

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **041508**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.10.31

(51) Int. Cl. **G08G 1/16** (2006.01)
B60W 30/08 (2012.01)

(21) Номер заявки
202192862

(22) Дата подачи заявки
2021.10.19

**(54) СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ БЕСПИЛОТНОГО ТРАНСПОРТНОГО
СРЕДСТВА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

(43) **2022.08.04**

(56) US-A1-20170236422
CN-A-108001444
US-A1-20170229025
US-A1-20170227470
RU-C1-2715667

(96) **2021000110 (RU) 2021.10.19**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ
ОБЩЕСТВО "КАМАЗ" (ПАО
"КАМАЗ") (RU)**

(72) Изобретатель:
**Дубинкин Дмитрий Михайлович,
Чичерин Иван Владимирович,
Федосенков Борис Андреевич,
Федосенков Денис Борисович,
Любимов Олег Владиславович,
Алексеева Галина Алексеевна,
Назаренко Сергей Владимирович,
Юнусов Ильназ Фенисович (RU)**

(74) Представитель:
Нефедьев С.И. (RU)

(57) Изобретение относится к горному делу, в частности к области открытых горных работ и автоматизации горнотранспортного оборудования, а именно к способам и устройствам управления движением беспилотного транспортного средства. Технический результат заявляемого изобретения представляет собой обеспечение возможности управления движением беспилотного транспортного средства в конфликтных условиях. Указанный технический результат при осуществлении изобретения по объекту - способу достигается тем, что в одном случае формируют девиационную траекторию, начальный участок которой задают на основе вейвлет-преобразований, а конечный участок - на основе динамического модального управления, а в другом случае формируют девиационную траекторию вышеописанным образом после временной задержки, длительность которой определяют равной необходимому временному интервалу. Указанный технический результат при осуществлении изобретения по объекту - устройству достигается тем, что контроллер дополнительно снабжён блоком логического выбора сценария объезда стационарного препятствия, блоком вейвлет-преобразований и блоком динамического модального управления, последовательно соединёнными между собой.

B1**041508****041508****B1**

Изобретение относится к горному делу, в частности к области открытых горных работ и автоматизации горнотранспортного оборудования, а именно к способам управления движением и к устройствам управления движением беспилотного транспортного средства (далее по тексту БТС).

Известен способ управления движением беспилотного транспортного средства (патент РФ 2715667, МПК G08G 1/16, B60R 21/00, B60W 30/00, B62D 15/02, опубл. 02.03.2020, бюл. № 7), включающий автономное перемещение БТС по формируемой номинальной осевой траектории (далее по тексту - НОТ) планируемого маршрута, и формирования текущей траектории движения известного транспортного средства с учётом наличия движущегося перед ним другого транспортного средства. НОТ представляет собой срединную (центральную) линию соответствующего участка маршрута перемещения БТС.

Однако в известном способе отсутствует решение вопросов о возможном преодолении возникающих на пути следования БТС каких-либо препятствий, например, в карьере в условиях открытых горных работ, а также о разъезде со встречным БТС при одновременном наличии на пути следования БТС стационарного препятствия, т.е. о возможности управления движением БТС в конфликтных условиях.

Известно также устройство управления движением беспилотного транспортного средства (патент РФ 2715667, МПК G08G 1/16, B60R 21/00, B60W 30/00, B62D 15/02, опубл. 02.03.2020, бюл. № 7), включающее контроллер, выполненный с возможностью обнаружения номинальной осевой траектории, по которой должно двигаться рассматриваемое беспилотное транспортное средство, и управления автономным движением беспилотным транспортным средством.

В известном устройстве также отсутствует решение вопросов о возможном преодолении возникающих на пути следования БТС каких-либо препятствий, например, в карьере в условиях открытых горных работ, а также о разъезде со встречным БТС при одновременном наличии на пути следования БТС стационарного препятствия, т.е. о возможности управления движением БТС в конфликтных условиях.

Технический результат заявляемого изобретения представляет собой обеспечение возможности управления движением БТС в конфликтных условиях.

Указанный технический результат при осуществлении изобретения по объекту - способу достигается тем, что в способе управления движением беспилотного транспортного средства, включающем автономное движение беспилотного транспортного средства по формируемой номинальной осевой траектории планируемого маршрута, согласно заявляемому техническому решению, при наличии в зоне обнаружения беспилотного транспортного средства какого-либо стационарного препятствия, либо в сочетании стационарного препятствия и встречного беспилотного транспортного средства, находящегося на расстоянии, достаточном для совершения объезда стационарного препятствия рассматриваемым беспилотным транспортным средством, формируют девиационную траекторию, начальный участок которой задают на основе вейвлет-преобразований, а конечный участок - на основе динамического модального управления, а при наличии в зоне обнаружения рассматриваемого беспилотного транспортного средства встречного беспилотного транспортного средства, находящегося на расстоянии, препятствующем первоочередному объезду стационарного препятствия рассматриваемым беспилотным транспортным средством, формируют девиационную траекторию вышеописанным образом после временной задержки, длительность которой определяют равной временному интервалу, необходимому для выполнения проезда встречного беспилотного транспортного средства в номинальном режиме движения по линии своей номинальной осевой траектории в рамках своего соответствующего сплайн-фрейма и достижения встречным беспилотным транспортным средством точки, лежащей на линии, перпендикулярной номинальной осевой траектории рассматриваемого беспилотного транспортного средства, и проходящей через точку начала объезда стационарного препятствия рассматриваемым беспилотным транспортным средством.

Указанный технический результат достигается также тем, что начальный участок девиационной траектории задают с помощью траекторных сигналов девиации, вырабатываемых средствами вейвлет-преобразований, по функциональной зависимости, определяемой характером расположения и размерами стационарного препятствия на пути следования рассматриваемого беспилотного транспортного средства.

Указанный технический результат достигается также тем, что конечный участок девиационной траектории задают с помощью траекторных сигналов девиации, вырабатываемых средствами динамического модального управления, по функциональной зависимости, определяемой характером расположения и размерами стационарного препятствия на пути следования рассматриваемого беспилотного транспортного средства.

Указанный технический результат при осуществлении изобретения по объекту - устройству достигается тем, что в устройстве для реализации указанного способа, включающем контроллер, выполненный с возможностью обнаружения номинальной осевой траектории, по которой должно двигаться рассматриваемое беспилотное транспортное средство, и возможностью управления движением беспилотного транспортного средства, согласно заявляемому техническому решению, контроллер дополнительно снабжён блоком логического выбора сценария объезда стационарного препятствия, блоком вейвлет-преобразований и блоком динамического модального управления, последовательно соединёнными между собой.

Указанный технический результат достигается также тем, что в состав блока вейвлет-преобразований включены соединённые последовательно блок задания сигналов с варьируемой мгно-

венной частотой, блок время-частотных распределений траекторных сигналов девиации и блок определения параметров время-частотных распределений, вырабатывающий управляющие сигналы для блоков обработки начальных участков девиационных траекторий.

Указанный технический результат достигается также тем, что блок динамического модального управления выполнен с возможностью формирования управляющих сигналов для блоков обработки конечных участков девиационных траекторий.

Заявляемые технические решения взаимосвязаны настолько, что образуют единый изобретательский замысел, следовательно, данное изобретение удовлетворяет требованию единства изобретения.

Заявляемое изобретение поясняется чертежами, где

на фиг. 1 показана блок-схема алгоритма, иллюстрирующего реализацию способа управления движением БТС согласно заявляемому техническому решению,

на фиг. 2 - пример чередования участков планируемого маршрута БТС в виде полос движения (далее по тексту сплайн-фреймов) на некотором фрагменте планируемого маршрута движения беспилотного транспортного средства,

на фиг. 3 - иллюстрирующая пример расположения стационарного препятствия на пути следования рассматриваемого БТС на виде в плане (сверху) - здесь взаимное расположение рассматриваемого БТС и стационарного препятствия соответствует случаю, когда характер размещения стационарного препятствия относительно рассматриваемого БТС, находящегося на линии НОТ, инициирует сценарий объезда стационарного препятствия беспилотным транспортным средством слева по ходу его движения,

на фиг. 4 - схема, иллюстрирующая пример расположения стационарного препятствия на пути следования рассматриваемого БТС на виде в плане (сверху) - здесь взаимное расположение рассматриваемого БТС и стационарного препятствия соответствует случаю, когда характер размещения стационарного препятствия относительно рассматриваемого БТС, находящегося на линии НОТ, инициирует сценарий объезда стационарного препятствия беспилотным транспортным средством справа по ходу его движения,

на фиг. 5 - схема, иллюстрирующая изменение углов поворота рулевого механизма в зависимости от продвижения рассматриваемого БТС вдоль левой девиационной траектории,

на фиг. 6 - схема, иллюстрирующая изменение углов поворота рулевого механизма в зависимости от продвижения рассматриваемого БТС вдоль правой девиационной траектории,

на фиг. 7 - схема, иллюстрирующая оборудование, входящее в состав устройства управления движением беспилотного транспортного средства согласно заявляемому техническому решению.

Способ управления движением беспилотного транспортного средства включает автономное движение беспилотного транспортного средства по формируемой номинальной осевой траектории планируемого маршрута, для чего осуществляют следующие действия (фиг. 1):

1 - операцию получения данных об окружающей рассматриваемый БТС обстановке от лидарно-радарно-сонарного узла;

2 - операцию определения наличия стационарного препятствия. Далее при отсутствии в зоне обнаружения беспилотного транспортного средства какого-либо стационарного препятствия осуществляют следующие действия:

3 - операцию задания постоянной мгновенной частоты траекторного сигнала;

4 - операцию формирования номинальной осевой траектории рассматриваемого БТС;

5 - операцию обработки движения рассматриваемого БТС по номинальной осевой траектории средствами электромеханической части БТС.

Согласно заявляемому техническому решению при наличии в зоне обнаружения беспилотного транспортного средства какого-либо стационарного препятствия осуществляют

6 - операцию отслеживания сближения рассматриваемого беспилотного транспортного средства со стационарным препятствием до точки начала объезда;

7 - операцию определения одновременного наличия стационарного препятствия и встречного БТС.

В случае одновременного наличия стационарного препятствия и встречного беспилотного транспортного средства выполняют следующие действия:

8 - операцию анализа расстояния до встречного беспилотного транспортного средства и его скорости;

9 - операцию оценки расстояния встречного беспилотного транспортного средства от рассматриваемого беспилотного транспортного средства и стационарного препятствия.

При наличии расстояния, недостаточного для совершения объезда стационарного препятствия рассматриваемым беспилотным транспортным средством, в первую очередь, осуществляют

10 - операцию обработки процесса сближения рассматриваемого БТС до минимально возможного расстояния;

11 - операцию задания временной задержки для выполнения беспрепятственного проезда встречного беспилотного транспортного средства по своему маршруту.

Согласно заявляемому техническому решению длительность временной задержки определяют равной временному интервалу, необходимому для выполнения проезда встречного беспилотного транс-

портного средства в номинальном режиме движения по линии своей номинальной осевой траектории в рамках своего соответствующего сплайн-фрейма и достижения встречным беспилотным транспортным средством точки, лежащей на линии, перпендикулярной номинальной осевой траектории рассматриваемого беспилотного транспортного средства и проходящей через точку начала объезда стационарного препятствия рассматриваемым беспилотным транспортным средством.

Далее согласно заявляемому техническому решению при наличии расстояния, достаточного для совершения объезда стационарного препятствия рассматриваемым беспилотным транспортным средством, в первую очередь, а также в случае отсутствия одновременно стационарного препятствия и встречного беспилотного транспортного средства, выполняют следующие действия:

12 - операцию анализа характера расположения стационарного препятствия относительно рассматриваемого беспилотного транспортного средства;

13 - операцию выбора сценария объезда стационарного препятствия;

14 - операцию анализа характера расположения и размера стационарного препятствия относительно рассматриваемого беспилотного транспортного средства с принятием решения об объезде справа или слева.

Далее согласно заявляемому техническому решению формируют девиационную траекторию. Для этого в случае принятия решения об объезде слева, выполняют следующие действия:

15 - операцию генерации сигнала с варьируемой мгновенной частотой, инициирующего объезд стационарного препятствия слева;

16 - операцию формирования время-частотного распределения сигнала с варьируемой мгновенной частотой, инициирующего объезд стационарного препятствия слева.

Далее начальный участок девиационной траектории задают на основе вейвлет-преобразований, для чего осуществляют

17 - операцию оценки параметров время-частотного распределения сигнала с варьируемой мгновенной частотой, инициирующего объезд стационарного препятствия слева, в рамках которой осуществляют

18 - операцию активации левого поворота ходового колесного механизма до точки перегиба на начальном участке левой девиационной траектории;

19 - операцию активации правого поворота ходового колесного механизма после прохождения точки перегиба на начальном участке левой девиационной траектории.

В результате вышеописанных действий осуществляют

20 - операцию отработки движения рассматриваемого БТС по начальному участку левой девиационной траектории средствами электромеханической части БТС.

Далее конечный участок девиационной траектории задают на основе динамического модального управления, для чего осуществляют

21 - операцию оценки параметров время-частотного распределения сигнала с варьируемой мгновенной частотой, инициирующего формирование конечного участка левой девиационной траектории, в рамках которой осуществляют

22 - операцию активации правого поворота ходового колесного механизма до точки перегиба на конечном участке левой девиационной траектории;

23 - операцию активации левого поворота ходового колесного механизма после прохождения точки перегиба на конечном участке левой девиационной траектории.

В результате вышеописанных действий осуществляют

24 - операцию отработки движения рассматриваемого БТС по конечному участку левой девиационной траектории средствами электромеханической части БТС.

В случае принятия решения об объезде справа выполняют следующие действия:

25 - операцию генерации сигнала с варьируемой мгновенной частотой, инициирующего объезд стационарного препятствия справа;

26 - операцию формирования время-частотного распределения сигнала с варьируемой мгновенной частотой, инициирующего объезд стационарного препятствия справа.

Далее начальный участок девиационной траектории задают на основе вейвлет-преобразований, для чего осуществляют

27 - операцию оценки параметров время-частотного распределения сигнала с варьируемой мгновенной частотой, инициирующего объезд стационарного препятствия справа, в рамках которой осуществляют

28 - операцию активации правого поворота ходового колесного механизма до точки перегиба на начальном участке правой девиационной траектории;

29 - операцию активации левого поворота ходового колесного механизма после прохождения точки перегиба на начальном участке правой девиационной траектории.

В результате вышеописанных действий осуществляют

30 - операцию отработки движения рассматриваемого БТС по начальному участку правой девиационной траектории средствами электромеханической части БТС.

Далее конечный участок девиационной траектории задают на основе динамического модального управления, для чего осуществляют

31 - операцию оценки параметров время-частотного распределения сигнала с варьируемой мгновенной частотой, инициирующего формирование конечного участка правой девиационной траектории, в рамках которой осуществляют

32 - операцию активации левого поворота ходового колесного механизма до точки перегиба на конечном участке правой девиационной траектории;

33 - операцию активации правого поворота ходового колесного механизма после прохождения точки перегиба на конечном участке правой девиационной траектории.

В результате вышеописанных действий осуществляют

34 - операцию отработки движения рассматриваемого БТС по конечному участку правой девиационной траектории средствами электромеханической части БТС.

Предлагаемый способ реализуют следующим образом.

При осуществлении операции 1 получения данных об окружающей рассматриваемый БТС обстановке от лидарно-радарно-сонарного узла, после отработки операции 2 определения наличия стационарного препятствия и установления отсутствия в зоне обнаружения рассматриваемого беспилотного транспортного средства какого-либо стационарного препятствия осуществляют операцию 3 задания постоянной мгновенной частоты траекторного сигнала, операцию 4 формирования номинальной осевой траектории рассматриваемого беспилотного транспортного средства (фиг. 1).

Номинальная осевая траектория 35 (фиг. 2) предварительно задается в рамках так называемых сплайн-фреймов 36, 37, 38, которые, в свою очередь, также предварительно формируются в виде отдельных последовательных смежных фрагментов планируемого маршрута перемещения беспилотного транспортного средства; для каждого сплайн-фрейма номинальная осевая траектория - это центральная осевая линия.

Таким образом, планируемый маршрут перемещения беспилотного транспортного средства "сшивается" из чередующихся (в соответствии с геолокацией маршрута) сплайн-фреймов по схеме, зависящей от конфигурации планируемого маршрута; например, схема чередования сплайн-фреймов может быть такой (фиг. 2): прямой сплайн-фрейм 36 - сплайн-фрейм с левым искривлением (выпуклостью) 37 - прямой сплайн-фрейм 36 - сплайн-фрейм с правым искривлением 38 - и т.п. чередование на всём протяжении планируемого маршрута.

При наличии в зоне обнаружения рассматриваемого беспилотного транспортного средства 39 (фиг. 3, 4), перемещающегося по номинальной осевой траектории 35 в рамках некоторого сплайн-фрейма, какого-либо стационарного препятствия (точка на НОТ 35, при нахождении в которой БТС 39 происходит обнаружение стационарного препятствия, обозначена D на фиг. 3, 4), осуществляют операцию 6 отслеживания сближения рассматриваемого беспилотного транспортного средства со стационарным препятствием до точки начала объезда (фиг. 1), операцию 7 определения одновременного наличия стационарного препятствия и встречного беспилотного транспортного средства (фиг. 1).

В случае одновременного наличия стационарного препятствия и встречного беспилотного транспортного средства выполняют операцию 8 анализа расстояния до встречного беспилотного транспортного средства и его скорости, операцию 9 оценки расстояния от рассматриваемого беспилотного транспортного средства и стационарного препятствия до встречного беспилотного транспортного средства (фиг. 1).

При наличии расстояния, недостаточного для совершения объезда стационарного препятствия рассматриваемым беспилотным транспортным средством, в первую очередь, осуществляют операцию 10 отработки процесса сближения рассматриваемого беспилотного транспортного средства 39 до минимально возможного расстояния (обозначенного $F_{\min}$ на фиг. 3 и 4), операцию 11 (фиг. 1) задания временной задержки для выполнения беспрепятственного проезда встречного беспилотного транспортного средства по своему маршруту, длительность которой определяют равной временному интервалу, необходимому для выполнения проезда встречного беспилотного транспортного средства в номинальном режиме движения по линии своей номинальной осевой траектории в рамках своего соответствующего сплайн-фрейма и достижения встречным беспилотным транспортным средством точки, лежащей на линии, перпендикулярной номинальной осевой траектории рассматриваемого беспилотного транспортного средства, и проходящей через точку начала объезда стационарного препятствия рассматриваемым беспилотным транспортным средством.

При наличии расстояния, достаточного для совершения объезда стационарного препятствия рассматриваемым беспилотным транспортным средством, в первую очередь, а также в случае одновременного отсутствия стационарного препятствия и встречного беспилотного транспортного средства, выполняют операцию 12 анализа характера расположения стационарного препятствия относительно рассматриваемого беспилотного транспортного средства, операцию 13 выбора сценария объезда стационарного препятствия, операцию 14 анализа характера расположения и размера стационарного препятствия относительно рассматриваемого беспилотного транспортного средства (фиг. 1) с принятием решения об объезде слева или справа. При этом проверяют выполнение соотношений: $V > W/2$ - в этом случае объезд вы-

полняется слева, или $V < W/2$ - в этом случае объезд выполняется справа, где W - размер стационарного препятствия на его фронтальной проекции; V - расстояние от фронтального края (правого края на фиг. 3 и 4) стационарного препятствия на его фронтальной проекции до линии номинальной осевой траектории.

В случае принятия решения об объезде слева (фиг. 3), выполняют операцию 15 генерации сигнала с варьiruемой мгновенной частотой, инициирующего объезд стационарного препятствия слева, операцию 16 (фиг. 1) формирования время-частотного распределения сигнала с варьiruемой мгновенной частотой, инициирующего объезд стационарного препятствия слева.

Далее начальный участок левой девиационной траектории 40 (фиг. 3) задают на основе вейвлет-преобразований, для чего выполняют операцию 17 оценки параметров время-частотного распределения сигнала с варьiruемой мгновенной частотой, инициирующего объезд стационарного препятствия слева (фиг. 1), в рамках которой осуществляют операцию 18 активации левого поворота ходового колесного механизма до точки перегиба (фиг. 1) на начальном участке левой девиационной траектории 40 (обозначена L_1 на фиг. 3), операцию 19 активации правого поворота ходового колесного механизма после прохождения точки перегиба (фиг. 1) на начальном участке левой девиационной траектории 40 (обозначена L_1 на фиг. 3).

В результате вышеописанных действий осуществляют операцию 20 отработки движения рассматриваемого БТС (фиг. 1) по начальному участку левой девиационной траектории 40 (фиг. 3) средствами электромеханической части БТС.

Максимальное отклонение левой девиационной траектории от номинальной осевой траектории обозначено $Y_{\max}$ в точке L пересечения участка девиационной траектории, параллельного НОТ 35, с линией, перпендикулярной НОТ 35 и являющейся касательной к краю стационарного препятствия, максимально удаленному от БТС при начале маневра (фиг. 3).

Далее конечный участок левой девиационной траектории 41 (фиг. 3) задают на основе динамического модального управления, для чего выполняют операцию 21 оценки параметров время-частотного распределения сигнала с варьiruемой мгновенной частотой (фиг. 1), инициирующего формирование конечного участка левой девиационной траектории 41 (обозначена L_2 на фиг. 3), в рамках которой осуществляют операцию 22 активации правого поворота ходового колесного механизма до точки перегиба (фиг. 1) на конечном участке левой девиационной траектории 40 (фиг. 3), операцию 23 активации левого поворота ходового колесного механизма после прохождения точки перегиба (фиг. 1) на конечном участке левой девиационной траектории 41 (обозначена L_2 на фиг. 3).

В результате вышеописанных действий осуществляют операцию 24 отработки движения рассматриваемого БТС (фиг. 1) по конечному участку левой девиационной траектории 41 (фиг. 3) средствами электромеханической части БТС.

Перемещение рассматриваемого БТС по конечному участку левой девиационной траектории принимается соответствующим движению БТС по НОТ при величине девиации, составляющей 0-5% от $Y_{\max}$ (в точке, обозначенной L_3 на фиг. 3).

В случае принятия решения об объезде справа (фиг. 4) выполняют операцию 25 генерации сигнала с варьiruемой мгновенной частотой, инициирующего объезд стационарного препятствия справа, операцию 26 формирования время-частотного распределения сигнала с варьiruемой мгновенной частотой, инициирующего объезд стационарного препятствия справа (фиг. 1).

Далее начальный участок правой девиационной траектории 42 (фиг. 4) задают на основе вейвлет-преобразований, для чего выполняют операцию 27 оценки параметров время-частотного распределения сигнала с варьiruемой мгновенной частотой, инициирующего объезд стационарного препятствия справа (фиг. 1), в рамках которой осуществляют операцию 28 активации правого поворота ходового колесного механизма до точки перегиба (фиг. 1) на начальном участке правой девиационной траектории 41 (обозначена R_1 на фиг. 4), операцию 29 активации левого поворота ходового колесного механизма после прохождения точки перегиба (фиг. 1) на начальном участке правой девиационной траектории 41 (обозначена R_1 на фиг. 4).

В результате вышеописанных действий осуществляют операцию 30 отработки движения рассматриваемого БТС (фиг. 1) по начальному участку правой девиационной траектории 42 (фиг. 4) средствами электромеханической части БТС.

Максимальное отклонение левой девиационной траектории от номинальной осевой траектории обозначено $Y_{\max}$ в точке R пересечения участка девиационной траектории, параллельного НОТ 35, с линией, перпендикулярной НОТ 35 и являющейся касательной к краю стационарного препятствия, максимально удаленному от БТС при начале маневра (фиг. 4).

Далее конечный участок правой девиационной траектории 43 (фиг. 4) задают на основе динамического модального управления, для чего выполняют операцию 31 оценки параметров время-частотного распределения сигнала с варьiruемой мгновенной частотой (фиг. 1), инициирующего формирование конечного участка правой девиационной траектории 42 (фиг. 4), в рамках которой осуществляют операцию 32 активации левого поворота ходового колесного механизма до точки перегиба (фиг. 1) на конечном участке правой девиационной траектории 42 (обозначена R_2 на фиг. 4), операцию 33 активации правого поворота ходового колесного механизма после прохождения точки перегиба (фиг. 1) на конечном участ-

ке правой девиационной траектории 42 (обозначена R_2 на фиг. 4).

В результате вышеописанных действий осуществляют операцию 34 отработки движения рассматриваемого БТС (фиг. 1) по конечному участку правой девиационной траектории 43 (фиг. 4) средствами электромеханической части БТС.

Перемещение рассматриваемого БТС по конечному участку правой девиационной траектории принимается соответствующим движению БТС по НОТ при величине девиации, составляющей 0-5% от $Y_{\max}$ (в точке, обозначенной R_3 на фиг. 4).

При объезде стационарного препятствия слева (фиг. 3), при формировании начального участка левой девиационной траектории 40, угол поворота рулевого механизма влево сначала плавно увеличивают (фиг. 5), затем снижают до нуля в точке перегиба L_1 ; далее полярность угла поворота меняют на обратную (т.е. на правую), плавно увеличивая угол поворота, после чего снижают его до нуля в точке L .

При формировании конечного участка левой девиационной траектории угол поворота вправо сначала плавно увеличивают (фиг. 5), затем снижают до нуля в точке перегиба L_2 ; далее полярность угла поворота меняют на обратную (т.е. на левую), плавно увеличивая левый угол поворота, после чего снижают его до нуля при выходе на номинальную осевую траекторию.

При объезде стационарного препятствия по правой девиационной траектории (фиг. 4) углы поворота рулевого механизма при формировании начального и конечного участков правой девиационной траектории выполняют обратными (фиг. 6) по отношению к процедурам поворота рулевого механизма для объезда стационарного препятствия по левой девиационной траектории.

Устройство для реализации способа управления движением беспилотного транспортного средства включает (фиг. 7) контроллер 44, выполненный с возможностью обнаружения номинальной осевой траектории, по которой должно двигаться рассматриваемое беспилотное транспортное средство, и возможностью управления движением беспилотного транспортного средства, для чего в его состав включены получающий информационный сигнал от лидарно-радарно-сонарного узла 45 блок обнаружения и идентификации стационарного препятствия 46, блок выработки сценария объезда стационарного препятствия 47, связанный с находящейся вне контроллера 44 базой данных типовых траекторий 48, включающей, в свою очередь, базу данных номинальных траекторий 49 и базу данных девиационных траекторий 50. Информация из базы типовых траекторий 48 поступает в блок задания типовых траекторий 51 контроллера 44, откуда сигнал поступает в блок сравнения 52, где происходит его сравнение с сигналом, поступающим от лидарно-радарно-сонарного узла 45.

Согласно заявляемому техническому решению контроллер 44 дополнительно снабжён блоком логического выбора сценария объезда 53, блоком вейвлет-преобразований 54 и блоком динамического модального управления 55, последовательно соединёнными между собой.

Также согласно заявляемому техническому решению в состав блока вейвлет-преобразований 54 включены соединённые последовательно блок задания сигналов с варьируемой мгновенной частотой 56, блок время-частотных распределений траекторных сигналов девиации 57, блок определения параметров время-частотных распределений 58, вырабатывающий управляющие сигналы для блоков отработки начальных участков девиационных траекторий средствами электромеханической части 59 беспилотного транспортного средства.

Также согласно заявляемому техническому решению блок динамического модального управления 55 выполнен с возможностью формирования управляющих сигналов для блоков отработки конечных участков девиационных траекторий средствами электромеханической части 59 беспилотного транспортного средства.

Для отработки девиационных траекторий электромеханическая часть 59 беспилотного транспортного средства включает рулевой механизм 60, электропривод ходовой части 61, ходовой колесный механизм 62.

Предлагаемое устройство реализовано следующим образом.

Контроллер 44 выполнен с возможностью обнаружения номинальной осевой траектории, по которой должно двигаться рассматриваемое беспилотное транспортное средство. Для этого лидарно-радарно-сонарный узел 45 вырабатывает информационный сигнал, который обрабатывается блоком обнаружения и идентификации стационарного препятствия 46 (фиг. 7). При отсутствии в зоне обнаружения рассматриваемого беспилотного транспортного средства какого-либо стационарного препятствия обеспечивается возможность управления движением беспилотного транспортного средства, для чего блок выработки сценария объезда препятствия 47 выдает с использованием базы данных типовых траекторий 48 на основе базы данных номинальных траекторий 49 соответствующий сигнал для блока задания типовых траекторий 51, который в свою очередь выдает команду на осуществление операции 3 (фиг. 1) задания постоянной мгновенной частоты траекторного сигнала, операции 4 (фиг. 1) формирования номинальной осевой траектории рассматриваемого беспилотного транспортного средства, операции 5 (фиг. 1) отработки движения рассматриваемого БТС по номинальной осевой траектории средствами электромеханической части устройства управления движением БТС 59 (фиг. 7) в составе рулевого механизма 60, электропривода ходовой части 61, ходового колесного механизма 62. Сигнал обратной связи о текущей (в данном случае - номинальной осевой) траектории БТС передается от ходового колесного механизма 62 на ли-

дарно-радарно-сонарный узел 45 и блок сравнения 52.

При наличии в зоне обнаружения рассматриваемого беспилотного транспортного средства 39, перемещающегося по номинальной осевой траектории 35 (фиг. 3, 4) в рамках некоторого сплайн-фрейма, какого-либо стационарного препятствия (точка на НОТ 35, при нахождении в которой БТС 39 происходит обнаружение стационарного препятствия, обозначена D на фиг. 3, 4), блок выработки сценария объезда стационарного препятствия 47 выдает с использованием блока данных типовых траекторий 48 на основе базы данных девиационных траекторий 50 соответствующий сигнал для блока задания типовых траекторий 51. Последний при использовании блока сравнения 52 задействует блок логического выбора сценария объезда 53, которым дополнительно снабжен контроллер 44 (фиг. 7), для осуществления операции 6 отслеживания сближения рассматриваемого беспилотного транспортного средства со стационарным препятствием до расстояния (фиг. 1), при котором можно осуществлять объезд, операции 7 определения одновременного наличия стационарного препятствия и встречного беспилотного транспортного средства (фиг. 1).

В случае одновременного наличия стационарного препятствия и встречного беспилотного транспортного средства блок логического выбора сценария объезда 53 (фиг. 7) обрабатывает и реализует операцию 8 (фиг. 1) анализа расстояния до встречного беспилотного транспортного средства и его скорости, операцию 9 оценки расстояния от встречного беспилотного транспортного средства до рассматриваемого беспилотного транспортного средства и стационарного препятствия (фиг. 1).

При наличии расстояния, недостаточного для совершения объезда стационарного препятствия рассматриваемым беспилотным транспортным средством, в первую очередь, блок логического выбора сценария объезда 53 (фиг. 7) также обрабатывает и реализует операцию 10 (фиг. 1) отработки процесса сближения рассматриваемого беспилотного транспортного средства 39 (фиг. 2) до минимально возможного расстояния (обозначенного $F_{\min}$ на фиг. 3 и 4), операцию 11 (фиг. 1) задания временной задержки для выполнения беспрепятственного проезда встречного БТС по своему маршруту (фиг. 1), длительность которой определяют равной временному интервалу, необходимому для выполнения проезда встречного беспилотного транспортного средства в номинальном режиме движения по линии своей номинальной осевой траектории в рамках своего соответствующего сплайн-фрейма и достижения встречным беспилотным транспортным средством точки, лежащей на линии, перпендикулярной номинальной осевой траектории рассматриваемого беспилотного транспортного средства, и проходящей через точку начала объезда стационарного препятствия рассматриваемым беспилотным транспортным средством.

При наличии расстояния, достаточного для совершения объезда стационарного препятствия рассматриваемым беспилотным транспортным средством, в первую очередь, а также в случае одновременного отсутствия стационарного препятствия и встречного беспилотного транспортного средства, блок логического выбора сценария объезда 53 (фиг. 7) реализует операцию 12 (фиг. 1) анализа характера расположения стационарного препятствия относительно рассматриваемого беспилотного транспортного средства, операцию 13 (фиг. 1) выбора сценария объезда стационарного препятствия, операцию 14 (фиг. 1) анализа характера расположения и размера стационарного препятствия относительно рассматриваемого беспилотного транспортного средства и принятия решения об объезде стационарного препятствия слева или справа. При этом проверяют выполнение соотношений (фиг. 3 и 4): $V > W/2$ - в этом случае объезд выполняется слева, или $V < W/2$ - в этом случае объезд выполняется справа, где W - размер стационарного препятствия на его фронтальной проекции; V - расстояние от фронтального края (правого края на фиг. 3 и 4) стационарного препятствия на его фронтальной проекции до линии номинальной осевой траектории.

В случае обработки информации и принятия решения об объезде слева (фиг. 3) блок логического выбора сценария объезда 53 (фиг. 7) реализует операцию 15 (фиг. 1) генерации сигнала с варьируемой мгновенной частотой, инициирующего объезд стационарного препятствия слева, операцию 16 (фиг. 1) формирования время-частотного распределения сигнала с варьируемой мгновенной частотой, инициирующего объезд стационарного препятствия слева.

Для формирования начального участка левой девиационной траектории 40 (фиг. 3) задействован блок вейвлет-преобразований 54, которым дополнительно снабжен контроллер 44 (фиг. 7). Блок вейвлет-преобразований 54 предназначен для формирования начального участка девиационной траектории БТС средствами время-частотных распределений траекторных сигналов девиации (см. блок 57 на фиг. 7) сигнала с варьируемой мгновенной частотой (см. блок 56 на фиг. 7). В блоке вейвлет-преобразований 54 производится автономно-спонтанное изменение мгновенной частоты траекторного сигнала девиации средствами математического аппарата вейвлет-преобразования, вызванное необходимостью поворота БТС для объезда возникшего стационарного препятствия, что позволяет достичь заявляемого технического результата.

При этом повороту БТС влево ставится в соответствие сигнал с варьируемой уменьшающейся мгновенной частотой, повороту БТС вправо - с варьируемой повышающейся мгновенной частотой.

Включенные в блок вейвлет-преобразований 54 (фиг. 7) и соединённые последовательно блок задания сигналов с варьируемой мгновенной частотой 56, блок время-частотных распределений траекторных сигналов девиации 57, блок определения параметров время-частотных распределений 58 обрабатывают и

реализуют операцию 17 (фиг. 1) оценки параметров время-частотного распределения сигнала с варьируемой мгновенной частотой, инициирующего объезд стационарного препятствия слева, в рамках которой осуществляют операцию 18 (фиг. 1) активации левого поворота ходового колесного механизма до точки перегиба на начальном участке левой девиационной траектории 40 (обозначена L_1 на фиг. 3), операцию 19 (фиг. 1) активации правого поворота ходового колесного механизма после прохождения точки перегиба (фиг. 1) на начальном участке левой девиационной траектории 40.

Таким образом, с помощью блока вейвлет-преобразований 54, которым дополнительно снабжен контроллер 44 (фиг. 7), вырабатывается управляющий сигнал для осуществления операции 20 (фиг. 1) отработки движения рассматриваемого БТС по начальному участку левой девиационной траектории 40 (фиг. 3) средствами электромеханической части устройства управления БТС 59 в составе рулевого механизма 60, электропривода ходовой части 61, ходового колесного механизма 62. Сигнал обратной связи о текущей (в данном случае - девиационной) траектории БТС передается от ходового колесного механизма 62 на лидарно-радарно-сонарный узел 45 (фиг. 7) для обработки в блоке сравнения 52.

Максимальное отклонение левой девиационной траектории от номинальной осевой траектории обозначено через $Y_{\max}$ в точке L пересечения участка девиационной траектории, параллельного НОТ 35 (фиг. 2, 3, 4), с линией, перпендикулярной НОТ 35 и являющейся касательной к краю стационарного препятствия, максимально удаленному от БТС при начале маневра по объезду стационарного препятствия (фиг. 3), прохождение которой фиксируется лидарно-радарно-сонарным узлом 45 (фиг. 7).

Для формирования конечного участка левой девиационной траектории 41 (фиг. 3) используется блок динамического модального управления 55, которым дополнительно снабжен контроллер 44 (фиг. 7), обрабатывающий и реализующий операцию 21 (фиг. 1) оценки параметров время-частотного распределения сигнала с варьируемой мгновенной частотой, инициирующего формирование конечного участка левой девиационной траектории 41, в рамках которой осуществляют операцию 22 (фиг. 1) активации правого поворота ходового колесного механизма до точки перегиба (обозначена L_2 на фиг. 3) на конечном участке левой девиационной траектории 41 (фиг. 3), операцию 23 (фиг. 1) активации левого поворота ходового колесного механизма после прохождения точки перегиба (обозначена L_2 на фиг. 3) на конечном участке левой девиационной траектории 41.

Блок динамического модального управления 55 предназначен для принудительного формирования конечного участка девиационной траектории БТС средствами изменения мгновенной частоты сигнала с варьируемой мгновенной частотой, обусловленного необходимостью приведения девиационной траектории БТС к линии номинальной осевой траектории, что позволяет средствами математического аппарата динамического модального управления достичь заявляемого технического результата.

Таким образом, с помощью блока динамического модального управления 55, которым дополнительно снабжен контроллер 44 (фиг. 7), вырабатывается управляющий сигнал для осуществления операции 24 (фиг. 1) отработки движения рассматриваемого БТС по конечному участку левой девиационной траектории 41 (фиг. 3) средствами электромеханической части устройства управления БТС 59 в составе рулевого механизма 60, электропривода ходовой части 61, ходового колесного механизма 62. Сигнал обратной связи о текущей (в данном случае - девиационной) траектории БТС передается от ходового колесного механизма 62 на лидарно-радарно-сонарный узел 45 для обработки в блоке сравнения 52.

Окончание перемещения рассматриваемого БТС по конечному участку левой девиационной траектории принимается соответствующим движению БТС по линии НОТ при величине девиации, составляющей 0-5% от $Y_{\max}$ (в точке, обозначенной L_3 на фиг. 3).

В случае принятия решения в блоке 53 (фиг. 7) об объезде стационарного препятствия справа (фиг. 4), блок вейвлет-преобразований 54 и блок динамического модального управления 55 функционируют аналогично с учетом сигнала, полученного от блока логического выбора сценария объезда 53 (т.е. с учетом сигнала об объезде стационарного препятствия слева или справа). При этом направления поворота ходового колесного механизма БТС задаются противоположными по отношению к поворотам при объезде стационарного препятствия по левой девиационной траектории - при прохождении беспилотным транспортным средством по правой девиационной траектории до и после точки перегиба R_1 (фиг. 4) на начальном участке правой девиационной траектории, до и после точки R , а также до и после точки R_2 на конечном участке правой девиационной траектории.

Таким образом, отличительными признаками заявляемого изобретения являются следующие:

в объекте - способе при наличии в зоне обнаружения беспилотного транспортного средства какого-либо стационарного препятствия, либо в сочетании стационарного препятствия и встречного беспилотного транспортного средства, находящегося на расстоянии, достаточном для совершения объезда стационарного препятствия рассматриваемым беспилотным транспортным средством, формируют девиационную траекторию, начальный участок которой задают на основе вейвлет-преобразований, а конечный участок - на основе динамического модального управления, чем достигается заявляемый единый технический результат;

в объекте - способе при наличии в зоне обнаружения рассматриваемого беспилотного транспортного средства встречного беспилотного транспортного средства, находящегося на расстоянии, препятствующем первоочередному объезду стационарного препятствия рассматриваемым беспилотным транс-

портным средством, формируют девиационную траекторию вышеописанным образом после временной задержки, длительность которой определяют равной временному интервалу, необходимому для выполнения проезда встречного беспилотного транспортного средства в номинальном режиме движения по линии своей номинальной осевой траектории в рамках своего соответствующего сплайн-фрейма и достижения встречным беспилотным транспортным средством точки, лежащей на линии, перпендикулярной номинальной осевой траектории рассматриваемого беспилотного транспортного средства, и проходящей через точку начала объезда стационарного препятствия рассматриваемым беспилотным транспортным средством, чем достигается заявляемый единый технический результат;

в объекте - способе начальный участок девиационной траектории задают с помощью траекторных сигналов девиации, вырабатываемых средствами вейвлет-преобразований, по функциональной зависимости, определяемой характером расположения и размерами стационарного препятствия на пути следования рассматриваемого беспилотного транспортного средства, чем достигается заявляемый единый технический результат;

в объекте - способе конечный участок девиационной траектории задают с помощью траекторных сигналов девиации, вырабатываемых средствами динамического модального управления, по функциональной зависимости, определяемой характером расположения и размерами стационарного препятствия на пути следования рассматриваемого беспилотного транспортного средства, чем достигается заявляемый единый технический результат;

в объекте - устройстве контроллер дополнительно снабжён блоком логического выбора сценария объезда стационарного препятствия, блоком вейвлет-преобразований и блоком динамического модального управления, последовательно соединёнными между собой, чем достигается заявляемый единый технический результат;

в объекте - устройстве в состав блока вейвлет-преобразований включены соединённые последовательно блок задания сигналов с варьлируемой мгновенной частотой, блок время-частотных распределений траекторных сигналов девиации и блок определения параметров время-частотных распределений, вырабатывающий управляющие сигналы для блоков обработки начальных участков девиационных траекторий средствами электромеханической части устройства управления движением беспилотного транспортного средства, чем достигается заявляемый единый технический результат;

в объекте - устройстве блок динамического модального управления выполнен с возможностью формирования управляющих сигналов для блоков обработки конечных участков девиационных траекторий средствами электромеханической части устройства управления движением беспилотного транспортного средства, чем достигается заявляемый единый технический результат.

Таким образом, заявляемые способ управления движением БТС и устройство для его осуществления создают условия для анализа возникшей ситуации и её разрешения путём выработки определённого сценария преодоления стационарного препятствия, т.е. процедуры объезда стационарного препятствия слева или справа по определённым девиационным траекториям, сформированным в соответствии с конфигурацией, задаваемой способом и устройством управления. Это, как было отмечено выше, достигается введением в устройство управления движением БТС двух дополнительных блоков: блока вейвлет-преобразований и блока динамического модального управления.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ управления движением беспилотного транспортного средства, включающий автономное движение беспилотного транспортного средства по формируемой номинальной осевой траектории планируемого маршрута, отличающийся тем, что при наличии в зоне обнаружения беспилотного транспортного средства какого-либо стационарного препятствия, либо в сочетании стационарного препятствия и встречного беспилотного транспортного средства, находящегося на расстоянии, достаточном для совершения объезда стационарного препятствия рассматриваемым беспилотным транспортным средством, формируют девиационную траекторию, начальный участок которой задают на основе вейвлет-преобразований, а конечный участок - на основе динамического модального управления, а при наличии в зоне обнаружения рассматриваемого беспилотного транспортного средства встречного беспилотного транспортного средства, находящегося на расстоянии, препятствующем первоочередному объезду стационарного препятствия рассматриваемым беспилотным транспортным средством, формируют девиационную траекторию вышеописанным образом после временной задержки, длительность которой определяют равной временному интервалу, необходимому для выполнения проезда встречного беспилотного транспортного средства в номинальном режиме движения по линии своей номинальной осевой траектории в рамках своего соответствующего сплайн-фрейма и достижения встречным беспилотным транспортным средством точки, лежащей на линии, перпендикулярной номинальной осевой траектории рассматриваемого беспилотного транспортного средства, и проходящей через точку начала объезда стационарного препятствия рассматриваемым беспилотным транспортным средством.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что начальный участок девиационной траектории задают с помощью траекторных сигналов девиации, вырабатываемых средствами вейвлет-преобразований, по

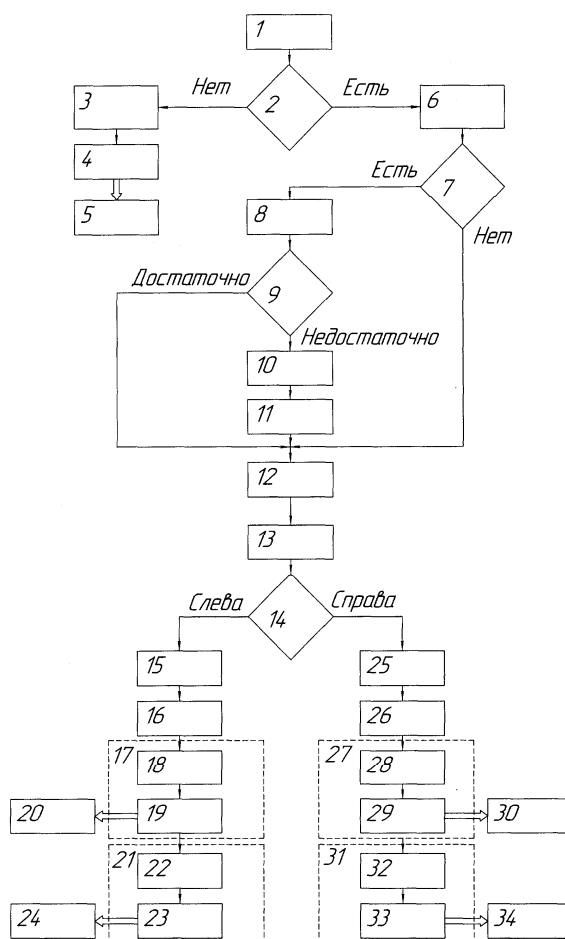
функциональной зависимости, определяемой характером расположения и размерами стационарного препятствия на пути следования рассматриваемого беспилотного транспортного средства.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что конечный участок девиационной траектории задают с помощью траекторных сигналов девиации, вырабатываемых средствами динамического модального управления, по функциональной зависимости, определяемой характером расположения и размерами стационарного препятствия на пути следования рассматриваемого беспилотного транспортного средства.

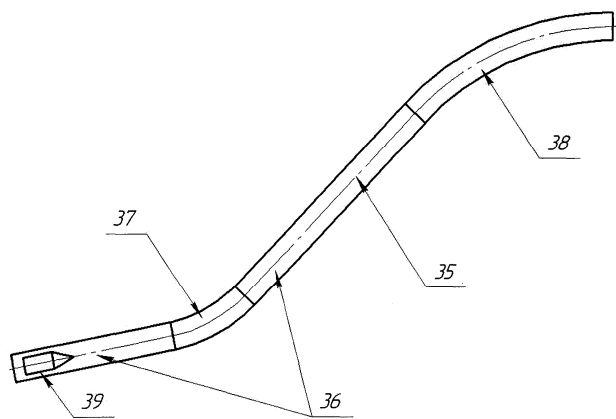
4. Устройство для осуществления способа управления движением беспилотного транспортного средства по пп.1-3, включающее контроллер, выполненный с возможностью обнаружения номинальной осевой траектории, по которой должно двигаться рассматриваемое беспилотное транспортное средство, и возможностью управления движением беспилотного транспортного средства, отличающееся тем, что контроллер дополнительно снабжён блоком логического выбора сценария объезда стационарного препятствия, блоком вейвлет-преобразований и блоком динамического модального управления, последовательно соединёнными между собой.

5. Устройство по п.4, отличающееся тем, что в состав блока вейвлет-преобразований включены соединённые последовательно блок задания сигналов с варьируемой мгновенной частотой, блок время-частотных распределений траекторных сигналов девиации и блок определения параметров время-частотных распределений, вырабатывающий управляющие сигналы для блоков отработки начальных участков девиационных траекторий средствами электромеханической части устройства управления беспилотного транспортного средства.

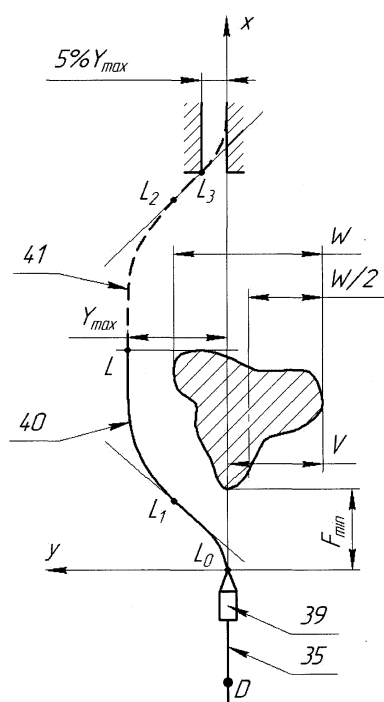
6. Устройство по п.4, отличающееся тем, что блок динамического модального управления выполнен с возможностью формирования управляющих сигналов для блоков отработки конечных участков девиационных траекторий средствами электромеханической части устройства управления движением беспилотного транспортного средства.



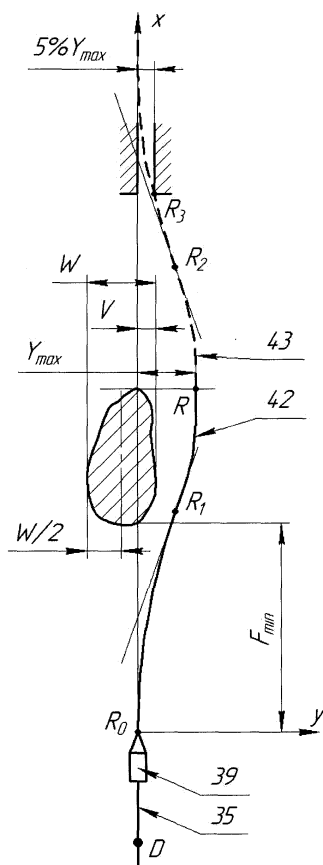
Фиг. 1



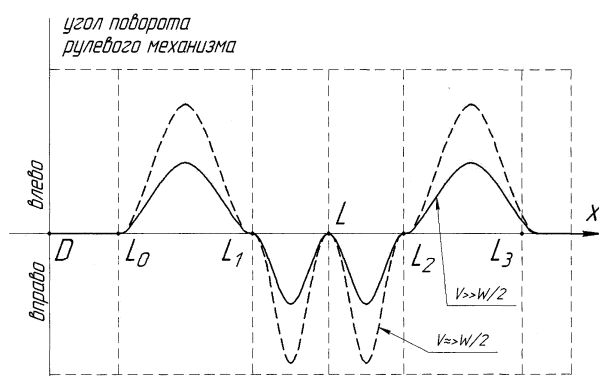
Фиг. 2



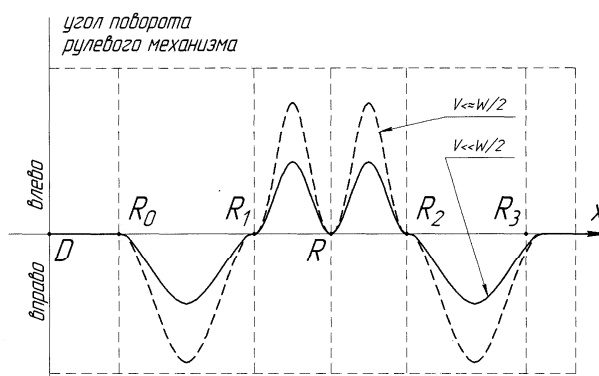
Фиг. 3



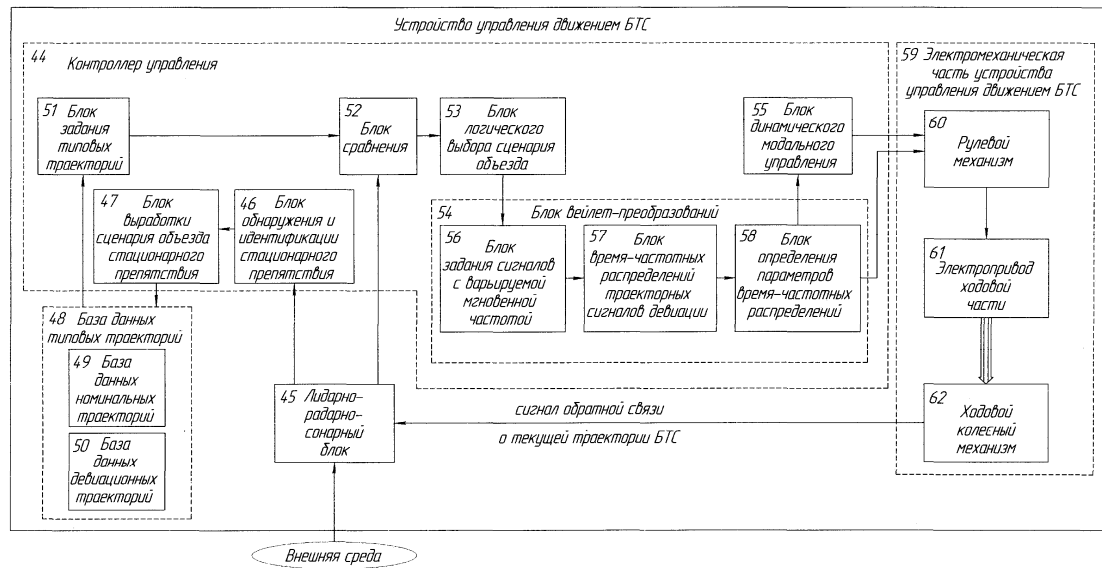
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



ФИГ. 7