



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012150760/28, 10.05.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.05.2011

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
19.05.2010 US 12/783,374

(43) Дата публикации заявки: 27.06.2014 Бюл. № 18

(45) Опубликовано: 27.06.2015 Бюл. № 18

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 4404664 A1, 13.09.1983. US 4992990 A1, 12.02.1991. US 4231111 A1, 28.10.1980. US 20100118644 A1, 13.05.2010. EP 2128654 A2, 02.12.2009. US 7403448 B2, 22.07.2008

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 19.12.2012

(86) Заявка РСТ:
US 2011/035830 (10.05.2011)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2011/146281 (24.11.2011)

Адрес для переписки:
191036, Санкт-Петербург, а/я 24, "НЕВИНПАТ"

(72) Автор(ы):

**СИЛ Дэниел Б. (US),
ЛАМБЕРТ Дейл Дж. (US)**

(73) Патентообладатель(и):

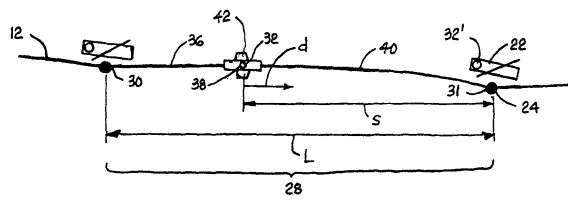
ИОН Геофизикал Корпорейшн (US)

(54) ОЦЕНКА ФОРМЫ СЕЙСМОПРИЕМНОЙ КОСЫ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области геофизики и может быть использовано при проведении морских сейсморазведочных работ. Заявлена система сейсмоприемной косы и связанные способы оценки формы управляемой в поперечном направлении сейсмоприемной косы. Сейсмоприемная коса разделена на ряд смежных секций сейсмоприемной косы устройствами управления в поперечном направлении. Датчики курса, размещенные в передней и кормовой

частях каждой секции, генерируют данные о курсе. Каждую секцию моделируют как имеющую прямолинейную форму в передней части и изогнутую форму в кормовой части. Форму секции оценивают согласно данной модели по данным о курсе на секции. Технический результат - повышение точности разведочных данных за счет повышения точности оценки формы сейсмоприемной косы. 3 н. и 16 з.п. ф-лы, 2 ил.



ФИГ. 2

RU 2554296 C2

RU 2554296 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01V 1/38 (2006.01)
B63B 21/66 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2012150760/28, 10.05.2011**
 (24) Effective date for property rights:
10.05.2011
 Priority:
 (30) Convention priority:
19.05.2010 US 12/783,374
 (43) Application published: **27.06.2014** Bull. № 18
 (45) Date of publication: **27.06.2015** Bull. № 18
 (85) Commencement of national phase: **19.12.2012**
 (86) PCT application:
US 2011/035830 (10.05.2011)
 (87) PCT publication:
WO 2011/146281 (24.11.2011)
 Mail address:
191036, Sankt-Peterburg, a/ja 24, "NEVINPAT"

(72) Inventor(s):
SEALE Daniel B. (US),
LAMBERT Dale J. (US)
 (73) Proprietor(s):
ION Geophysical Corporation (US)

(54) **SEISMIC STREAMER SHAPE EVALUATION**

(57) Abstract:

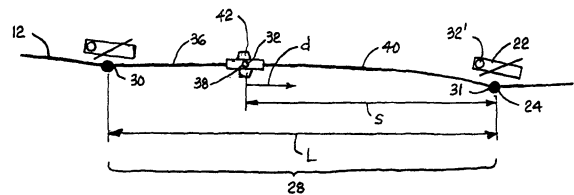
FIELD: physics, geophysics.

SUBSTANCE: invention relates to geophysics and can be used for sea seismic works. Claimed are seismic streamer and related method of evaluation of the shape of seismic streamer controlled in transverse direction. This seismic streamer is divided into several adjacent sections of seismic streamer by control devices in transverse direction. Heading transducers arranged fore and aft of every section generate the data on heading. Every section is simulated as a rectangular fore and curved fore section. Section shape is evaluated in compliance with this model from the data on heading

towards the section.

EFFECT: higher precision of trial data owing to precision of seismic streamer shape evaluation.

19 cl, 2 dwg



ФИГ. 2

C 2
6
2
9
6
2
5
5
4
2
9
6
R U

R U
2
5
5
4
2
9
6
C 2

ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение, в общем смысле, относится к морской сейсморазведке, и более конкретно, к конструкциям сейсмоприемных кос и способам оценки форм управляемых в поперечном направлении сейсмоприемных кос.

5 Сейсмоприемные косы, буксируемые сейсморазведочными судами и оснащенные гидрофонами, принимающими сейсмические отраженные волны, используются в морских сейсмических исследованиях. Точность исследования зависит от точной оценки формы каждой сейсмоприемной косы. Поскольку количество сейсмоприемных кос, буксируемых за сейсморазведочными судами, возросло, устройства управления в поперечном
10 направлении, прикрепленные вдоль сейсмоприемных кос, становятся все более общепринятым способом управления расстоянием между сейсмоприемными косами для более точной пространственной дискретизации и для предотвращения запутывания сейсмоприемных кос. Известной проблемой для оценки формы управляемой в поперечном направлении сейсмоприемной косы является учет локальных искажений
15 формы, вызванных поперечными силами, прилагаемыми к сейсмоприемной косе устройствами управления в поперечном направлении. Как правило, эти устройства изгибают сейсмоприемную косу, в особенности при приложении значительной поперечной силы, чтобы направить сейсмоприемную косу к левому борту или правому борту. Изгибание представляет собой нарушение непрерывности касательной к
20 сейсмоприемной косе в точке на сейсмоприемной косе, где приложена поперечная сила. Величина этого локального искажения формы возрастает с уменьшением натяжения в сейсмоприемной косе по направлению к ее хвосту.

Таким образом, существует потребность в улучшенных оценках форм управляемых в поперечном направлении сейсмоприемных кос.

25 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Один вариант системы сейсмоприемной косы, воплощающий признаки настоящего изобретения, включает сейсмоприемную косу, которая простирается в длину от
головного конца до хвостового конца. Устройства управления в поперечном направлении, прикрепленные к сейсмоприемной косе, прилагают поперечную силу в
30 точках управления, разнесенных вдоль длины сейсмоприемной косы. Устройства управления в поперечном направлении разделяют сейсмоприемную косу на ряд смежных секций сейсмоприемной косы. Каждая секция простирается от носового конца в точке управления до кормового конца в далее следующей точке управления ближе к хвостовому концу сейсмоприемной косы. Множество первых и вторых датчиков курса, генерирующих данные о курсе, расположены вдоль длины сейсмоприемной косы.
35 Каждый из первых датчиков курса расположен в одной из секций сейсмоприемной косы ближе к носовому концу, чем к кормовому концу. Каждый из вторых датчиков курса расположен в одной из секций сейсмоприемной косы вблизи кормового конца секции. Средства для оценки формы сейсмоприемной косы вычисляют оценку формы секций сейсмоприемной косы в качестве функции данных о курсе от первого и второго датчиков курса в секции сейсмоприемной косы.
40

В другом аспекте настоящего изобретения способ оценки формы сейсмоприемной косы включает: (a) прикрепление устройств управления в поперечном направлении в точках управления, разнесенных вдоль длины сейсмоприемной косы так, чтобы
45 разделить сейсмоприемную косу на ряд смежных секций сейсмоприемной косы между точками управления следующих друг за другом устройств управления в поперечном направлении; (b) размещение первых датчиков курса, обеспечивающих первые данные о курсе, вдоль передней части каждой секции сейсмоприемной косы; (c) размещение

вторых датчиков курса, обеспечивающих вторые данные о курсе, вдоль кормовой части каждой секции вблизи устройства управления в поперечном направлении; (d) вычисление предполагаемой формы каждой секции сейсмоприемной косы в качестве функции первых и вторых данных о курсе от датчиков курса в секции сейсмоприемной косы.

5 В еще одном аспекте настоящего изобретения способ оценки формы сейсмоприемной косы, управляемой в поперечном направлении расположенными вдоль длины сейсмоприемной косы устройствами управления в поперечном направлении, включает: (a) определение ряда смежных секций сейсмоприемной косы между местоположениями следующих друг за другом устройств управления в поперечном направлении; и (b)
10 моделирование формы каждой секции сейсмоприемной косы как прямолинейной вдоль передней части секции и как изогнутой вдоль кормовой части секции.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Эти аспекты и признаки настоящего изобретения, также как его преимущества, лучше понятны при обращении к нижеследующему описанию, прилагаемой формуле
15 изобретения и сопровождающим графическим материалам.

На ФИГ.1 изображен схематический вид сверху сейсморазведочного судна, буксирующего управляемые в поперечном направлении сейсмоприемные косы в системе сейсмоприемных кос, воплощающей признаки настоящего изобретения;

на ФИГ.2 изображен увеличенный схематический вид сверху части одной из
20 сейсмоприемных кос на ФИГ.1.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Система сейсмоприемных кос, воплощающая признаки настоящего изобретения, показана на ФИГ.1. Сейсморазведочное судно 10 буксирует множество шланговых сейсмоприемных кос 12, хвостовые концы 14 которых привязаны к хвостовым буюм
25 16. Головные концы 15 сейсмоприемных кос 12 крепятся к системе буксировочных кабелей и тросов 18, прикрепленных к задней палубе судна 10. Параваны 20 применяют для поддержания широкой площадной расстановки развернутой сети сейсмоприемных кос. Устройства 22 управления в поперечном направлении, расположенные в разнесенных точках 24 управления или узлах управления, например, через каждые 300
30 м вдоль длины каждой сейсмоприемной косы, прилагают поперечные силы 26, чтобы двигать сейсмоприемную косу к правому борту или левому борту. Устройства 22 управления в поперечном направлении разделяют каждую сейсмоприемную косу 12 на ряд смежных секций 28 сейсмоприемной косы. Каждая секция простирается назад от носового конца 30 в передней точке 24 управления до кормового конца 31 в далее
35 следующей точке управления. Последняя или самая задняя секция 29 сейсмоприемной косы, в отличие от других секций, не заканчивается на ее кормовом конце устройством управления шланговой сейсмоприемной косой. Вместо этого, ее кормовой конец привязан к ее хвостовому бую 16 на поверхности моря. Датчики 32 курса также прикреплены к сейсмоприемной косе в каждой секции. Датчики курса могут находиться
40 в пределах самой сейсмоприемной косы, быть размещенными во встроенных управляющих устройствах сейсмоприемной косы или быть размещенными во внешних управляющих устройствах сейсмоприемной косы, таких как устройства управления глубиной или устройства управления в поперечном направлении, прикрепленных с возможностью вращения к сейсмоприемной косе. Каждая секция сейсмоприемной косы
45 имеет датчик курса, размещенный ближе к ее носовому концу, чем к ее кормовому концу.

Контроллер 34 на борту сейсморазведочного судна 10 соединен с датчиками курса, устройствами управления в поперечном направлении и устройствами управления

глубиной линией связи, такой как проводной линией, проходящей вдоль буксировочных кабелей 18 и через сейсмоприемные косы 12. Контроллер получает данные от датчиков курса и другие данные от устройств на сейсмоприемной косе и, при необходимости, отправляет по линии управляющие команды устройствам управления в поперечном направлении и устройствам управления глубиной.

Как показано на увеличенном виде на ФИГ.2, сейсмоприемная коса 12 проявляет тенденцию к деформированию или изгибанию в точках 24 управления вследствие поперечной силы, прилагаемой устройством 22 управления в поперечном направлении к сейсмоприемной косе в этих точках. Вследствие натяжения сейсмоприемной косы, являющегося результатом буксировки сквозь воду, форма каждой секции 28 сейсмоприемной косы длиной L между точкой 24 управления следующего устройства 22 управления в поперечном направлении, как правило, является прямой на протяжении первых 25 - 50% этой секции, а затем плавно изгибается в направлении поперечного перемещения в остальной части секции. Изогнутость увеличивается назад вдоль секции к кормовой точке управления. Величина изогнутости зависит от значения поперечной силы, приложенной устройством управления в поперечном направлении к кормовому концу секции. Следовательно, форма секций сейсмоприемной косы может быть аппроксимирована прямолинейной частью 36, которая простирается от носового конца 30 до промежуточной точки 38, которая может совпадать с местоположением датчика 32 курса на заднем конце прямолинейной части, и смежным изогнутым участком 40, который простирается от промежуточной точки до кормового конца 31 секции.

Датчик 32 курса, прикрепленный к передней прямолинейной части 36 секции сейсмоприемной косы, может быть автономным устройством в пределах сейсмоприемной косы или быть размещенным в устройстве 42 управления глубиной, как показано, или в другом типе управляющего устройства сейсмоприемной косы. Второй датчик 32' курса расположен вблизи точки 24 управления на кормовом конце секции. Второй датчик 32' курса может быть автономным или размещенным в устройстве управления в поперечном направлении или в другом управляющем устройстве сейсмоприемной косы перед точкой управления, т.е. непосредственно перед изгибанием в сейсмоприемной косе.

Каждую секцию моделируют от носового конца до кормового конца как прямолинейную часть 36, тангенс которой равен данным о курсе θ_1 от датчика 32 курса в передней части секции, и смежную изогнутую часть 40, тангенс которой аппроксимируется экспоненциальной функцией, которая зависит от данных о курсе θ_1 от переднего датчика 32 курса и данных о курсе θ_2 от датчика 32' курса на кормовом конце. В данной модели тангенсы для прямолинейной части и для изогнутой части равны на их стыке в промежуточной точке 38. Таким образом, данная модель получает предполагаемую форму секции сейсмоприемной косы путем вычисления тангенсов T для передней прямолинейной части и для кормовой изогнутой части по данным о курсе. Тангенс T_L в каждой точке на прямолинейной части задан как $T_L = \theta_1$. Тангенс T_C для изогнутой части в каждой точке задан как $T_C = \theta_1 + (\theta_2 - \theta_1) \cdot (d/s)^p$, где s представляет собой длину изогнутой части, d представляет собой расстояние от точки вдоль секции сейсмоприемной косы, измеренное назад от промежуточной точки, и p представляет собой эмпирически определенный показатель степени, например, 2,5. Отношение d/s представляет собой выраженное в процентах расстояние вдоль изогнутой части от каждой точки на изогнутой части. Вследствие того, что последняя секция 29 сейсмоприемной косы, прикрепленная к хвостовому бую, не заканчивается устройством

управления в поперечном направлении, ее моделируют как прямолинейную секцию, тангенс которой $T_L = \theta_1$.

5 Судовой контроллер 34, который получает все данные о курсе от датчиков курса, может вычислять более или менее в реальном времени оценку формы сейсмоприемных
 5 кос по алгоритму оценивающего форму сейсмоприемной косы программного обеспечения, которое реализует эту математическую модель. Форма каждой из сейсмоприемных кос является объединением фрагментов из форм отдельных секций сейсмоприемной косы. Форму сейсмоприемной косы также можно оценить в автономном режиме при помощи компьютеров для обработки данных с применением модели, по
 10 сохраненным данным о курсе или уточненным впоследствии данным о курсе. Оба этих средства можно применять для оценки формы сейсмоприемной косы.

Несмотря на то, что настоящее изобретение было подробно описано в отношении
 нескольких предпочтительных вариантов, другие варианты являются возможными. Например, датчик курса был показан на ФИГ.2 как совпадающий с промежуточной
 15 точкой на стыке прямолинейной и изогнутой частей секции сейсмоприемной косы. Но датчик курса можно прикрепить впереди промежуточной точки где угодно в передней прямолинейной части. Таким образом, как показывает этот пример, подробно описанные варианты предназначены для иллюстрирования признаков настоящего изобретения.

20

Формула изобретения

1. Система сейсмоприемной косы, включающая:

сейсмоприемную косу, которая простирается в длину от головного конца до
 хвостового конца;

25 множество устройств управления в поперечном направлении, прикрепленных к сейсмоприемной косе, для приложения поперечной силы в точках управления, разнесенных вдоль длины сейсмоприемной косы, где устройства управления в поперечном направлении разделяют сейсмоприемную косу на ряд смежных секций сейсмоприемной косы, причем каждая секция простирается от носового конца в точке
 30 управления до кормового конца в далее следующей точке управления ближе к хвостовому концу сейсмоприемной косы;

множество первых датчиков курса, расположенных вдоль длины сейсмоприемной
 косы, причем каждый из первых датчиков курса расположен в одной из секций сейсмоприемной косы ближе к носовому концу, чем к заднему концу, и генерирующих
 35 данные о курсе;

множество вторых датчиков курса, расположенных вдоль длины сейсмоприемной
 косы, причем каждый из вторых датчиков курса расположен в одной из секций сейсмоприемной косы вблизи кормового конца секции сейсмоприемной косы, и генерирующих данные о курсе.

40 2. Система сейсмоприемной косы по п.1, где каждый из множества вторых датчиков курса содержится в устройстве управления в поперечном направлении.

3. Система сейсмоприемной косы по п.1, дополнительно включающая множество управляющих устройств сейсмоприемной косы, прикрепленных к сейсмоприемной косе на носовых концах каждой из секций сейсмоприемной косы и содержащих множество
 45 первых датчиков курса.

4. Система сейсмоприемной косы по п.1, дополнительно включающая средства для оценки формы сейсмоприемной косы, которые вычисляют оценку формы каждой из секций сейсмоприемной косы в качестве функции данных о курсе от первого и второго

датчиков курса, расположенных в секции сейсмоприемной косы.

5 Система сейсмоприемной косы по п.4, где средства для оценки формы сейсмоприемной косы моделируют форму каждой секции сейсмоприемной косы с прямолинейной частью, простирающейся от носового конца до промежуточной точки между носовым концом и кормовым концом, и изогнутой частью, простирающейся от

6 Сейсмоприемная коса по п.5, где первый датчик курса в каждой секции сейсмоприемной косы размещен в промежуточной точке.

7 Система сейсмоприемной косы по п.5, где тангенс для прямолинейной части задан как данные о курсе от первого датчика курса в секции сейсмоприемной косы.

8 Система сейсмоприемной косы по п.5, где тангенс для изогнутой части является функцией разности между данными о курсе от первого датчика курса и данными о курсе от второго датчика курса в секции сейсмоприемной косы.

9 Система сейсмоприемной косы по п.8, где разность между данными о курсе от первого датчика курса и данными о курсе от второго датчика курса экспоненциально пересчитана по выраженному в процентах расстоянию вдоль изогнутой части секции сейсмоприемной косы, возведенному в степень эмпирически определенного показателя степени.

10 Система сейсмоприемной косы по п.1, дополнительно включающая хвостовой буй, прикрепленный к хвостовому концу сейсмоприемной косы на кормовом конце последней секции сейсмоприемной косы, которая простирается от устройства управления в поперечном направлении на кормовом конце смежной секции, и где последняя секция сейсмоприемной косы включает датчик курса.

11 Система сейсмоприемной косы по п.10, дополнительно включающая средства для оценки формы сейсмоприемной косы, которые вычисляют оценку формы последней секции сейсмоприемной косы как прямолинейной с тангенсом, заданным как данные о курсе от датчика курса, расположенного в последней секции сейсмоприемной косы.

12. Способ оценки формы сейсмоприемной косы, включающий:

30 прикрепление устройств управления в поперечном направлении в точках управления, разнесенных вдоль длины сейсмоприемной косы так, чтобы разделить сейсмоприемную косу на ряд смежных секций сейсмоприемной косы между точками управления следующих друг за другом устройств управления в поперечном направлении;

размещение первых датчиков курса, обеспечивающих первые данные о курсе θ_1 , вдоль передней части каждой секции сейсмоприемной косы;

35 размещение вторых датчиков курса, обеспечивающих вторые данные о курсе θ_2 , вдоль кормовой части каждой секции сейсмоприемной косы вблизи устройства управления в поперечном направлении;

40 вычисление предполагаемой формы каждой секции сейсмоприемной косы в качестве функции первых и вторых данных о курсе от датчиков курса в секции сейсмоприемной косы.

13. Способ по п.12, включающий размещение вторых датчиков курса с устройствами управления в поперечном направлении.

45 14. Способ по п.12, включающий размещение каждого из первых датчиков курса вместе с управляющим устройством сейсмоприемной косы, прикрепленным к каждой секции сейсмоприемной косы.

15. Способ по п.12, где предполагаемую форму каждой секции моделируют прямолинейной частью от начала каждой секции сейсмоприемной косы назад до промежуточной точки и изогнутой частью от промежуточной точки назад до конца

секции сейсмоприемной косы.

16. Способ по п.15, где тангенс для прямолинейной части задан как θ_1 и тангенс для изогнутой части задан как $\theta_1+(\theta_2-\theta_1)\cdot(d/s)^p$, где d представляет собой расстояние вдоль кормовой части, s представляет собой длину кормовой части и p представляет собой эмпирически определенный показатель степени.

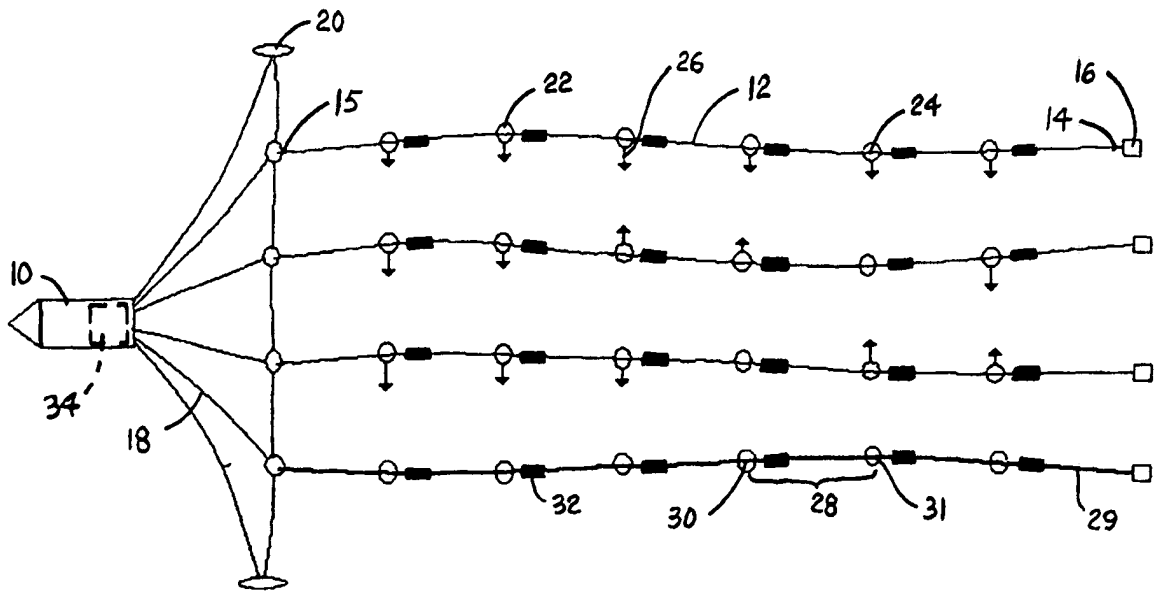
17. Способ оценки формы сейсмоприемной косы, управляемой в поперечном направлении устройствами управления в поперечном направлении, расположенными вдоль ее длины, включающий:

определение ряда смежных секций сейсмоприемной косы между местоположениями следующих друг за другом устройств управления в поперечном направлении;

моделирование формы каждой секции сейсмоприемной косы как прямолинейной вдоль передней части секции сейсмоприемной косы и как изогнутой вдоль кормовой части секции сейсмоприемной косы.

18. Способ по п.17, дополнительно включающий оценку изогнутой формы кормовой части каждой секции сейсмоприемной косы по данным о курсе θ_1 от первого датчика курса в передней части и данным о курсе θ_2 от второго датчика курса в кормовой части и вблизи местоположения устройства управления в поперечном направлении.

19. Способ по п.17, где тангенс для прямолинейной передней части задан как θ_1 и тангенс для изогнутой кормовой части задан как $\theta_1+(\theta_2-\theta_1)\cdot(d/s)^p$, где d представляет собой расстояние вдоль кормовой части, s представляет собой длину кормовой части и p представляет собой эмпирически определенный показатель степени.



ФИГ. 1