(19) **RU** (11) **2 126 343** (13) **C1**

(51) МПК[6] **B 64 C 27/33**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 96101508/28, 26.05.1994

(30) Приоритет: 02.06.1993 US 08/070573

(46) Дата публикации: 20.02.1999

(56) Ссылки: EP, 0496655, A, 29.07.92. US, 4898515, A, 06.02.90. SU, 1237457, A1 15.06.86.

(85) Дата перевода заявки PCT на национальную фазу: 02.01.96

(86) Заявка PCT:
US 94/06018 (26.05.94)

(87) Публикация PCT:
WO 94/27866 (08.12.94)

(98) Адрес для переписки:
103055 Москва, ул.Ильинка 5/2, Патентному поверенному Попеленскому Н.К.

(71) Заявитель:
Юнайтид Текнолоджиз Копэрейшн (US)

(72) Изобретатель: Бенс Френсис Э. (US), Краусс Тимоти А. (US), Шмейлинг Дейвид Н. (US)

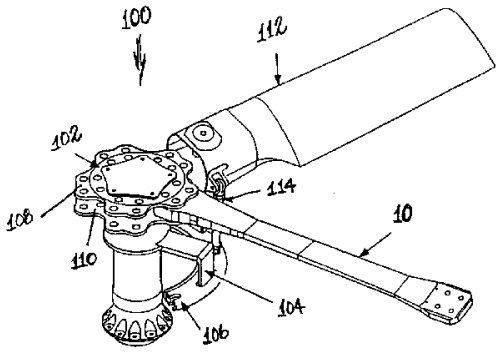
(73) Патентообладатель:
Юнайтид Текнолоджиз Копэрейшн (US)

RU 2126343 C1

(54) ЛОНЖЕРОН УПРУГИЙ ДЛЯ БЕСПОДШИПНИКОВОГО УЗЛА НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА

(57) Реферат:

По пролету лонжерон, имеет шесть областей: область (12) крепления к втулке; первую сужающуюся область (14), вторую сужающуюся область (16), шаговую область (18), сужающуюся внешнюю переходную область (20), область (22) крепления к трубчатой конструкции под крутящий момент лопасти несущего винта. Один описанный вариант осуществления упругого лонжерона изготавливают из сплошных однонаправленных слоев стекловолокна с ориентацией волокон под 0°, однонаправленных слоев стекловолокна переменной (разной) длины с ориентацией волокон под 0° и поперечных графитовых волокон с ориентацией волокон под ± 45°. Распределенное размещение концов слоев (волокон) приводит к относительно равномерному распространению ударных нагрузок в лонжероне в слоистые структуры, а соответственно к повышению баллистической стойкости. 2 з.п.ф-лы, 4 ил.



Фиг. 1

RU 2126343 C1

(19) **RU** (11) **2 126 343** (13) **C1**

(51) Int. Cl.[6] **B 64 C 27/33**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 96101508/28, 26.05.1994

(30) Priority: 02.06.1993 US 08/070573

(46) Date of publication: 20.02.1999

(85) Commencement of national phase: 02.01.96

(86) PCT application:
US 94/06018 (26.05.94)

(87) PCT publication:
WO 94/27866 (08.12.94)

(98) Mail address:
103055 Moskva, a/ja 11 Patentnomu
poverennomu Popelenskomu N.K.

(71) Applicant:
Junajtid Teknolodzhiz Kopehrejshn (US)

(72) Inventor: Bens Frensis Eh. (US),
Krauss Timoti A. (US), Shmejling Dejvid N. (US)

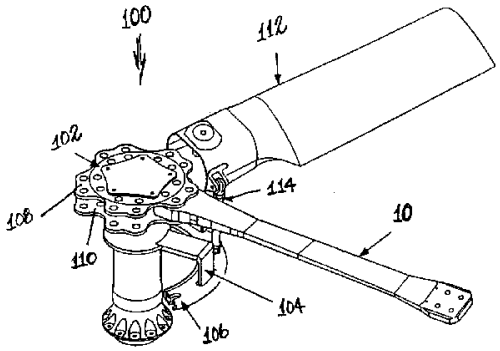
(73) Proprietor:
Junajtid Teknolodzhiz Kopehrejshn (US)

(54) FLEXIBLE SPAR FOR BEARINGLESS UNIT OF HELICOPTER MAIN ROTOR

(57) Abstract:

FIELD: aeronautical engineering. SUBSTANCE: spar has six areas in span: area 12 of attachment to hub; first narrowing area 14; second narrowing area 16; pitch area 18; narrowing outer adapter area 20 and area 22 for attachment to tubular structure according to torque of propeller blade. According to this version, spar is made from continuous unidirectional glass fibre at orientation of fibres of 0 deg, unidirectional layers of glass fibre of varying length at orientation of fibres of 0 deg and transversal graphite fibres at orientation of fibres of ±45 deg. Spread position of ends of layers (fibres) ensures relatively smooth propagation of impact loads in spar into laminated structures.

EFFECT: enhanced ballistic resistance. 3 cl, 4 dwg



Фиг. 1

RU 2126343 C1

RU 2126343 C1

Техническая область, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к бесподшипниковым узлам несущего винта для вертолетов, в частности: к упругому лонжерону для бесподшипникового узла несущего винта вертолета.

Уровень техники

Узлы несущего винта вертолета подвергаются действию множества рабочих сил - аэродинамических, инерционных и центробежных. Втулка узла несущего винта вертолета должна быть достаточно механически прочной, чтобы противодействовать таким силам, и в то же время достаточно податливой, чтобы допускать некоторое независимое движение лопасти несущего винта для снятия напряжений в ней. Для удовлетворения этим противоречивым требованиям, узлы несущего винта, согласно известным техническим решениям, изготавливают из высокопрочных металлических материалов и встраивают шарниры и/или подшипники для облегчения независимого движения каждой лопасти несущего винта. Такие узлы несущего винта согласно известным техническим решениям механически сложны, трудны в обслуживании и дороги в эксплуатации.

Хотя некоторые улучшения в отношении требований по обслуживанию, надежности и стоимость были сделаны благодаря использованию в узлах несущего винта вертолета эластомерных подшипников, в последнее время внимание сосредоточилось на "бесподшипниковых" узлах несущего винта. Бесподшипниковые узлы несущего винта содержат упругие конструктивные элементы, например, упругие лонжероны, которые предназначены для передачи изгибающих нагрузок (хордовых или типа биения), осевых (центробежных) нагрузок и скручивающих (шаговых) нагрузок и/или противодействия им. Каждый упругий лонжерон крепится непосредственно к втулке бесподшипникового узла несущего винта, чтобы получить "бесшарнирную" конфигурацию, которая устраняет необходимость в элементах качения или эластомерных подшипниках (биение, лобовое сопротивление) в месте крепления со втулкой. При конструировании упругого лонжерона для бесподшипникового узла несущего винта должно удовлетворяться несколько противоречивых конструктивных ограничений.

Во-первых, крепежные сочленения упругого лонжерона должны быть конструктивно жесткими, чтобы передавать лопастные нагрузки на втулочный узел бесподшипникового узла несущего винта. Упругий лонжерон должен содержать часть в виде двухстворчатого шарнира, обеспечивающую способность противодействовать нагрузкам типа биения. Соответственно, двустворчатой шарнирной части нужно придать такую конструктивную конфигурацию, чтобы распределять высокие деформации изгиба, возникающие из-за высоких нагрузок при маневрах, и противодействовать центробежным нагрузкам лопастей. В третьих, упругий лонжерон должен содержать шаговый участок с уменьшенной жесткостью на скручивание для облегчения управления общим и циклическим шагом несущего винта, т.е., высокоэластичных движений скручивания лопасти несущего винта. Соответственно, шаговый участок должен распределять высокие деформации кручения, возникающие из-за ввода (переключения значений) общего/циклического шага, и должен иметь достаточную прочность, чтобы противодействовать центробежным нагрузкам лопастей, чтобы предотвратить продольный изгиб упругого лонжерона от кручения под хордовой нагрузкой.

Основным преимуществом упругого лонжерона является отделение нагрузок типа биения от скручивающих нагрузок, благодаря чему допускается увеличенное смещение от биения и в то же время уменьшается смещение при движении втулки. Летные характеристики и возможности вертолета определяются, в основном, конструкцией узла несущего винта и, в частности, расстоянием между втулочным узлом несущего винта и эквивалентным двусторонним шарниром, т.е., постоянной движения втулки или смещением шарнира (выраженными в процентах радиуса несущего винта). Когда смещение шарнира возрастает (чем дальше "шарнир" от центра втулки, тем больше константа движения), лопастные нагрузки более эффективно передаются на вертолет через втулочный узел несущего винта, т.е., возможности управления и быстроты перестройки увеличиваются с увеличением смещения шарнира. Вибрация и чувствительность к порывам ветра также возрастают при смещении шарнира, однако, стабильность шага (несущего винта) вертолета также прогрессивно уменьшается при возрастании смещения шарнира. Следовательно, смещение шарнира является компромиссом между быстрой перестройкой и высокоскоростным управлением. Трудно сконструировать втулочный узел для бесподшипникового узла несущего винта, который достаточно гибок, чтобы обеспечить малое смещение шарнира, и в то же время достаточно прочен, чтобы выдерживать высокие центробежные нагрузки (порядка тридцати пяти тонн).

Конструкция композитных упругих лонжеронов для бесподшипниковых узлов несущего винта является одой из вызывающих проблем, с которой сталкиваются инженеры-конструкторы вертолетов. Композитный упругий лонжерон необходимо сконструировать так, чтобы он удовлетворял требованиям по деформации изгиба, касательным напряжениям, продольному изгибу и частотным ограничениям для критических условий нагрузок, т. е. , нагрузок типа биения, скручивания, хордовых и центробежных нагрузок, которые являются результатом конструктивных ограничений, таких, как моментная жесткость втулки, хордовый момент вибрации и угол начального конуса (шаговый угол). Критические условия нагрузки включают в себя запуск и остановку, которые генерируют высокодеформирующие нагрузки типа биения и хордовые низкого цикла, и условия полета вперед, которые могут генерировать высокодеформирующие нагрузки высокого цикла, такие, как колебательные перемещения биения и кручения с частотой 1 колебание/оборот.

RU 2126343 C1

RU 2126343 C1

В общем, необходимо определенное минимальное поперечное сечение для передачи центробежных нагрузок лопастей несущего винта. Наоборот, однако, толщина данного композитного материала (материалов), содержащего упругий лонжерон, должна быть минимизирована, чтобы гарантировать, что максимально допустимые пределы касательных напряжений по скручиванию не будут превышены. Нагрузки от биения и хордовые нагрузки требуют дополнительного материала в упругом лонжероне, чтобы противостоять изгибающим нагрузкам. Однако, такой дополнительный материал увеличивает жесткость упругого лонжерона, вызывая увеличенное смещение шарнира. Для пластичной внутренней конструкции несущего винта хордовую жесткость несущего ротора необходимым образом регулируют, чтобы получить хордовую частоту несущего винта около 0,7 колебаний/оборот. Однако, если упругий лонжерон слишком жесткий, хордовые нагрузки увеличатся из-за резонанса на частоте 1 колебание/оборот. Жесткость на скручивание шагового участка упругого лонжерона необходимо минимизировать, чтобы свести требования по мощности шагового привода к минимуму. Однако, жесткость на скручивание шагового участка, напротив, должна быть высокой, чтобы обеспечить устойчивость к выгибанию (продольному изгибу) под краевой нагрузкой.

Хотя инженеры-конструкторы вертолетов борются за то, чтобы удовлетворить вышеуказанным ограничениям при конструировании оптимального упругого лонжерона для бесподшипникового узла несущего винта, внимание также необходимо уделять производственным соображениям. Композитный упругий лонжерон должен быть относительно несложным с точки зрения производства. Композитный упругий лонжерон должен быть сконструирован так, чтобы избежать неподходящих переходов и резких изменений по поперечному сечению. Известны технические решения конструкций упругих лонжеронов с нижними или верхними ребрами, создающими необходимую конструктивную прочность. Однако, изготовление композитного упругого лонжерона, содержащего усиленную ребрами конструкции, является относительно сложным производственным процессом. Упругий лонжерон, согласно известным техническим решениям имеющий шаговые участки прямоугольной конфигурации, которые распределяют центробежные нагрузки и предотвращают продольный изгиб при кручении, в общем, слишком жесткий в отношении кручения, чтобы распределять требуемые шаговые прогибы при кручении.

В европейской патентной заявке N EP-A-O 496695 описан упругий лонжерон (10) предшествующего уровня техники единой композитной конструкции, которая включает в себя втулочную часть (18), имеющую множество ответвлений (12), равномерно расположенных по периферии вокруг нее и отходящих от нее по радиусу наружу. Каждое ответвление (12) содержит внешний конец (22), которому придана конфигурация для соединения упругого лонжерона (10) с лопастью несущего винта, внутреннюю область (28), которой придана конфигурация для соединения упругого лонжерона (10) с осью втулки несущего винта, область (38) с минимальным поперечным сечением для распределения (демпфирования) изменений шага, запаздывания хода и биений, радиальной внешней сужающейся секции (34), промежуточной между внутренней областью (28) и областью (38) с минимальным поперечным сечением. Каждое ответвление (12) имеет в каждой радиальной точке вдоль его пролета простую прямоугольную конфигурацию поперечного сечения.

Упругий лонжерон (10) с множеством ответвлений изготавливают из полной длины однонаправленных слоев половинной ширины (ориентация волокон под 0 °), однонаправленных сужающихся слоев половинной ширины (ориентация волокон под 0°), сужающихся поперечных слоев полной ширины (ориентация волокон под 45 °) и прокладочных слоев. Каждый однонаправленный слой (например, 62) полной длины пакетируется (накладывается на другой слой) для образования половины одного ответвления (12), промежуточного сегмента втулочной части (18) и половины диаметрально противоположного ответвления (12). Взаимодействующая пара наложенных друг на друга однонаправленных слоев (например, 62, 68) полной длины определяет одно ответвление (12) упругого лонжерона (10). Однонаправленные прокладочные слои (например, 73) укладывают в промежутки, образующиеся путем отделения каждой взаимодействующей пары уложенных в пакет слоев (например, 62, 68) полной длины.

Первые сужающиеся поперечные слои (например, 92) полной ширины пакетируются для образования внутренней области (28) и радиальной внешней сужающейся секции (34) каждого ответвления (12), а вторые сужающиеся поперечные слои (например, 94) полной ширины пакетируются для образования внешнего конца (22) и радиальной внутренней сужающейся секции (36) каждого ответвления (12). Каждый однонаправленный сужающийся слой (например, 62') половинной ширины пакетируется для образования половины внутренней области (28) и диаметрально противоположного ответвления (12), а также промежуточного сегмента втулочной части (18). Взаимодействующая пара пакетированных однонаправленных сужающихся слоев (например, 62', 68') половинной ширины образует внутреннюю область и радиальную внешнюю сужающуюся секцию (34) одного ответвления. Однонаправленные прокладочные слои (например. 73') пакетируются в промежутках, образованных путем отделения каждой взаимодействующей пары пакетированных однонаправленных сужающихся слоев (например, 62', 68') половинной ширины.

В заявке на Европейский патент EP-A-0496695 указано, что однонаправленные сужающиеся слои половинной ширины и сужающиеся поперечные слои полной ширины прокладываются между однонаправленными слоями полной длины и половинной ширины для создания требуемого сужения и формы втулочной части (18) и внутренней части (28), радиальной внешней сужающейся части (34), области (38) с минимальным поперечным сечением,

RU 2126343 C1

RU 2126343 C1

радиальной внутренней сужающейся области (36) и внешнего конца (22) каждого ответвления упругого лонжерона (10) с множеством ответвлений. Кроме того, в заявке на Европейский патент EP-A-0496695 указывается, что однонаправленные сужающиеся слои половинной ширины и сужающиеся поперечные слои половинной ширины имеют разную длину в целях образования сужений радиальной внешней сужающейся секции (34) и радиальной внутренней сужающейся секции (36) каждого ответвления (12) упругого лонжерона (10) с множеством ответвлений, так, что завершенные концы таких слоев формируют распределенное расположение в радиальной внешней сужающейся секции (34) и радиальной внутренней сужающейся секции (36).

Хотя в заявке на Европейский патент EP-A-0496695 указывается, что различные слои, образующие упругий лонжерон (10) с множеством ответвлений, могут быть из стекловолокна, графита или кевлара (KEVLAR зарегистрированный товарный знак компании E.I. du Pont de Nemours & Co. для волокна ароматического полиамида исключительно высокой прочности на растяжение), в описании явным образом не указан конкретный состав материала полной длины однонаправленных слоев половинной ширины, однонаправленных сужающихся слоев половинной ширины, сужающихся поперечных слоев полной ширины и прокладочных слоев, составляющих описываемый вариант осуществления упругого лонжерона (10) с множеством ответвлений. То есть в заявке на Европейский патент EP-A-0496695 явным образом не указано, являются ли слои, составляющие упругий лонжерон (10) с множеством ответвлений, смесью композитных материалов, например, стекловолокна, графита и/или кевлара, или одиночным композитным материалом, например, стекловолокном, хотя в этой заявке, конечно, предполагается использование лишь одиночного композитного материала, поскольку примеры материалов перечислены в альтернативном формате.

Существует необходимость создания оптимизированного упругого лонжерона для пластичного внутреннего бесподшипникового узла несущего винта. Упругий лонжерон должен иметь оптимальную конструкцию, позволяющую распределять деформации изгиба, касательные напряжения, продольный изгиб и удовлетворяющую частотным требованиям бесподшипникового узла несущего винта, и в то же время быть соответственно простым для производства. Упругий лонжерон должен иметь прямоугольное поперечное сечение, чтобы минимизировать производственный риск и максимизировать эффективность по кручению.

Сущность изобретения

Целью настоящего изобретения является разработка упругого лонжерона для простого, дешевого, пластичного внутреннего бесподшипникового узла несущего винта для вертолета.

Другой целью изобретения является разработка упругого лонжерона с конструкцией, пригодной для распределения деформаций изгиба, касательных напряжений, продольного изгиба и согласованной с частотными требованиями пластичного внутреннего бесподшипникового узла несущего винта.

Еще одной целью настоящего изобретения является разработка упругого лонжерона, имеющего превосходные характеристики по баллистической толерантности (стойкости).

Очередной целью настоящего изобретения является разработка упругого лонжерона, которому придана такая конфигурация, чтобы обеспечить способность шагового прогиба в его упругой части, такого, чтобы минимизировать скорость закручивания.

Очередной целью настоящего изобретения является разработка упругого лонжерона, формируемого из композитных слоистых структур, имеющих в выбранных его областях распределенное расположение мест начала снижения слоев, такое, что ударные нагрузки на упругий лонжерон распространяются в слоистую структуру относительно однородно, а не концентрируются на локализованной линии действия.

Эти и другие цели настоящего изобретения достигаются благодаря упругому лонжерону согласно настоящего изобретения для пластичного внутреннего бесподшипникового узла несущего винта, который содержит множество сплошных однонаправленных слоев, имеющих ориентацию волокон под 0°, которые идут по длине упругого лонжерона, первое множество однонаправленных слоев, имеющих ориентацию волокон под 0° и разной длины, первое множество поперечных слоев, имеющих ориентацию волокон под $\pm$45° и разной длины, и второе множество поперечных слоев, имеющих ориентацию волокон под $\pm$45° и разной длины. Множество сплошных однонаправленных слоев, первое множество однонаправленных слоев и первое множество поперечных слоев, объединенные в пакет в порядке чередования, формируют область крепления к втулке упругого лонжерона. Объединение в пакет чередующихся множества сплошных однонаправленных слоев, первого множества однонаправленных слоев и первого множества поперечных слоев, идущих во внешнем направлении от области крепления к втулке, образует первую сужающуюся область упругого лонжерона. Концы первого множества поперечных слоев завершаются в виде распределенного расположения в первой сужающейся области, очерчивая ее сужение. Множество сплошных однонаправленных слоев образуют шаговую область упругого лонжерона.

Упругий лонжерон отличается тем, что множество однонаправленных слоев и первое множество однонаправленных слоев, идущих во внешнем направлении от первой сужающейся области, образуют вторую сужающуюся область упругого лонжерона. Концы первого множества однонаправленных слоев завершаются в виде распределенного расположения во второй сужающейся области, очерчивая ее сужение. Упругий лонжерон дополнительно содержит второе множество однонаправленных слоев,

RU 2126343 C1

RU 2126343 C1

имеющих ориентацию волокон под 0° и концы разной длины. Множество сплошных однонаправленных слоев, второе множество однонаправленных слоев и второе множество поперечных слоев, объединенные в пакет в порядке чередования, формируют сужающуюся внешнюю переходную область. Концы второго множества однонаправленных слоев и второго множества поперечных слоев, в сочетании образуют распределенное расположение в сужающейся внешней переходной области, очерчивая ее сужение. Объединение в пакет чередующихся сплошных однонаправленных слоев, второго множества однонаправленных слоев и второго множества поперечных слоев, идущих во внешнем направлении от сужающейся внешней переходной области, образуют область крепления к трубчатой конструкции под крутящий момент лопасти упругого лонжерона.

Упругий лонжерон дополнительно отличается тем, что множество сплошных однонаправленных слоев, первое множество однонаправленных слоев, и второе множество однонаправленных слоев формируют из композитного материала, имеющего хорошие характеристики по баллистической стойкости. Стекловолокно является одним из таких материалов. Первое множество поперечных слоев и второе множество поперечных слоев формируют из композитного материала, имеющего высокое отношение жесткости к весу. Графит является одним из таких материалов.

Перечень фигур чертежей и иных материалов.

Более полное понимание настоящего изобретения и сопутствующих его особенностей и преимуществ можно получить, обратившись к последующему подробному описанию изобретения, рассматривая его в связи с прилагаемыми чертежами, на которых:

Фиг. 1 - вид в перспективе взятого в качестве примера бесподшипникового втулочного узла несущего винта для вертолета.

Фиг. 2 - вид в перспективе упругого лонжерона согласно настоящему изобретению.

Фиг. 3а - частичный вид в разрезе сужающейся упругой переходной области упругого лонжерона фиг.2.

Фиг. 3б - частичный вид в разрезе внешнего конца упругого лонжерона фиг. 2.

Фиг. 4а - частичный вид в разрезе, иллюстрирующий (известное) расположение мест начала снижения слоев.

Фиг. 4б - частичный вид в разрезе фиг. 3а, иллюстрирующий распределенное расположение мест начала снижения слоев упругого лонжерона согласно настоящему изобретению.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

Обратимся теперь к чертежам, на которых одни и те же символы идентифицируют соответствующие или подобные элементы на нескольких видах, фиг. 1 и 2 иллюстрируют упругий лонжерон 10 согласно настоящему изобретению для пластичного внутреннего бесподшипникового узла несущего винта (BMR) для вертолета. Пример втулочного узла 100 бесподшипникового узла несущего винта изображен на фиг. 1. Бесподшипниковый втулочный узел 100 несущего винта включает в себя полый вал 102 несущего винта для передачи крутящего момента от двигателя на лопасти (не показаны) бесподшипникового узла несущего винта, вращающиеся ножницы 104 и вращающееся кольцо 106 автомата перекоса. Бесподшипниковый втулочный узел 100 несущего винта дополнительно содержит верхнюю 108 и нижнюю 110 тарелки, образующие тяговую серьгу.

Каждый упругий лонжерон 10 крепится к бесподшипниковому узлу несущего винта посредством болтовых соединений, используя верхнюю 108 и нижнюю 110 тарелки. Каждый упругий лонжерон 10 согласно настоящему изобретению заключен внутри трубчатой конструкции 112 под крутящий момент, которая механически соединена с соответствующей лопастью несущего винта (ее внутренним концом) и упругим лонжероном (его внешним концом). Трубчатая конструкция 112 под крутящий момент предоставляет средства для подключения (и передачи) входных значений циклического и/или общего шага на лопасть несущего винта, которая регулируется путем закручивания соответствующего упругого лонжерона 10. Тяга 114 управления шагом механически соединена с внутренним концом трубчатой конструкции 112 под крутящий момент, и входные значения шага передаются на лопасти несущего винта посредством вращающихся ножниц 104, вращающегося кольца 106 автомата перекоса, тяг 114 управления шагом и трубчатых конструкций 112 под крутящий момент, соответственно.

Упругий лонжерон 10 согласно настоящему изобретению иллюстрируется более подробно на фиг. 2 и содержит по размаху шесть областей: область 12 крепления к втулке; первую сужающуюся область 14; вторую сужающуюся область 16, шаговую область 18, сужающуюся внешнюю переходную область 20; и область 22 крепления к трубчатой конструкции под крутящий момент (BT) лопасти несущего винта. Первая и вторая сужающиеся области 14, 16 образуют сужающуюся упругую переходную область 24 упругого лонжерона 10. Область 12 крепления к втулке имеет отверстия 26 для крепления упругого лонжерона 10 к бесподшипниковому узлу 100 несущего винта (с помощью верхней и нижней тарелок 108, 110). Область 22 крепления к трубчатой конструкции под крутящий момент содержит отверстия 28 для крепления упругого лонжерона 10 к соответствующей трубчатой конструкции 112 под крутящий момент и лопасти несущего винта.

Упругий лонжерон 10 согласно настоящему изобретению конструктивно оптимизирован с целью одновременного удовлетворения ограничениям по деформациям изгиба, касательным напряжениям, продольному изгибу и частотным требованиям предпочтительного бесподшипникового узла несущего винта (например, моментной жесткости, пределам шагового угла). Упругим лонжеронам 10 придана такая конфигурация, чтобы они противодействовали нагрузкам биения, хордовым, крутящим и центробежным соответствующих лопастей несущего винта.

RU 2126343 C1

RU 2126343 C1

Кроме того, упругие лонжероны 10 изготавливают так, чтобы распределять высокие деформации изгиба, вызываемые высокими нагрузками несущего винта при маневрах и высокими деформациями кручения из-за ввода (изменения) значений циклического и/или общего шага. Каждая область упругого лонжерона 10 конструктивно по конфигурации выполнена так, чтобы выполнять специальную основную функцию и, кроме того, каждая область стыкуется с другими областями и их функциями.

Области 12 крепления с втулкой придана такая конфигурация, чтобы обеспечить крепление упругого лонжерона 10 к бесподшипниковому узлу 100 несущего винта. Функционально область 12 крепления, в основном, предназначена для передачи моментов упругого лонжерона 10 в бесподшипниковоый узел 100 несущего винта. Хордовые изгибающие моменты и центробежные силы действуют через болтовые соединения области 12 крепления к втулке. Моменты биения вызываются (1) дифференциальной изгибающей нагрузкой болтового соединения, которое создает осевое напряжение и давление в верхней и нижней тарелках 108, 110; и (2) напряжениями изгиба в верхней и нижней тарелках 108, 110. Первой сужающейся области 14 конструктивно придана такая конфигурация, чтобы получить эффективное смещение двухстворчатого шарнира (петли) для бесподшипникового узла 100 несущего винта.

Вторая сужающаяся область 16 обеспечивает переход в шаговую область 18 и вносит вклад в способность настройки для первой частоты запаздывания бесподшипникового узла 100 несущего винта, например, около 0,7 колебаний/оборот. Сужающейся упругой переходной области 24 и, в частности, ее второй сужающейся области 16 конструктивно придана такая конфигурация, чтобы противодействия части эластичных смещений кручения (наведенный шаг) упругого лонжерона 10. Шаговая область 18 конструктивно выполнена в такой конфигурации, чтобы воспринять основную часть шагового смещения лопасти, т.е., смещения кручения из- за ввода значений шага, она также вносит свой вклад в режим настройки первой частоты запаздывания. Внешняя переходная область 20 обеспечивает переход между шаговой областью 18 и областью 22 крепления к трубчатой конструкции под крутящий момент. Области 22 крепления к трубчатой конструкции под крутящий момент придана такая конфигурация, чтобы обеспечить крепление упругого лонжерона 10 к соответствующей трубчатой конструкции 112 под крутящий момент и лопасти несущего винта. Центробежные силы лопасти несущего винта действуют через область 22 крепления к трубчатой конструкции под крутящий момент.

Чтобы получить прямоугольную конфигурацию поперечного сечения, которая облегчает производство упругого лонжерона 10, способность шагового прогиба обеспечивает вторая сужающаяся область 16 сужающейся упругой переходной области 24 вдобавок к шаговой области 18. Путем увеличения числа областей упругого лонжерона 10, которые воспринимают (поглощают) часть его эластичных смещений кручения, в шаговой области 18 упругого лонжерона 10 обеспечивают относительно низкую скорость закручивания, что позволяет его конструктивно оптимизировать, т. е., сделать достаточно толстым, чтобы предотвратить продольный изгиб (выгибание), и в то же время с приемлемыми уровнями деформаций кручения. Первой сужающейся области 14 придана такая конфигурация, чтобы обеспечить свойства как жесткости при кручении, так и упругости. Второй сужающейся области 16 придана такая конфигурация, чтобы обеспечить уменьшенную жесткость при кручении и в то же время соответствующее противодействие приложенным изгибающим нагрузкам. Упругий лонжерон 10 имеет прямоугольную конфигурацию поперечного сечения, которая минимизирует производственный риск и в то же время соответственно максимизирует эффективность по кручению.

Упругий лонжерон 10 согласно настоящему изобретению, для того, чтобы получить характеристики, описанные выше, составляют из смеси композитных волокон (или из препрегов или RTM), воплощающих конкретные (специальные) характеристики, расположенных заданным способом, как более подробно описано ниже. Основным конструктивным ограничением для упругого лонжерона 10 согласно настоящему изобретению была баллистическая живучесть ввиду того, что упругий лонжерон 10 предполагалось использовать в бесподшипниковоых узлах несущего винта вертолетов, имеющих военное назначение. Это конструктивное ограничение диктовало использование композитных слоев, имеющих хорошие характеристики по баллистической стойкости, например, хорошие характеристики по стойкости к разрушению, прочности и несущей способности. Одним таким композитным материалом, имеющим хорошие характеристики по баллистической стойкости, является стекловолокно. Вдобавок к хорошим характеристикам по баллистической стойкости стекловолокно обладает также допустимостью деформаций. Однако, стекловолокно имеет низкое отношение жесткости к весу. Напротив, графит, который имеет малые стойкость к разрушению, жесткость и несущую способность, т.е., плохие характеристики по баллистической стойкости, обладает хорошей допустимостью деформаций и высоким отношением жесткости к весу. Графитовые слои обеспечивают высокую жесткость при кручении, требуемую для области 12 крепления к втулке, первой сужающейся области 14, сужающейся внешней переходной области 20 и области 22 крепления к трубчатой конструкции под крутящий момент упругого лонжерона 10 согласно настоящего изобретения.

Вариант осуществления упругого лонжерона 10, описываемый здесь, был изготовлен с использованием композитных слоев на основе слоев стекловолокна и отверждающейся эпоксидной смолы и композитных слоев на основе слоев графита и отверждающейся эпоксидной смолы. В частности, стекловолокно было марки Ciba-Ceighy 7376/S-2, а графит - марки 6376. Слои стекловолокна представляли собой

RU 2126343 C1

RU 2126343 C1

однонаправленные волокна, имеющие ориентацию по (размаху) под 0°. а графитовые слои - поперечные слои с ориентацией волокон под 45°. Хотя вариант осуществления упругого лонжерона 10, описываемый в последующих абзацах, был изготовлен из слоев стекловолокна и графита типа, описанного выше, специалисту в данной области техники ясно, что упругий лонжерон 10 можно изготовить из других типов стекловолокна и/или графита, а также других композитных материалов, которые обладают характеристиками, сравнимыми с характеристиками стекловолокнистых и графитовых материалов, описанных выше.

Область 12 крепления к втулке упругого лонжерона 10 содержит смесь по существу в отношении 50/50 однонаправленных слоев 30 стекловолокна и под углом ±45° графитовых поперечных слоев 32 (слои 39, 32 изображены на фиг. 3а, 3б). Однонаправленные слои 30 стекловолокна и расположенные под углом ±45° графитовые поперечные слои 32 наращивают в форме перемежающимися слоями от внешней линии формы во внутреннем направлении, чтобы образовать область 12 крепления к втулке. Перемежающиеся однонаправленные слои 30 стекловолокна и расположенные под углом ±45° графитовые поперечные слои 32 обеспечивают высокую жесткость при кручении и высокую прочность на изгиб.

Для описываемого варианта осуществления упругого лонжерона 10 область 12 крепления к втулке содержит сто семьдесят шесть слоев 30 однонаправленного стекловолокна 30 и сто шестьдесят восемь слоев 32 графита под ±45°. Начиная на внешних поверхностях области 12 крепления к втулке, распределение слоев в поперечном сечении содержит повторяющиеся последовательности 34 слоев из двух однонаправленных слоев 30 стекловолокна, графитового под -45° поперечного слоя 32А и графитового под +45° поперечного слоя 32В (по сорок две последовательности 34 слоев по каждую сторону от центровой линии упругого лонжерона), за исключением центровой линии упругого лонжерона 10, где восемь однонаправленных слоев 30 стекловолокна расположены смежно.

Первая сужающаяся область 14 образована перемежающимися однонаправленными слоями 30 стекловолокна и графитовыми под ±45° поперечными слоями 32, идущими наружу от области 12 крепления к втулке. Это сочетание слоев 30, 32 придает первой сужающейся области 14 и жесткость при кручении, и упругость.

По существу все однонаправленные слои 30 стекловолокна, содержащие область 12 крепления к втулке, проходят в, и сквозь первую сужающуюся область 14. Самые глубокие однонаправленные слои 30 стекловолокна последовательностей слоев по каждую сторону от центровой линии упругого лонжерона имеют разную длину. Для описываемого варианта осуществления упругого лонжерона 10 тридцать два однонаправленных слоя 30 стекловолокна (каждые последние шестнадцать последовательностей 34 слоев примыкают к своей стороне центровой линии) имеют концы 30Е, которые заканчиваются в виде распределения 36А в области 12 крепления к втулке и первой сужающейся области 14, частично определяя сужающийся переход между нею и сужением первой сужающейся области 14.

Напротив, все поперечные под ±45° графитовые поперечные слои, образующие область 12 крепления к втулке, имеют разную длину. Графитовые под +45° поперечные слои 32, смежные с центровой линией, имеют самую короткую длину, а графитовые под ±45° поперечные слои 32, имеют возрастающую длину при приближении к внешним поверхностям области 12 крепления к втулке, т.е., внешней линии формы. Малое число графитовых под ±45° поперечных слоев 32, ближайших к центровой линии упругого лонжерона, имеет концы, оканчивающиеся в области 12 крепления к втулке, частично определяя сужающийся переход между областью 12 крепления к втулке и первой сужающейся областью 14. Более длинные графитовые под ±45° поперечные слои 32 имеют концы 32Е, оканчивающиеся в виде распределенного расположения 36В в первой сужающейся области 14, частично определяя сужение первой сужающейся области 14 (см. фиг. 3а). Самые длинные графитовые под -45° поперечные слои 32А (смежные с верхней и нижней поверхностями первой сужающейся области 14, т.е. внешней линии формы) имеют концы 32Е, оканчивающиеся на стыке между первой сужающейся областью 14 и второй сужающейся областью 16.

Вторая сужающаяся область 16 состоит исключительно из однонаправленных слоев 30 стекловолокна, проходящих через первую сужающуюся область 14. Начиная на стыке между первой сужающейся областью 14 и второй сужающейся областью 16, отдельные (выбранные) слои 30 стекловолокна имеют концы 30Е, оканчивающиеся в виде распределенного расположения 38 во второй сужающейся области 16, определяя ее сужение, как иллюстрируется на фиг. 3а. Для описываемого варианта осуществления восемьдесят однонаправленных слоев 30 стекловолокна имеют концы 30Е, оканчивающиеся во второй сужающейся области 16 (по сорок слоев 30 по каждую сторону от центровой линии упругого лонжерона). Толщина однонаправленных слоев 30 стекловолокна, содержащих вторую сужающуюся область 16, достаточна для того, чтобы противодействовать изгибающим нагрузкам, испытываемым упругим лонжероном 10. Соответственно, однонаправленные слои 30 стекловолокна обеспечивают уменьшенную жесткость при кручении, так, что вторая сужающаяся область 16 обеспечивает способность шагового прогиба в сужающейся упругой переходной областью 24 упругого лонжерона 10.

Шаговая область 18 образована сплошными однонаправленными слоями 30 стекловолокна, идущими наружу от второй сужающейся области 16. Для описываемого варианта осуществления шаговая область 18

RU 2126343 C1

RU 2126343 C1

состоит из шестидесяти четырех слоев 30 сплошного однонаправленного стекловолокна. Сплошные однонаправленные слои 30 стекловолокна, которые образуют шаговую область 18, определяют постоянное прямоугольное поперечное сечение в размахе (по пролету лонжерона), которое обеспечивает уменьшенную жесткость при кручении, что позволяет распределять высокие эластичные деформации кручения. Вдобавок, сплошные однонаправленные слои 30 стекловолокна, образующие шаговую область 18, обеспечивают достаточную прочность для передачи центробежных нагрузок и для предотвращения продольного изгиба данной области от кручения.

Сплошные однонаправленные слои 30 стекловолокна, содержащие шаговую область 18, идут наружу в сужающуюся внешнюю переходную область 20 и область 22 крепления к трубчатой конструкции под крутящий момент. Дополнительные однонаправленные слои 30 стекловолокна разной длины и графитовые под ±45° поперечные слои 32 разной длины перемежаются со сплошными однонаправленными слоями 30 стекловолокна, образуя сужающуюся внешнюю переходную область 20 и область 22 крепления к трубчатой конструкции под крутящий момент, как иллюстрируется на фиг. 36, такая слоистая конфигурация обеспечивает распределенное расположение 40 слоев 30, 32, содержащих концы 30E, 32E аналогично концам 30E, 32E слоев 30, 32, образующим область 12 крепления к втулке и первую сужающуюся область 14.

Для описываемого варианта осуществления упругого лонжерона 10 добавлено тридцать два слоя 30 однонаправленного стекловолокна (по шестнадцать слоев 30 по каждую сторону от центровой линии упругого лонжерона), чтобы обеспечить в сумме девяносто шесть слоев 30 однонаправленного стекловолокна (в сумме по сорок восемь слоев 30 по каждую сторону от центровой линии упругого лонжерона) и восемьдесят восемь слоев 32 графита под ±45° (по сорок четыре поперечных слоя 32 по каждую сторону от центровой линии упругого лонжерона). Начиная на внешних поверхностях области 22 крепления к трубчатой конструкции под крутящий момент, т.е., внешней линии формы, распределение слоев в поперечном сечении аналогично распределению в области 12 крепления к втулке. То есть повторяются последовательности 34 слоев из двух однонаправленных слоев 30 стекловолокна, графитового под -45 ° поперечного слоя 32A и графитового под +45° поперечного слоя 32B (по двадцать две последовательности 34 слоев по каждую сторону от центровой линии упругого лонжерона), за исключением центровой линии упругого лонжерона 10, на которой расположено смежно восемь однонаправленных слоев 30. Структура из слоев 30, 32 сужающейся внешней переходной области 20 и области 22 крепления к трубчатой конструкции под крутящий момент аналогична структуре из слоев 30, 32 области 12 крепления к втулке и первой сужающейся области 14, соответственно, за исключением уменьшенного числа перемежающихся слоев 30, 32, содержащих соответствующие области 20,22.

Как описано в предыдущих абзацах, выбранные слои 30 однонаправленного стекловолокна и все графитовые под ±45° поперечные слои 32, заключающие в себе упругий лонжерон 10, согласно настоящему изобретению имеют разную длину, благодаря чему обеспечивается распределенное размещение мест начала снижения слоев 36A, 36B, 38, 40, т.е., завершение концов 30E, 32E волокон в области 12 крепления к втулке, первой сужающейся области 14, второй сужающейся области 16, сужающейся внешней переходной области 20 и области 22 крепления к трубчатой конструкции под крутящий момент, соответственно. Уникальная слоистая конфигурация волокон упругого лонжерона 10 согласно настоящему изобретению имеет результатом распределение ударных нагрузок вдоль слоев 30, 32 волокон, содержащих упругий лонжерон 10, а не суммирование на локализованной линии действия, как это происходит в обычных (известных) схемах размещения мест начала снижения слоев. На фиг. 4а иллюстрируется известное размещение начала снижения слоев в сужающейся области, а фиг. 4б является увеличенным видом распределенного размещения 36B начала снижения слоев первой сужающейся области 14 упругого лонжерона 10 согласно настоящему изобретению.

Обратившись к фиг. 4а, можно видеть, что при обычной технологии наращивания слоев отдельные композитные слои P накладываются друг на друга (пакетируются), начиная от центровой линии (пресс)формы по направлению к внешней линии формы. Точка PS объединенного среза (хордовый срез и межслойный срез из-за окончаний PE слоев), как результат расположения завершенных концов PE пакетированных композитных слоев P, является смежной с наиболее глубокими завершенными концами PE волокон, как иллюстрируется на фиг. 4а. Наибольшее растягивающее напряжение в результате известной технологии пакетирования слоев приходится на наиболее глубокий композитный слой P. Результирующим эффектом известной технологии пакетирования слоев и расположения завершенных концов PE слоев являются кумулятивное друг напротив друга растягивающее напряжение, которое приводит к эффективной ударной нагрузке KL, действующей по единственной линии действия, как иллюстрируется на фиг. 4а. Эффект ударной нагрузки KL заключается в расщеплении или разделении отдельных слоев P, образующих пакет.

Для упругого лонжерона 10 согласно настоящего изобретения, напротив, отдельные слои 30, 32 начинают пакетироваться от внешней линии формы по направлению к центровой линии формы. Заделанные концы 30E и/или 32E смежных слоев 30 и/или 32, согласно настоящему изобретению, расположены так, чтобы образовать соответствующие распределенные расположения мест начала снижения слоев 36A, 36B, 38, 40 упругого

RU 2126343 C1

RU 2126343 C1

лонжерона 10. Как видно из фиг. 4б, завершенные концы 32E каждого соответствующего графитового поперечного слоя 32A проходят через завершенные концы 32E смежного графитового поперечного слоя 32B, как иллюстрируется на фиг. 4б. Точка наиболее высокого изгибающего напряжения, возникающего из-за конфигурации пакета слоев и распределенного размещения 36B завершенных концов 32 согласно настоящему изобретению обозначена на фиг. 4б позиционным номером 48. Это приводит к некумулятивному распределению ударных нагрузок 50 (иллюстрируется только три) относительно однородно в пакет 30, 32 слоев, содержащий первую сужающуюся область 14. Вследствие этого не происходит уменьшения прочности в пакете слоев, содержащем первую сужающуюся область 14 упругого лонжерона 10 согласно настоящему изобретению из-за окончаний 32 слоев, что приводит к упрочнению первой сужающейся области 14. Другие распределенные расположения 36A, 38, 40, описанные выше, обеспечивают аналогичные результаты для других областей 12, 16, 20, 22, соответственно, упругого лонжерона 10.

Возможно множество модификаций и изменений настоящего изобретения. Следовательно необходимо понимать, что в пределах области действия формулы изобретения настоящее изобретение на практике может быть реализовано иначе, чем конкретно описано выше.

Формула изобретения:

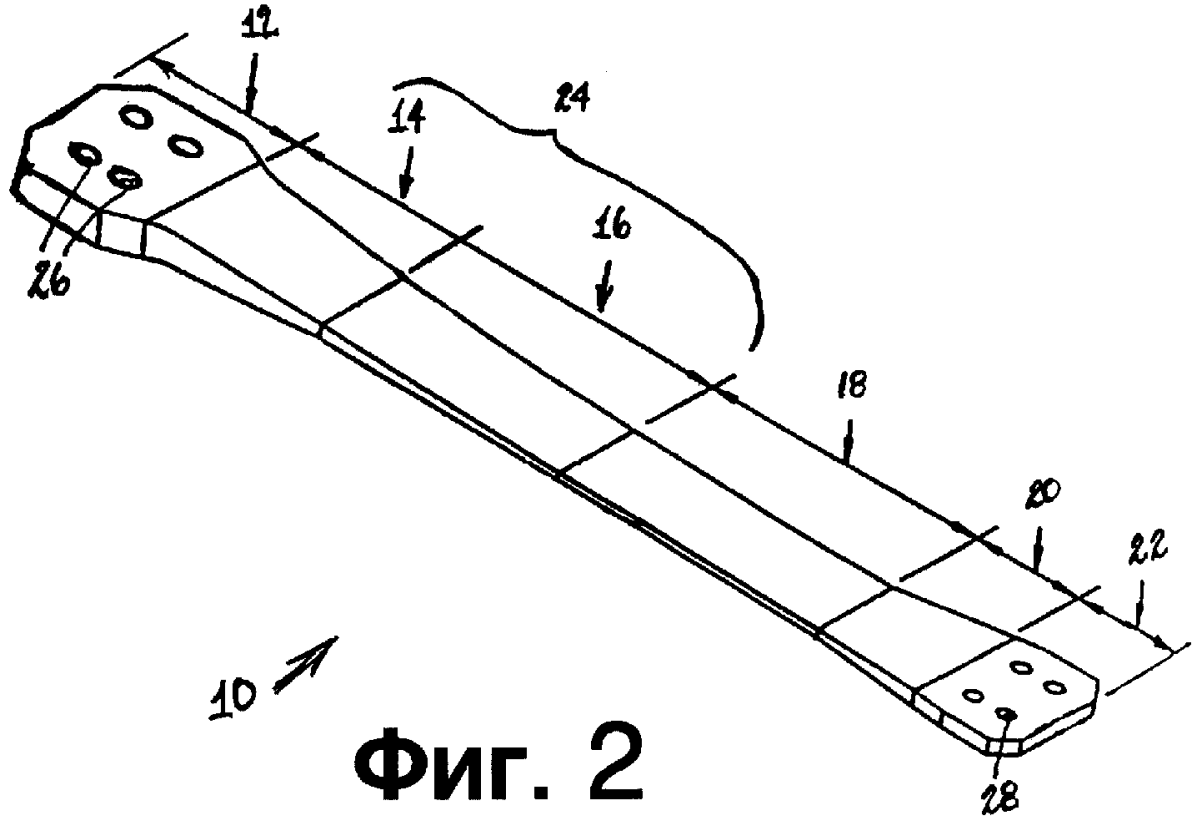
1. Упругий лонжерон (10) для бесподшипникового узла (100) несущего винта, содержащий множество сплошных однонаправленных слоев (30), волокна которых имеют ориентацию под 0°, идущих по длине указанного упругого лонжерона, первое множество однонаправленных слоев (30), волокна которых имеют ориентацию по 0°, причем слои (30) указанного множества имеют разную длину (30E), первое множество поперечных слоев (32), волокна которых имеют ориентацию под ±45°, причем поперечные слои (32) указанного первого множества имеют разную длину (32E), второе множество поперечных слоев (32), волокна которых имеют ориентацию под ±45°, причем поперечные слои (32) указанного второго множества имеют разную длину (32E), указанное множество сплошных однонаправленных слоев (30), указанное первое множество однонаправленных слоев (30) и указанное первое множество поперечных слоев (32), объединенные в пакет в порядке чередования и формирующие область (12) крепления к втулке указанного упругого лонжерона (10), указанное объединение в пакет чередующихся указанного множества сплошных однонаправленных слоев (30), указанного первого множества однонаправленных слоев (30) и указанного первого множества поперечных слоев (32), идущих во внешнем направлении от указанной области (12) крепления к втулке, образующее первую сужающуюся область (14) указанного упругого лонжерона (10), причем концы (32E) указанного первого множества поперечных слоев (32) выполнены в виде распределенного расположения (36A, 36B) в указанной первой сужающейся области (14), очерчивая ее сужение, указанное множество сплошных однонаправленных слоев (30), образующих шаговую область (18) упругого лонжерона (10), отличающийся тем, что указанное множество сплошных однонаправленных слоев (30) и указанное первое множество сплошных однонаправленных слоев (30), идущих во внешнем направлении от указанной первой сужающейся области (14), образуют вторую сужающуюся область (16) указанного упругого лонжерона (10), причем концы (30E) указанного первого множества однонаправленных слоев (30) выполнены в виде распределенного расположения (38) в указанной второй сужающейся области (16), очерчивая ее сужение, второе множество однонаправленных слоев (30) имеет ориентацию волокон под 0°, причем слои указанного второго множества однонаправленных слоев (30) имеют разную длину (30E), указанное множество сплошных однонаправленных слоев (30), идущих во внешнем направлении от указанной шаговой области (18), указанное второе множество однонаправленных слоев (30) и указанное второе множество поперечных слоев (32), объединенные в пакет в порядке чередования, формируют сужающуюся внешнюю переходную область (20) упругого лонжерона (10), причем концы (30E, 32E) указанного второго множества однонаправленных слоев (30) и указанного второго множества поперечных слоев (32) в сочетании образуют распределенное расположение (40) в указанной сужающейся внешней переходной области (20), очерчивая ее сужение, указанное объединение в пакет чередующихся указанных сплошных однонаправленных слоев (30) указанного второго множества однонаправленных слоев (30) и указанного второго множества поперечных слоев (32), идущих во внешнем направлении от указанной сужающейся внешней переходной области (20), формирует область (22) крепления к трубчатой конструкции под крутящий момент лопасти упругого лонжерона (10).

2. Упругий лонжерон (10) по п.1, отличающийся тем, что указанное множество сплошных однонаправленных слоев (30), указанное первое множество однонаправленных слоев (30) и указанное второе множество однонаправленных слоев (30) сформированы из композитного материала, имеющего хорошие характеристики по баллистической стойкости, а указанное первое множество поперечных слоев (32) и указанное второе множество поперечных слоев (32) сформированы из композитного материала, имеющего высокое отношение жесткости к весу.

3. Упругий лонжерон (10) по пп.1 и 2, отличающийся тем, что указанное множество сплошных однонаправленных слоев (30), указанное первое множество однонаправленных слоев (30) и указанное второе множество однонаправленных слоев (30) являются слоями стекловолокна, а указанное первое множество поперечных слоев (32) и указанное второе множество поперечных слоев (32) являются графитовыми слоями.

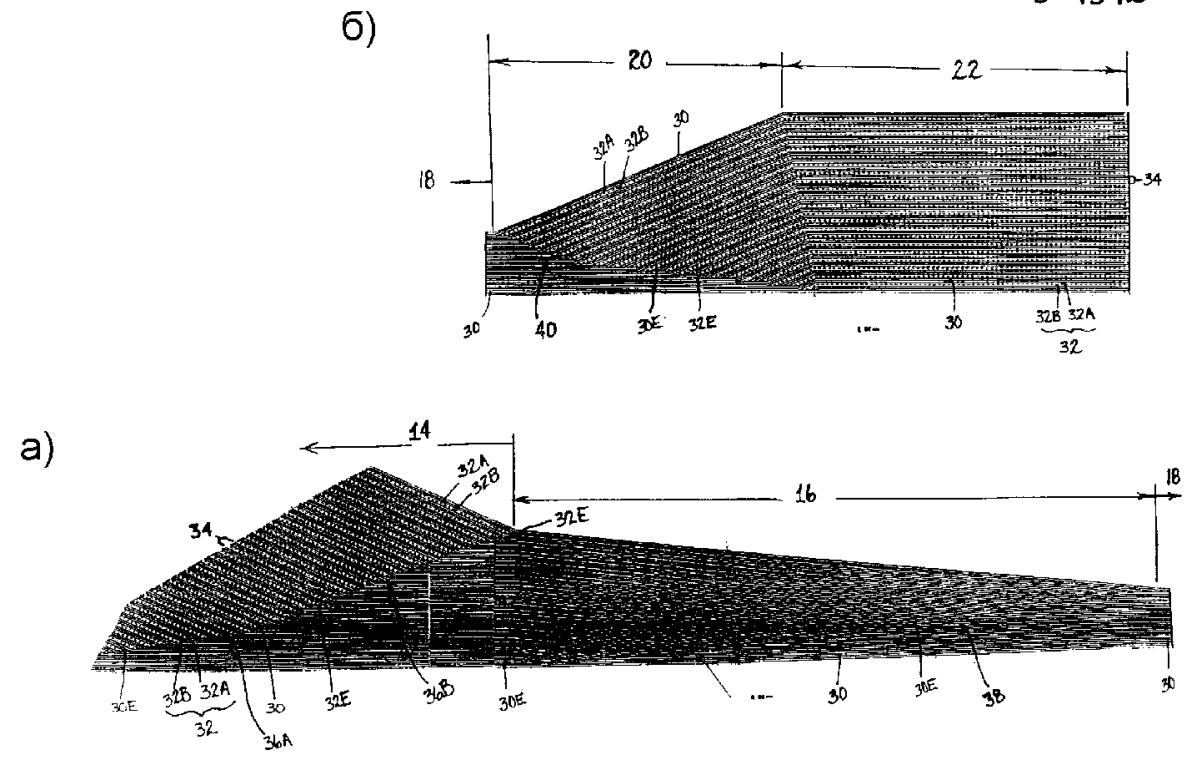
RU 2126343 C1

RU 2126343 C1



Фиг. 2

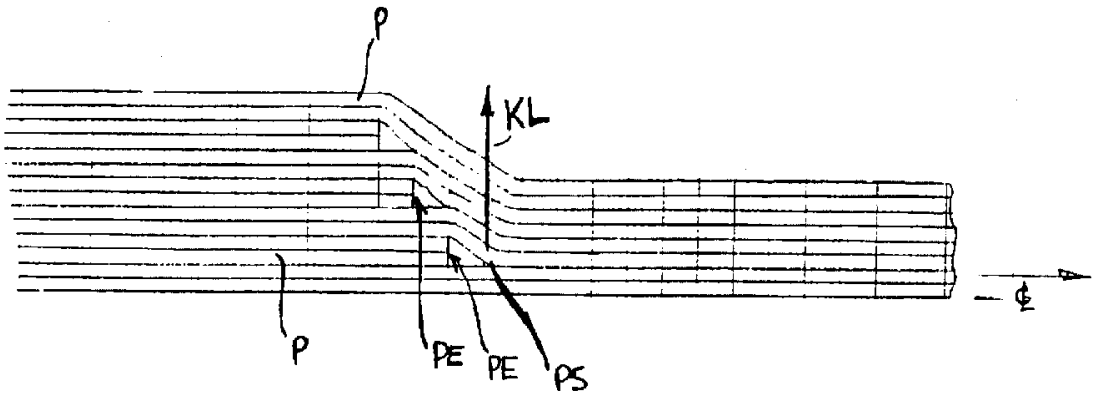
S-4592



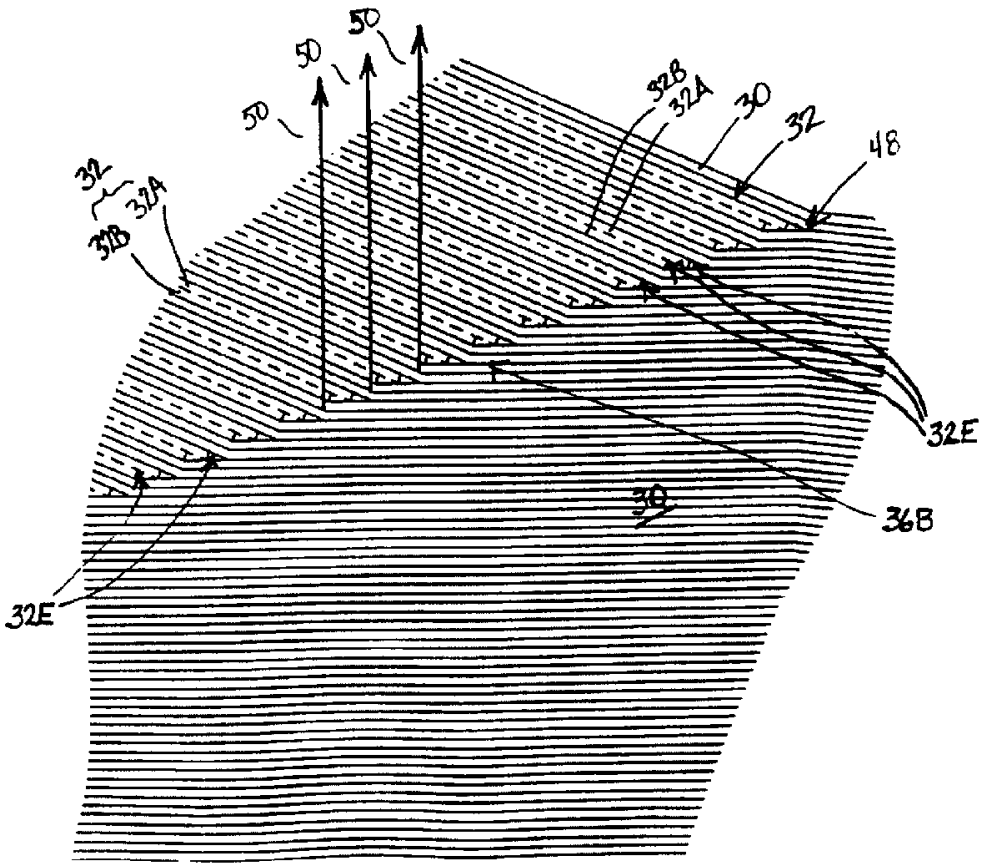
Фиг. 3

RU 2126343 C1

а)



б)



Фиг. 4

RU 2126343 C1

RU 2126343 C1