

### **Область техники, к которой относится изобретение**

Настоящее изобретение относится к оплётённому канату для применений в положении с изгибом поверх шкива, в основном состоящему из оплётённых первичных жил, причем количество жил равно  $n$ , изготовленных из полимерных нитей. Это изобретение также относится к системе, включающей в себя указанные канат и шкив, и к способу изготовления каната в соответствии с изобретением.

### **Уровень техники**

Конструкция оплётённого каната известна из патента US 5901632. В публикации этого патента описан оплётённый канат большого диаметра, причем этот канат включает в себя первичные жилы, которые сами оплетены, предпочтительно из канатной пряжи, содержащей высокопрочные полимерные нити. В наиболее предпочтительных указанных вариантах осуществления изобретения этот канат является 12-жильным, с круговой оплёткой типа два-над/два-под (two-over/two-under), каждая жила состоит из 12 жил с оплёткой, изготовленных из нитей высокомодульного полиэтилена (high-modulus polyethylene - HMPE) (конструкция 12×12).

Оплётённые канаты для применений в положении с изгибом поверх шкива в пределах контекста настоящего изобретения рассматриваются как грузонесущие канаты, обычно применяемые для подъема и швартования; они используются в морском флоте, в океанографии, при добыче в открытом море нефти и газа, в сейсмических зонах, в коммерческом рыболовстве и в других промышленных областях. При этом использовании, включая применения в положении с изгибом поверх шкива, указанный канат часто натягивается на канатных барабанах, кнехтах, полиспадах, блоках и т.д., за счет чего в результате он истирается и изгибается. Будучи подвергнутым столь частым изгибаниям или прогибаниям, канат может разрушиться по причине повреждения каната и нити в результате, например, внешнего и внутреннего абразивного истирания, нагрева при трении или усталостного разрушения; также это относится к усталости при изгибе.

Чтобы уменьшить усталость при изгибе каната при его применении в положении с изгибом поверх шкива, обычно рекомендуется использование шкива (или другой поверхности) с диаметром, равным по меньшей мере 8 диаметрам указанного каната. Известно, что для сокращения потери прочности в канате в результате внешнего абразивного истирания, предусмотрена оболочка, например плетёная или трубчатая оплётка для каната или для жил в этом канате. Однако эти оболочки увеличивают диаметр и жесткость каната, добавляют ему вес и стоимость, но не увеличивают грузонесущую способность этого каната; при этом не возможен визуальный контроль грузонесущих элементов. Применение особого смешивания полимерных нитей в жилах каната предложено в патентной заявке US 2004/0069132 A1. Другие известные меры для улучшения эксплуатационных качеств включают в себя обеспечение специальной обработки каната или нанесение на него специальных покрытий.

Однако недостатком известных конструкций каната остается его ограниченный срок службы, поскольку он подвергается частым изгибаниям или прогибаниям. Соответственно, в указанной отрасли имеется потребность в канатах, показывающих улучшенные эксплуатационные качества при циклических применениях в положении с изгибом поверх шкива на протяжении более длительного периода времени. Поэтому цель настоящего изобретения - предоставить такой оплётённый канат, который показывает улучшенные эксплуатационные качества.

### **Сущность изобретения**

Этой цели достиг, в соответствии с изобретением, оплётённый канат, который имеет продолговатое поперечное сечение с соотношением сторон в пределах 1,2-4,0.

Является неожиданным то, что оплётённый канат большого диаметра, в соответствии с изобретением, показывает улучшенные эксплуатационные качества за время срока его службы при циклических применениях в положении с изгибом поверх шкива, поскольку обычно для изготовления каната используются круглые или трубчатые оплётки с фактически круглым поперечным сечением; см., например, стр. 203 и следующие Руководства по технологии канатного волокна - Handbook of fibre rope technology (издателя McKenna, Hearle и O'Hear, Woodhead Publishing Ltd., патентная заявка ISBN 1855736063). Канаты или корды с выравненным поперечным сечением сами по себе известны, например плоские оплётки или так называемые сутажные оплётки; но эти оплёточные структуры обычно применяются в качестве орнаментов, украшений или отделки, а не для таких грузонесущих канатов, как канаты для глубоководного оборудования.

Другие преимущества каната, в соответствии с изобретением, заключаются в том, что во время его использования меньший нагрев возникает, например, в результате трения внутренней жилы и/или внутренней нити, и в том, что канат имеет решётчатую конструкцию, в результате чего более эффективным является охлаждение, например, водой. Этот канат имеет высокую степень прочности, означающую то, что степень прочности каната является более высокой в процентном отношении, чем прочность составляющих его нитей. Указанный канат показывает также улучшенные эксплуатационные качества на лебедках с канатной тягой и в режиме хранения, т.е. более правильные и менее заглубленные витки. Канат, в соответствии с настоящим изобретением, можно легко контролировать для выявления возможного повреждения и, если необходимо, его можно легко отремонтировать.

Поэтому настоящее изобретение также относится к использованию оплетённого каната с подробно указанной далее его конструкцией и структурой в качестве грузонесущего элемента при его применениях в положении с изгибом поверх шкива.

#### **Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения**

В канате, в соответствии с настоящим изобретением, первичные жилы - это также жилы, которые сами являются оплетёнными, с уравновешенным вращающим моментом конструкциями, вместо свитых или параллельных жил каната, результатом чего является уравновешенный и без вращающего момента канат, даже когда он состоит из нечетного количества жил. Количество первичных жил  $n$  в оплетённом канате составляет 3 или более.

Этот канат, в соответствии с настоящим изобретением, имеет продолговатое поперечное сечение, означающее, что это поперечное сечение каната в положении натяжения имеет не круговую, закруглённую или кубическую форму, обычную для канатов с большой нагрузкой, а скорее выравненную, овальную или снивелированную (в зависимости от количества первичных жил) почти прямоугольную форму. Это поперечное сечение имеет соотношение сторон, т.е. отношение большего диаметра к меньшему (или отношение ширины к высоте), в пределах от 1,2 до 4,0. Способы определения соотношения сторон известны специалистам; указанный пример включает в себя измерение внешних размеров каната в положении (по меньшей мере, маленького) натяжения или после тугой намотки липкой ленты вокруг него. Преимуществом указанного соотношения сторон является то, что во время циклического изгибания меньшие перепады напряжений возникают между нитями в канате, и возникает меньший нагрев в результате абразивного истирания и трения, результатом чего является увеличение усталостной долговечности при изгибе. Соотношение сторон более чем 4, являющееся результатом некоторых конструкций оплётки, приводит, однако, к уменьшению прочности каната или, что хуже, к меньшему коэффициенту полезного действия прочности. Поэтому указанное поперечное сечение должно предпочтительно иметь соотношение сторон примерно 1,3-3,0; более предпочтительно примерно 1,4-2,0; еще предпочтительнее 1,5-1,8 и наиболее предпочтительно 1,6-1,7.

Канат, в соответствии с настоящим изобретением, может быть с различными конструкциями оплётки. Имеется множество известных типов оплётки, каждая из которых в основном отличается способом изготовления материала. Приемлемые конструкции включают в себя сутажные, трубчатые и гладкие оплётки. Сутажной оплёткой является гладкий материал, который может легко деформироваться; он обычно используется для плетёных, декоративных изделий, украшения и отделки. Сутажная оплётка может быть изготовлена на оплёточной машине, имеющей два устройства в форме раструба (horngears/horndogs), каждое из которых имеет нечетное количество прорезей, специально предназначенных для 3-17 носителей (carriers) (и, таким образом, для 3-17 первичных жил). Трубчатые или круговые оплётки являются наиболее обычными оплётками и, как правило, состоят из двух комплектов жил, которые переплетены в виде различных возможных узоров. Трубчатая оплётка может, например, быть изготовлена на машине, включающей в себя ряд устройств в форме раструба (horngears/horndogs) в виде кольцевой антенной решетки, в которой оба комплекта жил движутся по кругу в противоположных направлениях относительно друг друга, в то время как эти жилы движутся в радиальном направлении и против радиального направления (оплёточный станок типа Maurole). Количество жил в трубчатой оплётке может широко варьироваться. Следует особо отметить, что, если количество жил большое и/или если жилы относительно тонкие, трубчатая оплётка может иметь полый сердечник; и у оплётки может сплюснуться продолговатая форма. Гладкая оплётка может рассматриваться как модификация трубчатой оплётки и может быть изготовлена на оплёточной машине, в которой устройства в форме раструба (horngears) не образуют замкнутый круг (когда один или более из них рядом отсутствуют). Таким образом, носители с жилами достигают конца цикла и затем возвращаются в обратном направлении.

Количество первичных жил в канате, в соответствии с изобретением, составляет по меньшей мере 3. Большее количество жил имеет результатом большее соотношение сторон поперечного сечения каната. Причем большее количество жил имеет тенденцию снижать коэффициент полезного действия прочности каната. Поэтому количество жил предпочтительно должно составлять самое большее 16, в зависимости от типа оплётки. Особенно приемлемыми являются канаты, в которых количество жил составляет 3-12. Предпочтительно канат должен быть с сутажной оплёткой, а  $n$  должно составлять 3, 5, 7 или 9; предпочтительнее 5 или 7. Такие канаты обеспечивают подходящее сочетание прочности на разрыв и сопротивления усталости при изгибе и могут быть экономично изготовлены на относительно простых машинах.

Оплетённый канат, в соответствии с изобретением, может иметь конструкцию, при которой период оплетения (т.е. длина шага оплетения относительно ширины каната) не является особенно важным; приемлемые периоды оплетения находятся в пределах от 4 до 20. Результатом большего периода оплетения является более рыхлый канат, имеющий больший коэффициент полезного действия прочности, но который является менее крепким и более сложным для сращивания. Слишком маленький период оплетения слишком уменьшит прочность на разрыв. Поэтому предпочтительно, чтобы период оплетения составлял примерно 5-15, предпочтительнее 6-10.

Канат, в соответствии с настоящим изобретением, может иметь диаметр, который варьируется в широких пределах. Канаты меньшего диаметра, например в пределах приблизительно от 2 до 20 мм, обычно применяются в качестве кордов в механических устройствах, таких как самодвижущиеся подъемные механизмы для застекленных створных дверей. Канаты большого диаметра, или канаты с большой нагрузкой, обычно имеют диаметр по меньшей мере 20 мм. В случае с канатом, имеющим продолговатое поперечное сечение, более точным является определение величины круглого каната через эквивалентный диаметр, т.е. диаметр круглого каната той же массы, приходящейся на длину в качестве некруглого каната. Однако обычно диаметр каната является неопределенным параметром для измерения его величины, поскольку неравномерными являются границы канатов, определяемые их жилами. Более точная величина параметра - это линейная плотность каната, также называемая титр - *titer*, которая является массой, приходящейся на единицу длины. Титр может быть выражен в кг/м, но часто используются текстильные единицы *денье* (г/9000 м), или *dtex* (г/10000 м). Диаметр и титр соотносятся в соответствии с формулой  $d=(T/(10 \times r \times v))^{0,5}$ , где *T* является титром (*dtex*); *d* является диаметром (мм); *r* является плотностью нитей (кг/м<sup>3</sup>); а *v* является плотностью упаковки (обычно между примерно 0,7 и 0,9). Однако в деле производства канатов всё ещё является обычным выражать размер каната в величинах диаметра. Предпочтительно, чтобы канат, в соответствии с настоящим изобретением, являлся канатом с большой нагрузкой, имеющим диаметр, равный по меньшей мере 30 мм, более предпочтительно по меньшей мере 40, 50, 60 или даже по меньшей мере 70 мм, поскольку преимущества настоящего изобретения становятся тем существеннее, чем толще канат. Самые толстые известные канаты имеют диаметры примерно до 300 мм, а канаты, используемые в глубоководных устройствах, обычно имеют диаметр примерно до 130 мм.

В канате, в соответствии с настоящим изобретением, каждая первичная жила сама является оплетённым канатом. Предпочтительно, чтобы первичные жилы являлись круговыми оплётками, изготовленными из чётного количества вторичных жил, также называемых канатной пряжей. Количество вторичных жил не ограничено и может быть, например, от 6 до 32; предпочтительным является 8, 12 или 16 с учётом имеющегося в наличии оборудования для изготовления подобных оплётки. Специалист в этой области может выбрать определённый тип конструкции и титр жил, в соответствии с желаемой окончательной конструкцией и размером каната, основываясь на своих знаниях или с помощью некоторых расчётов либо экспериментов.

Вторичные жилы, или канатная пряжа, содержащие полимерные нити, могут быть различных конструкций, опять же в зависимости от желаемого каната. Приемлемые конструкции включают в себя скрученную из многих нитей канатную пряжу (или витые канаты), но также могут использоваться оплетённые канаты или корды наподобие круговой оплётки. Приемлемые конструкции упомянуты, например, в патенте US 5901632.

Канатная пряжа может содержать много полимерных нитей либо в виде одиночных нитей (обычно с диаметром в пределах до мм), либо в виде пряжи из многих нитей, содержащей нити, обычно имеющие титр в пределах 0,2-25 *dtex*, предпочтительно примерно 0,5-20 *dtex*. Приемлемые нити изготовлены из синтетических полимеров, включая полиолефины наподобие полипропиленов и полиэтиленов (включая сополимеры и полимеры со сверхвысокой молярной массой - *ultra-high molar mass polymers*), полиэфир (включая поли(этиленэтерэфталат - *ethyleneterephthalate*) или термотропические полиэфир), полиамиды (включая PA6, PA66 или PA46 или лиотропные ароматические полиамиды). Канатная пряжа может содержать не только один тип нити, но также смеси одной или более различных нитей, например, с дополнительными свойствами. Предпочтительно, чтобы канатная пряжа содержала высокопрочные нити, имеющие прочность на разрыв по меньшей мере 1,5, предпочтительнее по меньшей мере 2,0, 2,5 или даже по меньшей мере 3,0 N/tex (Н/текс - ньютон/текс). Прочность на растяжение, а также просто прочность или прочность на разрыв определяются известными способами в соответствии с D885-85 или D2256-97 Американского общества по испытанию материалов (ASTM). Обычно такие высокопрочные полимерные нити также имеют высокий модуль растяжения, например по меньшей мере 50 N/tex, предпочтительно по меньшей мере 75, 100 или даже по меньшей мере 125 N/tex. Преимуществом использования таких высокопрочных и/или высокомодульных нитей является то, что получающийся в результате канат также имеет высокую растяжимость, т.е. его диаметр может быть относительно небольшим по сравнению со стандартным канатом, содержащим менее прочные нити и имеющим ту же максимальную грузонесущую способность.

В предпочтительном варианте конструкции полимерные нити в канате, в соответствии с изобретением, содержат высокопрочные нити, изготовленные из полиэтилена со сверхвысокой молярной массой, также включая нити из высокомодульного полиэтилена (HMPE - *high-modulus polyethylene*), и факультативно другие нити. Более предпочтительно, если первичные жилы содержат в основном нити из HMPE; их преимущество заключается в том, что эти нити сочетают такие свойства, как высокая прочность на растяжение, хорошая прочность к истиранию и низкая плотность, результатом чего является высокопрочный канат, который может иметь плотность менее чем 1; и этот канат не будет тонуть в воде.

Полиэтилен со сверхвысокой молярной массой (UHPE - *ultra-high molar mass polyethylene*) имеет характеристическую вязкость (IV - *intrinsic viscosity*) более чем 4 dl/g (*dynamic load* - динамическая на-

грузка на грамм). IV определяется в соответствии с методом PTC-179 (Hercules Inc. Rev. Apr. 29, 1982) при 135°C в декалине, причем время растворения составляет 16 ч, с DBPC в качестве антиоксиданта в растворе с величиной нормальности раствора 2 г/л, причем вязкость при различных концентрациях экстраполирована на нулевую концентрацию. Характеристическая вязкость является мерой для молярной массы (также называемой молекулярной массой), которую можно гораздо легче определить, чем такие современные параметры молярной массы, как  $M_n$  и  $M_w$ . Имеются несколько эмпирических соотношений между IV и  $M_w$ , например  $5,37 \times 10^4 [IV]^{1,37}$  (см. патент EP 0504954 A1), но такое соотношение зависит от распределения молярной массы. Волокна НМРЕ, например пряжа из нитей, могут быть изготовлены путем формования волокна из раствора УНРЕ в приемлемом растворителе в гелиевое волокно и вытягивания волокна перед, во время и/или после частичного или полного удаления растворителя, т.е. посредством так называемого процесса превращения в гель - вытягивания (gel-spinning process), который например, описан в патентной заявке EP 0205960 A, в патентной заявке WO 01/73173 A1, в «Современной технологии вытягивания волокна» (Advanced fiber spinning technology, Ed. T. Nakajima, Woodhead Publ. Ltd. (1994)), в патентной заявке ISBN 1855731827 и в ссылках, процитированных в описании. Волокна из НМРЕ предпочтительно имеют IV (характеристическую вязкость) между примерно 5 и 40 dl/g, предпочтительнее между 7 и 30 dl/g. Предпочтительно, чтобы УНРЕ являлся линейным полиэтиленом с менее чем одним разветвлением на 100 атомов углерода, а предпочтительно менее чем одним разветвлением на 300 атомов углерода, причем разветвленная или боковая цепь обычно содержит по меньшей мере 10 атомов углерода. Линейный полиэтилен может дополнительно включать в себя до 5% на 1 моль одного или более сомономеров, таких как алкены наподобие пропилена, бутена, пентена, 4-метилпентена или октена.

В предпочтительном варианте конструкции УНРЕ содержит небольшое количество относительно небольших групп в качестве боковых цепей, предпочтительно группа алкила  $C_1$ - $C_4$ . Выяснилось, что определенное количество таких групп приводит к тому, что волокна имеют улучшенное свойство ползучести. Однако слишком широкая боковая цепь или слишком большое количество боковых цепей отрицательно влияют на технологический процесс и особенно на свойство вытягивания волокон. По этой причине УНРЕ предпочтительно содержит метиловые или этиловые боковые цепи, предпочтительнее метиловые боковые цепи. Количество таких боковых цепей предпочтительно самое большее 20, предпочтительнее самое большее 10 на 1000 атомов углерода.

Волокна из НМРЕ, применяемые в канате, в соответствии с изобретением, могут дополнительно содержать небольшие количества, обычно менее 5 мас.%, предпочтительно менее 3 мас.% таких обычных добавок, как антиоксиданты, термальные стабилизаторы, красители, активаторы течения и т.д. УНРЕ может быть полимером единой степени, но также смесью двух или более различных степеней полиэтилена, например, отличающихся по IV (характеристической вязкости) или по распределению молярной массы и/или по количеству сомономеров или боковых цепей.

В особом варианте конструкции изобретения оплетенный канат подвергается последующему растяжению (post-stretching) или его первичные жилы, содержащие нити из НМРЕ, подвергаются последующему растяжению предпочтительно при температуре в пределах 100-120°C, чтобы дополнительно увеличить прочность каната. Такой этап последующего растяжения описан в патентных заявках EP 0398843 B1 или US 5901632.

То, что канат, в соответствии с изобретением, состоит в основном из первичных жил, означает, что первичные жилы являются главными компонентами, придающими канату его грузонесущие свойства. Таким образом, количество первичных жил равно  $n$ . Канал может дополнительно содержать вспомогательные компоненты для дальнейшего повышения его эксплуатационных качеств или для придания ему дополнительных свойств, что должно быть известно специалисту. Указанные примеры включают некую дополнительную канатную жилу или нить, имеющую, например, свойство электрической проводимости или пропускания света, а изменение этого свойства может служить, например, в качестве индикатора ситуации произошедшей перегрузки. Канат также может дополнительно иметь любое обычное покрытие или аппретирование, и это покрытие может защищать канат или действовать как смазочный материал, чтобы увеличить сопротивление истиранию. Обычно применяются такие приемлемые для этой цели материалы для покрытия, как вододисперсионные краски, например из термопластичных полимеров, или битумные компаунды.

Дополнительным преимуществом каната, в соответствии с изобретением, является то, что первичные жилы могут иметь сростки в качестве соединений впритык между двумя сегментами жил. Такой канат может иметь длину, превышающую длину жилы в носителе, фактически без уменьшения прочности. Канат может иметь любой известный сросток оплетенного каната в одной или более жиле.

Очень хорошие эксплуатационные качества были получены с конструкцией 5-жильного оплетенного каната, имеющего оплётку типа 1 над 2/1 под 2 (1 over two/1 under two), имеющего эквивалентный диаметр по меньшей мере 20 мм, в основном состоящего из оплетенных жил, изготовленных из полиэтиленовых нитей с высокими эксплуатационными качествами, имеющими прочность на разрыв по меньшей мере 2,5 N/tex.

Настоящее изобретение также относится к системе, включающей в себя канат, в соответствии с изобретением, и по меньшей мере один шкив предпочтительно с жёлобом, причем размеры этого жёлоба приспособлены к размерам каната. Современные шкивы для использования с круглыми канатами обычно имеют закруглённый жёлоб, диаметр которого предпочтительно по меньшей мере на 10% больше, чем диаметр каната. То, что размеры жёлоба шкива приспособлены к размерам каната, означает, что шкив для использования в сочетании с канатом, соответствующим изобретению, имеет жёлоб в форме, соответствующей форме поперечного сечения этого каната, и с шириной по меньшей мере на 10% больше, чем ширина каната с продолговатым поперечным сечением, чтобы предотвратить повреждение каната по причине чрезмерного трения и сжатия. Предпочтительно, чтобы шкив имел диаметр, равный по меньшей мере примерно 8 диаметрам указанного каната. Эта система может дополнительно включать в себя любые другие компоненты, известные специалистам в данной области.

Канат, в соответствии с настоящим изобретением, может быть изготовлен по известным технологиям оплетения, как указано выше.

Предпочтительный способ изготовления каната, в соответствии с изобретением, включает в себя этап оплетения  $n$  первичных жил из  $n$  носителей, используя два перемещающихся по кругу в противоположных направлениях устройства в форме растреба (horngears/horndogs), каждое из которых имеет  $n$  прорезей, для перемещения носителей по траектории единого узора в виде восьмерки, где  $n$  является нечетным числом 3 или более. Этот способ относится в данной области к сутажному оплетению. Предпочтительно, чтобы количество жил  $n$  составляло 3, 5, 7 или 9; предпочтительнее 5 или 7, чтобы получить канат с подходящим сочетанием свойств. В случае 5-жильной сутажной оплётки канат предпочтительно изготовлен в виде оплётённой конструкции типа 1 над 2, 1 под 2 (1 over 2, 1 under 2).

В дополнительном варианте конструкции способ, соответствующий изобретению, включает в себя 4-16 первичных жил с гладкой оплёткой, предпочтительно 6-12 жил.

Дополнительные предпочтительные варианты осуществления способа оплётки, а также конструкции и структуры каната и его первичных жил аналогичны тем, которые были выше указаны для этого каната.

Способ, в соответствии с изобретением, может дополнительно включать в себя этап сращивания конца одной первичной жилы с концом следующей первичной жилы, когда носитель, вмещающий жилу, движется пустым. Таким путем длина каната может быть увеличена до любой желаемой длины без доведения каната до того, что он в результате будет содержать слабые места, которые могут привести к снижению прочности на разрыв.

Способ, в соответствии с изобретением, может также дополнительно включать в себя этап последующего растяжения (post-stretching) первичных жил перед этапом оплетения или в качестве альтернативы - этап последующего растяжения оплётённого каната. Этот этап последующего растяжения предпочтительно выполняется при повышенной температуре, но ниже (самой низкой) температуры плавления нитей в жилах (= heat-stretching - тепловое растяжение). Для каната, содержащего нити из HMPE, предпочтительная температура находится в пределах 100-120°C. Такой этап последующего растяжения описан в патентных заявках EP 39884381 или US 5901632.

Это изобретение будет разъяснено путем отсылки к следующим экспериментам.

Пример.

5-жильный оплётённый канат был сделан из многонитевой пряжи Dyneema® SK75 1760 dtex, изготовленной из полиэтилена со сверхвысокой молярной массой и имеющей прочность на разрыв примерно 3,4 N/tex, а модуль примерно 120 N/tex (действительно в соответствии с DSM Dyneema BV, NL). Первые 12-жильные оплётённые канаты с уравнивающим вращающим моментом были изготовлены из скрученной канатной пряжи, состоящей из  $(3 \times 7) \times 1760$  dtex SK75 нитей. Пять из этих оплётённых жил, имеющих диаметр примерно 11 мм, были последовательно оплетены в виде конструкции типа 1 над 2, 1 под 2 (1 over 2, 1 under 2), образовав канат с продолговатым поперечным сечением с размерами (при нагрузке в 10 т) примерно 26,4 мм в ширину и примерно 16,8 мм в высоту, имеющий длину шага оплетения (период оплетения) примерно 6,4 раза ширины каната. Указанный канат был покрыт слоем покрывающего состава А.

Прочность на разрыв произведённого сращивания каната (с двумя сrostками под наблюдением) была определена (после трёхразового применения предварительной нагрузки в 100 kN - килоньютон) примерно в 298 kN. Таким образом, прочность на разрыв каната примерно 1,35 N/tex (степень прочности примерно 40%).

Сопротивление каната циклической усталости при изгибе (усталостная долговечность при изгибе) было проверено тестовым прибором и испытываемым образцом, подобными тем, которые указаны в патентной заявке US 2004/0069132 A1. При этом испытании образец каната, имеющий сrostки под наблюдением на обоих концах, периодически двигался в положении сверху шкива под воздействием растягивающего усилия таким образом, что часть каната дважды изгибалась при каждом цикле. Применяемое растягивающее усилие составляло 114 kN с циклическим периодом 6,14 с. Испытание было выполнено в условиях окружающей среды, с распылением воды на канат в точках входа/выхода каната на шкив/со

шкива. Шкив был снабжен жёлобом с гладким дном 9,6 мм шириной и с углами, закруглёнными с радиусом 8,4 мм. Эффективный диаметр шкива составлял 400 мм, т.е. расстояние от нейтральной линии при изгибе до нейтральной линии для каната с эквивалентным диаметром 20 мм на шкиве.

Канат не вышел из строя после 30000 циклов и проявил только минимальное повреждение на своей поверхности.

Сравнительные опыты А-Е.

Различные оплетённые канаты были изготовлены из пряжи Dyneema® SK75, имеющей титр (и эквивалентный диаметр), подобный титру каната из опыта 1 (т.е. примерно 222 г/м), но различных конструкций. Другой переменной величиной являлся тип покрытия, использованного для каната.

Все канаты были подвергнуты одному и тому же испытанию на циклическое изгибание, но в этих случаях использовался шкив с закруглённым жёлобом (с размерами примерно на 10% большими, чем размеры канатов; эффективный диаметр 400 мм).

Результаты, указанные в таблице, ясно доказывают, что канат из примера показал наивысшее сопротивление циклическому изгибанию в положении сверху шкива.

Опыт	Конструкция оплётки	Тип покрытия	Прочность сращивания на разрыв (кН)	Количество циклов до выхода из строя
Пример	5 X 12	А	300	> 30000
Сравнит. опыт А	12 X 1	нет	360	4000
Сравнит. опыт В	12 X 1	В	360	8000
Сравнит. опыт С	12 X 1	С	360	8000
Сравнит. опыт D	12 X 12	С	300	8000
Сравнит. опыт Е	12 X 1	А	360	19000

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Оплетённый канат для применений в положении с изгибом поверх шкива, в основном состоящий из оплетённых первичных жил, причем количество жил равно  $n$ , а эти жилы изготовлены из полимерных нитей, и этот канат характеризуется тем, что он имеет продолговатое поперечное сечение с соотношением сторон в пределах 1,2-4,0.

2. Канат по п.1, в котором поперечное сечение имеет соотношение сторон примерно 1,3-3,0.

3. Канат по п.1 или 2, в котором количество первичных жил  $n$  составляет 3-12.

4. Канат по любому из пп.1-3, в котором канат имеет сутажную оплётку с  $n$ , составляющим 5 или 7.

5. Канат по любому из пп.1-4, в котором канат имеет эквивалентный диаметр по меньшей мере 20 мм.

6. Канат по любому из пп.1-4, в котором канат имеет эквивалентный диаметр по меньшей мере 30 мм.

7. Канат по любому из пп.1-6, в котором он содержит высокопрочные нити.

8. Канат по любому из пп.1-7, в котором первичные жилы в основном состоят из нитей, изготовленных из НМРЕ (high-modulus polyethylene - высокомодульный полиэтилен).

9. Канат по любому из пп.1-8, в котором канат дополнительно имеет покрытие.

10. Канат для применений в положении с изгибом поверх шкива, в основном имеющий конструкцию 5-жильного каната с оплёткой типа 1 над 2, 1 под 2 (1 over 2, 1 under two), причем канат имеет эквивалентный диаметр по меньшей мере 20 мм и в основном состоит из оплетённых жил, изготовленных из полиэтиленовых нитей с высокими эксплуатационными качествами, имеющими прочность на разрыв по меньшей мере 2,5 N/tex.

11. Применение оплетённого каната по любому из пп.1-10, в качестве грузонесущего элемента для использования в положении с изгибом поверх шкива.

12. Система, включающая в себя канат по любому из пп.1-10 и по меньшей мере один шкив.

13. Способ изготовления каната по любому из пп.1-10, включающий в себя этап оплетения  $n$  первичных жил из  $n$  носителей с использованием двух перемещающихся по кругу в противоположных направлениях устройств в форме раструба (horngears/horndogs), каждое из которых имеет  $n$  прорезей, для перемещения носителей по траектории единого узора в виде восьмерки, где  $n$  является нечетным числом 3 или более.

