



ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ПНСТ
702—
2023

Нефтяная и газовая промышленность
СИСТЕМЫ ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧИ
Оценка повреждений волоконных канатов
для морских операций

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Газпром 335» (ООО «Газпром 335»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 023 «Нефтяная и газовая промышленность»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 июля 2023 г. № 29-пнст

Правила применения настоящего стандарта и проведения его мониторинга установлены в ГОСТ Р 1.16—2011 (разделы 5 и 6).

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии собирает сведения о практическом применении настоящего стандарта. Данные сведения, а также замечания и предложения по содержанию стандарта можно направить не позднее чем за 4 мес до истечения срока его действия разработчику настоящего стандарта по адресу: inf@gazprom335.ru и/или в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии по адресу: 123112 Москва, Пресненская набережная, д. 10, стр. 2.

В случае отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты» и также будет размещена на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.rst.gov.ru)

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

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

II

Содержание

1 Область применения1

2 Нормативные ссылки1

3 Термины, определения, обозначения и сокращения2

4 Общие положения2

5 Отчет изготовителя2

6 Проверка канатов3

7 Оценка повреждений4

Приложение А (справочное) Данные, необходимые для выполнения оценки повреждений10

Библиография14

Введение

Создание и развитие отечественных технологий и техники для освоения шельфовых нефтегазовых месторождений должно быть обеспечено современными стандартами, устанавливающими требования к проектированию, строительству и эксплуатации систем подводной добычи. Для решения данной задачи Министерством промышленности и торговли Российской Федерации и Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии реализуется «Программа по обеспечению нормативной документацией создания отечественной системы подводной добычи для освоения морских нефтегазовых месторождений». В объеме работ программы предусмотрена разработка национальных стандартов и предварительных национальных стандартов, областью применения которых являются системы подводной добычи углеводородов.

Целью разработки настоящего стандарта является обеспечение безопасности эксплуатации систем подводной добычи за счет установления требований к оценке повреждений волоконных канатов для морских швартовных операций.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Нефтяная и газовая промышленность

СИСТЕМЫ ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧИ

Оценка повреждений волоконных канатов для морских операций

Petroleum and natural gas industries. Subsea production systems.
Damage assessment of fiber ropes for marine operations

Срок действия — с 2023—10—30
до 2026—10—30

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает нормы для определения способности швартовных волоконных синтетических канатов сохранять прочностные характеристики после их механического повреждения внешними воздействиями при выполнении морских операций по строительству и обслуживанию объектов морских месторождений углеводородов, обустраиваемых с применением систем подводной добычи. Настоящий стандарт применим к волоконным канатам, используемым при проведении швартовок, осуществляемых при выполнении морских операций, в соответствии с ГОСТ Р 58772.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт:

ГОСТ Р 58772 (ИСО 19901-6:2009) Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения нефтегазовых промысловых морские. Морские операции

П р и м е ч а н и е — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1

волоконный канат (fibre rope): Канат, состоящий из нескольких слоев скрученных или сплетенных натуральных или химических волокон.

Примечания

1 Канат может быть тросовой свивки, кабельтовой свивки и плетеный.

2 Комбинации волокон и способы плетения определяют свойства и характеристики волоконного каната.

ГОСТ Р 58772—2019, статья 3.15

3.1.2

швартовка (mooring): Совокупность действий по подходу и креплению плавучего сооружения к причалу, борту судна, другому плавучему сооружению или рейдовой бочке, соединенной бриделом с якорем, установленным на поверхность морского дна или заглубленным в грунт морского дна.

ГОСТ Р 58772—2019, статья 3.106

3.1.3 **стренга** (strand): Составная часть каната, из которой проводят его свивку или плетение.

3.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

МРН — минимальная разрывная нагрузка;

ТНПА — телеуправляемый необитаемый подводный аппарат.

3.3 В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

AVS — среднее сопротивление каната при испытаниях;

avs — среднее сопротивление стренги при тестовых испытаниях;

$BS_{\text{поврежден, №}i}$ — нагрузка на канат, при которой стренга № i будет разрушена;

$BS_{\text{поврежден, следующий}}$ — нагрузка на канат, при которой будет разрушена следующая стренга;

$M_{\text{РН}}_{\text{поврежден}}$ — минимальная разрывная нагрузка поврежденного каната;

$mI_{\text{поврежден}}$ — усталостные напряжения в наиболее поврежденной пряди в наиболее поврежденной стренге.

4 Общие положения

4.1 Определение способности швартовых волоконных канатов сохранять прочностные свойства после их механического повреждения внешним воздействием основано на оценке повреждений.

4.2 Результатом оценки повреждения является МРН. Величина МРН позволяет определить, для временной или длительной службы подходит поврежденный канат.

4.3 Результаты проверки должны быть задокументированы для принятия решения о замене поврежденного каната.

5 Отчет изготовителя

5.1 Отчет изготовителя должен быть неотъемлемой частью пакета документации на изделие: сертификата изготовителя изделия, паспорта изделий или руководства по эксплуатации.

5.2 Изготовитель канатов должен предоставить отчет о каждом отдельном поставленном канате.

5.3 В отчет изготовителя должны быть включены следующие разделы:

- прочностные характеристики стренг;
- конструкция каната;
- прочностные характеристики по результатам механических испытаний (прочностных испытаний, испытаний на разрыв, стендовых испытаний);
- оценка повреждений после механических испытаний.

5.4 Данные, необходимые для выполнения оценки повреждений, включаемые в отчет изготовителя приведены в приложении А.

5.5 В отчете изготовителя должно быть приведено подробное описание конструкции каната и его сборки. Отчет должен содержать ключевую информацию, изложенную в 5.6 и 5.7.

5.6 Ключевые сведения должны содержать:

- подробное описание каната (одинарной, двойной, тройной свивки, шестипрядный, восьмипрядный, с сердечником и т. п.);
- количество стренг в канате;
- систему маркировки стренг в канате, используемую для определения того, образует ли какая-либо поврежденная стренга пару с другой поврежденной или неповрежденной стренгой;
- конструкцию поперечного сечения каната.

5.7 Прочностные свойства поврежденных стренг

Данные по прочности поврежденных стренг описывают прочность стренг с различными стандартными размерами повреждения.

Типовые примеры:

- 25 %: повреждение одной стренги из трех;
- 50 %: повреждение одной стренги из трех;
- 50 %: повреждение двух стренг из трех;
- 50 %: повреждение одной стренги из восьми;
- 50 %: повреждение одной стренги из четырех S-стренг и одной из четырех Z-стренг (S и Z — это ориентация поврежденных стренг).

Изготовитель каната должен предоставить прочностные характеристики каната в таблице отчета изготовителя.

6 Проверка канатов

6.1 Категории проверки канатов

Различают четыре категории проверки канатов после проведения механических испытаний:

- общую проверку;
- подробный осмотр;
- проверку стренг;
- оценку повреждений.

Дополнительная информация о проведении проверки швартовных волоконных канатов представлена в [1].

6.2 Общая проверка

6.2.1 Общую проверку проводят для осмотра внешней поверхности каната на предмет поиска возможных зон повреждения. Существуют два способа проверки механических повреждений защитного кожуха каната:

- обследование установленной линии при помощи ТНПА;
- внешний осмотр при сматывании на барабан и/или постановке.

6.2.2 Следует обращать внимание на механическое повреждение защитного кожуха каната (так как это является условием дальнейшего механического повреждения стренг без приложения нагрузки на канат).

6.3 Подробный осмотр

6.3.1 Если точка потенциального повреждения защитного кожуха каната была выявлена, то этот участок каната с потенциальным повреждением необходимо осмотреть более тщательно. Подробный осмотр осуществляют инспекторы, имеющие физический доступ к рассматриваемому канату, при этом натяжение с каната снимают. Допускается замена осмотра с физическим доступом к поврежденному участку на осмотр с применением ТНПА.

6.3.2 Следует выполнить тщательный осмотр защитного кожуха каната и зафиксировать степень его повреждения.

6.3.3 Поврежденные участки необходимо сфотографировать.

6.3.4 Если повреждение защитного кожуха каната не сквозное, канат признают неповрежденным. Ремонт защитного кожуха не требуется.

6.3.5 Если повреждение защитного кожуха каната сквозное, необходимо провести проверку стренг каната на повреждения и при их отсутствии выполнить ремонт кожуха.

6.4 Проверка стренг

6.4.1 Необходимо вскрыть защитный кожух каната на расстоянии примерно 0,6 м с каждой стороны от места повреждения. Для последующего ремонта защитного кожуха необходимо следовать инструкциям изготовителя каната.

6.4.2 Если обеспечена достаточная обзорность стренг, то на основе информации изготовителя, указанной в документации, можно распознать, какие стренги, примыкающие к поврежденным, сохранились и остаются неповрежденными без вскрытия защитного кожуха каната по всей окружности. В противном случае нужно следовать процедуре, указанной в 6.4.3—6.4.8.

6.4.3 Следует определить количество стренг в поврежденной зоне. Оценка степени повреждения без достаточного вскрытия защитного кожуха каната для физического подсчета всех прядей крайне ненадежна.

6.4.4 Необходимо сверить количество стренг с количеством, указанным в отчете изготовителя, и убедиться, что все стренги обнаружены (если количество прядей меньше, чем указано в отчете изготовителя, то одна или несколько стренг были полностью разорваны и втянуты обратно в канат).

6.4.5 Далее следует пересчитать и записать количество поврежденных стренг.

6.4.6 Затем необходимо переписать маркировку поврежденных стренг.

6.4.7 Если стренги отсутствуют в зоне повреждения (т. е. полностью разорваны и втянуты назад), то должна быть переписана маркировка всех видимых прядей, чтобы по недостающей маркировке можно было определить разорванные стренги.

6.4.8 Необходимо сверить данную информацию с имеющейся в отчете изготовителя.

6.4.9 Если повреждения стренг не выявлено, канат может быть возвращен в работу на продленный срок после ремонта защитного кожуха.

6.5 Оценка повреждений

6.5.1 Целью оценки повреждений является количественная оценка влияния утраченной прочности поврежденных стренг на прочность каната.

6.5.2 Для каждой поврежденной пряди в каждой поврежденной стренге подсчитывают и записывают количество неповрежденных нитей или, в зависимости от типа каната, применяют иные методы (см. 7.1).

7 Оценка повреждений

7.1 Уровни оценки повреждений

В настоящем стандарте определены три уровня оценки повреждений:

- 1-й является наиболее простой оценкой, предполагающей, что все поврежденные стренги разорваны;
- 2-й учитывает вклад прочности от поврежденных стренг, без учета влияния повреждения на усталостную прочность;
- 3-й включает оценку усталостной прочности с учетом уровня.

Дополнительная информация о проведении оценки повреждений швартовых волоконных канатов представлена в [1].

7.2 1-й уровень — упрощенная оценка поврежденной прочности

7.2.1 Оценку повреждений 1-го уровня используют, если предполагается, что неповрежденные стренги сами по себе имеют достаточную прочность для работы каната и что поврежденные стренги не влияют на его прочность. Примером применения данного метода являются канаты больше обычных размеров в причалах мобильной морской буровой установки или канаты с ограниченными повреждениями.

7.2.2 Оценка 1-го уровня подходит для быстрой оценки состояния каната, чтобы определить, требуется ли более подробный анализ.

7.3 1-й уровень — методика

7.3.1 Для оценки повреждения 1-го уровня следует провести следующие действия:

- выполнить общий осмотр;
- выполнить подробный осмотр;
- выполнить осмотр стренг;
- сверить с конструкцией каната, представленной в отчете изготовителя, для определения того, сплетена ли какая-либо из поврежденных стренг с любой другой стренгой (если стренги сплетены, то обе затронутых стренги должны быть признаны поврежденными).

7.3.2 При оценке повреждения 1-го уровня считают, что все поврежденные стренги разрушены.

7.3.3 Необходимо вычислить МРН поврежденного каната, умножив исходное МРН на отношение числа неповрежденных стренг к общему количеству стренг.

$$\text{МРН}_{\text{поврежден}} = \text{МРН} \cdot \frac{n_{\text{неповрежден}}}{n_{\text{итог}}}, \quad (1)$$

где МРН — минимальная разрывная нагрузка;

$n_{\text{неповрежден}}$ — число неповрежденных стренг;

$n_{\text{итог}}$ — общее количество стренг.

7.3.4 Если МРН поврежденного каната является недостаточным, следует забраковать канат или перейти к оценке 2-го уровня.

7.3.5 Необходимо произвести ремонт защитного кожуха каната в соответствии с инструкциями изготовителя или отремонтировать защитный кожух у изготовителя.

7.3.6 Если рассматривается продление срока службы каната, то усталостная прочность должна быть пересмотрена в соответствии с оценкой повреждения 3-го уровня. При проведении оценки 3-го уровня, основанной на 1-ом уровне, коэффициент усиления усталости k следует принять равным 1,00, поскольку только неповрежденные пряди считаются несущими.

7.4 2-й уровень — подробная оценка утраченной прочности

Оценка повреждений 2-го уровня включает в себя оценку прочности поврежденных прядей при оценке прочности поврежденного каната. Принимают, что повреждения не влияют на усталостную прочность. Если это предположение является сомнительным, то оценка 3-го уровня должна быть выполнена после оценки 2-го уровня.

7.5 2-й уровень — методика

7.5.1 Для оценки повреждения 2-го уровня следует провести следующие действия:

- выполнить осмотр стренг каната;
- сверить с конструкцией каната, представленной в отчете изготовителя, для определения того, сплетена ли какая-либо из поврежденных стренг с любой другой стренгой;
- выполнить оценку повреждений, как описано далее.

7.5.2 Необходимо осмотреть каждую прядь каждой поврежденной стренги и пометить поврежденные пряди маркером для дальнейшего отслеживания. Необходимо использовать различные цвета, чтобы различать поврежденные пряди, и использовать те же цвета для справки при выполнении оценки повреждений.

7.5.3 Основой для этой оценки является сочетание повреждений прядей для каждой стренги, а не уменьшение площади сечения.

7.5.4 Следует осмотреть каждую поврежденную стренгу, чтобы оценить степень повреждения. Для каждой стренги сочетание повреждений прядей принимают равным ближайшему более сильному повреждению стренги, указанному в данных о прочности поврежденной стренги в отчете изготовителя. Например, если стренга имеет 40 % повреждения одной пряди и есть данные о сопротивлении на разрыв для 50 % повреждения одной пряди в отчете изготовителя, то должны быть выбраны данные, соответствующие 50 %-ному повреждению.

7.5.5 При необходимости допускается провести специальные испытания на разрыв поврежденных стренг для точного определения повреждений, обнаруженных в критической стренге.

7.5.6 Необходимо оценить прочность поврежденных стренг и указать нагрузки, которые приведут к разрушению каждой из поврежденных стренг.

7.5.7 Следует построить последовательность поврежденных стренг, приняв наиболее сильно поврежденную стренгу, как № 1.

7.5.8 Отчет изготовителя предоставляет шаблоны таблиц, которые предназначены для регистрации повреждений, определения ближайших более сильных повреждений прядей и ранжирования степени тяжести. Примеры указаны в приложении А.

7.5.9 Нагрузку на канат, при которой стренга № 1 будет разрушена, определяют по формуле

$$BS_{\text{поврежден, №1}} = \frac{bs_{\text{поврежден, №1}}}{avs} \cdot AVS, \quad (2)$$

где $bs_{\text{поврежден, №1}}$ — сопротивление поврежденной стренги № 1;

avs — среднее сопротивление стренги при тестовых испытаниях;

AVS — среднее сопротивление каната при испытаниях.

7.5.10 Нагрузка на канат, достаточная для выхода из строя стренги № 1, — это коэффициент прочности для этой стренги, умноженный на среднюю прочность каната, определяемую при испытаниях прототипа каната и приведенную в отчете изготовителя.

7.5.11 По схеме каната, приведенной в отчете изготовителя, необходимо определить, соединена ли поврежденная стренга № 1 с любой другой стренгой. Если стренги сплетены каждая по отдельности, то выход из строя стренги № 1 приведет к тому, что количество несущих стренг уменьшится на одну. Если стренга № 1 образует пару с другой стренгой, то выход из строя стренги № 1 приведет к снижению количества несущих стренг на две. Обе затрагиваемые стренги должны рассматриваться как разорванные, когда стренга № 1 вышла из строя.

7.5.12 Незатронутая (или менее поврежденная) стренга, формирующая пару с поврежденной стренгой, не считается несущей нагрузку после отказа поврежденной стренги. До выхода из строя поврежденной стренги обе считаются полностью несущими.

7.5.13 Необходимо определить нагрузку на канат, при которой стренга № 2 будет разрушена

$$BS_{\text{поврежден, №2}} = \frac{bs_{\text{поврежден, №2}}}{avs} \cdot AVS \cdot \frac{n_{\text{поврежден}} + n_{\text{неповрежден}}}{n_{\text{итог}}}, \quad (3)$$

где $bs_{\text{поврежден, №2}}$ — сопротивление поврежденной стренги № 2;

avs — среднее сопротивление стренги при тестовых испытаниях;

AVS — среднее сопротивление каната при испытаниях;

$n_{\text{поврежден}}$ — число поврежденных стренг;

$n_{\text{неповрежден}}$ — число неповрежденных стренг;

$n_{\text{итог}}$ — общее количество стренг.

7.5.14 Нагрузка при выходе из строя стренги № 2 представляет собой отношение прочности этой поврежденной стренги, как указано в отчете изготовителя, умноженной на среднюю прочность каната, умноженную на отношение числа неразорванных стренг после предыдущего разрушения, к общему числу стренг.

7.5.15 По схеме каната, приведенной в отчете изготовителя, необходимо определить, связана ли поврежденная стренга № 2 с любой другой стренгой. Если стренги сплетены по отдельности, то выход из строя стренги № 2 приведет к тому, что одной несущей стренгой будет меньше. Если стренга № 2 образует пару с другой стренгой, выход из строя стренги № 2 приведет к снижению количества несущих прядей на две. Обе затрагиваемые стренги должны рассматриваться как разорванные, когда стренга № 2 вышла из строя.

7.5.16 Необходимо определить общее количество поврежденных стренг.

7.5.17 Следует рассчитать разрушающие нагрузки на стренги.

7.5.18 Если разрушающая нагрузка стренга ниже, чем у предыдущей разрушенной стренги, то считается, что стренга разорвется мгновенно сразу после разрыва предыдущей стренги. В таком случае предельная несущая способность поврежденного каната чаще всего превышена.

7.5.19 Нужно определить предельную нагрузку, т. е. наибольшее усилие, при наступлении которого происходит повреждение стренги. Примеры указаны в приложении А.

7.5.20 Расчет МРН поврежденного каната проводят по формуле

$$MRN_{\text{поврежден}} = \frac{bs_{\text{поврежден, предельн}}}{avs} \cdot \frac{n_{\text{поврежден}} + n_{\text{неповрежден}}}{n_{\text{итог}}} \cdot MRN, \quad (4)$$

где $bs_{\text{поврежден, предельн}}$ — предельное сопротивление поврежденной стренги;

avs — среднее сопротивление стренги при тестовых испытаниях;

$n_{\text{поврежден}}$ — число поврежденных стренг;

$n_{\text{неповрежден}}$ — число неповрежденных стренг;

$n_{\text{итог}}$ — общее количество стренг;

MRN — минимальная разрывная нагрузка.

7.5.21 Если при оценке МРН выявлено, что МРН поврежденного каната недостаточна, то канат должен быть изъят из эксплуатации.

7.5.22 Если прочность достаточна, канат может быть временно возвращен в работу до подлежащей к выполнению оценки усталостных свойств 3-го уровня.

7.5.23 Следует произвести ремонт защитного кожуха каната в соответствии с инструкциями изготовителя или отремонтировать защитный кожух у изготовителя.

7.6 3-й уровень — оценка поврежденной усталостной прочности

7.6.1 Оценку поврежденной усталостной прочности 3-го уровня проводят, если существует риск того, что поврежденные стренги, выдерживающие наибольшую проектную нагрузку, могут выйти из строя из-за усталости.

7.6.2 Оценка 3-го уровня не предназначена для проведения на местах, если оценку проводит персонал, не допущенный к выполнению оценки усталостной прочности и выдаче заключения о продлении срока службы поврежденного каната.

7.6.3 В дополнение к данным о прочности поврежденного каната и его конструкции, предоставленным изготовителем, оценка 3-го уровня требует данные о наибольшей нагрузке, которая может возникнуть в соответствии с расчетами причальной конструкции.

7.6.4 Оценка повреждений 3-го уровня должна быть проведена в случае частого использования каната или каната с тяжелыми повреждениями. Тяжесть повреждения зависит от количества поврежденных стренг, а не от степени повреждения каждой стренги. Тяжелыми считаются повреждения канатов, у которых более 15 % стренг повреждены. Поврежденной считается сама стренга либо сращенная с ней стренга.

7.6.5 Незначительно поврежденными считаются канаты, у которых менее 10 % поврежденных стренг.

Например, канат из 24 стренг имеет полное повреждение двух прядей. Если стренги соединены по отдельности, это повреждение будет незначительным. Если канат имеет парное соединение стренг, то повреждение каната будет тяжелым, если две поврежденные стренги не находятся в одной паре, и незначительным, если они находятся в одной паре. Если они не находятся в одной паре, то поврежденными будут четыре стренги из двадцати четырех.

7.7 3-й уровень — методика

7.7.1 Для оценки повреждения 3-го уровня необходимо выполнить следующие действия:

- определить наибольшую расчетную нагрузку на поврежденный швартовный канат по проектным расчетам причальной конструкции;
- выполнить оценку 2-го уровня;
- из таблицы ранжирования оценки 2-го уровня определить, сколько поврежденных стренг выйдет из строя, когда стренги будут натянуты до максимальной проектной нагрузки;

- принять допущение, что вышедшие из строя стренги разорвались;
- принять допущение, что все остальные стренги, включая поврежденные, не разорваны;
- оценить нагрузку на канат, при которой будет разрушена следующая стренга (выше максимальной проектной нагрузки)

$$BS_{\text{поврежден, следующий}} = \frac{bs_{\text{поврежден, следующий}}}{avs} \cdot AVS \cdot \frac{n_{\text{поврежден}} + n_{\text{неповрежден}}}{n_{\text{итог}}}, \quad (5)$$

где $bs_{\text{поврежден, следующий}}$ — сопротивление поврежденной следующей стренги;

avs — среднее сопротивление стренги при тестовых испытаниях;

AVS — среднее сопротивление каната при испытаниях;

$n_{\text{поврежден}}$ — число поврежденных стренг;

$n_{\text{неповрежден}}$ — число неповрежденных стренг;

$n_{\text{итог}}$ — общее количество стренг.

7.7.2 Оценку усталостной прочности необходимо проводить на следующей вышедшей из строя стренги, где усталостная прочность оценивается для наиболее поврежденной стренги.

Примечание — В стренге из трех прядей с 50 %-ным повреждением одной пряди напряжение будет самым высоким в поврежденной пряди по сравнению с двумя остальными прядями. Следовательно, наиболее поврежденная прядь будет основной при оценке усталости.

7.7.3 Коррекция усилий в анализе швартовки должна быть выполнена путем их умножения на отношение общего числа стренг к числу еще не разорванных стренг.

7.7.4 Эквивалентные неповрежденным усталостные напряжения в наиболее поврежденной пряди в наиболее поврежденной стренге, которая не будет разрушена при проектных нагрузках, должны быть рассчитаны по формуле

$$ml_{\text{поврежден}} = \frac{n_{\text{итог}}}{n_{\text{поврежден}} + n_{\text{неповрежден}}} \cdot ML \cdot k, \quad (6)$$

где $n_{\text{итог}}$ — общее количество стренг;

$n_{\text{поврежден}}$ — число поврежденных стренг;

$n_{\text{неповрежден}}$ — число неповрежденных стренг;

ML — усилие в анализе конструкции швартовки для каната;

k — коэффициент усиления усталости для наиболее поврежденной стренги, которая еще не считается разорванной при наибольшей проектной нагрузке.

7.7.5 Коэффициент усиления усталости описывает увеличение напряжений в наиболее сильно поврежденной пряди в поврежденной стренге. Коэффициент, как правило, указан в отчете изготовителя и равен отношению средней прочности стренги к прочности поврежденной стренги в соответствии с формулой

$$k = \frac{avs}{bs_{\text{поврежден}}}, \quad (7)$$

где avs — среднее сопротивление стренги при тестовых испытаниях;

$bs_{\text{поврежден}}$ — сопротивление поврежденной стренги.

7.7.6 Необходимо убедиться, что увеличенные, скорректированные швартовные нагрузки являются приемлемыми для соответствующей проектной кривой усталостной прочности.

7.7.7 Для каната, который уже имеет продленный срок службы, состояние усталостной прочности в текущее время также необходимо принимать в расчет.

7.7.8 Если это неприемлемо, поврежденный канат следует считать разорванным. В этом случае необходимо повторить оценку 3-го уровня для следующей поврежденной стренги.

7.7.9 Если в конечном итоге ожидается, что все поврежденные стренги выйдут из строя из-за усталости, необходимо проверить расчет усталости только для неповрежденных стренг.

7.7.10 После завершения итерационного процесса необходимо обновить выводы оценки 2-го уровня если ожидается, что стренга выйдет из строя при предельной нагрузке из-за усталости.

7.7.11 Если полученная поврежденная прочность или усталостная прочность полагаются недостаточными, канат следует изъять из эксплуатации.

7.7.12 Если полученная поврежденная прочность или усталостная прочность полагаются достаточными, защитный кожух каната должен быть отремонтирован и срок службы каната может быть продлен.

7.7.13 При оформлении результатов необходимо использовать приложение А.

П р и м е ч а н и е — Скорректированные, увеличенные усталостные нагрузки рассчитывают для следующей выходящей из строя стренги. В прочих (поврежденных или неповрежденных) стренгах воздействие усталости менее серьезно. Вследствие сложных изменений во внутренних связях поврежденной стренги вывод коэффициентов усиления усталости на основе утраченной площади сечения пряди, стренги, или каната не требуется. Необходимо использовать отношение средней прочности стренги к прочности поврежденной стренги.

Приложение А
(справочное)

Данные, необходимые для выполнения оценки повреждений

А.1 Приложение содержит сведения, которые включают отчет изготовителя, в котором должны содержаться сведения, необходимые для проведения оценки повреждений для отдельно взятого каната. Так как данный стандарт применим к любому типу канатов с параллельными стренгами, изготовитель каната несет ответственность за предоставление этих данных, которые должны быть специфичными для каждого поставляемого каната.

А.2 Следовательно, данный стандарт не является общим для всех типов канатов, однако когда опыт и данные будут накоплены, вероятно что общая информация может быть получена из ранее подготовленных отчетов изготовителя.

А.3 Сведения, указываемые в отчете изготовителя для каждого каната, представлены в таблицах А.1, А.2, на рисунках А.1, А.2.

Т а б л и ц а А.1 — Сведения о конструкции каната

Параметр	Значения параметра
Количество проволок в пряди	
Количество прядей в стренге	
Количество стренг в канате	
Конструкция свивки	
Материал сердечника	

Т а б л и ц а А.2 — Данные о неповрежденном состоянии

Параметр	Значения параметра
Среднее сопротивление каната на разрыв	
Минимальное сопротивление каната на разрыв	
Среднее сопротивление стренга на разрыв	

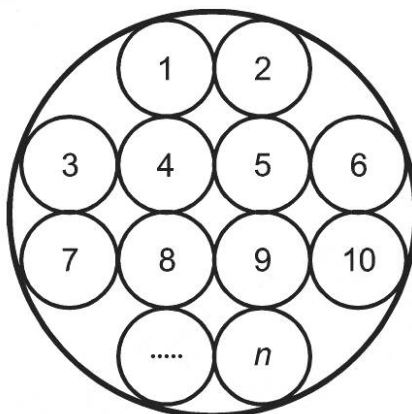
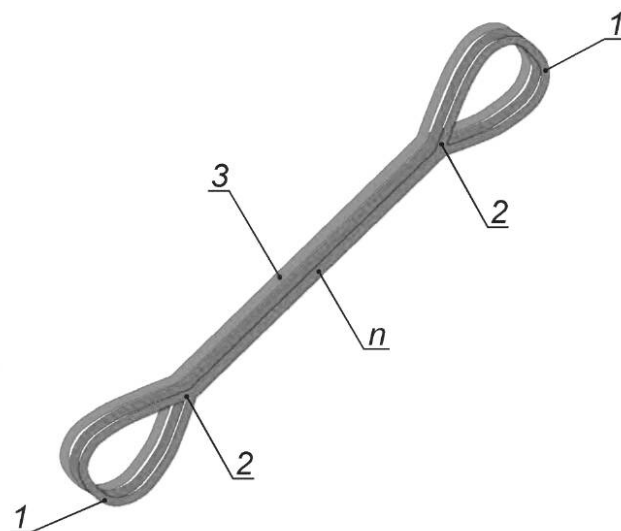


Рисунок А.1 — Поперечное сечение каната в сборе, с указанием расположения стренг и их маркировки



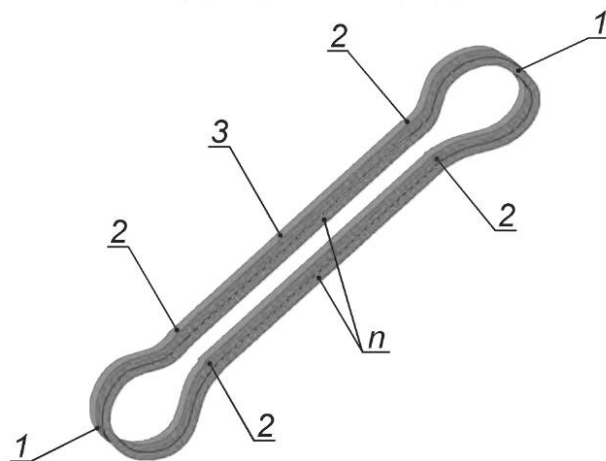
1 — огон; 2 — заплетка; 3 — ветвь; n — количество стренг

Рисунок А.2 — Схема каната с отдельным плетением стренг

А.4 В таблице А.1 отражен способ плетения, в парах или отдельный. Если некоторые стренги соединены попарно, а некоторые по отдельности в одном и том же канате, то на это будет дано более подробное указание.

А.5 Если стренги сплетаются попарно, то при выходе из строя одной стренги обе стренги считаются разорванными. Сведения $n_{\text{поврежден}} + n_{\text{неповрежден}}$ вносят в таблицу А.7 и в таблицу А.8 и учитывают в оценочных расчетах. Если используется сочетание отдельного и парного соединения стренг, это также должно быть отражено в оценке повреждений при заполнении таблиц А.7 и А.8.

А.6 Схема каната с парным плетением стренг показана на рисунке А.3.



1 — огон; 2 — заплетка; 3 — ветвь; n — количество стренг

Рисунок А.3 — Схема каната с парным плетением стренг

А.7 В таблице А.3 указан пример предоставления сведения для стренг, состоящих из трех спирально навитых прядей. Если стренга состоит более чем из трех прядей, это вносят в первую графу.

Таблица А.3 — Примерная таблица прочностных данных повреждения стренг

Номер поврежденных прядей	Степень повреждения прядей, %	$\frac{bs_{\text{поврежден}}}{avs}$	Коэффициент усиления усталости k
1	25		
	50		
	75		
2	25		
	50		
	75		
3	25		
	50		
	75		

А.8 Если канат плетеного типа, то совместно с количеством поврежденных прядей, степенями повреждений и влиянием на коэффициент усиления прочности и усталости указывают ориентацию (S или Z) поврежденных стренг.

А.9 Оценочные таблицы

А.9.1 Таблицу А.4 используют для завершения проверки состояния стренг, требуемой для оценки повреждений 1-го уровня, с учетом только количества поврежденных стренг.

Таблица А.4 — Запись данных проверки состояния стренг

Параметр	Значения параметра
Количество найденных стренг	
Количество неповрежденных стренг	
Количество поврежденных стренг	
Идентификация поврежденных стренг	

А.9.2 Чтобы приступить к оценке повреждений 2-го уровня, выполняют оценку повреждений и заполняют таблицу А.5.

Таблица А.5 — Таблица записи поврежденных стренг

Идентификация стренг	Запись повреждений					
	Стренга № 1		Стренга № 2		Стренга № 3	
	Неповрежденные канатные нити	Повреждения, %	Неповрежденные канатные нити	Повреждения, %	Неповрежденные канатные нити	Повреждения, %

А.9.3 Таблицу А.5 используют для записи неповрежденных нитей каната, которые могут быть идентифицированы в каждой пряди поврежденных стренг. Рассчитывают долю повреждений в процентах для каждой пряди, основываясь на количестве канатных нитей в неповрежденных прядях, как дано в таблице А.1, таблице данных о конструкции каната.

А.10 Когда фактические повреждения были определены количественно для каждой стренги, необходимо обратиться к таблице А.3 и определить для каждой поврежденной стренги ближайшую большую величину повреждений по результатам испытаний. Необходимо внести эти данные в таблицу А.6 для каждой поврежденной стренги.

Т а б л и ц а А.6 — Запись ближайших повреждений более высокого размера

Идентификация стренг	Ближайшая большая величина повреждений, %			$\frac{bs_{\text{поврежден}}}{avs}$
	Стренга № 1	Стренга № 2	Стренга № 3	

А.11 Затем переходят к таблице ранжирования, обозначив наиболее сильно поврежденную стренгу (т. е. самой низкой прочности) как поврежденную стренгу № 1. Коэффициент поврежденной прочности и коэффициент усиления усталости приведены в таблице А.3, таблице поврежденной прочности стренг.

Т а б л и ц а А.7 — Таблица ранжирования поврежденных стренг

Номер поврежденной стренги	Идентификация стренг	$\frac{bs_{\text{поврежден}}}{avs}$	k	$n_{\text{поврежден}} + n_{\text{неповрежден}}$
1				
2				
3				
Прочее				

А.12 В заполненной таблице А.7 показана последовательность выхода из строя стренг, которую используют при оценке поврежденной прочности. Таблица А.7 также показывает количество стренг, которые несут нагрузку при выходе из строя следующих стренг.

А.13 Для оценки повреждений 2-го уровня заполняют таблицу прогнозирования А.8 и оценивают предельную нагрузку в поврежденном состоянии.

Т а б л и ц а А.8 — Таблица прогнозирования прочности каната

Номер стренги	$\frac{bs_{\text{поврежден}}}{avs}$	$n_{\text{поврежден}} + n_{\text{неповрежден}}$	$\frac{bs_{\text{поврежден, № } i}}{avs} \cdot AVS \times \frac{n_{\text{поврежден}} + n_{\text{неповрежден}}}{n_{\text{итог}}}$	$BS_{\text{поврежден, № } i}$
1				
2				
3				
Прочее				

А.14 Самое высокое значение $BS_{\text{поврежден, № } i}$ будет прогнозируемой предельной нагрузкой. Далее необходимо выполнить расчет $MPH_{\text{поврежден}}$ по формуле (4).

А.15 При необходимости следует выполнить оценку повреждений уровня 3.

Библиография

- [1] DNVGL-RP-E304 Оценка повреждений волоконных канатов для морской швартовки (Damage assessment of fibre ropes for offshore mooring)

УДК 622.276.04:006.354

ОКС 75.020

Ключевые слова: нефтяная и газовая промышленность, системы подводной добычи, оценка повреждений, волоконные канаты, морские операции

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *И.Ю. Литовкиной*

Сдано в набор 26.07.2023. Подписано в печать 03.08.2023. Формат 60×84 $\frac{1}{8}$. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч-изд. л. 1,58.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru