационной пригодности, используя разрывное усилие или установленную прочность канатов на силовое воздействие, см. Раздел 6. Усталость — см. СН РК EN 1993-1-9.

ПРИМЕЧАНИЕ Усталостное воздействие на канаты зависит от радиуса седла или площади закрепления (относительно минимального радиуса — см. Рисунок 6.1).

2.3 Воздействия

2.3.1 Собственный вес растянутых элементов

2.3.1.1 Характеристическое значение величины, характеризующей собственный вес растянутых элементов и приспособлений к ним, должно определяться с учетом площади поперечного сечения и плотности материала, кроме случаев, если такие данные указаны в соответствующих частях EN 12385.

2.3.1.2 Для спиральных прядей, прядей с закрытой свивкой или конструкционных проволочных канатов номинальный собственный вес g_k может быть вычислен следующим образом:

$$g_k = wA_m, \quad (2.1)$$

где A_m — площадь поперечного сечения металлических элементов, мм²;

w — удельный вес с учетом плотности стали, включая систему защиты от коррозии (Таблица 2.2), Н/мм³.

2.3.1.3 A_m может быть определена по формуле:

$$A_m = \frac{\pi d^2}{4} \cdot f, \quad (2.2)$$

где d — наружный диаметр каната или пряди, включая любые антикоррозионные покрытия, мм;

f — коэффициент заполнения, см. Таблицу 2.2.

Таблица 2.2 — Удельный вес w и коэффициент заполнения f

	Коэффициент заполнения f							Удельный вес $w \cdot 10^{-7}$, Н/мм ³
	Проволока сердечника + один слой из Z- образной проволоки	Проволока сердечника + два слоя из Z- образной проволоки	Проволока сердечника + более двух слоев из Z-образной проволоки	Число слоев проволоки вокруг сердечника				
				1	2	3–6	>6	
Канаты спиральные прядевые				0,7 7	0,76	0,75	0,73	830
Канаты с полностью закрытой свивкой	0,81	0,84	0,88					830
Канаты прядевые из круглой проволоки				0,56				930

2.3.1.4 Для канатов, составленных из параллельных проволок или параллельных прядей, площадь поперечного сечения металлической части может быть определена по формуле:

$$A_m = na_m, \quad (2.3)$$

где n — количество отдельных проволок или прядей, из которых состоит канат;

a_m — площадь поперечного сечения проволоки (полученные по ее диаметру) или предварительно напряженной пряди (полученное по соответствующему стандарту).

2.3.1.5 Для растянутых элементов группы С собственный вес следует определять по весу отдельных стальных проволок или прядей и веса защитного материала (HDPE, воска и т. д.).

2.3.2 Воздействие ветра

2.3.2.1 Ветровые воздействия, которые следует принимать во внимание, должны включать:

— статические воздействия на канаты воздушного потока, см. СН РК EN 1991-1-4, включая прогибы и углы поворота, вызывающие изгибающие моменты возле концевых креплений канатов;

— аэродинамические и другие воздействия, вызывающие возможные колебания канатов, см. Раздел 8.

2.3.3 Гололедная нагрузка (обледенения)

2.3.3.1 При определении аэродинамического сопротивления конструкции и вспомогательных приспособлений в условиях гололеда каждый элемент конструкции, вспомогательные приспособления и оттяжки необходимо принимать, как покрытые льдом со всех сторон толщиной, равной значениям, приведенным в Приложении F.

2.3.3.2 Если зазоры между элементами в необледеневшем состоянии менее 75 мм, необходимо допустить, что они полностью заполнены льдом в условиях гололеда.

2.3.3.3 Коэффициенты нагрузки на отдельные элементы см. в Таблице 2.3.

2.3.3.4 Необходимо рассматривать ассиметричное обледенение, когда некоторые оттяжки покрыты льдом, а некоторые свободны от гололеда (см. Приложение F).

Таблица 2.3 — Типовые коэффициенты нагрузки $c_{f,A0}$ и $c_{f,G}$ для отдельных элементов

Тип элемента	Эффективное число Рейнольдса Re (см. EN 1991-1-4) (см. Примечание 1)	Коэффициент лобового сопротивления $c_{f,A0}$ ИЛИ $c_{f,G0}$	
		Без льда	С обледенением
(а) Плоские листы и прокат	Все значения	2,0	2,0
(б) Прокат круглого сечения и гладкая проволока	$\leq 2 \times 10^5$	1,2	1,2
	4×10^5	0,6	1,0
	$> 10 \times 10^5$	0,7	1,0
(в) многожильный провод, например, алюминиевый провод круглого сечения, закрытый проволоочный канат, стальной спиральный кабель из более 7 проволок	Без льда		
	$\leq 6 \times 10^4$	1,2	
	$\geq 10^5$	0,9	
	С обледенением		
	$\leq 1 \times 10^5$		1,25
	$\geq 2 \times 10^5$		1,0
(г) скрученный многожильный кабель большого сечения, канат из прядей круглого сечения, спиральный стальной трос из 7 проволок (1 x 7)	Без льда		
	$\leq 4 \times 10^4$	1,3	
	$> 4 \times 10^4$	1,1	
	С обледенением		
	$\leq 1 \times 10^5$		1,25
	$\geq 2 \times 10^5$		1,0
(д) Цилиндрический элемент со спиральным желобком глубиной до 0,12D (См. Примечание 2)	Все значения	1,2	1,2

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Значения $c_{f,A0}$, соответствующие промежуточным значениям Re, можно получить путем линейной интерполяции.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Эти значения основаны на общей ширине, включая двойную глубину желобка.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 Значения для обледеневших элементов соответственно для гололеда; следует обратить особое внимание, если они используются в отношении изморозевых отложений (см. ISO 12494).

ПРИМЕЧАНИЕ 4 В Национальном Приложении эти значения могут быть изменены.

2.3.4 Температурные воздействия

2.3.4.1 Температурные воздействия, которые следует принимать во внимание, должны включать эффект от воздействия разности температур между канатами и другими конструкциями.

2.3.4.2 Для канатов, подверженных внешним воздействиям, воздействия от разности температур также должны приниматься во внимание, см. СН РК EN 1991-1-5.

2.3.5 Предварительное натяжение

2.3.5.1 Предварительное натяжение вант должно быть таким, чтобы после приложения всех постоянных воздействий конструкция приобретала требуемые геометрические очертания и требуемое распределение напряжений в них.

2.3.5.2 Должны быть заранее предусмотрены устройства для предварительного натяжения и его регулировки, а характеристические значения предварительного натяжения должны быть заданы такими, которые необходимы для достижения требуемого геометрического очертания согласно 2.3.5.1, принятого в рассматриваемом предельном состоянии.

2.3.5.3 Если регулировка натяжения вант не предусматривается, то при проектировании конструкции должны быть учтены только воздействия от действующей нагрузки.

2.3.6 Замена и потеря растянутых элементов

2.3.6.1 Замена по крайней мере одного растянутого элемента должна быть принята во внимание при проектировании в качестве переходной расчетной ситуации.

ПРИМЕЧАНИЕ Национальное Приложение может определять переходные условия нагружения и частные коэффициенты безопасности для их замены.

2.3.6.2 Возможная неожиданная потеря любого из растянутых элементов должна быть принята во внимание как аварийная расчетная ситуация.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Национальное Приложение может определять, где такая аварийная расчетная ситуация может возникнуть, а также указать требования по обеспечению безопасности и условиям нагружения для подвесок мостов.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 При отсутствии строгого исследования динамическое влияние неожиданного удаления может быть предусмотрено для запаса прочности путем использования эффекта дополнительного воздействия E_d :

$$E_d = kE_{d2} - E_{d1}, \quad (2.4)$$

где $k = 1,5$;

E_{d1} — воздействие на конструкцию без изъятия поврежденных канатов;

E_{d2} — воздействие на конструкцию при изъятии соответствующего каната.

2.3.7 Нагрузки от усталости

2.3.7.1 Усталостные нагрузки — см. EN 1991.

2.4 Расчетные ситуации и частные коэффициенты безопасности

2.4.1 Переходная расчетная ситуация на период строительства

2.4.1.1 На период строительства частный коэффициент безопасности для постоянных нагрузок может быть изменен в соответствии с конкретной расчетной ситуацией и моделью предельных состояний.

ПРИМЕЧАНИЕ В Национальном Приложении может указываться частный коэффициент безопасности для периода строительства. Рекомендуемые значения $\gamma_{G,i}$:

- $\gamma_G = 1,10$ — для краткосрочного периода (лишь несколько часов) для установки первой пряди при установках «прядь за прядью»;
- $\gamma_G = 1,20$ — для установок других прядей;
- $\gamma_G = 1,00$ — для благоприятных воздействий.

2.4.2 Постоянные ситуации в течение срока эксплуатации

2.4.2.1 Для проверок на ULS, SLS и усталость частные коэффициенты безопасности могут основываться на:

- сложности условий, применяемых для испытаний;
- мерах по исключению изгибающих воздействий.

ПРИМЕЧАНИЕ Соответствующие значения γ_R приведены в Разделе 6.

3 МАТЕРИАЛ

3.1 Прочность марок сталей и проволоки

1. Характеристические значения f_y и f_u для конструкционной стали и $f_{0,2}$, или $f_{0,1}$ и f_u для проволоки принимают по соответствующим техническим спецификациям.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Для стали — см. СН РК EN 1993-1-1 и СН РК EN 1993-1-4.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Для проволоки — см. EN 10264, часть 1 – часть 4.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 Для канатов — см. EN 12385, часть 4 и часть 10.

ПРИМЕЧАНИЕ 4 Для концевых муфт — см. EN 13411-3.

ПРИМЕЧАНИЕ 5 Для прядей — см. EN 10138-3.

ПРИМЕЧАНИЕ 6 Национальное Приложение может устанавливать максимальное значение f_u из условий долговечности. Рекомендуемые значения:

- для стальной проволоки:
- круглого сечения: номинальная прочность на растяжение — 1770 Н/мм²;
- Z-образного сечения: номинальная прочность на растяжение — 1570 Н/мм²;
- для нержавеющей стальной проволоки круглого сечения: номинальная прочность на растяжение — 1450 Н/мм².

3.2 Модуль упругости

3.2.1 Растянутые элементы группы А

3.2.1.1 Модуль упругости для растянутых элементов группы А $E = 210\,000\text{ Н/мм}^2$; для систем, изготовленных из нержавеющей сталей, — см. СН РК EN 1993-1-4.

3.2.2 Растянутые элементы группы В

3.2.2.1 Модуль упругости для растягиваемых элементов группы В определяется на основании результатов испытаний.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Модуль упругости зависит от уровня напряжений и от того, была ли ванта предварительно растянута и подвергнута циклическому нагружению и разгрузке.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Жесткость при натяжении ванта для растянутых элементов групп В и С определяется произведением модуля упругости на площадь поперечного сечения металлической части каната A_m .

3.2.2.2 Секущий модуль используется в качестве модуля упругости для расчета конструкций на постоянные расчетные ситуации в течение всего срока службы. Характеристическое значение устанавливают с учетом типа ванта и ее диаметра и определяют по результатам достаточного количества циклов нагружения (не менее пяти) от F_{inf} и F_{sup} для того, чтобы обеспечить получение достоверных значений, где F_{inf} и F_{sup} — соответственно минимальные и максимальные силы, действующие на ванту в условиях конкретных постоянных и переменных воздействий.

3.2.2.3 Для испытываемых образцов небольшой длины (длина образца менее 10 длин свивки) полученное значение ползучести будет менее, чем для вант большой длины.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 При отсутствии более точных значений данное влияние принимается во внимание для резки по длине путем применения дополнительного укорочения на 0,15 мм/м.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 При отсутствии результатов испытаний номинальные значения модулей упругости для использования в первом приближении приведены в Таблице 3.1. Более подробно — см. EN 10138.

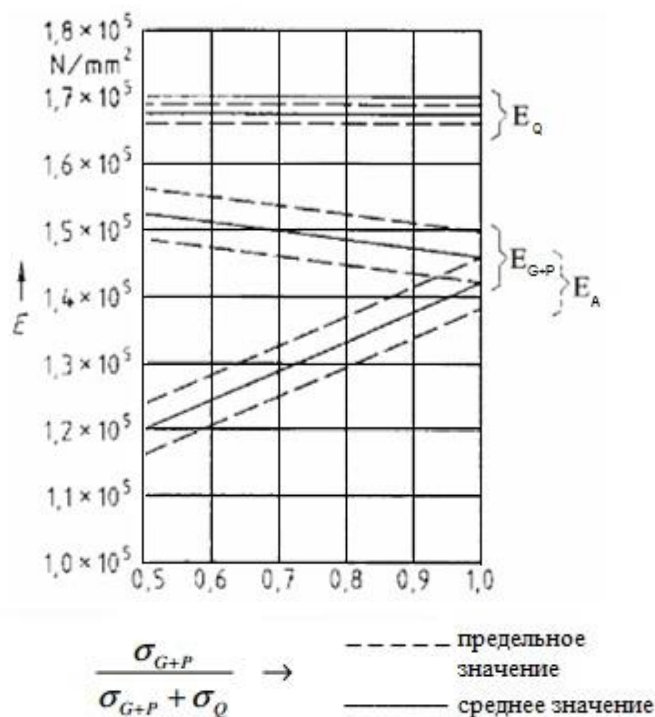
ПРИМЕЧАНИЕ 3 Номинальные значения модуля упругости E для канатов полностью закрытой свивки приведены в Таблице 3.1. Эти рассчитанные значения применяются при циклическом нагружении в диапазоне 30 %–40 % от вычисленной прочности на разрыв F_{uk} .

ПРИМЕЧАНИЕ 4 Канаты группы В без предварительного растяжения проявляют как упругие, так и остаточные постоянные деформации при статическом нагружении. Рекомендуется такие канаты подвергать предварительному растяжению перед или после их установки путем циклического нагружения до максимальной величины, равной $0,45\sigma_{uk}$. Для разрезки на мерные отрезки такие канаты предварительно растягивают с точностью, допускаемой устройствами для регулировки, в условиях стройплощадки.

ПРИМЕЧАНИЕ 5 Для Рисунка 3.1 применяют следующие допущения:

- длина свивки принимается более $10 \times \text{диаметр}$;
- минимальное значение напряжения составляет 100 Н/мм^2 .

Минимальное значение напряжения принимается равным нижней границе диапазона упругости.



σ_{G+P} — напряжения при характеристических постоянных воздействиях;

σ_Q — максимальные напряжения при характеристическом переменном воздействии;

E_Q — модуль упругости для постоянных расчетных ситуаций в течение срока эксплуатации;

E_{G+P} — модуль упругости для соответствующих расчетов переходных расчетных ситуаций на период строительства, вплоть до достижения постоянной нагрузки $G+P$;

E_A — модуль упругости для разрезки на мерные по длине отрезки;

Рисунок 3.1 — Модуль упругости E для канатов мостов с полностью закрытой свивкой без предварительного растяжения

Таблица 3.1 — Модуль упругости E_Q , соответствующий переменным нагрузкам Q

Высокопрочный растягиваемый элемент	E_Q , кН/мм ²	
	Стальная проволока	Нержавеющая стальная проволока
Спиральные канаты из прядей	150±10	130±10
Канаты полностью закрытой свивки	160±10	—
Проволочные канаты из прядей с CWR	100±10	90±10
Проволочные канаты из прядей с CF	80±10	—
Пучок параллельных проволок	205±5	—
Пучок параллельных прядей	195±5	—

3.2.3 Растягиваемые элементы группы С

3.2.3.1 Модуль упругости для растягиваемых элементов группы С принимается по EN 10138 или Таблице 3.1.

3.3 Температурный коэффициент линейного расширения

3.3.1 Температурный коэффициент линейного расширения принимается равным:

- для стальной проволоки: $\alpha_T = 12 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$;
- для нержавеющей стальной проволоки: $\alpha_T = 16 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. (3.1)

3.4 Разрезка на мерные по длине отрезки растянутых элементов группы В

3.4.1 Пряди могут маркироваться только для резки на заданную длину и только для резки при предписанной перерезывающей силе.

3.4.2 Для точной разрезки на заданную длину должны быть учтены следующие данные:

- измеренные значения удлинения от σ_A и σ_{G+P} после циклического нагружения, согласно 3.2.2.2;
- разница между температурой конструкции (обычно $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$) и температурой окружающей среды при разрезке на заданную длину;
- долговременная ползучесть ванты под нагрузками;
- дополнительное удлинение ванты после установки вантовых зажимов;
- деформация после первого нагружения.

ПРИМЕЧАНИЕ Ползучесть ванты и усадка конуса будет продолжаться после установки, поэтому, во время монтажа, возможно, потребуются приложить более высокие нагрузки, чтобы сбалансировать ползучесть каната и твердение заливочного конуса после охлаждения расплавленного металла и приложения начальной нагрузки.

3.5 Мерные по длине отрезки и допуски при изготовлении

3.5.1 Разметка полной длины каната и всех измерительных точек для крепления седел и зажимов проводится под определенным предварительным натяжением.

ПРИМЕЧАНИЕ Нанесение дополнительных контрольных отметок позволяет производить более поздние проверки точности длины после установки частей на место.

3.5.2 Допуски при изготовлении должны приниматься после предварительного растяжения и циклического нагружения и разгрузки.

3.5.3 Если конструкции являются чувствительными к отклонениям от номинальных геометрических величин (например, вследствие ползучести), должны быть предусмотрены устройства для регулировки.

3.6 Коэффициент трения

3.6.1 Коэффициент трения между канатами с полностью закрытой свивкой и стальными приспособлениями (зажимами, седлами, фитингами) определяется по результатам испытаний.

ПРИМЕЧАНИЕ Силы трения снижаются за счет уменьшения диаметра при увеличении растягивающих усилий.

3.6.2 Коэффициент трения для других типов канатов также определяется по результатам испытаний, см. Приложение А.

4 ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ПРОВОЛОКИ, КАНАТОВ И ПРЯДЕЙ

4.1 Общие требования

4.1.1 Для растянутых элементов групп В и С с классами воздействий 2, 4 и 5, в соответствии с Таблицей 2.1, система защиты от коррозии должна быть следующей:

- отдельные проволоки должны быть защищены от коррозии;
- внутренняя часть каната должна быть защищена от проникновения влаги;
- наружная поверхность каната должна иметь антикоррозийную защиту.

4.1.2 Растянутые элементы группы С, как определено в Таблице 1.1, должны иметь два слоя антикоррозийной защиты взаимосвязанных или с внутренним наполнителем между двумя системами.

4.1.3 В местах установки зажимов и креплений следует применять дополнительные меры по антикоррозийной защите для предотвращения проникновения влаги.

4.1.4 Транспортировку, складирование и обслуживание — см. Приложение В.

4.2 Антикоррозийная защита отдельных проволок

4.2.1 Каждая стальная проволока в составе растянутых элементов групп В и С должна иметь покрытие составом на основе цинка или цинкового сплава.

4.2.2 В растянутых элементах группы В покрытие на основе цинка или цинкового сплава для проволок круглого сечения должны быть выполнены в соответствии с EN 10264-2, класс А. Для проволок фигурного сечения такое покрытие должно соответствовать требованиям EN 10264-3, класс А.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Обычно Z-образная в сечении проволока имеет более толстое гальваническое покрытие из расчета 300 г/м², учитывая возможность уменьшения толщины покрытия на острых углах.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Проволока, покрытие которой выполнено из сплава Zn95Al5, имеет гораздо большую антикоррозийную защиту, чем проволока с гальваническим покрытием из цинка

одной и той же толщины. Сплав Zn95A15 может использоваться для покрытия в сечении круглой и Z-образной проволоки в качестве основного по весу компонента.

4.2.3 Антикоррозийная защита проволок растянутых элементов группы С должна осуществляться в соответствии с EN 10138.

4.3 Защита от коррозии внутренней части растянутых элементов группы В

4.3.1. Все внутриканатные пустоты должны быть заполнены активным или пассивным наполнителем, противостоящим воздействию влаги, высокой температуры или вибрации.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 К классу активных наполнителей относится полиуретановое масло с подстилающим слоем из краски с цинковой пылью.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 В качестве пассивных внутренних наполнителей могут использоваться перманентный эластично-пластичный воск или углеводородный полимер с алюминиевым наполнителем.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 Внутреннее заполнение, выполненное во время изготовления растягиваемых элементов, может выдавливаться при нагружении элемента, так что по истечении времени должны быть предусмотрены другие меры антикоррозийной защиты.

ПРИМЕЧАНИЕ 4 Внутреннее заполнение должно быть подобрано таким образом, чтобы избежать какой-либо несовместимости с другими средствами антикоррозийной защиты, применяемыми для данного каната.

4.4 Антикоррозийная защита наружной части растянутых элементов группы В

4.4.1 После завершения строительства применяются дополнительные меры по защите от коррозии с целью компенсации возможного повреждения противокоррозионной защиты и потери цинка.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Такой защитой может быть полиэтиленовая изоляция или богатая цинком краска. Минимальная толщина полиэтилена должна быть равна наружному диаметру каната, деленному на 15, но не менее 3 мм. Система защиты на основе окраски должна, как минимум, включать в себя:

- два грунтовочных слоя полиуретана толщиной 50 мкм с цинковой пылью;
- два завершающих слоя полиуретана толщиной 125 мкм с железосодержащей слюдой.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Канаты из нержавеющей стальной проволоки и концевые муфты из нержавеющей стали без дополнительной защиты от коррозии должны удовлетворять соответствующему классу коррозионной стойкости.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 Национальное Приложение может устанавливать классы коррозионной стойкости для нержавеющей стали.

ПРИМЕЧАНИЕ 4 Проволока, имеющая покрытие из сплава Zn95A15, обеспечивает в идентичных условиях в 3 раза лучшую сопротивляемость коррозии, чем покрытие с большим содержанием одного лишь цинка.

4.5 Защита от коррозии растянутых элементов группы С

4.5.1 Растянутые элементы группы С обычно заключают в защитную оболочку из стальной или полиэтиленовой трубки, удовлетворяющей требованиям соответствующих стандартов, а пространство между внутренней поверхностью оболочки и вантой заполняют подходящим составом с антикоррозийными свойствами или жидким цементным раствором.

4.5.2 В качестве альтернативы может быть использована полиэтиленовая оболочка, сформированная непосредственно на канате, или эпоксидное покрытие, нанесенное поверх отдельных прядей или канатов.

4.5.3 Оболочки, используемые для защиты канатов, должны быть выполнены непроницаемыми в местах соединения их с концевиками для крепления к конструкции. Места креплений должны быть сконструированы так, чтобы не вызывать в них разрывов в случаях, когда оболочка подвергается воздействию растягивающих усилий.

4.5.4 Пустоты должны быть заполнены сплошными водоотталкивающими материалами, не оказывающими вредного воздействия на растянутые элементы. В качестве альтернативы канаты могут быть защищены путем циркуляции под оболочкой сухого воздуха.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Сплошные водоотталкивающие материалы могут быть мягкими заполнителями, такими как масла, воск или мягкий полимер, или твердыми, такими как цемент. Пригодность заполнителей должна быть установлена путем испытаний. Перечень приемлемых заполнителей может быть указан в Национальном Приложении.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Защита от коррозии несущих вант висячих мостов требует специального подхода. После обжата каната несущей ванты до требуемого поперечного сечения, его плотно обертывают с натяжением мягкой проволокой с гальваническим покрытием, укладываемой на слой защитной пасты, достаточный для полного заполнения пустот между проволоками наружного слоя каната и обмоточной проволокой. После удаления избытка пасты снаружи обмоточной проволоки покрытая гальваническим цинком поверхность очищается и красится. Особого отношения требуют места креплений вант висячих мостов, где обмоточная проволока отсутствует. Распространенным способом защиты является сушка вокруг прядей каната.

4.6 Защита от коррозии в местах соединений

4.6.1 Должны быть предприняты меры предосторожности для того, чтобы предотвратить попадание дождевой воды, сбегаящей по канату, в зажимы, седла и места анкеровки.

4.6.2 Места креплений вант к конструкции должны быть загерметизированы.

5 РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ

5.1 Общие положения

5.1.1 Расчет выполняется по предельным состояниям для следующих расчетных ситуаций:

- переходная фаза строительства;
- длительные условия эксплуатации после завершения строительства.

5.2 Переходная фаза строительства

5.2.1.Р Процесс строительства, включающий изготовление вант, предварительную их вытяжку и геометрическую схему сооружения, следует планировать таким образом, чтобы обеспечивалось достижение следующих состояний:

- требуемая геометрическая форма сооружения;
- распределения постоянно действующих усилий (напряжений) таким образом, чтобы они удовлетворяли требованиям критического предельного состояния и эксплуатационной пригодности для всех расчетных ситуаций конструкции.

5.2.2 Для контроля соответствия мерам, осуществляемым на протяжении всего процесса строительства (т. е. измерения внешних размеров, уклонов, деформаций, частот и сил от любых возможных воздействий), все расчеты должны производиться с учетом характеристических постоянных нагрузок, деформаций и других воздействий.

5.2.3 Там, где критические предельные состояния во время предварительного натяжения контролируются дифференцированными воздействиями собственного веса G и предварительного натяжения P , частный коэффициент безопасности γ_P , применяемый для P , должен быть определен для данного конкретного состояния.

ПРИМЕЧАНИЕ В Национальном Приложении могут быть указаны γ_P , рекомендуемое значение $\gamma_P = 1,00$.

5.3 Постоянные расчетные ситуации конструкций во время эксплуатации

5.3.1 Для любой постоянной расчетной ситуации во время эксплуатации постоянные воздействия G от силы тяжести и предварительные нагружения или предварительное натяжение P должны быть объединены в постоянное воздействие $G+P$, отвечающее постоянной внешней геометрии сооружения.

5.3.2 Для проверки предельных состояний, обеспечивающих предельные состояния по эксплуатационной пригодности, воздействие $G+P$ должно быть включено в соответствующую комбинацию воздействий. Для проверки критического предельного состояния EQU или STR (см. EN 1990) постоянные воздействия $G+P$ должны быть умножены на частный коэффициент безопасности $\gamma_{G,sup}$, если влияние постоянного воздействия и переменных воздействий оказываются неблагоприятными. Если

постоянные воздействия $G+P$ являются благоприятными, то они должны быть умножены на частный коэффициент безопасности $\gamma_{G,inf}$.

ПРИМЕЧАНИЕ В Национальном Приложении могут приводиться указания на то, где за пределами области применения СН РК EN 1993 может использоваться частный коэффициент безопасности γ_G для $G+P$.

5.3.3 Когда влияния нелинейного воздействия от учета деформаций оказываются значительными во время эксплуатации, то эти влияния должны быть приняты во внимание, см. 5.4.

5.4 Нелинейные влияния от учета деформаций

5.4.1 Общие положения

5.4.1.1 Влияние деформаций от цепных эффектов, а также укорочение и удлинение элементов вследствие ползучести должны учитываться при расчете конструкций.

5.4.2 Цепные эффекты

5.4.2.1 Цепные эффекты могут приниматься во внимание путем использования расчетного модуля E_t для каждого каната или его сегмента:

$$E_t = \frac{E}{1 + \frac{w^2 l^2 E}{12 \sigma^3}}, \quad (5.1)$$

где E — модуль упругости каната, Н/мм²;

w — удельный вес, принимаемый по Таблице 2.2, Н/мм³;

l — длина каната, мм;

σ — напряжение в ванте, Н/мм², для состояний, указанных в 5.3, принимается равным σ_{G+P} .

5.4.3 Влияние деформаций на конструкцию

5.4.3.1 В расчетах второго порядка (по деформированной расчетной схеме) влияние воздействия от переменных нагрузок должно учитывать начальную деформированную геометрическую форму конструкции от постоянного нагружения $G+P$ для данной температуры T_0 .

5.4.3.2 Для расчетов второго порядка при оценке предельных состояний эксплуатационной пригодности влияние воздействия должно определяться с использованием характерного сочетания нагрузок. Влияние этого воздействия может быть также использовано для проверок критических предельных состояний в соответствии с 7.2.

5.4.3.3 В расчетах второго порядка для оценки нелинейного поведения конструкции (нелинейная реакция конструкции) при критическом предельном состоянии требуемая постоянная геометрическая форма конструкции при исходной температуре T_0 должна быть принята в комбинациях с воздействиями $\gamma_G \cdot (G+P)$. Расчетные значения переменных воздействий $\gamma_Q Q_{k1}$ $\gamma_Q \Psi_2 Q_{k2}$ могут применяться с соответствующими допусками на несовершенство конструкции.

ПРИМЕЧАНИЕ Для определения γ_G см. 5.3.2.

6 КРИТИЧЕСКИЕ ПРЕДЕЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ

6.1 Системы с растянутыми стержнями

6.1.1 Системы с растянутыми стержнями должны быть рассчитаны на критическое предельное состояние в соответствии с СН РК EN 1993-1-4, в зависимости от используемой марки стали.

ПРИМЕР 1 Расчет растянутого стержня группы А на критическое предельное состояние (по СН РК EN 1993-1-1)

Определить расчетное значение несущей способности на растяжение затяжки из стержня сплошного круглого сечения (см. Рисунок 1) диаметром 20 мм из стали класса S275. Стрежень имеет ослабления на концевых креплениях в виде резьбы М20.

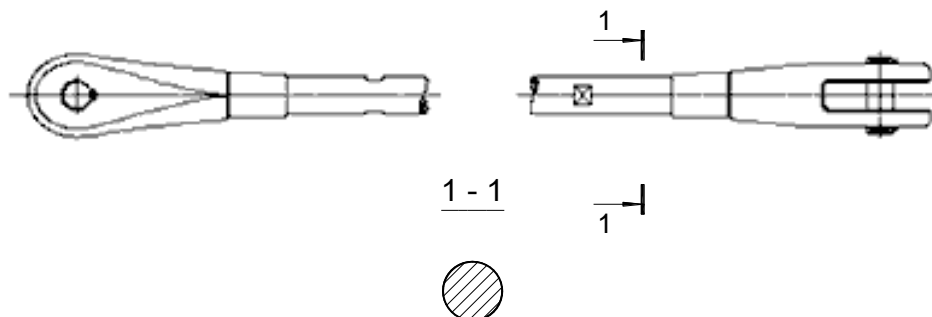


Рисунок 1 – Затяжка из сплошного круглого стрежня

Решение:

Определение расчетного значения по несущей способности поперечного сечения на растяжение рассмотрено в Пункте 6.2.3 норм [6] со ссылкой на Пункт 6.2.2 для вычисления характеристик поперечного сечения.

1. Для номинального диаметра стержня $d = 20$ мм ($t \leq 40$ мм) из стали S275 с помощью Таблицы 3.1 [6] находим номинальные значения предела текучести $f_y = 275$ Н/мм² и временного сопротивления на растяжение $f_u = 430$ Н/мм².

2. Численные значения частных коэффициентов безопасности принимаем согласно рекомендациям Пункта 6.1.1 [6]: $\gamma_{M0} = 1,00$ и $\gamma_{M1} = 1,25$ (в случае наличия национальных указаний, значения данных коэффициентов следует принимать по Национальному Приложению).

3. Определяем площадь сечения брутто:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 20^2}{4} = 314 \text{ мм}^2.$$

4. Площадь сечения нетто (учитывает ослабление от резьбы) определяем по приближенной формуле:

$$A_{net} = (0,78...0,81) \cdot A = 0,78 \cdot 314 = 245 \text{ мм}^2.$$

5. Вычисляем расчетное значение несущей способности поперечного сечения брутто в пластической стадии:

$$N_{pl,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{314 \cdot 275}{1,00} = 86,35 \text{ кН}.$$

6. Вычисляем расчетное значение несущей способности поперечного сечения нетто в пластической стадии:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9A_{net}f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 245 \cdot 430}{1,25} = 75,85 \text{ кН}.$$

7. Расчетное значение по несущей способности поперечного сечения на растяжение определяем как наименьшее из значений $N_{pl,Rd}$ и $N_{u,Rd}$:

$$N_{t,Rd} = \min\{N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}\} = 75,85 \text{ кН}.$$

6.2Р Предварительно напряженные стержни и составные элементы системы групп В и С

6.2Р.1.Р Для критического предельного состояния должно выполняться условие

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} \leq 1, \quad (6.1)$$

где F_{Ed} — расчетное значение осевого усилия, действующего на канат;

F_{Rd} — расчетное значение несущей способности на растяжение.

6.2Р.2 Расчетное значение несущей способности на растяжение F_{Rd} должно быть принято:

$$F_{Rd} = \min\left\{\frac{F_{uk}}{1,5\gamma_R}; \frac{F_k}{\gamma_R}\right\}, \quad (6.2)$$

где F_{uk} — характеристическое значение разрывного усилия (прочность на разрыв);

F_k — характеристическое значение гарантированной прочности растянутого элемента, согласно Таблице 6.1;

γ_R — частный коэффициент безопасности.

Таблица 6.1 — Гарантированная испытаниями прочность растягиваемых элементов

Группа	Соответствующий стандарт	Гарантированная прочность F_k
А	EN 10138-1	$F_{0,1k}^*$
В	EN 10264	$F_{0,2k}$
С	EN 10138-1	$F_{0,1k}$
* Для предварительно напряженного стержня см. СН РК EN 1993-1-1 и СН РК EN 1993-1-4.		

ПРИМЕЧАНИЕ 1 F_{uk} соответствует характеристическому значению максимальной прочности на растяжение.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Проверка F_k гарантирует, что этот элемент останется гибким, когда воздействия достигнут их расчетного значения. Для элементов (например, канаты с полностью закрытой свивки), где $F_k \geq \frac{F_{uk}}{1,50}$, эта проверка не требуется.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 По результатам испытаний при поставке указывается, что экспериментальные показатели F_{uke} и F_{ke} удовлетворяют требованию:

— $F_{uke} > F_{uk}$;

— $F_{ke} > F_k$.

См. EN 12385, часть 1.

ПРИМЕЧАНИЕ 4 Частный коэффициент безопасности γ_R может быть указан в Национальном Приложении. Его значение зависит от того, применяются или не применяются мероприятия к концевикам ванты, чтобы уменьшить изгибающие моменты от кручения ванты, см. 7.1. Значения γ_R в Таблице 6.2 носят рекомендуемый характер.

Таблица 6.2 — Рекомендуемые значения γ_R

Меры для уменьшения изгибающего момента в местах закрепления	γ_R
Да	0,90
Нет	1,00

6.2Р.3 Для предварительно напряженных стержней и растянутых элементов группы С характеристическое значение прочности на разрыв определяется по формуле:

$$F_{uk} = A_m f_{uk}, \quad (6.3)$$

где A_m — площадь поперечного сечения металлической части, см. 2.3.1;

f_{uk} — характеристическое значение прочности на растяжение стержней, проволоки или предварительно напряженных прядей, согласно соответствующему стандарту.

6.2Р.4 Для растянутых элементов группы В F_{uk} определяется следующим образом:

$$F_{uk} = F_{\min} k_e, \quad (6.4)$$

где k_e — коэффициент потерь, приведенный в Таблице 6.3 для некоторых типов концевых зажимов (муфт);

F_{\min} определяется в соответствии с EN 12385-2:

$$F_{\min} = \frac{K d^2 R_r}{1000}, \text{ кН}, \quad (6.5)$$

Здесь K — минимальный коэффициент влияния на разрыв, принимая во внимание потери при кручении;

D — номинальный диаметр каната, мм;

R_r — марка каната, Н/мм².

ПРИМЕЧАНИЕ K , d и R_r указаны для всех канатов согласно EN 12385-2.

Таблица 6.3 — Коэффициент потерь k_e

Тип зажима	Коэффициент потерь k_e
Канатный замок, уплотненный металлом	1,0
Канатный замок, уплотненный полимером/смолой	1,0
Петля с обжимной муфтой	0,9
Штампованный замок	0,9
U-образный болт-хомут	0,8*
* Для U-образного болта-хомута возможно уменьшение предварительного натяжения.	

ПРИМЕР 2 Расчет спирально-прядевого каната оттяжки мачты (элемент группы В) на критическое предельное состояние.

Определить расчетное сопротивление растяжению (расчетное значение несущей способности на растяжение) спирально-прядевого каната конструкции 1х37 (см. Рисунок 2) с номинальным диаметром $d_s = 28$ мм, свитого из проволок класса 1370 Н/мм².

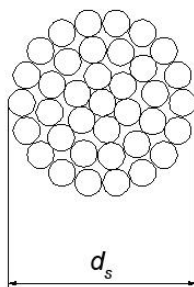


Рисунок 2 – Сечение спирально-прядевого каната 1х37

Решение

1. Из Таблицы С.3 стандарта [3] выписываем характеристики спирального каната конструкции 1х37:

- номинальный диаметр каната $d = 28$ мм;
- номинальная площадь поперечного сечения металла $A = 457$ мм²;
- класс каната $R_r = 1370$ Н/мм²;
- минимальное разрушающее усилие $F_m = 631$ кН;

2. Из Приложения С.2 норм [1] выписываем дополнительные характеристики спирального каната 1х37:

- номинальный коэффициент площади поперечного сечения металла $C = 0,59$;
- коэффициент влияния на разрыв $K = 0,52$.

3. Согласно Таблицы 1.1 [1] спирально-прядевые канаты относятся к группе В элементов работающих на растяжение. Расчет таких элементов на предельное состояние по несущей способности рассмотрен в Пункте 6.2Р [1].

4. В соответствии с Пунктом 3.10.10 норм [2] значение минимального разрушающего усилия F_{min} вычисляем по формуле:

$$F_{min} = \frac{K d^2 R_r}{1000} = \frac{0,52 \cdot 28^2 \cdot 1370}{1000} = 558,5 \text{ кН}.$$

5. Согласно Пункта 6.2Р.4 норм [1] определяем нормативное значение разрывного усилия F_{uk} по формуле:

$$F_{uk} = F_{min} k_e = 558,5 \cdot 1,0 = 558,5 \text{ кН},$$

где: k_e — коэффициент потерь; приведенный в Таблице 6.3 [1]. Принимаем значение $k_e=1,00$ (для концевых зажимов в виде канатного замка).

6. Согласно Таблице 6.1 [1] для элементов группы В нормативное значение предельного усилия для растянутого элемента F_k равно нормативному значению усилия для 0,2%-ного удлинения каната $F_{0,2k}$.

$$F_k = F_{0,2k} = 502,7 \text{ кН},$$

где F_k - нормативное значение усилия для 0,2%-ного удлинения каната, которое, (указывается производителем каната; в случае отсутствия данных возможно вычисление по формуле:

$$F_{0,2k} = 0,9F_{min}, \text{ см. [7]}$$

$$F_{0,2k} = 0,9F_{min} = 0,9 \cdot 558,5 = 502,7 \text{ кН}.$$

7. Предельное сопротивление растяжению (tension resistance) каната определяется по Формуле (6.2):

$$F_{Rd} = \min \left\{ \frac{F_{uk}}{1,5\gamma_R}; \frac{F_k}{\gamma_R} \right\},$$

где: γ_R - частный коэффициент безопасности (рекомендуемые значения для которого указаны в Таблице 6.2; в случае наличия национальных указаний, значение данного коэффициента следует принимать по Национальному Приложению). Принимаем значение $\gamma_R=1,00$ (при отсутствии мер для уменьшения изгибающего момента в местах закрепления).

Вычисляем значение предельного сопротивления каната растяжению

$$F_{Rd} = \min \left\{ \frac{558,5}{1,5 \cdot 1,00} = 372,3 ; \frac{502,7}{1,00} = 502,7 \right\} = 372,3 \text{ кН}.$$

ПРИМЕР 3 Расчет каната полностью закрытой свивки несущей подвески моста (элемент группы В) на критическое предельное состояние.

Подобрать сечение и марку каната полностью закрытой свивки с двумя слоями Z-образной проволоки (см. Рисунок 3) на расчетное усилие $F_{Ed} = 1500 \text{ кН}$ по критическому предельному состоянию на растяжение. Класс каната принять $R_t=1570 \text{ Н/мм}^2$, концевое крепление – в виде штампованного замка.

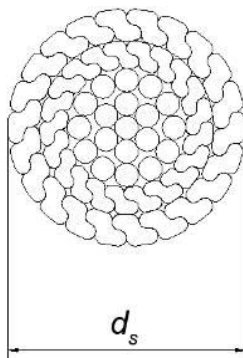


Рисунок 3 – Сечение каната полностью закрытой свивки с двумя слоями Z-образной проволоки

Решение

1. Согласно Таблицы 1.1 [1] канаты полностью закрытой свивки относятся к группе В элементов работающих на растяжение. Расчет таких элементов на критическое предельное состояние рассмотрен в Пункте 6.2Р [1].

2. Из Формулы (6.1) следует, что:

$$F_{Rd} \geq F_{Ed} = 1500 \text{ кН},$$

где: F_{Rd} — расчетное сопротивление растяжению;

F_{Ed} — расчетное значение осевого усилия, действующего на канат (1500 кН);

3. Из Пункта 6.2Р.2 и Таблицы 6.1 следует, что нормативные значения разрывного усилия F_{uk} и предельного усилия растянутого элемента F_k должны удовлетворять следующим условиям:

$$F_{uk} \geq 1,5 \cdot \gamma_R \cdot F_{Ed} = 1,5 \cdot 1,00 \cdot 1500 \text{ кН} = 2250 \text{ кН},$$

$$F_k = F_{0,2k} \geq \gamma_R \cdot F_{Ed} = 1,00 \cdot 1500 \text{ кН} = 1500 \text{ кН},$$

где: γ_R — частный коэффициент безопасности (рекомендуемые значения, для которого указаны в Таблице 6.2; в случае наличия национальных указаний, значение данного коэффициента следует принимать по Национальному Приложению). Принимаем значение $\gamma_R = 1,00$ (при отсутствии мер для уменьшения изгибающего момента в местах закрепления);

$F_{0,2k}$ — нормативное значение осевого усилия для 0,2%-ного остаточного удлинения каната (указывается производителем каната; в случае отсутствия данных возможно вычисление по формуле:

$$F_{0,2k} = 0,9 F_{min}, \text{ см. [7]}).$$

4. Преобразовав Формулу (6.4) Пункта 6.2Р.4 вычислим требуемое значение минимального разрушающего усилия F_{min} как:

$$F_{min}^{треб} = \frac{F_{uk}}{k_e} = \frac{2250}{0,9} = 2500 \text{ кН},$$

где: k_e — коэффициент потерь; приведенный в Таблице 6.3 [1] (для концевых зажимов каната в виде штампованного замка $k_e = 0,9$).

5. По Таблице В.2 стандарта [3] по классу каната и требуемому значению минимального разрушающего усилия подбираем номинальный диаметр каната с двумя слоями проволок полностью закрытой конструкции:

- | | |
|---|------------------------------|
| - номинальный диаметр каната | $d = 52 \text{ мм};$ |
| - номинальная площадь поперечного сечения металла | $A_m = 1780 \text{ мм}^2;$ |
| - класс каната | $R_r = 1570 \text{ Н/мм}^2;$ |
| - минимальное разрушающее усилие | $F_{min} = 2580 \text{ кН};$ |

6. Из Приложения С.2 норм [1] выписываем дополнительные характеристики каната с двумя слоями проволок полностью закрытой конструкции:

- | | |
|---|--------------|
| - номинальный коэффициент площади поперечного сечения металла | $C = 0,66;$ |
| - коэффициент влияния на разрыв | $K = 0,607.$ |

7. Уточняем значение минимального разрушающего усилия F_{min} по Формуле Пункта 3.10.10 норм [2]:

$$F_{min} = \frac{K d^2 R_r}{1000} = \frac{0,607 \cdot 52^2 \cdot 1570}{1000} = 2576,9 \text{ кН},$$

тогда

$$F_{uk} = F_{min} k_e = 2576,9 \cdot 0,9 = 2319,2 \text{ кН};$$

$$F_k = F_{0,2k} = 0,9 F_{min} = 0,9 \cdot 2576,9 = 2319,2 \text{ кН}.$$

$$F_{Rd} = \min \left\{ \frac{F_{uk}}{1,5\gamma_R}; \frac{F_k}{\gamma_R} \right\} = \min \left\{ \frac{2319,2}{1,5 \cdot 1,00} = 1546,1; \frac{2319,2}{1,00} = 2319,2 \right\} = 1546,1 \text{ кН},$$

8. Проверяем выполнение условия (6.1) Пункта 6.2Р.1:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{1500}{1546,1} = 0,97 \leq 1.$$

Условие выполняется. Окончательно принимаем канат полностью закрытой конструкции номинальным диаметром 52 мм с двумя слоями Z-образных проволок. Обозначение марки каната определяем согласно Пунктам 4.2 и 4.4.3 стандарта [2] - канат марки 52 FLBR-1570.

ПРИМЕР 4 Расчет многопрядного каната подвески висячего моста (элемент группы В) на критическое предельное состояние.

Подобрать сечение и марку многопрядного каната типа 6х36 (см. Рисунок 4) на расчетное усилие $F_{Ed} = 1600$ кН по критическому предельному состоянию на растяжение. Класс каната принять $R_r=2160$ Н/мм²; концевое крепление – в виде канатного замка.

Решение

1. Согласно Таблицы 1.1 [1] канаты из прядей относятся к группе В элементов работающих на растяжение. Расчет таких элементов на критическое предельное состояние рассмотрен в Пункте 6.2Р [1].

2. Из Формулы (6.1) следует, что:

$$F_{Rd} \geq F_{Ed} = 1600 \text{ кН},$$

где: F_{Rd} — расчетное сопротивление растяжению;

F_{Ed} — расчетное значение осевого усилия, действующего на канат (1600 кН);

3. Из Пункта 6.2Р.2 и Таблицы 6.1 следует, что нормативные значения разрывного усилия F_{uk} и предельного усилия растянутого элемента F_k должны удовлетворять следующим условиям:

$$F_{uk} \geq 1,5 \cdot \gamma_R \cdot F_{Ed} = 1,5 \cdot 1,00 \cdot 1600 \text{ кН} = 2400 \text{ кН},$$

$$F_k = F_{0,2k} \geq \gamma_R \cdot F_{Ed} = 1,00 \cdot 1600 \text{ кН} = 1600 \text{ кН},$$

где: γ_R — частный коэффициент безопасности, рекомендуемые значения для которого указаны в Таблице 6.2 (в случае наличия национальных указаний, значение данного коэффициента следует принимать по Национальному Приложению). Принимаем значение $\gamma_R=1,00$ (при отсутствии мер для уменьшения изгибающего момента в местах закрепления);

$F_{0,2k}$ — нормативное значение осевого усилия для 0,2%-ного остаточного удлинения каната (указывается производителем каната; в случае отсутствия данных возможно вычисление по формуле:

$$F_{0,2k} = 0,9 F_{\min}, \text{ см. [7]}).$$

4. Преобразовав Формулу (6.4) Пункта 6.2Р.4, вычислим требуемое значение минимального разрушающего усилия F_{\min} как:

$$F_{\min}^{\text{треб}} = \frac{F_{uk}}{k_e} = \frac{2400}{1,0} = 2400 \text{ кН},$$

где: k_e — коэффициент потерь; приведенный в Таблице 6.3 [1] (для концевых зажимов каната в виде канатного замка $k_e=1,0$).

5. Используя Таблицу 9 стандарта [4] по классу каната 2160 и требуемому значению минимального разрушающего усилия $F_{\min}^{\text{пред}} = 2400 \text{ кН}$ подбираем номинальный диаметр каната конструкции 6х36:

- номинальный диаметр каната	$d = 56 \text{ мм};$
- класс каната	$R_r = 2160 \text{ Н/мм}^2;$
- минимальное разрушающее усилие	$F_{\min} = 2410 \text{ кН};$
- номинальный коэффициент площади поперечного сечения металла	$C_2 = 0,460;$
- коэффициент влияния на разрыв	$K_2 = 0,356.$

Марка каната 6х36WS-IWRC-2160 (канат из 6 прядей конструкции 1-7-7+7-14 с сердечником из стального проволочного каната меньшего диаметра, см. Рисунок 4).

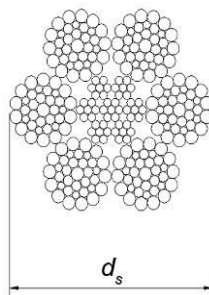


Рисунок 4 – Сечение каната из прядей марки 6х36WS-IWRC

6. Уточняем значение минимального разрушающего усилия F_{\min} по обязательному Приложению А стандарта [4]:

$$F_{\min} = \frac{K_1 d^2 R_r}{1000} = \frac{0,356 \cdot 56^2 \cdot 2160}{1000} = 2411 \text{ кН},$$

тогда

$$F_{uk} = F_{\min} k_e = 2411 \cdot 1,0 = 2411 \text{ кН};$$

$$F_k = F_{0,2k} = 0,9 F_{\min} = 0,9 \cdot 2411 = 2167 \text{ кН}.$$

$$F_{Rd} = \min \left\{ \frac{F_{uk}}{1,5 \gamma_R}; \frac{F_k}{\gamma_R} \right\} = \min \left\{ \frac{2411}{1,5 \cdot 1,00} = 1607; \frac{2167}{1,00} = 2167 \right\} = 1607 \text{ кН},$$

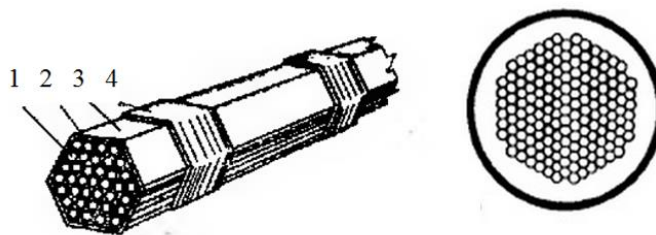
7. Проверяем выполнение условия (6.1) Пункта 6.2Р.1:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{1600}{1607} = 0,99 \leq 1.$$

Условие выполняется. Окончательно принимаем многопрядный канат марки 6х36WS-IWRC-2160 номинальным диаметром 56 мм. Обозначение марки каната принято согласно Пунктам 4.2 и 4.3 стандарта [2].

ПРИМЕР 5 Расчет невитого каната из параллельных проволок несущей вантаы висячего моста (составной элемент систем группы С) на критическое предельное состояние.

Подобрать сечение невитого каната из параллельных проволок типа EN-10138-2-Y1770C-5,0 на расчетное усилие $F_{Ed} = 1350 \text{ кН}$ по критическому предельному состоянию на растяжение.



1 – стальные высокопрочные проволоки; 2 – склеивающий состав, заполняющий пространство между проволоками; 3 – одно- или многослойное защитное покрытие; 4 – сжимы или муфты

Рисунок 5 – Канат из параллельных проволок

Решение

1. Согласно Пункта 4.2 и Таблицы 2 стандарта [5] проволока типа EN-10138-2-Y1770C-5,0 изготовлена из предварительно напряженной стали Y1770C и имеет следующие характеристики:

- | | |
|---|---------------------------------|
| - номинальный диаметр проволоки | $d = 5,0 \text{ мм};$ |
| - номинальная площадь сечения проволоки | $a_m = 19,63 \text{ мм}^2;$ |
| - номинальная прочность при растяжении | $f_{uk} = 1770 \text{ Н/мм}^2;$ |
| - нормативное значение максимального усилия | $F_m = 34,8 \text{ кН};$ |
| - нормативное значение усилия для 0,1%-ного удлинения | $F_{p0,1} = 29,9 \text{ кН}.$ |

2. Согласно Таблицы 1.1 [1] канаты из параллельных проволок относятся к группе С элементов работающих на растяжение. Расчет составных элементов систем группы С на критическое предельное состояние рассмотрен в Пункте 6.2Р [1] со ссылкой на Пункт 2.3.1.4 для определения характеристик поперечного сечения.

3. Из Формулы Пункта 6.2Р.1 следует, что:

$$F_{Rd} \geq F_{Ed} = 1350 \text{ кН},$$

где: F_{Rd} - расчетное сопротивление растяжению;

F_{Ed} - расчетное значение осевого усилия, действующего на канат (1350 кН);

4. Из Пункта 6.2Р.2 следует, что нормативные значения разрывного усилия F_{uk} и предельного усилия растянутого элемента F_k должны удовлетворять следующим условиям:

$$F_{uk} \geq 1,5 \cdot \gamma_R \cdot F_{Ed} = 1,5 \cdot 1,00 \cdot 1350 \text{ кН} = 2025 \text{ кН},$$

$$F_k = F_{0,1k} \geq \gamma_R \cdot F_{Ed} = 1,00 \cdot 1350 \text{ кН} = 1350 \text{ кН},$$

где: γ_R — частный коэффициент безопасности, рекомендуемые значения для которого указаны в Таблице 6.2 (в случае наличия национальных указаний, значение данного коэффициента следует принимать по Национальному Приложению). Принимаем значение $\gamma_R = 1,00$ (при отсутствии мер для уменьшения изгибающего момента в местах закрепления);

$F_{0,1k}$ — нормативное значение осевого усилия для 0,1%-ного остаточного удлинения каната;

5. Из Формул (6.3) и (2.3) следует, что необходимое количество отдельных проволок, из которых состоит канат, можно вычислить по формуле:

$$n = \frac{A_m}{a_m} = \frac{F_{uk}}{a_m \cdot f_{uk}} \geq \frac{2025 \cdot 1000}{19,63 \cdot 1770} = 58,3 \Rightarrow 59 \text{ шт},$$

где: A_m - площадь поперечного сечения металлической части каната;

a_m - площадь поперечного сечения проволоки (полученные по ее диаметру);

f_{uk} - нормативное значение прочности на растяжение стержней, проволоки или предварительно напряженных прядей, согласно соответствующему стандарту.

6. Для невитых канатов из параллельных проволок модуль упругости каната близок к модулю упругости проволоки, а суммарное значение несущей способности для всего каната равно сумме значений несущих способностей отдельных проволок, из которых состоит канат, следовательно:

$$n = \frac{F_{0,1k}}{F_{p0,1}} \geq \frac{1350}{29,9} = 45,2 \Rightarrow 46 \text{ шт.}$$

7. Необходимое количество проволок в канате равно

$$n = \max \left\{ \frac{F_{uk}}{a_m f_{uk}} = 54; \frac{F_{0,1k}}{F_{p0,1}} = 46 \right\} = 59 \text{ шт.}$$

Принимаем количество проволок 61 штук и вычисляем фактические параметры прочности каната:

$$A_m = n \cdot a_m = 61 \cdot 19,63 = 1197,4 \text{ мм}^2;$$

$$F_{uk} = A_m f_{uk} = 1197,4 \cdot 1770 / 1000 = 2119 \text{ кН};$$

$$F_k = F_{0,1k} = n F_{p0,1} = 61 \cdot 29,9 = 1823,9 \text{ кН};$$

$$F_{Rd} = \min \left\{ \frac{F_{uk}}{1,5 \gamma_R}; \frac{F_k}{\gamma_R} \right\} = \min \left\{ \frac{2119}{1,5 \cdot 1,00} = 1412,3; \frac{1823,9}{1,00} = 1823,9 \right\} = 1412,3 \text{ кН},$$

8. Проверяем выполнение условия (6.1) Пункта 6.2Р.1:

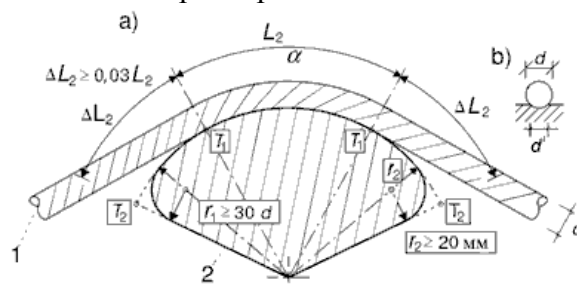
$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{1350}{1412,3} = 0,96 \leq 1.$$

Условие выполняется. Окончательно принимаем невитой канат с поперечным сечением в виде правильного шестиугольника состоящего из 61 параллельных проволок типа EN-10138-2-Y1770C-5,0, собранных в пучок по конструктивной схеме 1+6+12+18+24 (см. Рисунок 5).

6.3 Седла

6.3.1 Геометрические условия

6.3.1.1 На Рисунке 6.1, а также в п. 6.3.1.2 и п. 6.3.1.3 даны геометрические характеристики седла, соответствующие требованиям, когда напряжениями из-за кривизны проволоки в расчете можно пренебречь.



1 — канат; 2 — седло;

L_2 — длина пряди/каната между двумя теоретическими тангенциальными касательными точками T_1

при наиболее неблагоприятном характерном сочетании нагрузок и цепных воздействий;

ΔL_2 — дополнительная дуга обхвата; d' — ширина контакта

Рисунок 6.1 — Укладка каната в седле (поверх седла)

ПРИМЕЧАНИЕ Соответствие требованиям п. 6.3.1.1 приведет к снижению сопротивления разрыву пряди и каната не более чем на 3 %.

6.3.1.2 Радиус седла r_1 должен быть больше $30d$ или больше $400\varnothing$,

где \varnothing — диаметр проволоки;

d — диаметр каната.

6.3.1.3 Значение r_1 может быть уменьшено до $20d$, если основание каната не менее чем на 60 % диаметра покрыто мягким металлом или цинковым напылением минимальной толщиной 1 мм.

6.3.1.4 Меньшие радиусы могут быть использованы для спиральных канатов, если это подтверждено испытаниями.

ПРИМЕЧАНИЕ Точки седла T_1 и T_2 должны быть определены для соответствующих случаев нагружения, принимая во внимание движение опор и вант.

6.3.2 Проскальзывание вант в седлах

6.3.2.1 Чтобы предотвратить проскальзывание, необходимо чтобы выполнялось следующее условие:

$$\max \left\{ \frac{F_{Ed1}}{F_{Ed2}} \right\} \leq e^{\left\{ \frac{\mu \cdot \alpha}{\gamma_{M,fr}} \right\}}; \quad (6.6)$$

где

F_{Ed1} и F_{Ed2} — расчетные значения максимального и минимального усилия, соответственно, на каждой стороне ванты;

μ — коэффициент трения между вантой и седлом;

α — угол прохождения ванты через седло, рад;

$\gamma_{M,fr}$ — частный коэффициент безопасности для сопротивления трению.

ПРИМЕЧАНИЕ Частный коэффициент безопасности $\gamma_{M,fr}$ может быть указан в Национальном Приложении. Рекомендуемое значение $\gamma_{M,r} = 1,65$.

6.3.2.2 Если условие п.6.3.2.1 не удовлетворяется, то необходимо предусмотреть зажимы, чтобы получить дополнительную радиальную силу зажима F_r , такую, чтобы

$$\frac{F_{Ed1} - \frac{kF_r\mu}{\gamma_{M,fr}}}{F_{Ed2}} \leq e^{\left[\frac{\mu\alpha}{\gamma_{M,fr}} \right]}, \quad (6.7)$$

где k — обычно равно 2,0, если есть полное трение между пазами/канавками седла и зажимом и F_r не превышает сопротивление ванты силам зажима, см. 6.3.3, иначе $k = 1$;

$\gamma_{M,fr}$ — частный коэффициент безопасности для сопротивления трению.

6.3.2.3 При определении F_r от предварительно напряженных болтов должны быть рассмотрены следующие воздействия:

- а) длительная ползучесть;
- б) уменьшение диаметра, если увеличивается натяжение;
- с) сжатие ванты или овальность;
- д) уменьшение предварительной нагрузки в болтах хомутов внешними силами;
- е) разность температур.

6.3.3 Поперечное давление

6.3.3.1 Поперечное давление q_{Ed} из-за радиальной силы зажима F_r должно быть ограничено до:

$$\frac{q_{Ed}}{q_{Rd}} \leq 1,0; \quad (6.8)$$

где

$$q_{Ed} = \frac{F_r}{d' \cdot L_2} \text{ и } 0,6d \leq d' \leq d \text{ (} d' \text{ — см. Рисунок 6.1b);}$$

$$q_{Rd} = \frac{q_{Rk}}{\gamma_{M,bed}};$$

здесь

q_{Rk} — предельное значение давления в поперечном сечении, которое должно быть определено по результатам испытаний;

$\gamma_{M,bed}$ — частный коэффициент безопасности.

ПРИМЕЧАНИЕ Для расчета q_{Rd} давление от F_{Ed1} не требует рассмотрения, так как это уже приведено в 6.3.1.

6.3.3.2 При отсутствии испытаний предельные значения давления в поперечном сечении q_{Rk} принимают по Таблице 6.4.

Таблица 6.4 — Предельные значения q_{Rk}

Тип ванты	q_{Rk} , Н/мм ²	
	Стальные муфты и седла	Амортизационные зажимы/муфты и седла
Канат полностью закрытой свивки	40	100
Канат спирально-прядевый	25	60

ПРИМЕЧАНИЕ1 Использование предельных значений q_{Rk} при $\gamma_{M,bed} = 1,00$ должно привести к уменьшению не более чем на 3 % прочности на разрыв ванты.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Защищающие зажимы должны иметь слой мягкого металла или напыленного цинкового покрытия минимальной толщиной 1 мм.

6.3.4 Проектирование седел

6.3.4.1 Седла рассчитывают на усилие в ванте, равное произведению коэффициента k на характеристическое разрывное усилие F_{uk} канатов.

ПРИМЕЧАНИЕ Коэффициент k может быть указан в Национальном Приложении, рекомендуемое значение $k = 1,10$.

ПРИМЕР 6 Подбор геометрических размеров седла ванты

Подобрать геометрические размеры седла для укладки спирально-прядевого каната конструкции 1х37 с номинальным диаметром $d = 28$ мм, свитого из проволок класса 1370 Н/мм².

Решение

1. Согласно рекомендациям Пункта 6.3.1 норм [1] радиус седла r_1 должен быть больше 30 диаметров каната или больше 400 диаметров проволоки, а радиус закругления седла r_2 должен быть более 20 мм, следовательно

$$r_1 = 30d = 30 \cdot 28 \text{ мм} = 840 \text{ мм.}$$

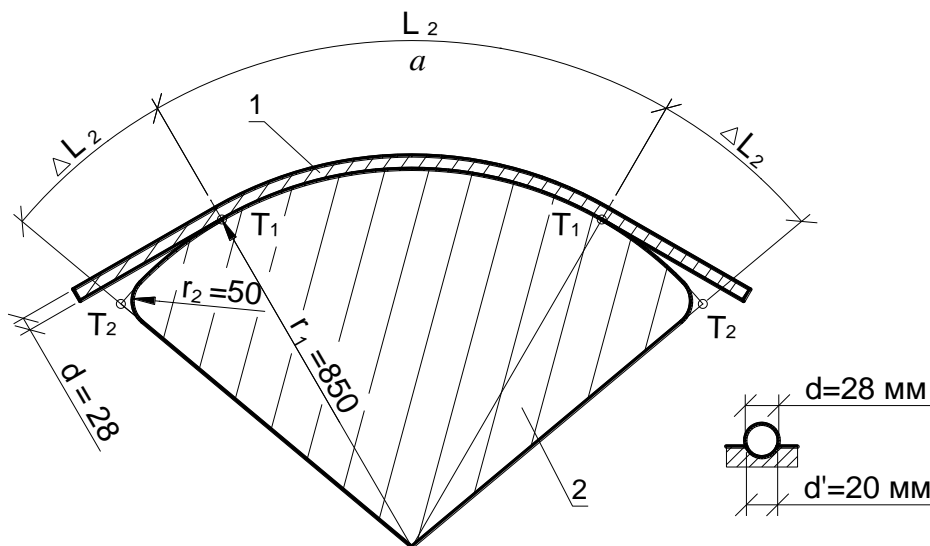
Принимаем $r_1 = 850$ мм; $r_2 = 50$ мм.

2. Согласно Рисунку 6.1 и Пункта 6.3.3.1 норм [1] ширина поверхности контакта каната с желобом седла d' должна быть в пределах $(0,6 \dots 1,0)d$, тогда:

$$d' = (0,6 \dots 1,0)d = 16,8 \dots 28 \text{ мм.}$$

Принимаем $d' = 20$ мм.

3. Для укладки спирально-прядевого каната с номинальным диаметром $d = 28$ мм принимаем стальное седло с геометрическими размерами, приведенными на Рисунке 6.



1 – спирально-прядевой канат диаметром 28 мм; 2 – седло

Рисунок 6 – Геометрические размеры седла для укладки каната

ПРИМЕР 7 Расчет ванты на проскальзывание в седле

Выполнить расчет на проскальзывание спирально-прядевого каната в седле (параметры каната и седла взять из Примера 6).

Дополнительные исходные данные для расчета:

- угол прохождения каната через седло (угол между двумя тангенциальными касательными точками T_1 при наиболее неблагоприятном характерном сочетании нагрузок) $\alpha = 60^\circ = \pi/3$;

- угол между тангенциальными точками T_1 и T_2

$$\Delta\alpha = 15^\circ;$$

- коэффициент трения между канатом и седлом

$$\mu = 0,20;$$

- расчетные значения максимального

$$F_{Ed1} = 350 \text{ кН};$$

и минимального усилия на каждой стороне ванты

$$F_{Ed2} = 320 \text{ кН}.$$

Решение

1. Вычисляем длину каната между двумя тангенциальными касательными точками T_1 используя формулу длины дуги:

$$L_2 = \frac{\pi \cdot r_1 \cdot \alpha}{180} = \frac{3,14 \cdot 850 \cdot 60}{180} = 890 \text{ мм}$$

и дополнительную дугу обхвата каната:

$$\Delta L_2 = \frac{\pi \cdot r_1 \cdot \Delta\alpha}{180} = \frac{3,14 \cdot 850 \cdot 15}{180} = 222 \text{ мм}.$$

2. Согласно Пункту 6.3.2.1 [1], чтобы предотвратить проскальзывание каната в седле, необходимо выполнение условия (6.6):

$$\max \left\{ \frac{F_{Ed1}}{F_{Ed2}} \right\} \leq e^{\left\{ \frac{\mu\alpha}{\gamma_{M,fr}} \right\}},$$

где $\gamma_{M,fr}$ — частный коэффициент безопасности для сопротивления трению. Принимаем рекомендуемое значение $\gamma_{M,r} = 1,65$ (в случае наличия национальных указаний, значение данного коэффициента следует принимать по Национальному Приложению).

$$\max \left\{ \frac{F_{Ed1}}{F_{Ed2}} \right\} = \max \left\{ \frac{350}{320} \right\} = 1,09;$$

$$e^{\left\{ \frac{\mu\alpha}{\gamma_{M,fr}} \right\}} = e^{\left\{ \frac{0,2 \cdot \pi/3}{1,65} \right\}} = e^{0,127} = 1,135;$$

$$1,09 < 1,135.$$

Условие (6.6) выполняется, проскальзывание каната предотвращается силами трения.

ПРИМЕР 8 Расчет ванты на проскальзывание в седле

Выполнить расчет на проскальзывание многопрядного каната марки 6х36WS-IWRC-2160 с номинальным диаметром $d = 56$ мм в стальном седле.

Исходные данные для расчета:

- радиус седла

$$r_1 = 1700 \text{ мм};$$

- ширина поверхности контакта каната с желобом седла

$$d' = 40 \text{ мм}$$

- угол прохождения каната через седло (угол между двумя тангенциальными касательными точками T_1 при наиболее неблагоприятном характерном сочетании нагрузок)

$$\alpha = 50^\circ = 0,87 \text{ радиан};$$

- угол между тангенциальными точками T_1 и T_2

$$\Delta\alpha = 15^\circ;$$

- коэффициент трения между канатом и седлом

$$\mu = 0,20;$$

- расчетные значения максимального

$$F_{Ed1} = 1500 \text{ кН};$$

и минимального усилия на каждой стороне ванты

$$F_{Ed2} = 1250 \text{ кН}$$

Решение

1. Вычисляем длину каната между двумя тангенциальными касательными точками T_1 используя формулу длины дуги:

$$L_2 = \frac{\pi \cdot r_1 \cdot \alpha}{180} = \frac{3,14 \cdot 1700 \cdot 50}{180} = 1483 \text{ мм}$$

и дополнительную дугу обхвата каната:

$$\Delta L_2 = \frac{\pi \cdot r_1 \cdot \Delta \alpha}{180} = \frac{3,14 \cdot 1700 \cdot 15}{180} = 445 \text{ мм}.$$

2. Согласно Пункту 6.3.2.1 [1], чтобы предотвратить проскальзывание каната в седле, необходимо выполнение условия (6.6):

$$\max \left\{ \frac{F_{Ed1}}{F_{Ed2}} \right\} \leq e^{\left\{ \frac{\mu \alpha}{\gamma_{M,fr}} \right\}},$$

где $\gamma_{M,fr}$ — частный коэффициент безопасности для сопротивления трению. Принимаем рекомендуемое значение $\gamma_{M,fr} = 1,65$ (в случае наличия национальных указаний, значение данного коэффициента следует принимать по Национальному Приложению).

$$\max \left\{ \frac{F_{Ed1}}{F_{Ed2}} \right\} = \max \left\{ \frac{1500}{1250} \right\} = 1,2;$$

$$e^{\left\{ \frac{\mu \alpha}{\gamma_{M,fr}} \right\}} = e^{\left\{ \frac{0,2 \cdot 0,87}{1,65} \right\}} = e^{0,1048} = 1,11;$$

$$1,20 > 1,11.$$

3. Условие (6.6) не выполняется, необходимо предусмотреть зажимы, чтобы получить дополнительную радиальную силу зажима F_r , такую чтобы:

$$\frac{F_{Ed1} - \frac{k F_r \mu}{\gamma_{M,fr}}}{F_{Ed2}} \leq e^{\left\{ \frac{\mu \alpha}{\gamma_{M,fr}} \right\}},$$

отсюда

$$\frac{k F_r \mu}{\gamma_{M,fr}} \geq F_{Ed1} - F_{Ed2} \cdot e^{\left\{ \frac{\mu \alpha}{\gamma_{M,fr}} \right\}} \Rightarrow F_r \geq \frac{\gamma_{M,fr}}{k \mu} \left(F_{Ed1} - F_{Ed2} \cdot e^{\left\{ \frac{\mu \alpha}{\gamma_{M,fr}} \right\}} \right),$$

где $k = 2,0$ (когда есть полное трение между пазами/канавками седла и зажимом и F_r не превышает сопротивление ванты силам зажима $k = 2$, иначе $k = 1$).

$$F_r \geq \frac{1,65}{2 \cdot 0,2} (1500 - 1250 \cdot 1,11) = 4,125 \cdot 350 = 1443,75 \text{ кН}.$$

Принимаем величину дополнительной радиальной силы зажима $F_r = 210 \text{ кН}$

4. Проверяем значение поперечного давления q_{Ed} , возникающее из-за радиальной силы зажима F_r . Значение q_{Ed} должно быть ограничено согласно (6.8):

$$\frac{q_{Ed}}{q_{Rd}} \leq 1,$$

$$\text{где } q_{Ed} = \frac{F_r}{d' L_2}; \quad q_{Rd} = \frac{q_{Rk}}{\gamma_{M,bed}};$$

q_{Rk} — предельное значение давления в поперечном сечении, которое должно быть определено по результатам испытаний (при отсутствии испытаний значения принимают по Таблице 6.4 [1]). Для спирально-прядевого каната и стального седла $q_{Rk} = 25,0 \text{ Н/мм}^2$.

$\gamma_{M,bed}$ — частный коэффициент безопасности (рекомендуемое значение $\gamma_{M,bed} = 1,00$).

Проверяем выполнение условия Пункта (6.8).

$$q_{Ed} = \frac{F_r}{d'L_2} = \frac{210 \cdot 10^3}{40 \cdot 1483} = 3,54 \frac{H}{mm^2};$$

$$q_{Rd} = \frac{q_{Rk}}{\gamma_{M,bed}} = \frac{25}{1,00} = 25,0 \frac{H}{mm^2};$$

$$\frac{q_{Ed}}{q_{Rd}} = \frac{3,54}{25,0} = 0,14 < 1.$$

Условие (6.8) выполняется. Окончательно принимаем величину дополнительной радиальной силы зажима $F_r = 210$ кН.

6.4 Зажимы

6.4.1 Проскальзывание зажимов

6.4.1.1.Р Там, где зажимы передают продольное усилие на ванты, а части механически не скреплены вместе (Рисунок 6.2), проскальзывание предотвращается проверкой:

$$F_{Ed\parallel} = \frac{(F_{Ed\perp} + F_r) \cdot \mu}{\gamma_{M,fr}}; \quad (6.9)$$

где

$F_{Ed\parallel}$ — компонент внешней расчетной нагрузки, параллельной ванте;

$F_{Ed\perp}$ — компонент внешней расчетной нагрузки, перпендикулярной ванте;

F_r — радиальная сила зажима, которая может быть уменьшена согласно 0 (3);

μ — коэффициент трения;

$\gamma_{M,fr}$ — частный коэффициент безопасности для сопротивления трению.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Частный коэффициент безопасности $\gamma_{M,fr}$ может быть указан в Национальном Приложении, рекомендуемое значение $\gamma_{M,fr} = 1,65$.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 F_r может быть увеличена или уменьшена внешними усилиями в соответствии с характером (способом) их приложения к зажиму ванты.

6.4.2 Поперечное давление

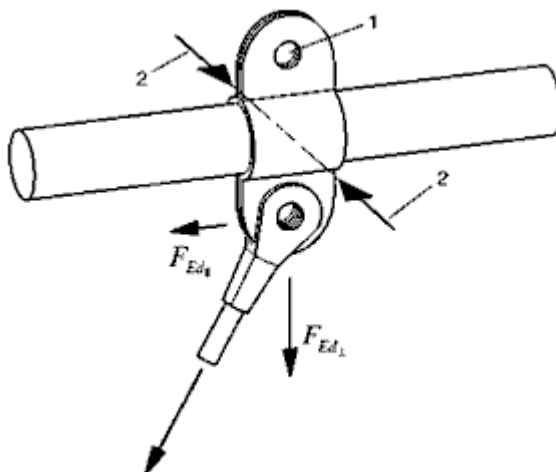
6.4.2.1 Поперечное давление вследствие применения большей из величин $F_{Ed\perp}$ или $F_{Ed\perp} + F_r$ должно удовлетворять требованиям 6.3.3.

6.4.3 Проектирование зажимов

6.4.3.1 Зажимы и соединительные элементы, такие как подвески к несущей ванте, рассчитываются на теоретически обоснованное усилие, равное произведению

коэффициента 1,15 на нормативное значение предельного усилия F_k заземленных вспомогательных элементов (см. Рисунок 6.2).

ПРИМЕЧАНИЕ F_k не имеет прямой связи с предельными состояниями (ULS). При использовании F_k выполняется расчет на воздействие максимальной допустимой нагрузки.



- 1 — отверстие под предварительно натянутые болты;
2 — радиальная сила зажима F_r от предварительного натяжения болтов

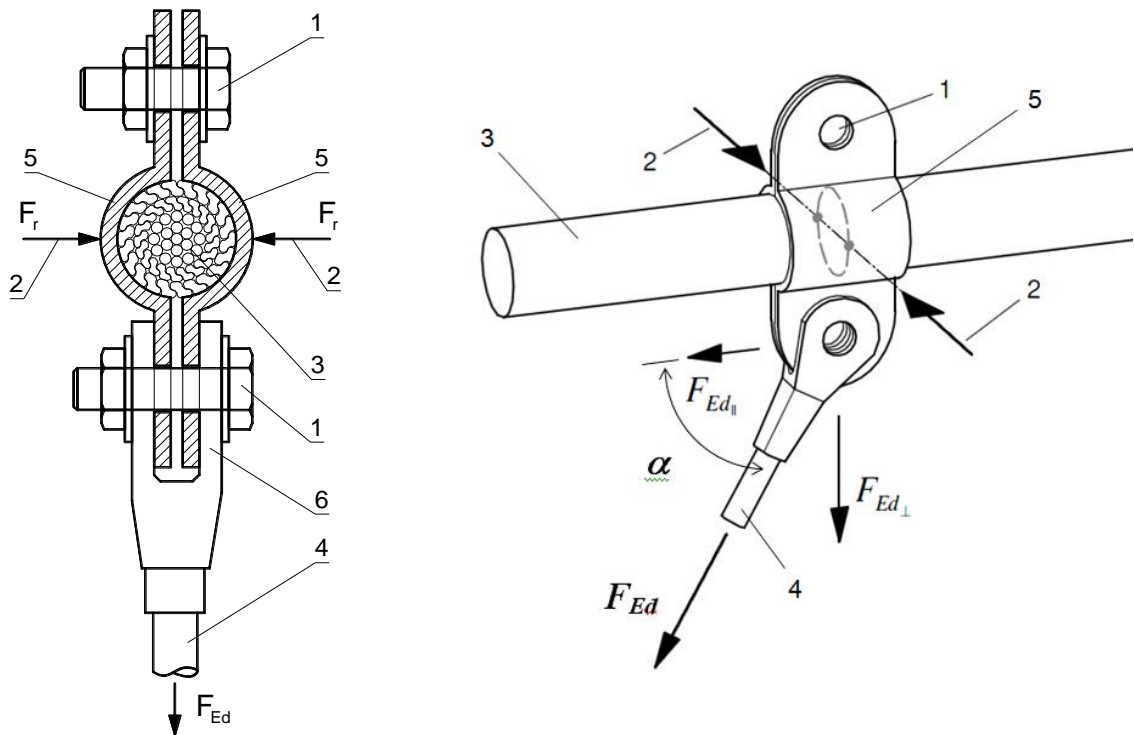
Рисунок 6.2 — Зажим

ПРИМЕР 9 Расчет зажима (хомута)

Выполнить расчет стального зажима подвески, передающей продольное усилие на основную несущую ванту, выполненную из каната полностью закрытой свивки (см. Рисунок 7), выполнить расчет на проскальзывание, определить необходимое значение радиальной силы зажима и подобрать сечение зажима.

Исходные данные для расчета:

- | | |
|---|----------------------------|
| - расчетное усилие в подвеске | $F_{ed} = 200 \text{ кН};$ |
| - угол между подвеской и основной вантой | $\alpha = 60^\circ;$ |
| - диаметр основной ванты | $d = 100 \text{ мм};$ |
| - коэффициент трения между зажимом и вантой | $\mu = 0,30$ |



1 – предварительно натянутые болты; 2 – радиальная сила зажима F_r от предварительного натяжения болтов; 3 – основная ванта; 4 – подвеска; 5 – зажим (хомут); 6 – проушина концевого крепления подвески

Рисунок 7 — К расчету зажима

Решение

1. Вычисляем составляющие внешней расчетной нагрузки (усилия в подвеске), параллельную и перпендикулярную ванте:

$$F_{Ed\parallel} = F_{Ed} \cos \alpha = 200 \cdot \cos 60^\circ = 100 \text{ кН}.$$

$$F_{Ed\perp} = F_{Ed} \sin \alpha = 200 \cdot \sin 60^\circ = 173,2 \text{ кН}.$$

2. Согласно п. 6.4.1 норм [1] проскальзывание зажима предотвращается проверкой согласно (6.9):

$$F_{Ed\parallel} \leq \frac{(F_{Ed\perp} + F_r) \cdot \mu}{\gamma_{M,fr}},$$

где $\gamma_{M,fr}$ — частный коэффициент безопасности для сопротивления трению; рекомендуемое значение $\gamma_{M,fr} = 1,65$ (в случае наличия национальных указаний, значение данного коэффициента следует принимать по Национальному Приложению).

Из Формулы (6.9) определяем необходимое значение радиальной силы зажима:

$$F_r \geq \frac{\gamma_{M,fr} \cdot F_{Ed\parallel}}{\mu} - F_{Ed\perp} = \frac{1,65 \cdot 100}{0,3} - 173,2 = 376,8 \text{ кН}.$$

Принимаем величину радиальной силы зажима $F_r = 380 \text{ кН}$.

3. Выполняем расчет болтов. Крепеж зажима подвески к основной ванте выполняем с помощью двух болтов класса прочности 10.9. Согласно принятой конструкции зажима (хомута) верхний болт работает на растяжение, а нижний болт — на срез и растяжение. Согласно Таблице

3.4 [8] несущая способность одиночных крепежных деталей, подверженных срезу и растяжению, определяется по формуле:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} \leq 1,0,$$

где $F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ – расчетная несущая способность одного болта на срез;

$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ – расчетная несущая способность одного болта на растяжение.

Тогда

$$\frac{\gamma_{M2} F_{v,Ed}}{\alpha_v f_{ub} A_s} + \frac{\gamma_{M2} F_{t,Ed}}{1,4 k_2 f_{ub} A_s} \leq 1,0,$$

откуда требуемая площадь сечения болта составляет:

$$A_s^{mp} = \frac{\gamma_{M2}}{f_{ub}} \left(\frac{F_{v,Ed}}{\alpha_v} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 k_2} \right) = \frac{1,25}{1000 \cdot 10^{-3}} \left(\frac{230}{0,5} + \frac{190}{1,4 \cdot 0,9} \right) = 762 \text{ мм}^2,$$

где

$F_{v,Ed}$ – расчетное усилие среза на один болт; согласно п. 6.4.3 [1] следует вычислять по формуле:

$$F_{v,Ed} = 1,15 \cdot F_{Ed} = 1,15 \cdot 200 = 230 \text{ кН};$$

$F_{t,Ed}$ – расчетное усилие растяжения на один болт, равное половине радиальной силы зажима F_r :

$$F_{t,Ed} = 0,5 \cdot F_r = 0,5 \cdot 380 = 190 \text{ кН};$$

γ_{M2} – частный коэффициент безопасности для соединений; согласно п. 2.2 (2) норм [8] рекомендуемое значение $\gamma_{M2} = 1,25$ (в случае наличия национальных указаний, значение данного коэффициента следует принимать по Национальному Приложению);

$f_{ub} = 1000 \text{ Н / мм}^2$ — временное сопротивление на растяжение высокопрочных болтов класса 10.9 (см. Таблице 3.1 [8]).

α_v – коэффициент, равный 0,5 для болтов классов прочности 4.8, 5.8, 6.8 и 10.9;

k_2 – коэффициент, равный 0,9 для болтов без потайной головки;

Принимаем 2 болта диаметром $d_b = 36 \text{ мм}$ с площадью поперечного сечения нетто $A_s = 817 \text{ мм}^2$, что больше требуемого значения $A_s^{mp} = 762 \text{ мм}^2$.

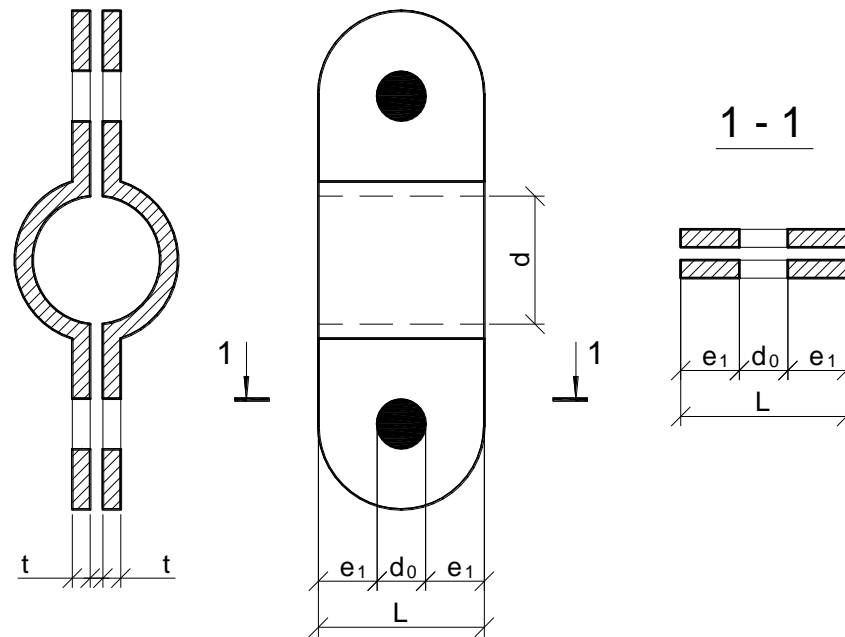


Рисунок 8 — Чертеж зажима (хомута)

4. Определяем размеры зажима (хомута)

- диаметр отверстия под болт:

$$d_o = d_b + 2 \text{ мм} = 36 + 2 = 38 \text{ мм};$$

- минимальные значения расстояния от центра отверстия до края элемента вдоль и поперек усилия e_1 и e_2 (см. Таблице 3.3. норм [8]):

$$e_1 = e_2 = 1,2d_o = 1,2 \cdot 36 = 45,6 \text{ мм} \rightarrow 46 \text{ мм};$$

- длина зажима (см. Рисунок 8):

$$L = d_o + 2e_2 = 38 + 2 \cdot 46 = 130 \text{ мм}.$$

Принимаем длину хомута $L=130$ мм.

- 5. Проверяем значение поперечного давления q_{Ed} на ванту, возникающее из-за радиальной силы зажима F_r . Значение q_{Ed} не должно быть больше предельного значения q_{Rd} :

$$\frac{q_{Ed}}{q_{Rd}} \leq 1,$$

$$\text{где } q_{Ed} = \frac{F_r}{d'L} = \frac{380 \cdot 10^3}{314 \cdot 130} = 9,2 \text{ Н/мм}^2;$$

$$q_{Rd} = \frac{q_{Rk}}{\gamma_{M,bed}} = \frac{40}{1,00} = 40 \text{ Н/мм}^2;$$

d' — ширина поверхности контакта основной ванты с зажимом

$$(d' = \pi \cdot d = 3,14 \cdot 100 = 314 \text{ мм});$$

d — диаметр каната основной ванты;

L — длина зажима;

q_{Rk} — предельное значение давления в поперечном сечении, определяемое по результатам испытаний (при отсутствии испытаний значения принимают по Таблице 6.4 норм [1]). Для канатов полностью закрытой свивки и стального зажима $q_{Rk} = 40,0 \text{ Н/мм}^2$.

$\gamma_{M,bed}$ — частный коэффициент безопасности (рекомендуемое значение $\gamma_{M,bed} = 1,00$).

$$\frac{q_{Ed}}{q_{Rd}} = \frac{9,2}{40} = 0,23 \leq 1.$$

Условие выполняется.

6. Согласно Таблице 3.4 [8] проверяем несущую способность болтового соединения на смятие по формуле:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d_b t}{\gamma_{M2}},$$

где $k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5) = \min(2,8 \cdot \frac{46}{38} - 1,7 = 1,69; 2,5) = 1,69$ (для крайних болтов);

$$\alpha_b = \min(\alpha_d; f_{ub}/f_u; 1,0) = \min(0,4; 1000/430 = 2,3; 1,0) = 0,4;$$

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0} = \frac{46}{3 \cdot 38} = 0,4 \text{ (для крайних болтов);}$$

f_u – номинальное значение временного сопротивления на растяжение, определяемое по Таблице 3.1 [6] (для пластин зажима из стали S275 при $t \leq 40$ мм, $f_u = 430$ Н/мм²);

d_b – диаметр болта;

t – толщина пластин зажима;

γ_{M2} — частный коэффициент безопасности для соединений; согласно п. 2.2.2 норм [8] рекомендуемое значение $\gamma_{M2} = 1,25$ (в случае наличия национальных указаний, значение данного коэффициента следует принимать по Национальному Приложению);

Принимая $F_{b,Rd} = 1,15 F_{Ed} = 1,15 \cdot 200 = 230$ кН, определяем требуемую толщину пластин зажима:

$$t = \frac{F_{b,Rd} \gamma_{M2}}{k_1 \alpha_b f_u d} = \frac{230 \cdot 10^3 \cdot 1,25}{1,69 \cdot 0,4 \cdot 430 \cdot 36} = 27,5 \text{ мм},$$

принимая 2 пластины по 16 мм, суммарной толщиной $t = 2 \cdot 16 = 32$ мм.

7. Проверяем расчетную несущую способность поперечного сечения нетто пластин зажима в месте расположения болтовых отверстий (см. п. 6.2 [6]).

Для этого определяем площадь сечения нетто:

$$A_{\text{net}} = t \cdot (L - d_0) = 32 \cdot (130 - 38) = 2944 \text{ кН}.$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 A_{\text{net}} f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 2944 \cdot 430 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 911 \text{ кН},$$

$$F_{v,Ed} = 1,15 \cdot F_{Ed} = 1,15 \cdot 200 = 230 \text{ кН} \leq N_{\text{net},Rd} = 911 \text{ кН},$$

Условие выполняется, прочность пластин достаточна.

Окончательно принимаем сечение зажима из 2 пластин 16x130 мм из стали класса S275, соединенных предварительно напряженными болтами диаметром 36 мм.

7 ПРЕДЕЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРИГОДНОСТИ

7.1 Критерий эксплуатационной пригодности

7.1.1 Учитываются следующие критерии эксплуатационной пригодности:

- деформации или вибрации;
- упругие условия режима работы.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Ограничения по деформациям или вибрациям связаны с необходимостью нормирования жесткости конструктивной системы, размеров и предварительного натяжения высокопрочных растянутых элементов, а также величины сопротивления проскальзыванию креплений.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Ограничения по сохранению упругой работы и долговечности связаны с максимальными и минимальными значениями усилий (напряжений) для сочетаний нагрузок, существенных для эксплуатационной пригодности.

7.1.2 Напряжения изгиба в зоне крепления могут быть уменьшены соответствующими мерами (например, неопреновыми подкладками для поперечной нагрузки).

7.2 Предельные напряжения

7.2.1. Предельное напряжение может быть указано для характерных расчетных комбинаций нагрузок в следующих целях:

- удержания напряжений в пределах упругих деформаций для соответствующих расчетных ситуаций на стадии строительства и во время эксплуатации;
- ограничения деформаций с тем, чтобы предотвратить возможное отрицательное воздействие на мероприятия по защите от коррозии, т. е. растрескивание оболочек, отверждение заполнителей, раскрытие стыков и т. д., а также, чтобы учесть неточности в расчетах на усталость;
- проверок на ULS (предельных состояний по безопасности) от линейных и нелинейных реакций конструкции на воздействия.

7.2.2 Предельные напряжения зависят от прочности на разрыв:

$$\sigma_{uk} = \frac{F_{uk}}{A_m}, \quad (7.1)$$

см. Формулу (6.3).

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Национальное Приложение может указывать значения предельных напряжений f_{const} и f_{SLS} . Рекомендуемые значения предельных напряжений для стадии строительства f_{const} приведены в Таблице 7.1 и предельных напряжений для условий эксплуатации f_{SLS} — в Таблице 7.2.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Предельные напряжения для стадии строительства определяют по формуле:

$$f_{\text{const}} = \frac{\sigma_{uk}}{1,50\gamma_R\gamma_F} = \frac{0,66\sigma_{uk}}{\gamma_R\gamma_F}, \quad (7.2)$$

при $\gamma_R\gamma_F = 1,0 \cdot 1,10 = 1,10$ — для кратковременных состояний;

$\gamma_R\gamma_F = 1,0 \cdot 1,20 = 1,20$ — для длительных состояний.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 Предельные напряжения для условий эксплуатации определяют по формуле:

$$f_{\text{SLS}} = \frac{\sigma_{uk}}{1,50\gamma_R\gamma_F} = \frac{0,66\sigma_{uk}}{\gamma_R\gamma_F}, \quad (7.3)$$

при $\gamma_R\gamma_F = 0,9 \cdot 1,48 = 1,33$ — с учетом напряжений от изгиба;

$\gamma_R\gamma_F = 1,0 \cdot 1,48 = 1,48$ — без учета напряжений от изгиба,

где $\gamma_F \approx \gamma_Q = 1,50 \approx 1,48$.

ПРИМЕЧАНИЕ 4 Предельные напряжения $f_{\text{SLS}} = 0,45\sigma_{uk}$ используют для испытаний, см. Приложение А.

Таблица 7.1 — Предельные напряжения для стадии строительства f_{const}

Стадия монтажа	f_{const}
При установке первых растянутых элементов только в течение нескольких часов	$0,6\sigma_{uk}$
После установки других растянутых элементов	$0,55\sigma_{uk}$

Таблица 7.2 — Предельные напряжения для условий эксплуатации f_{SLS}

Условия нагружения	f_{SLS}
Расчет усталости, включающий напряжения от изгиба*	$0,5\sigma_{uk}$
Расчет усталости без учета напряжений от изгиба	$0,45\sigma_{uk}$
* Напряжения изгиба могут быть уменьшены посредством локальных мер, см. 7.1 (2).	

ПРИМЕР 10 Расчет предельных напряжений для стадий строительства и эксплуатации для каната полностью закрытой свивки (составного элемента группы В)

Определить предельные напряжения для стадии строительства и эксплуатации для каната марки 75FLBR-1470 закрепленного на концах с помощью канатных замков, уплотненного металлом.

Решение

1. Канат марки 75FLBR-1470 - канат полностью закрытой свивки с тремя слоями Z-образной проволоки, который имеет следующие характеристики (расшифровку марки каната см. пп. 4.1-4.4 стандарта [2] и Таблице В.3 стандарта [3]):

- номинальный диаметр каната $d = 75 \text{ мм};$
- класс каната $R_r = 1470 \text{ Н/мм}^2.$
- минимальное разрушающее усилие $F_{\text{min}} = 5260 \text{ кН};$

2. Определяем площадь поперечного сечения металлических элементов по Формуле (2.2) норм [1]:

$$A_m = \frac{\pi d^2}{4} \cdot f = \frac{3,14 \cdot 75^2}{4} \cdot 0,88 = 3886 \text{ мм}^2,$$

где d — наружный диаметр каната, включая любые антикоррозионные покрытия, мм;

f — коэффициент заполнения, определяемый по Таблице 2.2 [1] (для каната с полностью закрытой свивкой с двумя и более слоями Z-образной проволоки $f=0,88$).

3. Канат марки 75FLBR-1470 относится к растянутым элементам группы В, для которых нормативное значение разрывного усилия F_{uk} определяется по Формуле (6.4):

$$F_{uk} = F_{min} k_e = 5260 \cdot 1,0 = 5260 \text{ кН},$$

где k_e — коэффициент потерь, определяемый по Таблице 6.3 [1] в зависимости от типов концевых закреплений (для канатного замка, уплотненного металлом $k_e=1,0$).

4. Определяем значение предельных напряжений по Формуле (7.1):

$$\sigma_{uk} = \frac{F_{uk}}{A_m} = \frac{5260 \cdot 10^3}{3886} = 1354 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2},$$

5. Вычисляем предельные напряжения для стадии строительства по Формуле (7.2):

$$f_{const} = \frac{\sigma_{uk}}{1,50 \gamma_R \gamma_F} = \frac{0,66 \sigma_{uk}}{\gamma_R \gamma_F},$$

для кратковременных состояний (например, при установке первых растянутых элементов в течение нескольких часов) значение $\gamma_R \gamma_F = 1,0 \cdot 1,10 = 1,10$, тогда:

$$f_{const} = \frac{0,66 \sigma_{uk}}{1,10} = 0,6 \cdot 1354 = 812,4 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2};$$

для длительных состояний (например, после установки других растянутых элементов) значение $\gamma_R \gamma_F = 1,0 \cdot 1,20 = 1,20$, тогда:

$$f_{const} = \frac{0,66 \sigma_{uk}}{1,20} = 0,55 \cdot 1354 = 744,7 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$$

6. Вычисляем предельные напряжения для условий эксплуатации по Формуле (7.3):

$$f_{SLS} = \frac{\sigma_{uk}}{1,50 \gamma_R \gamma_F} = \frac{0,66 \sigma_{uk}}{\gamma_R \gamma_F},$$

при выполнении расчетов на усталость с учетом напряжений от изгиба значение $\gamma_R \gamma_F = 0,9 \cdot 1,48 = 1,33$, тогда:

$$f_{SLS} = \frac{0,66 \sigma_{uk}}{1,33} = 0,5 \cdot 1354 = 677 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2};$$

при выполнении расчетов на усталость без учета напряжений от изгиба значение $\gamma_R \gamma_F = 1,0 \cdot 1,48 = 1,48$, ($\gamma_F \approx \gamma_Q = 1,50 \approx 1,48$), тогда:

$$f_{SLS} = \frac{0,66 \sigma_{uk}}{1,48} = 0,45 \cdot 1354 = 609,3 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}.$$

8 ВИБРАЦИИ ВАНТ

8.1 Общие сведения

8.1.1 Для вант, подверженных внешним воздействиям (например, оттяжки) проверяются любые вибрации, которые могут возникать под воздействием ветра, как во время строительства, так и по его завершению, а также их влияние на безопасность.

8.1.2 Аэродинамические воздействия на вантаы могут вызываться:

- а) толчками (от возникающей в потоке воздуха турбулентности);
- б) вихреобразованием (от вихрей Кармана в потоках воздуха за вантой);
- в) галлопированием (самовозбуждающимися колебаниями);
- г) потоковым галлопированием (текуче-упругое взаимодействие соседних вант);

е) взаимодействие ветра, дождя и ванты.

ПРИМЕЧАНИЕ Галлопирование невозможно для ванты с круглым поперечным сечением по причине симметрии. Это явление может возникнуть для вант, у которых внешняя форма изменилась из-за образования на них слоев льда или пыли. Воздействия, вызванные причинами, указанными в перечислениях с), d) и е) являются функцией движения ванты (обратная связь) и возникают из-за вытекающей аэроупругой неустойчивости, приводящей к вибрации с большой амплитудой, начинающейся при некоторой критической скорости ветра. Так как механизм динамического возбуждения не может быть еще смоделирован с достаточной точностью для надежного прогнозирования, то должны быть предприняты меры для ограничения непредусмотренных вибраций.

8.1.3 Вибрации вант могут также вызываться динамическими силами, действующими на другие части конструкции (главную балку, пилон).

ПРИМЕЧАНИЕ Это явление часто называют «параметрическим возбуждением», и оно отвечает за вибрации с большой амплитудой, где собственные частоты вант и конструкций накладываются друг на друга.

8.2 Меры по ограничению вибраций канатов

8.2.1 Конструкции, поддерживаемые вантами, должны находиться под мониторингом на предмет вибраций, вызываемых чрезмерными дождевыми и ветровыми нагрузками, путем визуального осмотра, или другими способами, которые позволяют осуществлять более точное определение их амплитуд, режимов работы и частот.

8.2.2 При проектировании конструкций вант необходимо предусмотреть возможность осуществления мер для контроля за вибрацией во время строительства и после его окончания.

8.2.3 Такие меры могут включать в себя:

- a) модификацию поверхности ванты (придание аэродинамической формы);
- b) демпфирующие устройства;
- c) стабилизирующие ванты (например, крепежные канаты с соответствующими соединительными устройствами).

8.3 Оценка рисков

8.3.1 Вибрация вант под действием дождя и ветра должна предотвращаться конструктивными мероприятиями; они могут включать использование вант, поверхности которых придана заданная фактура.

8.3.2 Опасность вибрации увеличивается с увеличением длины ванты-оттяжки. Короткие ванты-оттяжки (длиной менее 70–80 м) обычно не влекут никакого риска, за исключением случая, когда из-за особенно неустойчивой конструкции (дефектная форма и гибкий настил) может возникать параметрический резонанс. Следовательно, для коротких вант-оттяжек демпфер не нужен.

8.3.3 Для вант-оттяжек большой длины протяженностью более 80 м необходимо предусмотреть возможность установки демпферов для того, чтобы критический коэффициент затухания превышал 0,5 %. Демпферы могут быть установлены на вантах крайних пролетов, где маловероятны какие-либо большие смещения мест крепления, поскольку длина пролета невелика.

8.3.4 Риск параметрического резонанса должен быть оценен на стадии проектирования посредством детального изучения возможных типов выпучивания конструкции и вант-оттяжек с учетом коэффициента угловых частот и смещений мест креплений для каждого типа.

8.3.5 Должны быть приняты меры во избежание наложения частот, т. е. состояний, когда частота возбуждения Ω ванты-оттяжки находится в пределах 20 % от частоты конструкции ω_n или $2\omega_n$. При необходимости стабилизирующие ванты могут быть использованы для сдвига модульных угловых частот вант-оттяжек.

8.3.6 Для обеспечения безопасности и удобств пользователя амплитуда вибрации вант должна быть ограничена путем использования такого критерия реакции, чтобы при умеренной скорости ветра 15 м/с амплитуда вибрации вант не превышала $L/500$, где L — длина каната.

9 УСТАЛОСТЬ

9.1 Общие сведения

9.1.1 Усталостная прочность растянутых элементов для классов воздействий 3, 4 и 5 должна определяться по Таблице 2.1 с использованием усталостных воздействий по EN 1991 и соответствующей категории конструктивных деталей.

9.1.2 Усталостное разрушение канатных систем обычно происходит у мест крепления седел и зажимов. Эффективную категорию деталей для этих мест рекомендуется определять по испытаниям, в которых представлена фактически использованная конфигурация и воспроизведены любые изгибающие воздействия или поперечные напряжения, появление которых возможно на практике. Оценка испытаний должна производиться в соответствии с Приложением D EN 1990.

9.2 Флотационные осевые нагрузки

9.2.1 При отсутствии испытаний, описанных в 9.1.2, кривые усталостной прочности и категории деталей можно получить по Рисунку 9.1 и Таблице 9.1 соответственно.

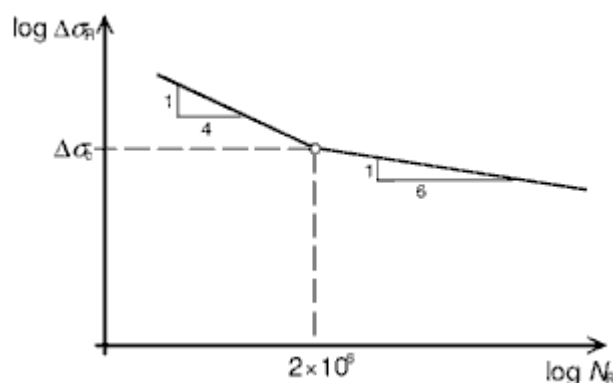


Рисунок 9.1 — Кривые усталостной прочности для элементов конструкции, подвергающихся растяжению

Таблица 9.1 — Категории деталей для усталостной прочности, согласно СН РК EN 1993-1-9

Группа	Растянутые элементы	Категория деталей $\Delta\sigma_c$, Н/мм ²
А	Предварительно напряженные стержни	105
В	Канат полностью закрытой свивки с металлическим или полимерным муфтовым соединением	150
	Спиральные пряди с металлическим или полимерным муфтовым соединением	150
С	Пучок из параллельных проволочных прядей с эпоксидным муфтовым соединением	160
	Связка параллельных прядей	160

ПРИМЕЧАНИЕ Категории деталей в Таблице 9.1 относятся к классам неблагоприятных воздействий 3 и 4 согласно Таблице 2.1. Для осевых и поперечных усталостных воздействий (класс воздействий 5 согласно Таблице 2.1) необходимы дополнительные защитные меры для того, чтобы свести изгибающие напряжения до минимума.

9.2.2 Категории деталей, приведенные в 9.2.1, действительны только при следующих условиях:

- а) ванты с муфтами отвечают основным требованиям Приложения А;
- б) конструкция вант, седел и зажимов соответствует Разделу 6;
- в) предотвращены большие аэродинамические колебания вант, см. Раздел 8;
- г) обеспечена соответствующая защита от коррозии, см. Раздел 4.

9.2.3 Оценку усталости — см. СН РК EN 1993-1-9.

Приложение А
(информационное)

Требования к изделиям для растянутых элементов

А.1 Область применения

А.1.1 В настоящем Приложении приведены требования к изделиям для растянутых элементов и их концевым креплениям, предназначенным для применения в зданиях и инженерных сооружениях.

А.1.2 Требования основываются на специфических аспектах использования сборных элементов, подвергающихся растяжению, включая условия окружающей среды и нагружения.

А.1.3 Приведены следующие группы сборных растянутых элементов:

- группа А: растянутые стержневые системы, отдельные стержни;
- группа С: пучки параллельных проволок, пучки стержней, пучки параллельных прядей.

А.2 Основные требования

А.2.1 Элементы, подвергающиеся растяжению, должны подчиняться следующим критериям:

- обеспечивать прочность и гибкость канатной системы и ее концевых креплений;
- быть выносливыми к воздействию колебаний от осевой нагрузки, напряжений изгиба, угловых отклонений, цепных воздействий, вызванных порывами ветра, и дефектам монтажа;
- продольная и изгибная жесткость должна обеспечивать устойчивое состояние вантовой системы (например, с помощью гарантированного предварительного растяжения);
- защита ванты и мест ее крепления от коррозии;
- сопротивление истиранию во всех местах контакта подвижных стальных деталей.

А.2.2 Концевые муфты и места креплений растянутых элементов должны быть запроектированы так, чтобы:

- несущая способность растянутого элемента достигалась до появления какой-либо пластической или другой остаточной деформации в местах анкеровки или в любых несущих элементах;
- их расчетное сопротивление усталости превышало усталостную прочность элементов;
- были предусмотрены устройства для регулировки длины элемента, чтобы отвечать требованиям предварительного нагружения, геометрических допусков и т. д.;
- в местах закрепления было предусмотрено достаточно подвижное соединение для компенсации неточностей при изготовлении и монтаже;
- имела возможность замены растянутых элементов, подвергшихся чрезмерному напряжению.

А.2.3 Вышеприведенные требования должны обеспечиваться путем:

- соответствующего подбора материалов для проволоки, прядей, стальных элементов и защитных покрытий;
- выбора формы конструкции с учетом требуемых прочности, жесткости, пластичности, долговечности и надежности в процессе производства, транспортировки, погрузочно-разгрузочных работ и монтажа;
- контроля качества точной подгонки концевой фиксации для обеспечения точной центровки растянутого элемента, находящегося в условиях эксплуатации.

А.2.4. Соблюдение вышеприведенных требований должно проверяться путем испытаний, являющихся частью соответствующей системы управления качеством.

А.3 Материалы

А.3.1 Все используемые материалы должны удовлетворять соответствующим европейским техническим спецификациям.

А.3.2 Пригодность системы защиты от коррозии, включая надежность заполнителей и защитных материалов, должна быть подтверждена соответствующими испытаниями.

ПРИМЕЧАНИЕ Испытания могут подтвердить следующее:

- защиту от агрессивной среды (химических реагентов, коррозионного растрескивания в результате перенапряжения, ультрафиолетового излучения);
- водонепроницаемость (гибкость ваны и ее надежность при изгибе);
- долговечность краски (если это требуется).

А.4 Требования к испытаниям

А.4.1 Общие положения

А.4.1.1 Испытания проволок, прядей, прутков и растянутых элементов в сборке должны гарантировать, что они работают в соответствии с необходимыми требованиями.

А.4.1.2 F_{ke} и F_{uke} (см. 6.2) следует определять во время испытаний на растяжение при действии статической нагрузки. При необходимости (например, для разрезки по длине (см. 3.4) и расчета конструкций (см. Раздел 5)) испытания должны ориентироваться на прогнозируемый уровень напряжений ваны в конструкции для измерения всех необходимых параметров.

А.4.1.3 Чтобы определить кривую усталостной прочности, где это требуется, следует провести достаточное количество испытаний при действии осевой нагрузки, если $\sigma_{sup} = 0,45 \cdot \sigma_{uk}$ (см. 7.2.2) при различных значениях ΔF , Таблица А.4.1.

ПРИМЕЧАНИЕ Испытания на усталость следует проводить при контроле нагрузки, но не контроле удлинения.

Таблица А.4.1 — Требования к испытаниям на усталость

Тип испытаний	Усталостное нагружение при испытаниях до разрушения
Испытания при действии осевой нагрузки (классы 3 и 4)	$\sigma_{sup} = 0,45 \cdot \sigma_{uk}$ $\Delta\sigma$ согласно $\Delta\sigma_c$, приведенному в Таблице 9.1 $\Delta\alpha = 0$ $n = 2 \cdot 10^6$ циклов нагружений
Испытания при действии осевой нагрузки и испытания на изгиб (класс 5)	$\sigma_{sup} = 0,45 \cdot \sigma_{uk}$ $\Delta\sigma$ согласно $\Delta\sigma_c$, приведенному в Таблице 9.1 $\Delta\alpha = 0 \div 10$ мрад ($0^\circ \div 0,7^\circ$) $n = 2 \cdot 10^6$ циклов нагружений

А.4.1.4 Если растянутый элемент подвергается усталостному нагружению и сопротивление усталости проверяется согласно 9.2.2, то необходимо выполнить, по крайней мере, по одному испытанию для каждого диаметра элемента. Следует проверить, чтобы при испытаниях при действии осевой нагрузки, если $\sigma_{sup} = 0,45\sigma_{uk}$ и $\Delta\sigma = 1,25\Delta\sigma_c$ (см. Таблицу 9.1) количество разорванных проволок после $2 \cdot 10^6$ циклов нагружений составляло менее 2 % от общего количества проволок. Во время испытаний на усталость не должно происходить никакого разрушения в анкеровочном материале или в любом элементе анкеровки. Никакое разрушение не приемлемо для стержней.

А.4.1.5 Если радиус скругления на входе троса в седло составляет менее $30d$ (см. Рисунок 6.1), то необходимо провести испытания, как описано в А.4.1.2 и А.4.1.3, при этом $\Delta\alpha$ определяется по закругленному радиусу.

А.4.1.6 После усталостного нагружения испытываемый образец следует загрузить до разрушения/излома и выдержать минимальное растягивающее усилие, равное большему из двух: 92 % от фактической прочности на растяжение ванты или 95 % от минимального предела прочности на растяжение ванты. Деформация при такой нагрузке должна быть не менее 1,5 %.

А.4.1.7 Испытания на усталость в соответствии с EN 10138 должны проводиться на отдельных прядях, проволоках или стержнях, взятых из образцов для растянутых элементов каждой изготавливаемой партии.

А.4.2 Главные растянутые элементы

А.4.2.1 Проволока

А.4.2.1.1 Проволоки, покрытые цинком или цинковым сплавом, должны быть испытаны на сертифицированной испытательной машине.

А.4.2.2 Пряди

А.4.2.2.1 Должны быть проведены испытания на определение предела прочности при растяжении, 0,1 % от гарантированной прочности и деформации удлинения в соответствии с EN 10138.

А.4.2.3 Стержни

А.4.2.3.1 Должны быть проведены испытания на определение предела прочности при растяжении, 0,1 % от гарантированной прочности и деформации удлинения в соответствии с EN 10138.

А.4.3 Пряди и канаты в сборе

А.4.3.1 Если используются различные размеры одного типа прядей или канатов, должно быть проведено как минимум три репрезентативных испытания. Ванты должны испытываться со всеми установленными на них креплениями для передачи нагрузки, и нагрузка при испытаниях должна прикладываться таким же образом, как и в реальной конструкции.

А.4.4 Коэффициент трения

А.4.4.1 Если коэффициент трения между прядями и седлами, зажимами и т. д. определяется испытаниями, то необходимо учесть следующее:

- влияние осевых нагрузок на диаметр прядей;
- ползучесть из-за предварительного поперечного нагружения (на материал заполнителя и цинковое покрытие).

А.4.4.2 При оценке результатов испытаний следует учитывать тот факт, что трение может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на рассматриваемые воздействия.

А.4.5 Защита от коррозии

А.4.5.1 Водонепроницаемость

А.4.5.1.1 Долговечность вантовой системы должна быть проверена с использованием «искусственного старения», в котором могут быть искусственно смоделированы циклы осевых нагрузок, изгиба и температуры. Испытания должны быть проведены для характерного участка нижнего конца ванта в сборе, включая анкерные устройства, вантовую защитную трубку и т. п.

ПРИМЕЧАНИЕ Детальное описание таких испытаний может быть приведено в Национальном Приложении.

А.4.5.2 Антикоррозийная защита

ПРИМЕЧАНИЕ Детальное описание испытаний (например, испытания на соляной туман) может быть приведено в Национальном Приложении.

Приложение В
(информационное)

Транспортировка, складирование, погрузочно-разгрузочные работы

В.1 Спиральные пряди и канаты с полностью закрытой свивкой поставляются или в бухтах, или намотанными на барабан.

В.2 Для того, чтобы удержать проволоку наружного слоя в свивке, минимальный диаметр барабана должен быть не менее, чем 30 диаметров — для каната полностью закрытой свивки, 24 диаметра — для спирально-прядевого каната и 16 диаметров — для каната из прядей.

ПРИМЕЧАНИЕ Минимальный диаметр зависит от степени защиты, сроков хранения и температуры. Следует проявлять осторожность при размотке канатов при температурах ниже 5 °С.

В.3 Если ванты складываются в бухтах, каждая бухта должна иметь соответствующую вентиляцию (без прямого контакта с грунтом), чтобы предотвратить образование белого налета, который может вызываться конденсацией или влагой.

В.4 Предельную осторожность следует проявлять в обращении с вантами. Во время установки бухты требуется поворотный стол для горизонтальной размотки ванта.

В.5 Запрещается:

- удаление защитного покрытия до установки вант;
- изгиб ванта радиусом менее 30-кратного диаметра ванта;
- перетягивать ванта через острые углы;
- скручивать и раскручивать ванта (необходимо следить за маркировочной линией ванта).

В.6. Растянутые элементы должны подвергаться контролю и осмотру в течение срока службы на предмет обнаружения отклонений от проектных условий, коррозии и повреждений.

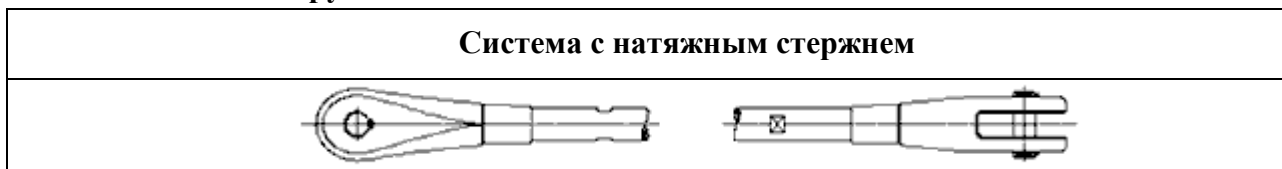
ПРИМЕЧАНИЕ Национальное Приложение может содержать дополнительные рекомендации и указания по осмотру и контролю.

Приложение С
(информационное)

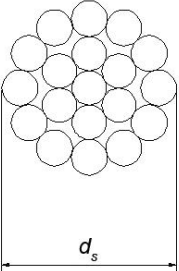
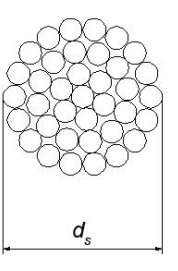
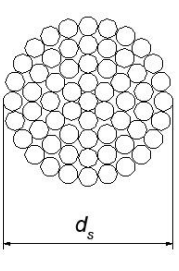
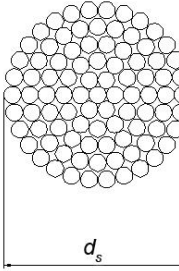
Словарь терминов

ПРИМЕЧАНИЕ См. EN 12385, часть 2.

С.1 Изделия группы А

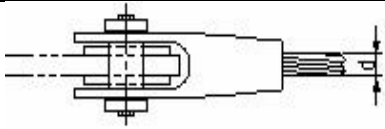
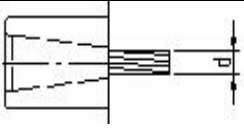
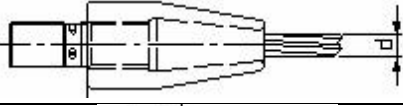
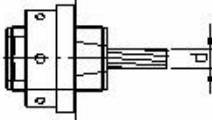
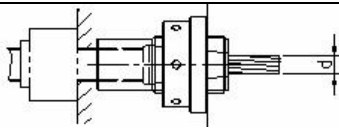



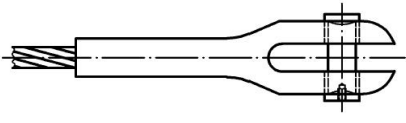
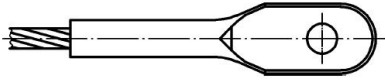
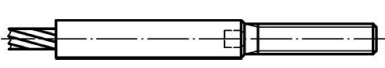
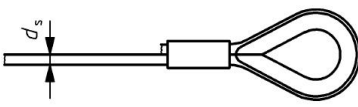
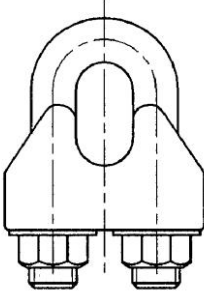
С.2 Изделия группы В

Канаты спирально-прядевые				
				
Конструктивная формула	1×19	1×37	1×61	1×91
Диаметр d_s , мм	3–14	6–36	20–40	30–52
Прядь	1	1	1	1
Количество проволок на прядь	19	37	61	91
Количество проволок во внешнем слое пряди	12	18	24	30
Номинальный коэффициент площади поперечного сечения металла C	0,6	0,59	0,58	0,58
Коэффициент влияния на разрыв K	0,525	0,52	0,51	0,51

Канаты из прядей				
				
Конструктивная формула	16×19-CF	16×19-CWS	6×36WS-CF	6×36WS-CWR
Диаметр d_s , мм	6–40	6–40	6–40	6–40
Количество прядей	6	6	6	6
Количество проволок на прядь	18	18	36	36
Количество проволок во внешнем слое пряди	12	12	14	14
Номинальный коэффициент площади поперечного сечения металла C	0,357	0,414	0,393	0,455
Коэффициент влияния на разрыв K	0,307	0,332	0,329	0,355
Канаты с полностью закрытой свивки				
				
Конструкция	Один слой Z-образной проволоки	Два слоя Z-образной проволоки	Более или равно трем слоям Z-образной проволоки	
Диаметр d_s , мм	20–40	25–50	40–180	
Допустимое отклонение для d_s	+5 %	+5 %	+5 %	
Номинальный коэффициент площади поперечного сечения металла C	0,636	0,660	0,700	
Коэффициент влияния на разрыв K	0,585	0,607	0,643	
ПРИМЕЧАНИЕ Номинальный коэффициент площади поперечного сечения металлической проволоки и коэффициент влияния на разрыв принимаются в соответствии с EN 12385-2.				

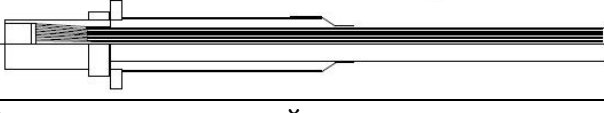
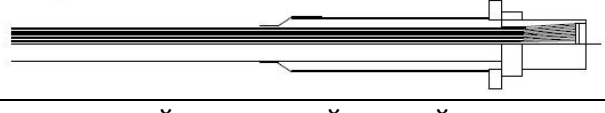
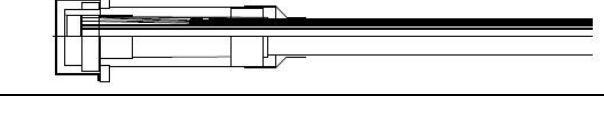
С.3 Соединители концов проволочных канатов

Соединители концов проволочных канатов — концевые крепления металлические или полимерные в соответствии с EN 13411-4	
Открытая оцинкованная муфта	
Цилиндрическая муфта	
Коническая муфта с внутренней резьбой и растянутым стержнем	
Цилиндрическая муфта с наружной резьбой и гайкой	
Цилиндрическая муфта с наружной и внутренней резьбой и гайкой	
Цилиндрическая муфта с внутренней резьбой и растянутым стержнем	

Соединители проволочных канатов концевые, обжимные	
Открытая обжимная муфта	
Закрытая штампованная муфта	
Обжимной концевик с резьбой	
Коуш с алюминиевым обжимным ободом в соответствии с EN 13411-3	
U-образный болт-хомут с двумя гайками для зажима троса в соответствии с EN 13411-5	

С.4 Изделия группы С

Неизолированные пряди, пряди покрытые эпоксидной смолой или полиэстером	
Анкеровка наконечника (концевика ванты)	Анкеровка наконечника (концевика ванты)
Анкеровка с помощью клиньев и соединительной муфты с заделкой раствором — неизолированные пряди, покрытые полиэстером или эпоксидной смолой	
	
Анкеровка с помощью клиньев и уплотняющих пластин — покрытые полиэстером пряди	
	
Анкеровка с помощью клиньев и трубки, предварительно заполненной раствором, — покрытые полиэстером пряди	
	
Анкеровка с помощью клиньев и переходной трубки, заполненной воском, — покрытые полиэстером пряди	
	

Проволоки	
Анкеровка наконечника (концевика ванты)	Анкеровка наконечника (концевика ванты)
Анкеровка с проволокой и сложным концевым креплением, залитым компаундом	
	
Анкеровка проволокой и дисковыми оголовками с заливкой эпоксидной смолой	
	

Стержни	
Анкеровка наконечника (концевика ванты)	Анкеровка наконечника (концевика ванты)
Анкеровка одиночного стержня	
	
Анкеровка нескольких стержней со стальной обоймой с заделкой раствором	
	

Приложение Д.А
(информационное)

**Сведения о соответствии норм республики Казахстан
ссылочным европейским нормам**

Таблица Д.А.1

Обозначение и наименование европейского стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование норм Республики Казахстан
EN 1990:2002 Еврокод. Основы проектирования несущих конструкций	IDT	СН РК EN 1990:2002/2011 Еврокод. Основы проектирования несущих конструкций
EN 1993-1-1:2005 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий	IDT	СН РК EN 1993-1-1:2005/2011 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий
EN 1993-1-9:2005 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-9. Усталостная прочность	IDT	СН РК EN 1993-1-9:2005/2011 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-9. Усталостная прочность

Приложение Е
(информационное)

**Справочные данные и выдержки из таблиц
нормативных документов и стандартов, на
которые ссылается СН РК EN 1993-1-11-2011**

**Таблица Е.1 – Значения разрушающих усилий и номинальной массы
для канатов с одним слоем проволок полностью закрытой конструкции
(Таблица В.1 EN 12385-10-2009)**

Номинальный диаметр каната	Приближенная номинальная масса на единицу длины ¹⁾ ²⁾	Номинальная площадь поперечного сечения металла ²⁾	Минимальное разрушающее усилие ²⁾			
			Ранг каната 1370	Ранг каната 1470	Ранг каната 1570	Ранг каната 1670
мм	кг/100 м	мм ²	кН	кН	кН	кН
20	227	254	321	344	368	391
21	251	281	354	379	405	431
22	275	308	388	416	445	473
23	301	337	424	455	486	517
24	327	366	462	496	529	563
25	355	398	501	538	574	611
28	384	430	542	582	621	661
27	414	464	585	627	670	713
28	445	499	629	675	720	766
29	478	535	674	724	773	822
30	511	573	722	774	827	880
31	546	611	771	827	883	930
32	582	651	821	881	941	1 000
33	619	693	873	937	1 000	1 060
34	657	735	927	995	1 060	1 130
35	696	779	982	1 050	1 130	1 200
36	736	824	1 040	1 120	1 190	1 270
37	778	871	1 100	1 180	1 260	1 340
38	820	919	1 160	1 240	1 330	1 410
39	864	968	1 220	1 310	1 400	1 490
40	909	1 020	1 280	1 380	1 470	1 580

¹⁾ Масса на единицу длины будет увеличена приблизительно на 8 %, если во время изготовления канат был защищен некоторым составом или блокирующим соединением.

²⁾ В случае канатов с центром из круглых проволок параллельной связи номинальная площадь поперечного сечения металла, минимальное разрушающее усилие и приближенное значение номинальной массы на единицу длины должны быть увеличены приблизительно на 4,5 %.

**Таблица Е.2 – Значения разрушающих усилий и номинальной массы
для канатов с двумя слоями проволок полностью закрытой конструкции
(Таблица В.2 EN 12385-10-2009)**

Номинальный диаметр каната	Приближенная номинальная масса на единицу длины ^{11 21}	Номинальная площадь поперечного сечения металла ²¹	Минимальное разрушающее усилие ²¹			
			Ранг каната 1370	Ранг каната 1470	Ранг каната 1570	Ранг каната 1670
мм	кг/100 м	мм ²	кН	кН	кН	кН
25	368	412	520	559	596	634
26	398	446	562	603	644	685
27	429	481	606	650	695	738
28	462	517	652	700	747	795
29	495	555	699	750	801	852
30	530	594	748	803	858	912
31	566	634	799	857	916	974
32	603	676	851	914	978	1 040
33	642	718	906	972	1 040	1 100
34	681	763	961	1 030	1 100	1 170
35	722	808	1 020	1 090	1 170	1 240
36	764	855	1 080	1 160	1 230	1 310
37	807	903	1 140	1 220	1 300	1 390
38	851	953	1 200	1 290	1 380	1 460
39	896	1 000	1 260	1 360	1 450	1 540
40	943	1 060	1 330	1 430	1 520	1 620
41	990	1 110	1 400	1 500	1 600	1 700
42	1 040	1 160	1 470	1 570	1 680	1 790
43	1 090	1 220	1 540	1 650	1 760	1 870
44	1 140	1 280	1 610	1 730	1 840	1 960
45	1 190	1 340	1 680	1 810	1 930	2 050
46	1 250	1 400	1 760	1 890	2 020	2 140
47	1 300	1 460	1 840	1 970	2 110	2 240
48	1 360	1 520	1 920	2 060	2 200	2 310
49	1 410	1 580	2 000	2 140	2 290	2 430
50	1 470	1 650	2 080	2 230	2 380	2 530
51	1 530	1 720	2 160	2 320	2 480	2 640
52	1 590	1 780	2 250	2 410	2 580	2 740
53	1 650	1 850	2 340	2 510	2 680	2 850
54	1 720	1 920	2 420	2 600	2 780	2 960
55	1 780	2 000	2 520	2 700	2 880	3 070
56	1 850	2 070	2 610	2 800	2 990	3 180
57	1 910	2 140	2 700	2 900	3 100	3 290
58	1 980	2 220	2 800	3 000	3 210	3 410
59	2 050	2 300	2 890	3 110	3 320	3 530
60	2 120	2 380	2 990	3 210	3 430	3 650

¹¹ Масса на единицу длины будет увеличена приблизительно на 6,5 %, если во время изготовления канат был защищен некоторым составом или блокирующим соединением.

²¹ В случае канатов с центром из круглых проволок параллельной оси или номинальная площадь поперечного сечения металла, минимальное разрушающее усилие и приближенное значение номинальной массы на единицу длины должны быть увеличены приблизительно на 2 %.

Таблица Е.3 – Значения разрушающих усилий и номинальной массы для канатов с тремя и большим количеством проволок полностью закрытой конструкции
(Таблица В.3 EN 12385-10-2009)

Номинальный диаметр каната	Приближенная номинальная масса на единицу длины ¹⁾	Номинальная площадь поперечного сечения металла	Минимальное разрушающее усилие		
			Ранг каната 1370	Ранг каната 1470	Ранг каната 1570
мм	кг/100 м	мм ²	кН	кН	кН
40	978	1 090	1 380	1 480	1 580
41	1 030	1 150	1 450	1 550	1 660
42	1 080	1 210	1 520	1 630	1 740
43	1 130	1 260	1 590	1 710	1 820
44	1 180	1 320	1 670	1 790	1 910
45	1 240	1 380	1 740	1 870	2 000
46	1 290	1 450	1 820	1 950	2 090
47	1 350	1 510	1 900	2 040	2 180
48	1 410	1 570	1 980	2 130	2 270
49	1 470	1 640	2 070	2 220	2 370
50	1 530	1 710	2 150	2 310	2 470
51	1 610	1 800	2 270	2 430	2 600
52	1 670	1 870	2 360	2 530	2 700
53	1 730	1 940	2 450	2 630	2 800
54	1 800	2 020	2 540	2 730	2 910
55	1 870	2 090	2 640	2 830	3 020
56	1 940	2 170	2 730	2 930	3 130
57	2 010	2 250	2 830	3 040	3 240
58	2 080	2 330	2 930	3 140	3 360
59	2 150	2 410	3 030	3 250	3 480
60	2 220	2 490	3 140	3 360	3 590
61	2 300	2 570	3 240	3 480	3 710
62	2 370	2 660	3 350	3 590	3 840
63	2 450	2 740	3 460	3 710	3 960
64	2 530	2 830	3 570	3 830	4 090
65	2 610	2 920	3 680	3 950	4 220
66	2 690	3 010	3 790	4 070	4 350
67	2 770	3 100	3 910	4 200	4 480
68	2 850	3 200	4 030	4 320	4 620
69	2 940	3 290	4 150	4 450	4 750
70	3 020	3 390	4 270	4 580	4 890
71	3 110	3 480	4 390	4 710	5 030
72	3 200	3 580	4 520	4 850	5 180
73	3 290	3 680	4 640	4 990	5 320
74	3 380	3 780	4 770	5 120	5 470
75	3 470	3 890	4 900	5 260	5 620
76	3 560	3 990	5 030	5 400	5 770
77	3 660	4 100	5 160	5 540	5 920
78	3 760	4 200	5 300	5 690	6 070
79	3 850	4 310	5 440	5 830	6 230
80	3 950	4 420	5 580	5 980	6 390
81	4 050	4 530	5 720	6 130	6 550
82	4 150	4 650	5 860	6 290	6 710
83	4 250	4 760	6 000	6 440	6 880
84	4 350	4 880	6 150	6 600	7 040

¹⁾ Масса на единицу длины будет увеличена приблизительно на 5 %, если во время изготовления канат был защищен некоторым покрытием или блокирующим соединением.

Таблица Е.3 – Значения разрушающих усилий и номинальной массы для канатов с тремя и большим количеством проволок полностью закрытой конструкции
(Таблица В.3 EN 12385-10-2009)

(продолжение)

Номинальный диаметр каната	Приближенная номинальная масса на единицу длины ¹¹	Номинальная площадь поперечного сечения металла	Минимальное разрушающее усилие		
			Ранг каната 1370	Ранг каната 1470	Ранг каната 1570
мм	кг/100 м	мм ²	кН	кН	кН
85	4 460	4 990	6 290	6 750	7 210
86	4 560	5 110	6 440	6 910	7 380
87	4 670	5 230	6 590	7 070	7 560
88	4 780	5 350	6 750	7 240	7 730
89	4 890	5 470	6 900	7 400	7 910
90	5 000	5 600	7 060	7 570	8 090
91	5 180	5 790	7 300	7 830	8 360
92	5 300	5 920	7 480	8 000	8 550
93	5 410	6 050	7 620	8 180	8 730
94	5 530	6 180	7 780	8 350	8 920
95	5 650	6 310	7 950	8 530	9 110
96	5 770	6 440	8 120	8 710	9 300
97	5 890	6 580	8 290	8 890	9 500
98	6 010	6 710	8 480	9 080	9 700
99	6 130	6 850	8 630	9 270	9 900
100	6 260	6 990	8 810	9 450	10 100
101	6 380	7 140	8 990	9 640	10 300
102	6 510	7 270	9 170	9 840	10 500
103	6 640	7 420	9 350	10 000	10 700
104	6 770	7 560	9 530	10 200	10 900
105	6 900	7 710	9 710	10 400	11 100
106	7 030	7 850	9 900	10 600	11 300
107	7 180	8 000	10 100	10 800	11 500
108	7 300	8 150	10 300	11 000	11 800
109	7 430	8 300	10 500	11 200	12 000
110	7 570	8 460	10 700	11 400	12 200
111	7 710	8 610	10 900	11 600	12 400
112	7 850	8 770	11 100	11 800	12 700
113	7 990	8 930	11 200	12 100	12 900
114	8 130	9 080	11 400	12 300	13 100
115	8 270	9 240	11 700	12 500	13 400
116	8 420	9 410	11 900	12 700	13 600
117	8 560	9 570	12 100	12 900	13 800
118	8 710	9 730	12 300	13 200	14 100
119	8 860	9 900	12 500	13 400	14 300
120	9 010	10 100	12 700	13 600	14 500
121	9 160	10 200	12 900	13 800	14 800
122	9 310	10 400	13 100	14 100	15 000
123	9 460	10 600	13 300	14 300	15 300
124	9 620	10 700	13 500	14 500	15 500
125	9 780	10 900	13 800	14 800	15 800

¹¹ масса на единицу длины будет увеличена приблизительно на 5 %, если во время изготовления канат был защищен некоторым оставом или блокирующим соединением.

Таблица Е.3 – Значения разрушающих усилий и номинальной массы для канатов с тремя и большим количеством проволок полностью закрытой конструкции
(Таблица В.3 EN 12385-10-2009)

(продолжение)

Номинальный диаметр каната	Приближенная номинальная масса на единицу длины ¹¹	Номинальная площадь поперечного сечения металла	Минимальное разрушающее усилие		
			Ранг каната 1370	Ранг каната 1470	Ранг каната 1570
мм	кг/100 м	мм ²	кН	кН	кН
126	10 000	11 200	14 100	15 200	
127	10 200	11 400	14 400	15 400	
128	10 300	11 600	14 600	15 700	
129	10 500	11 800	14 800	15 900	
130	10 700	11 900	15 100	16 200	
131	10 800	12 100	15 300	16 400	
132	11 000	12 300	15 500	16 700	
133	11 200	12 500	15 800	16 900	
134	11 300	12 700	16 000	17 200	
135	11 500	12 900	16 200	17 400	
136	11 700	13 100	16 500	17 700	
137	11 800	13 300	16 700	17 900	
138	12 000	13 500	17 000	18 200	
139	12 200	13 700	17 200	18 500	
140	12 400	13 900	17 500	18 700	
141	12 500	14 100	17 700	19 000	
142	12 700	14 300	18 000	19 300	
143	12 900	14 500	18 200	19 500	
144	13 100	14 700	18 500	19 800	
145	13 300	14 900	18 700	20 100	
146	13 500	15 100	19 000	20 400	
147	13 600	15 300	19 300	20 700	
148	13 800	15 500	19 500	20 900	
149	14 000	15 700	19 800	21 200	
150	14 200	15 900	20 000	21 500	
151	14 400	16 100	20 300	21 800	
152	14 600	16 300	20 600	22 100	
153	14 800	16 500	20 900	22 400	
154	15 000	16 800	21 100	22 700	
155	15 200	17 000	21 400	23 000	
156	15 400	17 200	21 700	23 300	
157	15 600	17 400	22 000	23 600	
158	15 800	17 600	22 200	23 900	
159	16 000	17 900	22 500	24 200	
160	16 200	18 100	22 800	24 500	
161	16 400	18 300	23 100	24 800	
162	16 600	18 600	23 400	25 100	
163	16 800	18 800	23 700	25 400	
164	17 000	19 000	24 000	25 700	
165	17 200	19 200	24 300	26 000	
166	17 400	19 500	24 600	26 300	
167	17 600	19 700	24 800	26 700	
168	17 800	20 000	25 100	27 000	
169	18 000	20 200	25 400	27 300	

¹¹ Масса на единицу длины будет увеличена приблизительно на 3,5 %, если во время изготовления канат был защищен некоторым составом или блокирующим соединением.

Таблица Е.3 – Значения разрушающих усилий и номинальной массы для канатов с тремя и большим количеством проволок полностью закрытой конструкции
(Таблица В.3 EN 12385-10-2009)

(продолжение)

Номинальный диаметр каната	Приближенная номинальная масса на единицу длины ¹¹	Номинальная площадь поперечного сечения металла	Минимальное разрушающее усилие		
			Ранг каната 1370	Ранг каната 1470	Ранг каната 1570
мм	кг/100 м	мм ²	кН	кН	кН
170	18 200	20 400	25 700	27 600	
171	18 500	20 700	26 100	28 000	
172	18 700	20 900	26 400	28 300	
173	18 900	21 200	26 700	28 600	
174	19 100	21 400	27 000	28 900	
175	19 300	21 600	27 300	29 300	
176	19 600	21 900	27 600	29 600	
177	19 800	22 100	27 900	29 900	
178	20 000	22 400	28 200	30 300	
179	20 200	22 600	28 500	30 600	
180	20 500	22 900	28 900	31 000	

¹¹ Масса на единицу длины будет увеличена приблизительно на 3,5 %, если во время изготовления канат был защищен некоторым составом или блокирующим соединением.

Таблица Е.4 – Значения разрушающих усилий и номинальной массы для спирально-прядевых канатов конструкции 1х7 ¹⁾ (Таблица С.1 EN 12385-10-2009)

Номинальный диаметр каната	Приближенная номинальная масса на единицу длины ²¹	Номинальная площадь поперечного сечения металла	Минимальное разрушающее усилие		
			Ранг каната 1370	Ранг каната 1470	Ранг каната 1570
мм	кг/100 м	мм ²	кН	кН	кН
2,5	3,06	3,68	5,20	5,86	6,49
3	4,40	5,30	7,49	8,45	9,35
3,5	5,99	7,22	10,2	11,5	12,7
4	7,82	9,42	13,3	15,0	16,6
4,5	9,90	11,9	16,9	19,0	21,0
5	12,2	14,7	20,8	23,5	26,0
6	17,6	21,2	30,0	33,8	37,4
6,4	20,0	24,1	34,1	38,4	42,6
7	24,0	28,9	40,8	46,0	50,9
8	31,3	37,7	53,3	60,1	66,5
9	39,6	47,7	67,4	76,0	84,2
9,5	44,1	53,2	75,1	84,7	93,8
10	48,9	58,9	83,2	93,8	104
11	59,2	71,3	101	114	
12	70,4	84,8	120	135	
13	82,6	99,5	141	159	
14	95,8	115	163	184	
14,5	109	124	175	197	
16	125	151	213	240	

¹⁾ Эта конструкция, называемая прядью, в строгом смысле не является канатом спиральной свивки (который по определению имеет по меньшей мере два слоя проволок).

²¹ Масса на единицу длины будет увеличена приблизительно на 8 %, если во время изготовления канат был защищен некоторым составом или блокирующим соединением.

Таблица Е.5 – Значения разрушающих усилий и номинальной массы для спирально-прядевых канатов конструкции 1х19 (Таблица С.2 EN 12385-10-2009)

Номинальный диаметр каната	Приближенная номинальная масса на единицу длины ¹⁾	Номинальная площадь поперечного сечения металла	Минимальное разрушающее усилие		
			Ранг каната 1370	Ранг каната 1470	Ранг каната 1570
мм	кг/100 м	мм ²	кН	кН	кН
5	12,1	14,8	20,6	23,3	25,8
6	17,5	21,0	29,7	33,5	37,1
6,4	19,9	23,9	33,8	38,1	42,2
7	23,8	28,6	40,5	45,6	50,5
8	31,0	37,4	52,8	59,6	66,0
9	39,3	47,3	66,9	75,4	83,5
9,5	43,8	52,7	74,5	84,0	93,0
10	48,5	58,4	82,6	93,1	103
11	58,7	70,7	99,9	113	125
12	69,8	84,1	119	134	148
13	82,0	98,8	140	157	174
14	95,1	115	162	182	202
14,5	102	123	174	196	217
16	124	150	211	238	264
18	157	189	268	302	
19	175	211	298	338	
20	194	234	330	372	
22	235	283	400	451	
26	328	395	559	629	
28	380	458	647	730	
29	408	491	694	783	
30	436	526	743	838	

¹⁾ Масса на единицу длины будет увеличена приблизительно на 9 %, если во время изготовления канат был защищен некоторым составом.

Таблица Е.6 – Значения разрушающих усилий и номинальной массы для спирально-прядевых канатов конструкции 1х37 (Таблица С.3 EN 12385-10-2009)

Номинальный диаметр каната	Приближенная номинальная масса на единицу длины ^{II}	Номинальная площадь поперечного сечения металла	Минимальное разрушающее усилие		
			Ранг каната 1370	Ранг каната 1470	Ранг каната 1570
мм	кг/100 м	мм ²	кН	кН	кН
6	17,4	21,0	29,0	32,7	36,2
6,4	19,8	23,9	33,0	37,2	41,2
7	23,7	28,6	39,5	44,5	49,3
8	31,0	37,3	51,5	58,1	64,3
9	39,2	47,2	65,2	73,5	81,4
9,5	43,7	52,6	72,7	81,9	90,7
10	48,4	58,3	80,5	90,8	101
11	58,5	70,5	97,4	110	122
12	69,7	83,9	116	131	145
13	81,7	98,5	136	153	170
14	94,8	114	158	178	197
14,5	102	123	169	191	211
16	124	149	206	232	257
18	157	189	261	294	326
19	175	210	291	328	363
20	193	233	322	363	402
22	234	282	390	439	486
24	279	336	464	523	579
28	327	394	544	614	
28	379	457	631	712	
29	407	490	677	763	
30	435	524	725	817	
32	495	597	824	930	
34	559	674	931		
35	593	714	986		
36	627	755	1 040		
38	696	842	1 160		
40	774	932	1 290		
42	853	1 030	1 420		

^{II} Масса на единицу длины будет увеличена приблизительно на 9 %, если во время изготовления канат был защищен некоторым составом.

Таблица Е.7 – Значения разрушающих усилий и номинальной массы для спирально-прядевых канатов конструкции 1х61 (Таблица С.4 EN 12385-10-2009)

Номинальный диаметр каната	приближенная номинальная масса на единицу длины ¹⁾	Номинальная площадь поперечного сечения металла	Минимальное разрушающее усилие	
			Ранг каната 1570	Ранг каната 1770
мм	кг/100 м	мм ²	кН	кН
20	193	233	322	363
22	234	282	389	439
24	278	335	463	522
26	327	393	544	613
28	379	458	630	711
29	408	489	678	782
30	435	524	724	816
32	495	596	823	928
34	558	673	929	1 050
35	592	713	985	1 110
36	626	754	1 040	1 170
38	698	840	1 160	1 310
40	773	931	1 290	1 450
42	852	1 030	1 420	
44	935	1 130	1 560	
45	978	1 180	1 630	
46	1 020	1 230	1 700	
48	1 110	1 340	1 850	
50	1 210	1 450	2 010	
51	1 260	1 510	2 090	
52	1 310	1 570	2 170	
54	1 410	1 700	2 340	

¹⁾ Масса на единицу длины будет увеличена приблизительно на 9 %, если во время изготовления канат был защищен некоторым составом.

Таблица Е.8 – Значения разрушающих усилий и номинальной массы для спирально-прядевых канатов конструкции 1х91 (Таблица С.5 EN 12385-10-2009)

Номинальный диаметр каната	Приближенная номинальная масса на единицу длины ¹⁾	Номинальная площадь поперечного сечения металла	Минимальное разрушающее усилие	
			Ранг каната 1570	Ранг каната 1770
мм	кг/100 м	мм ²	кН	кН
30	434	522	722	814
32	483	584	821	926
34	557	671	927	1 050
35	590	711	982	1 110
36	624	752	1 040	1 170
38	698	838	1 180	1 310
40	771	929	1 280	1 450
42	850	1 020	1 410	1 590
44	933	1 120	1 550	1 750
45	978	1 180	1 620	1 830
46	1 020	1 230	1 700	1 910
48	1 110	1 340	1 850	2 080
50	1 200	1 450	2 000	2 260
51	1 250	1 510	2 090	2 350
52	1 300	1 570	2 170	2 440
54	1 400	1 690	2 340	
56	1 510	1 820	2 510	
57	1 570	1 890	2 610	
58	1 620	1 950	2 700	
60	1 730	2 090	2 890	
62	1 850	2 230	3 080	
64	1 970	2 380	3 280	
66	2 100	2 530	3 490	

¹⁾ Масса на единицу длины будет увеличена приблизительно на 9 %, если во время изготовления канат был предохранен шинковым составом.

Таблица Е.9 – Значения разрушающих усилий и номинальной массы
для спирально-прядевых канатов конструкции от 1х127 до 1х547
(Таблица С.6 EN 12385-10-2009)

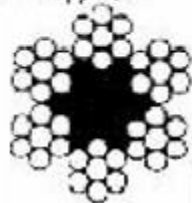
Номинальный диаметр каната	Приближенная номинальная масса на единицу длины ¹⁾	Номинальная площадь поперечного сечения металла	Минимальное разрушающее усилие	
			Ранг каната 1570	Ранг каната 1770
мм	кг/100 м	мм ²	кН	кН
50	1 200	1 450	2 000	2 260
51	1 250	1 510	2 090	2 350
52	1 300	1 570	2 170	2 440
54	1 400	1 690	2 340	2 640
56	1 510	1 820	2 510	2 840
57	1 570	1 890	2 610	2 940
58	1 620	1 950	2 700	3 040
60	1 730	2 090	2 890	3 250
62	1 850	2 230	3 080	3 480
64	1 970	2 380	3 280	3 700
66	2 100	2 530	3 490	3 940
67	2 160	2 610	3 600	4 060
68	2 230	2 680	3 710	4 180
70	2 360	2 840	3 930	4 430
71	2 430	2 930	4 040	4 560
72	2 500	3 010	4 160	4 690
74	2 640	3 180	4 390	4 950
76	2 780	3 350	4 630	5 220
77	2 860	3 440	4 750	5 360
78	2 930	3 530	4 880	5 500
80	3 080	3 710	5 130	5 790
82	3 240	3 900	5 390	6 080
83	3 320	4 000	5 520	6 230
84	3 400	4 100	5 660	6 380
86	3 560	4 290	5 930	6 690
87	3 650	4 390	6 070	6 840
88	3 730	4 490	6 210	7 000
90	3 900	4 700	6 500	7 320
92	4 080	4 910	6 790	7 650
94	4 260	5 130	7 090	7 990
96	4 440	5 350	7 390	8 330
98	4 630	5 570	7 700	8 680
100	4 820	5 800	8 020	9 040
102	5 010	6 040	8 340	9 410
103	5 110	6 160	8 510	9 590
104	5 210	6 280	8 670	9 780
106	5 410	6 520	9 010	10 200
108	5 620	6 770	9 350	10 500
109	5 720	6 900	9 530	10 700
110	5 830	7 020	9 700	10 900
112	6 040	7 280	10 100	11 300
114	6 260	7 540	10 400	11 700
115	6 370	7 680	10 600	12 000
116	6 480	7 810	10 800	12 200
118	6 710	8 080	11 200	12 600
120	6 940	8 360	11 500	13 000
122	7 170	8 640	11 900	13 500
124	7 410	8 920	12 300	13 900
126	7 650	9 210	12 700	14 400
128	7 890	9 510	13 100	14 800
130	8 140	9 810	13 600	15 300

**Таблица Е.9 – Значения разрушающих усилий и номинальной массы
для спирально-прядевых канатов конструкции от 1х127 до 1х547
(Таблица С.6 EN 12385-10-2009)
(окончание)**

Номинальный диаметр каната	Приближенная номинальная масса на единицу длины ¹¹	Номинальная площадь поперечного сечения металла	Минимальное разрушающее усилие	
			Ранг каната 1570	Ранг каната 1770
мм	кг/100 м	мм ²	кН	кН
132	8 390	10 100	14 000	15 800
134	8 650	10 400	14 400	16 200
135	8 780	10 600	14 600	16 500
136	8 910	10 700	14 800	16 700
138	9 170	11 100	15 300	17 200
140	9 440	11 400	15 700	17 700
141	9 580	11 500	15 900	18 000
142	9 710	11 700	16 200	18 200
144	9 990	12 000	16 600	18 700
146	10 300	12 400	17 100	
147	10 400	12 500	17 300	
148	10 800	12 700	17 600	
150	10 800	13 100	18 000	
152	11 100	13 400	18 500	
154	11 400	13 800	19 000	
156	11 700	14 100	19 500	
158	12 000	14 500	20 000	
160	12 300	14 900	20 500	

¹¹ Масса на единицу длины будет увеличена приблизительно на 9 %, если во время изготовления канат был защищен цинковым составом.


Таблица Е.10 – Минимальные разрушающие усилия для
многопрядных канатов типа 6х7 (Таблица 5 EN 12385-4-2009)

Пример поперечного сечения конструкции  6 x 7 – FC	Конструкция каната		Конструкция пряди			
	Элемент	Количество	Элемент		Количество	
	Пряди	6	Проволоки		От 5 до 9	
	внешние пряди	6	Внешние проволоки		От 4 до 8	
	слои прядей	1	Слои проволок		1	
	Проволоки в канате (исключая металлический сердечник)				От 30 до 54	
	Типичный пример		Количество внешних проволок		Коэффициент внешней проволоки ¹¹	
	Канат	Прядь	Всего	На прядь		
	6 x 7	1 – 6	36	6		
	Коэффициент минимальной разрушающей силы:		K ₁ = 0,332	K ₂ = 0,359	K ₃ = 0,388	
	Коэффициент номинальной массы на единицу длины: ¹¹		W ₁ = 0,345	W ₂ = 0,384		
	Коэффициент номинальной площади поперечного сечения металла: ¹¹		C ₁ = 0,369	C ₂ = 0,432		
Номинальный диаметр каната, мм	Приблизительная номинальная масса на единицу длины, ¹¹ кг/100 м		Минимальное разрушающее усилие, кН			
	Волокнистый сердечник	Стальной сердечник	Ранг каната 1770		Ранг каната 1960	
			Волокнистый сердечник	Стальной сердечник	Волокнистый сердечник	Стальной сердечник
1	2	3	4	5 ²¹	6	7 ²¹
2	1,38	1,54	2,95	2,54	2,80	2,81
3	3,11	3,46	5,29	5,72	5,86	6,33
4	5,52	6,14	9,40	10,2	10,40	11,3
5	8,63	9,60	14,7	15,9	16,3	17,6
6	12,4	13,8	21,2	22,9	23,4	25,3
7	16,9	18,6	28,8	31,1	31,9	34,5
8	22,1	24,6	37,6	40,7	41,6	45,0
9	27,9	31,1	47,8	51,5	52,7	57,0
10	34,5	38,4	58,8	63,5	65,1	70,4
11	41,7	46,5	71,1	76,9	78,7	85,1
12	49,7	55,3	84,6	91,5	93,7	101
13	58,3	64,9	99,3	107	110	119
14	67,6	75,3	115	125	128	138
16	88,3	98,3	150	163	167	180
18	112	124	190	206	211	228
20	138	154	235	254	260	281
22	167	186	284	308	315	341
24	199	221	338	366	375	405
26	233	260	397	430	440	476
28	270	301	461	498	510	552
32	353	393	602	651	666	721
36	447	498	762	824	843	912
40	552	614	940	1 020	1 040	1 130

¹¹ Только для справочных целей.

²¹ Для малых диаметров канатов (от 2 до 7 мм) с сердечником из прядей проволок (WSC) значение K₃ может быть использовано для вычисления разрушающих усилий. Значения, приведенные в колонках 5 и 7, основаны на канатах с сердечниками из независимых стальных тросов (IWRC).

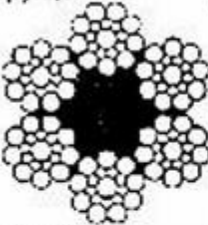
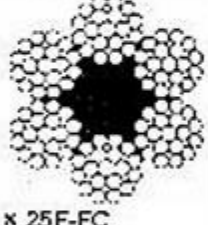
**Таблица Е.11 – Минимальные разрушающие усилия для
многопрядных канатов типа 8х7 (Таблица 6 EN 12385-4-2009)**

<div>Пример поперечного сечения конструкции</div> <div></div> <div>8 x 7 – FC</div>	Конструкция каната		Конструкция пряди			
	Элемент	Количество	Элемент		Количество	
	Пряди внешние пряди слои прядей Проволоки в канате (исключая металлический сердечник)	8 8 1 От 40 до 72	Проволоки Внешние проволоки Слои проволок		От 5 до 9 От 4 до 8 1	
	Типичный пример		Количество внешних проволок		Коэффициент внешней проволоки ¹¹	
	Канат	Прядь	Всего	На прядь		
	8 x 7	1 – 6	48	6	0,087	
	Коэффициент минимальной разрушающей силы: Коэффициент номинальной массы на единицу длины: ¹¹ Коэффициент номинальной площади поперечного сечения металла: ¹¹		$K_1 = 0,291$ $W_1 = 0,327$ $C_1 = 0,335$	$K_2 = 0,359$ $W_2 = 0,391$ $C_2 = 0,439$	$K_3 = 0,404$ $W_3 = 0,464$ $C_3 = 0,379$	
Номинальный диаметр каната, мм	Приблизительная номинальная масса на единицу длины, ¹¹ кг/100 м		Минимальное разрушающее усилие, кН			
	Волоконный сердечник	Стальной сердечник	Ранг каната 1770		Ранг каната 1960	
			Волоконный сердечник	Стальной сердечник	Волоконный сердечник	Стальной сердечник
1	2	3	4	5 ²¹	6	7 ²¹
2	1,31	1,56	2,06	2,54	2,28	2,81
3	2,04	3,52	4,64	5,72	5,13	6,33
4	5,23	6,26	8,24	10,2	9,13	11,3
5	8,16	9,78	12,9	15,9	14,3	17,6
6	11,8	14,1	18,5	22,9	20,5	25,3
7	16,0	19,2	25,5	31,1	27,9	34,5
8	20,9	25,0	33,0	40,7	36,6	45,0
9	26,5	31,7	41,7	51,5	46,2	57,0
10	32,7	39,1	51,5	63,5	57,0	70,4
11	39,6	47,3	62,3	76,9	69,0	85,1
12	47,1	56,3	74,2	91,5	82,1	101
13	55,3	66,1	87,0	107	96,4	119
14	64,1	76,6	101	125	112	138
16	83,7	100	132	163	146	180
18	106	127	167	206	185	228
20	131	156	206	254	228	281
22	158	189	249	308	276	341
24	188	225	297	366	329	405
26	221	264	348	430	386	478
28	256	307	404	498	447	552
32	335	400	527	651	584	721
36	424	507	668	824	739	912
40	523	626	824	1 020	913	1 130

¹¹ Только для справочных целей.

²¹ Для малых диаметров канатов (от 2 до 7 мм) с сердечником из прядей проволок (WSC) значение K_3 может быть использовано для вычисления разрушающих усилий. Значения, приведенные в колонках 5 и 7, основаны на канатах с сердечниками из независимых стальных тросов (IWRC).


Таблица Е.12 – Минимальные разрушающие усилия для
многопрядных канатов типа 6х19 (Таблица 7 EN 12385-4-2009)

<div>Пример поперечного сечения конструкции</div> <div></div> <div>6 x 19S-FC</div> <div></div> <div>6 x 25F-FC</div>	Конструкция каната		Конструкция пряди		
	Элемент	Количество	Элемент	Количество	
	Пряди внешние пряди слои прядей Проволоки в канате (исключая металлический сердечник)	6 6 1 От 90 до 156	Проволоки Внешние проволоки Слои проволок	От 15 до 26 От 7 до 12 От 2 до 3	
	Типичный пример		Количество внешних проволок		Коэффициент внешней проволоки ¹¹
	Канат	Прядь	Всего	На прядь	
6 x 19S		1-9-9	54	9	0,080
6 x 25F		1-6-6F-12	72	12	0,064
6 x 19W		1-6-6+6	72	12 6 6	0,073
6 x 26WS		1-5-5+5-10	60	10	0,055
Коэффициент минимальной разрушающей силы: Коэффициент номинальной массы на единицу длины: ¹¹ Коэффициент номинальной площади поперечного сечения металла: ¹¹		K ₁ = 0,330 W ₁ = 0,359 C ₁ = 0,384	K ₂ = 0,356 W ₂ = 0,400 C ₂ = 0,449	0,074	

Номинальный диаметр каната, мм	Приближительная номинальная масса на единицу длины, ¹¹ кг/100 м		Минимальное разрушающее усилие, кН				
			Ранг каната				
	Волокнистый остречник	Стальной остречник	1770		1960		2160
Волокнистый остречник			Стальной остречник	Волокнистый остречник	Стальной остречник	Стальной остречник	
1	2	3	4	5	6	7	8
6	12,9	14,4	21,0	22,7	23,3	25,1	27,7
7	17,6	19,6	26,6	30,9	31,7	34,2	37,7
8	23,0	25,8	37,4	40,3	41,4	44,7	49,2
9	29,1	32,4	47,3	51,0	52,4	56,5	62,3
10	35,9	40,0	58,4	63,0	64,7	69,8	76,9
11	43,3	48,4	70,7	76,2	78,3	84,4	93,0
12	51,7	57,6	84,1	90,7	93,1	100	111
13	60,7	67,6	98,7	106	109	118	130
14	70,4	78,4	114	124	127	137	151
16	91,9	102	150	161	166	179	197
18	116	130	189	204	210	226	249
20	144	160	234	252	259	279	308
22	174	194	283	305	313	338	372
24	207	230	336	363	373	402	443
26	243	270	395	428	437	472	520
28	281	314	458	494	507	547	603
32	368	410	598	645	662	715	787
36	465	518	757	817	838	904	997
40	574	640	935	1 010	1 040	1 120	1 230
44	695	774	1 130	1 220	1 260	1 350	1 490
48	827	922	1 350	1 450	1 490	1 610	1 770
52	971	1 080	1 580	1 700	1 750	1 890	2 080
56	1 130	1 250	1 830	1 980	2 030	2 190	2 410
60	1 290	1 440	2 100	2 270	2 330	2 510	2 770

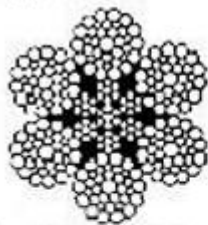
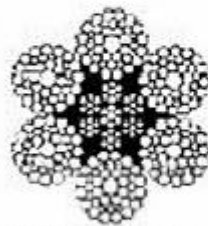
¹¹ Только для справочных целей.

**Таблица Е.13 – Минимальные разрушающие усилия для
многопрядных канатов типа 8х19 (Таблица 8 EN 12385-4-2009)**

Пример поперечного сечения конструкции	Конструкция каната		Конструкция пряди				
	Элемент	Количество	Элемент		Количество		
	Пряди внешние пряди слои прядей Проволоки в канате (исключая металлический сердечник)	8 8 1 От 120 до 208	Проволоки Внешние проволоки Слои проволок		От 15 до 26 От 7 до 12 От 2 до 3		
 8 x 19S-IWRC	Типичный пример		Количество внешних проволок		Коэффициент внешней проволоки ¹¹		
	Канат	Прядь	Всего	На прядь			
	8 x 19S	1-9-9	72	9	0,065 5		
	8 x 25F	1-6-6F-12	96	12	0,052 5		
	8 x 19W	1-6-6+6	96	12 6 6	0,060 6 0,045 0 0,060 0		
	8x26WS	1-5-5+5-10	80	10			
	Коэффициент минимальной разрушающей силы: Коэффициент номинальной массы на единицу длины: ¹¹ Коэффициент номинальной площади поперечного сечения металла: ¹¹		K ₁ = 0,293 W ₁ = 0,340 C ₁ = 0,349	K ₂ = 0,356 W ₂ = 0,407 C ₂ = 0,457			
Номинальный диаметр каната, мм	Приблизительная номинальная масса на единицу длины, ¹¹ кг/100 м		Минимальное разрушающее усилие, кН				
	Волокнистый сердечник	Стальной сердечник	Ранг каната				
			1770		1960		2160
			Волокнистый сердечник	Стальной сердечник	Волокнистый сердечник	Стальной сердечник	Стальной сердечник
1	2	3	4	5	6	7	8
8	21,8	26,0	33,2	40,3	36,8	44,7	49,2
9	27,5	33,0	42,0	51,0	46,5	56,5	62,3
10	34,0	40,7	51,9	63,0	57,4	69,8	76,9
11	41,1	49,2	62,8	76,2	69,5	84,4	93,0
12	49,0	58,6	74,7	90,7	82,7	100	111
13	57,5	68,8	87,6	106	97,1	118	130
14	66,6	79,8	102	124	113	137	151
16	87,0	104	133	161	147	179	197
18	110	132	168	204	186	226	249
20	136	163	207	252	230	279	308
22	165	197	251	305	278	338	372
24	196	234	299	363	331	402	443
26	230	275	351	426	388	472	520
28	267	319	407	494	450	547	603
32	348	417	531	645	588	715	787
36	441	527	672	817	744	904	997
40	544	651	830	1 010	919	1 120	1 230
44	658	788	1 000	1 220	1 110	1 350	1 490
48	783	938	1 200	1 450	1 320	1 610	1 770
52	919	1 100	1 400	1 700	1 550	1 890	2 080
56	1 070	1 280	1 630	1 980	1 800	2 190	2 410
60	1 220	1 470	1 870	2 270	2 070	2 510	2 770

¹¹ Только для справочных целей.

Таблица Е.14 – Минимальные разрушающие усилия для
многопрядных канатов типа 6х36 (Таблица 9 EN 12385-4-2009)

Пример поперечного сечения конструкции	Конструкция каната		Конструкция пряди				
	Элемент	Количество	Элемент	Количество			
	Пряди внешние пряди слои прядей Проволоки в канате (исключая металлический сердечник)	6 6 1 От 174 до 342	Проволоки Внешние проволоки Слои проволок	От 29 до 57 От 12 до 18 От 3 до 4			
	Типичный пример		Количество внешних проволок		Коэффициент внешней проволоки ¹⁾		
	Канат	Прядь	Всего	На прядь			
	6 x 31WS	1-6-6+6-12	72	12	0,064		
	6 x 36 WS	1-7-7+7-14	84	14	0,056		
	6 x 41 WS	1-8-8+8-16	96	16	0,050		
	6 x 49 WS	1-8-8-8+8-16	96	16	0,050		
	6 x 46 WS	1-9-9+9-18	108	18	0,045 5		
6 x 41WS-NWRC	Коэффициент минимальной разрушающей силы: Коэффициент номинальной массы на единицу длины: ¹⁾ Коэффициент номинальной площади поперечного сечения металла: ¹⁾		K ₁ = 0,330 W ₁ = 0,367 G ₁ = 0,393	K ₂ = 0,356 W ₂ = 0,409 G ₂ = 0,460			
Номинальный диаметр каната, мм	Приближительная номинальная масса на единицу длины, ¹⁾ кг/100 м		Минимальное разрушающее усилие, кН				
	Волоконный сердечник	Стальной сердечник	Ранг каната				
			1770		1960		2160
			Волоконный сердечник	Стальной сердечник	Волоконный сердечник	Стальной сердечник	Стальной сердечник
1	2	3	4	5	6	7	8
8	23,5	26,2	37,4	40,3	41,4	44,7	49,2
9	29,7	33,1	47,3	51,0	52,4	56,5	62,3
10	36,7	40,9	58,4	63,0	64,7	69,8	76,9
11	44,4	49,5	70,7	76,2	78,3	84,4	93,0
12	52,8	58,9	84,1	90,7	93,1	100	111
13	62,0	69,1	98,7	106	109	118	130
14	71,9	80,2	114	124	127	137	151
16	94,0	105	150	161	166	179	197
18	119	133	189	204	210	226	249
20	147	164	234	252	259	279	308
22	178	198	283	305	313	338	372
24	211	236	336	363	373	402	443
26	248	276	395	426	437	472	520
28	288	321	458	494	507	547	609
32	376	419	598	645	662	715	787
36	476	530	757	817	838	904	997
40	587	654	935	1 010	1 040	1 120	1 230
44	711	792	1 130	1 220	1 250	1 350	1 490
48	846	942	1 350	1 450	1 490	1 610	1 770
52	992	1 110	1 580	1 700	1 750	1 890	2 080
56	1 150	1 280	1 830	1 980	2 030	2 190	2 410
60	1 320	1 470	2 100	2 270	2 330	2 510	2 770

¹⁾ Только для справочных целей.

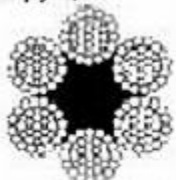
**Таблица Е.15 – Минимальные разрушающие усилия для
многопрядных канатов типа 8х36 (Таблица 10 EN 12385-4-2009)**

<div>Пример поперечного сечения конструкции</div> <div></div> <div>8 x 36WS-1WRC</div>	Конструкция каната		Конструкция пряди				
	Элемент	Количество	Элемент	Количество			
	Пряди	8	Проволоки	От 29 до 57			
	внешние пряди	8	Внешние проволоки	От 12 до 18			
	слои прядей	1	Слои проволоки	От 3 до 4			
Проволоки в канате (исключая металлический сердечник)	От 232 до 456						
Типичный пример			Количество внешних проволок		Коэффициент внешней проволоки ¹¹		
Канат	Прядь	Всего	На прядь				
8 x 31 WS	1-6-6+6-12	96	12	0,052 5			
8 x 36 WS	1-7-7+7-14	112	14	0,046 0			
8 x 41 WS	1-8-8+8-16	128	16	0,041 0			
8 x 49 WS	1-8-8-8+8-16	128	16	0,041 0			
8 x 46 WS	1-9-9+9-18	144	18	0,037 3			
Коэффициент минимальной разрушающей силы:		K ₁ = 0,293	K ₂ = 0,356				
Коэффициент номинальной массы на единицу длины: ¹¹		W ₁ = 0,348	W ₂ = 0,417				
Коэффициент номинальной площади поперечного сечения металла: ¹¹		C ₁ = 0,357	C ₂ = 0,468				
Номинальный диаметр каната, мм	Приблизительная номинальная масса на единицу длины, ¹¹ кг/100 м		Минимальное разрушающее усилие, кН				
	Волоконный ордечник		Ранг каната				
			1770		1960		2160
		Волоконный ордечник	Стальной ордечник	Волоконный ордечник	Стальной ордечник	Стальной ордечник	
1	2	3	4	5	6	7	8
8	22,3	26,7	33,2	40,3	36,8	44,7	49,2
9	28,2	33,8	42,0	51,0	46,5	56,5	62,3
10	34,8	41,7	51,9	63,0	57,4	69,8	76,9
11	42,1	50,5	62,8	76,2	69,5	84,4	93,0
12	50,1	60,0	74,7	90,7	82,7	100	111
13	58,8	70,5	87,6	106	97,1	118	130
14	68,2	81,7	102	124	113	137	151
16	89,1	107	133	151	147	179	197
18	113	135	168	204	186	226	249
20	139	167	207	252	230	279	308
22	168	202	251	305	278	338	372
24	200	240	299	363	331	402	443
26	235	282	351	426	388	472	520
28	273	327	407	494	450	547	603
32	358	427	531	645	588	715	787
36	451	540	672	817	744	904	997
40	557	667	830	1 010	919	1 120	1 230
44	674	807	1 000	1 220	1 110	1 350	1 490
48	802	961	1 200	1 450	1 320	1 610	1 770
52	941	1 130	1 400	1 700	1 550	1 890	2 080
56	1 090	1 310	1 630	1 980	1 800	2 190	2 410
60	1 250	1 500	1 870	2 270	2 070	2 510	2 770

11 Только для справочных целей.

¹¹ Только для справочных целей.

Таблица Е.16 – Минимальные разрушающие усилия для
многопрядных канатов типа 6х35N (Таблица 11 EN 12385-4-2009)

<div>Пример поперечного сечения конструкции</div> <div></div> <div>6 x 35NW-FC</div>	Конструкция каната		Конструкция пряди		
	Элемент	Количество	Элемент	Количество	
	Пряди внешние пряди слои прядей Проволоки в канате (исключая металлический сердечник)	6 6 1 От 168 до 288	Проволоки Внешние проволоки Слои проволок	От 28 до 48 От 12 до 18 3	
	Типичный пример		Количество внешних проволок		Коэффициент внешней проволоки ¹¹
	Канат	Прядь	Всего	На прядь	
	8 x 28	1-5-5+5/12	72	12	0,084
	8 x 33	1-6-6+6/14	84	14	0,056
8 x 34	1-6-6+6/15	90	15	0,053	
8 x 35	1-6-6+6/16	96	16	0,050	
Коэффициент минимальной разрушающей силы:			$K_1 = 0,317$ $W_1 = 0,352$ $C_1 = 0,377$	$K_2 = 0,345$ $W_2 = 0,392$ $C_2 = 0,441$	
Коэффициент номинальной массы на единицу длины: ¹¹					
Коэффициент номинальной площади поперечного сечения металла: ¹¹					

Номинальный диаметр каната, мм	Приблизительная номинальная масса на единицу длины, ¹¹ кг/100 м		Минимальное разрушающее усилие, кН			
	Волоконный сердечник	Стальной сердечник	Ранг каната 1770		Ранг каната 1960	
			Волоконный сердечник	Стальной сердечник	Волоконный сердечник	Стальной сердечник
1	2	3	4	5	6	7
8	22,5	25,1	35,9	39,1	39,8	43,3
9	28,5	31,8	45,4	49,5	50,3	54,8
10	36,2	39,2	56,1	61,1	62,1	67,6
11	42,6	47,4	67,9	73,9	75,2	81,8
12	50,7	56,4	80,8	87,9	89,5	97,4
13	59,5	66,2	94,8	103	105	114
14	69,0	76,8	110	120	122	133
16	90,1	100	144	156	159	173
18	114	127	182	198	201	210
20	141	157	224	244	249	270
22	170	190	272	296	301	327
24	203	228	323	352	358	389
26	238	265	379	413	420	457
28	276	307	440	479	487	530
32	360	401	575	625	636	692
36	458	508	727	791	805	878
40	563	626	898	977	994	1 080
44	681	759	1 090	1 180	1 200	1 310
48	811	903	1 290	1 410	1 430	1 560
52	952	1 080	1 520	1 650	1 680	1 830
56	1 100	1 230	1 760	1 920	1 950	2 120
60	1 270	1 410	2 020	2 200	2 240	2 430

¹¹ Только для справочных целей.

Таблица Е.17 – Минимальные разрушающие усилия для
многопрядных канатов типа 6х19М (Таблица 12 EN 12385-4-2009)

Пример поперечного сечения конструкции	Конструкция каната		Конструкция пряди				
	Элемент	Количество	Элемент		Количество		
	Пряди внешние пряди слои прядей Проволоки в канате (исключая металличе- ский сердечник)	6 6 1 От 72 до 114	Проволоки Внешние проволоки Слои проволок		От 12 до 19 От 9 до 12 2		
	Типичный пример		Количество внешних проволок		Коэффициент внешней проволоки ¹¹		
	Канат	Прядь	Всего	На прядь			
	6 x 19M	1-6/12	72	12	0,064 0		
	Коэффициент минимальной разруша- ющей силы: Коэффициент номинальной массы на единицу длины: ¹¹ Коэффициент номинальной площади поперечного сечения металла: ¹¹		$K_1 = 0,307$ $W_1 = 0,346$ $G_1 = 0,357$	$K_3 = 0,362$ $W_3 = 0,361$ $G_3 = 0,418$			
Номинальный диаметр каната, мм	Приблизительная номинальная масса на единицу длины, ¹¹ кг/100 м		Минимальное разрушающее усилие, кН				
	Волоконный сердечник	Стальной оер- дечник	Ранг каната 1770		Ранг каната 1960		
			Волоконный сердечник	Стальной оердечник	Волоконный оердечник	Стальной сердечник	
	1	2	3	4	5	6	7
	3	3,11	3,43	4,89	5,77	5,42	6,39
	4	5,54	6,10	8,89	10,3	9,63	11,4
	5	8,65	9,53	13,6	16,0	15,0	17,7
6	12,5	13,7	19,6	23,1	21,7	25,5	
7	17,0	18,7	26,6	31,4	29,5	34,8	

¹¹Только для справочных целей.

¹¹ Только для справочных целей.

Таблица Е.18 – Минимальные разрушающие усилия для
многопрядных канатов типа 6х37М (Таблица 13 EN 12385-4-2009)


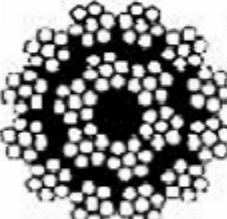
<div>Пример поперечного сечения конструкции</div> <div></div> <div>6 x 37 M-FC</div>	Конструкция каната		Конструкция пряди		
	Элемент	Количество	Элемент		Количество
	Пряди внешние пряди слои прядей Проволоки в канате (исключая металлический сердечник)	6 6 1 От 162 до 222	Проволоки Внешние проволоки Слои проволок		От 27 до 37 От 16 до 18 3
	Типичный пример		Количество внешних проволок		Коэффициент внешней проволоки ¹¹
	Канат	Прядь	Всего	На прядь	
	6 x 37	1-6 /12/18	108	18	
	Коэффициент минимальной разрушающей силы:		$K_1 = 0,295$	$K_2 = 0,319$	$K_3 = 0,346$
Коэффициент номинальной массы на единицу длины: ¹¹		$W_1 = 0,346$	$W_2 = 0,381$	$W_3 = 0,381$	
Коэффициент номинальной площади поперечного сечения металла: ¹¹		$G_1 = 0,357$	$G_2 = 0,418$	$G_3 = 0,418$	

Номинальный диаметр каната, мм	Приблизительная номинальная масса на единицу длины, ¹¹ кг/100 м		Минимальное разрушающее усилие, кН			
	Волоконный сердечник	Стальной сердечник	Ранг каната 1770		Ранг каната 1960	
			Волоконный сердечник	Стальной сердечник	Волоконный сердечник	Стальной сердечник
1	2	3	4	5	6	7
5	8,65	9,53	13,1	15,3	14,5	17,0
6	12,5	13,7	18,8	22,0	20,8	24,4
7	17,0	18,7	25,6	30,0	28,3	33,2
8	22,1	24,4	33,4	39,2	37,0	43,4
9	28,0	30,9	42,3	49,6	46,8	54,9
10	34,6	38,1	52,2	61,2	57,8	67,8
11	41,9	46,1	63,2	74,1	70,0	82,1
12	49,8	54,9	75,2	88,2	83,3	97,7

¹¹ Только для справочных целей.


²¹ Значения, показанные в колонках 5 и 7, предназначены для канатов с сердечником из прядей проволок (WSC) и основаны на коэффициенте для минимального разрушающего усилия K_3 . Минимальное разрушающее усилие для канатов с сердечниками из независимых проволочных тросов должно быть основано на коэффициенте K_2 .

**Таблица Е.19 – Минимальные разрушающие усилия для
многопрядных канатов типа 18х7 (Таблица 14 EN 12385-4-2009)**

Пример поперечного сечения конструкции	Конструкция каната		Конструкция пряди		
	Элемент	Количество	Элемент	Количество	
	Пряди внешние пряди слои прядей Проволоки в канате (исключая металлический сердечник)	От 17 до 18 От 10 до 12 2 От 85 до 162	Проволоки Внешние проволоки Слои проволок	От 5 до 9 От 4 до 8 1	
 17 x 7-FC	Типичный пример		Количество внешних проволок		Коэффициент внешней проволоки ¹¹
	Канат	Прядь	Всего	На прядь	
 18 x 7-FC	17 x 7	1-6	66	6	0,070
	18 x 7	1-6	72	6	0,063 2
	Коэффициент минимальной разрушающей силы:		$K_1 = 0,328$	$K_3 = 0,328$	
	Коэффициент номинальной массы на единицу длины: ¹¹		$W_1 = 0,382$	$W_3 = 0,401$	
	Коэффициент номинальной площади поперечного сечения металла: ¹¹			$C_3 = 0,433$	
Номинальный диаметр каната, мм	Приближительная номинальная масса на единицу длины, ¹¹ кг/100 м		Минимальное разрушающее усилие, кН		
	Волоконный центр	Стальной центр	Ранг каната 1770	Ранг каната 1850	
			Волоконный или стальной центр	Волоконный или стальной центр	
1	2	3	4	5	
6	13,8	14,4	20,9	23,1	
7	18,7	19,6	28,4	31,5	
8	24,4	25,7	37,2	41,1	
9	30,9	32,5	47,0	52,1	
10	38,2	40,1	58,1	64,3	
11	46,2	48,5	70,2	77,8	
12	55,0	57,7	83,6	92,6	
13	64,6	67,8	98,1	109	
14	74,9	78,6	114	126	
16	97,8	103	149	165	
18	124	130	188	208	
20	153	160	232	257	
22	185	194	281	311	
24	220	231	334	370	
26	258	271	392	435	
28	299	314	455	504	

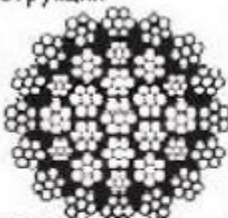
¹¹ Только для справочных целей.

Таблица Е.20 – Минимальные разрушающие усилия для
многопрядных канатов типа 34(M)x7 (Таблица 15 EN 12385-4-2009)

Пример поперечного сечения конструкции  34(M) x 7-FC	Конструкция каната		Конструкция пряди		
	Элемент	Количество	Элемент	Количество	
	Пряди внешние пряди слои прядей Проволоки в канате (исключая металлический сердечник)	От 34 до 36 От 17 до 18 3 От 170 до 324	Проволоки Внешние проволоки Слои проволок	От 5 до 9 От 4 до 8 1	
	Типичный пример		Количество внешних проволок		Коэффициент внешней проволоки ¹¹
	Канат	Прядь	Всего	На прядь	
	34(M) x 7	1-6	102	6	0,047 2
	36(M) x 7	1-6	108	6	0,045
	Коэффициент минимальной разрушающей силы: Коэффициент номинальной массы на единицу длины: ¹¹ Коэффициент номинальной площади поперечного сечения металла: ¹¹		$K_1 = 0,918$ $W_1 = 0,390$	$K_3 = 0,918$ $W_3 = 0,401$ $C_3 = 0,428$	
Номинальный диаметр каната, мм	Приближительная номинальная масса на единицу длины, ¹¹ кг/100 м		Минимальное разрушающее усилие, кН		
	Волоконный центр	Стальной центр	Ранг каната 1770 Волоконный или стальной центр	Ранг каната 1960 Волоконный или стальной центр	
1	2	3	4	5	
10	39,0	40,1	56,3	62,3	
11	47,2	48,5	68,1	75,4	
12	56,2	57,7	81,1	89,8	
13	65,9	67,8	95,1	105	
14	76,4	78,6	110	122	
16	99,8	103	144	160	
18	126	130	182	202	
20	156	160	225	249	
22	189	194	272	302	
24	225	231	324	359	
26	264	271	380	421	
28	306	314	441	489	
32	399	411	576	638	
36	505	520	729	808	
40	624	642	901	997	
44	755	776	1 090	1 210	
48	899	924	1 300	1 440	
52	1 060	1 080	1 520	1 690	
56	1 220	1 260	1 770	1 960	
60	1 400	1 440	2 030	2 240	

¹¹ Только для справочных целей.

Таблица Е.21 – Минимальные разрушающие усилия для
многопрядных канатов типа 35(W)x7 (Таблица 16 EN 12385-4-2009)

<div>Пример поперечного сечения конструкции</div> <div></div> <div>35(W) x 7</div>	Конструкция каната		Конструкция пряди		
	Элемент	Количество	Элемент		Количество
	Пряди внешние пряди слои прядей	От 28 до 40 От 15 до 18 3	Проволоки Внешние проволоки Слои проволок		От 5 до 9 От 4 до 8 1
	Проволоки в канате (исключая металлический сердечник)	От 196 до 280			
	Типичный пример		Количество внешних проволок		Коэффициент внешней проволоки ¹¹
	Канат	Прядь	Всего	На прядь	
35(W) x 7	1-6	96	6	0,046 1	
Коэффициент минимальной разрушающей силы: Коэффициент номинальной массы на единицу длины: ¹¹ Коэффициент номинальной площади поперечного сечения металла: ¹¹		$K_2 = 0,360^{21}$ $W_2 = 0,454$ $C_2 = 0,480$	$K_3 = 0,350^{21}$		
Номинальный диаметр каната, мм	Приблизительная номинальная масса на единицу длины, ¹¹ кг/100 м	Минимальное разрушающее усилие, кН			
		Ранг каната 1960	Ранг каната 2160		
1	2	3	4		
8	29,1	45,2	48,4		
9	36,8	57,2	61,2		
10	45,4	70,6	75,6		
11	54,9	85,4	91,5		
12	65,4	102	109		
13	76,7	119	128		
14	89,0	138	148		
16	116	181	194		
18	147	229	245		
20	182	282	302		
22	220	342	366		
24	262	406	435		
26	307	477	511		
28	356	553	593		
32	465	723	774		
36	588	914	980		
38	656	1 020	1 090		
40	726	1 130	1 210		

¹¹ Только для справочных целей.

²¹ Вплоть до и включая ранг каната 1960.

³¹ Больше чем ранг каната 1960, вплоть до и включая ранг каната 2160.

**Таблица Е.22 – Минимальные разрушающие усилия для
многопрядных канатов большого диаметра (Таблица 17 EN 12385-4-2009)**

Класс	Количество прядей	Внешние пряди	Спираль прядей	Количество				Типичный диаметр каната ²⁾
				проволок в канате ¹⁾	проволок в пряди	внешних проволок в одной пряди	слоев проволок	
6 x 19	6	6	1	От 90 до 156	От 15 до 26	От 7 до 12	От 2 до 3	От 64 до 70
8 x 19	8	8	1	От 120 до 208	От 15 до 26	От 7 до 12	От 2 до 3	От 64 до 76
6 x 36	6	6	1	От 174 до 342	От 29 до 57	От 12 до 18	3	От 64 до 100
8 x 36	8	8	1	От 232 до 456	От 29 до 57	От 12 до 18	3	От 80 до 192
6 x 61	6	6	1	От 366 до 510	От 61 до 85	От 18 до 24	От 3 до 4	От 104 до 136
8 x 61	8	8	1	От 488 до 680	От 61 до 85	От 18 до 24	От 3 до 4	От 200 до 264
6 x 91N	6	6	1	От 510 до 654	От 85 до 109	От 24 до 36	От 4 до 6	От 144 до 192
8 x 91N	8	8	1	От 680 до 872	От 85 до 109	От 24 до 36	От 4 до 6	> 150
$F_{min} = 8,55d + 0,592d^2 - 0,000615d^3$, где d – номинальный диаметр каната. $M = Wd^2$, где номинальный коэффициент массы на единицу длины $W = 0,415$.								
Номинальный диаметр каната, мм		Приближенное значение номинальной массы на единицу длины, кг/100 м		Минимальное разрушающее усилие, кН				
64		1 700		2 800				
68		1 900		3 100				
72		2 200		3 500				
76		2 400		3 800				
80		2 700		4 200				
84		2 900		4 500				
88		3 200		4 900				
92		3 500		5 300				
96		3 800		5 700				
100		4 200		6 200				
104		4 500		6 600				
112		5 200		7 500				
120		6 000		8 500				
128		6 800		9 500				
136		7 700		10 600				
144		8 600		11 700				
152		9 600		12 800				
160		10 600		14 000				
168		11 700		15 200				
176		12 900		16 500				
184		14 100		17 800				
192		15 300		19 100				
200		16 600		20 500				
208		18 000		21 900				
216		19 400		23 300				
224		20 800		24 700				
232		22 300		26 200				
240		23 900		27 700				
248		25 500		29 200				
256		27 200		30 700				
264		28 900		32 200				
¹⁾ Исключая стальной сердечник.								
²⁾ Только для справочных целей.								

Таблица Е.23 – Размеры и прочностные характеристики предварительно напряженной проволоки
(Таблица 2 EN 10138-2-2009)

Обозначение стали	Номер	Номинальное значение ^{а)}		Установленные значения			Нормативное значение для 0,1%-ного удлинения ^{е)}
		Диаметр ^{г)}	Площадь сечения	Прочность при растяжении ^{б) в)}	Масса ^{д)}	Допустимое отклонение от номинальной массы	
		d мм	S_0 мм ²	R_m МПа	M г/м	F_m кН	$F_{m,max}$ кН
Y1860C	1.1353	3,0	7,07	1860	55,2	13,1	15,0
		4,0	12,57		98,1	23,4	26,7
		5,0	19,63		153	36,5	41,8
Y1770C	1.1352	3,2	8,04	1770	62,5	14,2	16,2
		5,0	19,63		153	34,8	39,5
		6,0	28,27		221	50,0	56,9
		6,9	37,39		292	62,4	71,0
Y1670C	1.1351	7,0	38,48	1670	301	64,3	73,0
		7,5	44,18		345	73,8	83,8
		8,0	50,27		393	83,9	95,4
		9,4	69,4		542	109	124
Y1570C	1.1350	9,5	70,88	1570	554	111	126
		10,0	78,54		613	123	140
							102

а) Номинальное значение модуля упругости может быть принято равным 205 ГПа (кН/мм²).
б) 1 МПа = 1 Н/мм².
в) Номинальное значение прочности на растяжение, округленное до следующих 10 МПа, рассчитано из номинального диаметра и установленного нормативного максимального усилия.
г) Номинальная масса рассчитана из площади поперечного сечения и плотности 7,81 кг/дм³.
д) В проволоке диаметром свыше 8 мм установленное нормативное усилие для 0,1%-ного удлинения ($F_{p0,1}$) составляет около 83% от установленного нормативного максимального усилия. В проволоке диаметром до 8 мм соответствующее значение составляет около 86% от установленного нормативного максимального усилия.
е) См. приложения А и В в части примечаний к «добровольным» классам.

Таблица Е.24 – Номинальные значения предела текучести f_y и временного сопротивления на растяжение f_u горячекатаной конструкционной стали
(Таблица 3.1 СН РК EN 1993-1-1)

Стандарт и марка стали	Номинальная толщина элемента t , мм			
	$t \leq 40$		$40 < t \leq 80$	
	f_y , Н/мм ²	f_u , Н/мм ²	f_y , Н/мм ²	f_u , Н/мм ²
EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	410	550
EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490
EN 10025-6				
S 460 Q/QL/QL1	460	570	440	550
EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 460 NH/NLH	460	550		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S 460 MH/MLH	460	530		

При выполнении расчетов номинальные значения параметров свойств материалов, приведенные в данном разделе, следует принимать как нормативные

Приложение F
(информационное)

Нагрузка от обледенения и сочетания обледенения с ветром

ПРИМЕЧАНИЕ В данном Приложении рассматривается нагрузка от обледенения и сочетания обледенения с ветром в отношении мачт и башен. Предполагается включение этих данных в EN 1991 — Воздействия на конструкции.

F.1. Общие положения

F.1.1 Гололедные нагрузки на мачты и башни в незащищенных местах могут увеличиваться и в сочетании с ветром и увеличенным аэродинамическим сопротивлением из-за обледеневших элементов в некоторых случаях являться определяющими при проектировании.

F.1.2 Размеры гололедных отложений на конструкциях, а также их плотность, расположение и форма в значительной степени зависят от местных метеорологических условий, топографии и формы самой конструкции.

F.1.3 Обледенение традиционно классифицируется в соответствии с двумя различными процессами льдообразования:

- внутриоблачное обледенение;
- обледенение в результате атмосферных осадков.

F.1.4 Эти типы обледенения могут привести к образованию различных типов льда: мягкий иней, твердый иней, мокрый снег и гололед с различными физическими свойствами плотности, адгезии, когезии, цвета и формы. Например, плотность обычно варьируется от 200 кг/м^3 до 900 кг/м^3 , от концентрических отложений (гололед и мокрый снег) до эксцентрического отложения на одной грани, заостренного по ветру (мягкий и твердый иней).

F.1.5 В целях инженерного проектирования традиционно допускается, что все элементы мачт и башен покрыты льдом определенной толщины, что в сочетании с плотностью можно использовать при расчете веса льда и аэродинамического сопротивления. Такие методы можно обосновать в местностях, где гололед и мокрый снег формируют расчетные гололедные нагрузки, но в случае инея физическая реальность не совпадает с равномерной толщиной льда на всех элементах мачт и башен. Однако в местностях, где отложения льда при внутриоблачном образовании относительно малы, метод расчета веса льда и аэродинамического сопротивления при наличии гололеда с допущением равномерного слоя льда может резонно применяться на практике, если используются значения, взятые с запасом.

F.1.6 С другой стороны, в Европе есть местности, подверженные значительному гололеду, и для таких регионов специалисты должны оценивать гололедные нагрузки. Такие оценки включают вес, расположение, форму и т.д. гололедной нагрузки на конструкции, а также надлежащее сочетание гололеда с ветром, подлежащее точному определению.

Ф.1.7 В нижеприведенных положениях представлено общее описание обращения с гололедными нагрузками и их сочетания с ветром, действующих на мачты и башни.

Ф.2 Гололедная нагрузка

Ф.2.1 Принципы характеристической гололедной нагрузки, включая плотность и другие проектные параметры, приведены в ISO 12494. В ISO 12494 гололедная нагрузка основана на классах гололеда (изморозь и гололед), но фактические классы гололеда по местностям не приведены, как и плотность гололеда.

ПРИМЕЧАНИЕ В Национальном Приложении может быть приведена дополнительная информация.

Ф.2.2 Поскольку гололед может образовываться на башнях и мачтах несимметрично, такие ситуации необходимо учитывать. Несимметричный гололед представляет особый интерес в отношении мачт, на которых гололед на различных оттяжках может значительно отличаться, вызывая изгибающее воздействие на ствол мачты. Несимметричное обледенение оттяжек может быть частично вызвано несимметричным нарастанием льда в зависимости от направления ветра и частично — неравномерным сбросом гололеда с оттяжек.

Ф.3 Вес льда

Ф.3.1 При определении веса гололеда на решетчатой башне или мачте, как правило, допускается, что все конструкционные элементы, части лестниц, вспомогательные приспособления и т.д. покрыты льдом одинаковой толщины по всей поверхности элемента, см. Рисунок Ф.1.

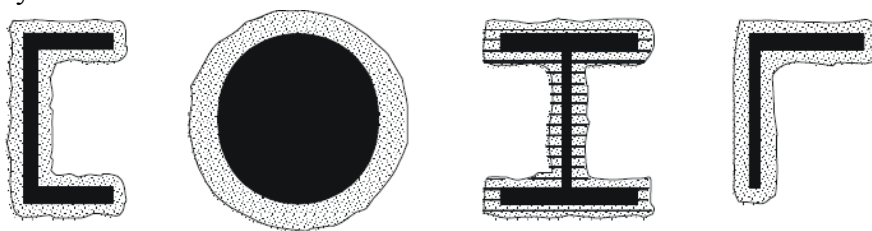


Рисунок Ф.1 — Толщина льда на конструкционных элементах

Ф.4 Гололедно-ветровая нагрузка

Ф.4.1 В районах возникновения гололеда сочетание с ветром часто влияет на проектирование мачт и башен. Увеличенное аэродинамическое сопротивление, вызванное отложениями льда на отдельных элементах, может привести к формированию критической нагрузки, даже если скорость ветра меньше максимального характеристического значения.

F.4.2 Аэродинамическое сопротивление обледеневшей башни или мачты может быть рассчитано с использованием основного метода, приведенного в Приложении В EN1993-3-1, с учетом увеличения ширины элементов из-за толщины слоя гололеда. Если зазоры между элементами небольшие (к примеру, менее 75 мм), допускается, что они заполнены льдом. Определение аэродинамического сопротивления в случае изморози гораздо более сложное, и необходимо уделить особое внимание случаям полного обледенения мачт или граней мачт. Руководство приведено в ISO 12494.

F.4.3 При сочетании гололеда и ветра характеристическое давление ветра в периоды времени, когда возможно образование гололеда, меньше характеристического давления ветра в любом случае. Необходимо принять это к сведению, умножая характеристическое давление ветра, приведенное в EN 1991-1-4, на коэффициент k . Коэффициенты k приведены в ISO 12494 и зависят от класса гололеда.

F.5 Асимметричная нагрузка от обледенения

F.5.1 Асимметричное обледенение мачты необходимо учитывать при отложении гололеда на ствол мачты и все оттяжки за исключением:

- оттяжки или оттяжек в одном верхнем ярусе;
- оттяжки или оттяжек в двух верхних ярусах.

F.6 Сочетание гололеда и ветра

F.6.1 Сочетание гололеда и ветра необходимо учитывать как при симметричном, так и при несимметричном обледенении. Расчетные значения нагрузок приведены в п. 2.3 EN1993-3-1 следует использовать следующие сочетания:

- преобладание льда и сопровождающий ветер:

$$\gamma_G G_k + \gamma_{ice} Q_{k,ice} + \gamma_W k \psi_W Q_{k,w} \quad (F.1)$$

- преобладание ветра и сопровождающий гололед:

$$\gamma_G G_k + \gamma_W k Q_{k,w} + \gamma_{ice} \psi_{ice} Q_{k,ice} \quad (F.2)$$

где коэффициент k определен в п. F.4(3).

ПРИМЕЧАНИЕ В Национальном Приложении может быть приведена дополнительная информация по коэффициентам сочетаний. Рекомендуются следующие коэффициенты сочетаний:

$$\psi_W (\text{ветер}) = 0,5 \quad (F.3a)$$

$$\psi_{ice} (\text{лед}) = 0,5 \quad (F.3б)$$

F.6.2 См. частные коэффициенты общего веса γ_G , гололедной нагрузки γ_{ice} и ветровой нагрузки γ_W в Приложении А EN 1993-3-1

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] СН РК EN 1993-1-11-2009. Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-11. Проектирование конструкций с элементами, работающими на растяжение.
- [2] EN 12385-2-2009. Стальные проволочные канаты. Безопасность. Часть 2. Определения, обозначения и классификация.
- [3] EN 12385-10-2009. Стальные проволочные канаты. Безопасность. Часть 10. Канаты спиральной свивки для конструкционного применения общего назначения
- [4] EN 12385-4-2009. Стальные проволочные канаты. Безопасность. Часть 4. Многопрядные канаты общего назначения для подъема грузов.
- [5] EN 10138-2-2009. Предварительно напряженные стальные элементы. Часть 2. Проволока.
- [6] СН РК EN 1993-1-1-2009 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий.
- [7] JCSS Probabilistic model code. Part 3: Resistance models. 3.04 - Static properties of prestressing steel (prestressed concrete).
- [8] СН РК EN 1993-1-8 Проектирование стальных конструкций. Часть 1-8. Расчет соединений.

УДК

МКС КПВЭД*

Ключевые слова: воздействия, расчетные ситуации, проектирование растянутых элементов, модуль упругости, температурные коэффициенты, коэффициент трения, предельные состояния, ограничение вибрации, усталостная прочность.

Ресми басылым

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ЭКОНОМИКА МИНИСТРЛІГІНІҢ
ҚҰРЫЛЫС, ТҰРҒЫН ҮЙ-КОММУНАЛДЫҚ ШАРУАШЫЛЫҚ ІСТЕРІ ЖӘНЕ
ЖЕР РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУ КОМИТЕТІ

**Қазақстан Республикасының
НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ**

ҚР НТҚ 03-01-11.1-2011

**БОЛАТ КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫ ЖОБАЛАУ
1-6 бөлімі. Созылуға жұмыс істейтін элементтері бар
конструкцияларды жобалау**

Басылымға жауаптылар: «ҚазҚСҒЗИ» АҚ

050046, Алматы қаласы, Солодовников көшесі, 21
Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – қабылдау бөлмесі

Издание официальное

КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА, ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО
ХОЗЯЙСТВА И УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ МИНИСТЕРСТВА
НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
Республики Казахстан**

НТП РК 03-01-11.1-2011

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
Часть 1-6. Проектирование конструкций с элементами,
работающими на растяжение**

Ответственные за выпуск: АО «КазНИИСА»

050046, г. Алматы, ул. Солодовникова, 21
Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – приемная