

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 8142

(13) С1

(46) 2006.06.30

(51)<sup>7</sup> F 03D 3/00, 7/00

(54)

## ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА

(21) Номер заявки: а 20030243

(22) 2003.03.18

(43) 2004.09.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Лаврентьев Николай Алексеевич; Лаврентьева Юлия Николаевна; Васильченко Владимир Иванович; Макоско Юрий Валерьевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) RU 2178830 C2, 2002.

SU 1089289 A, 1984.

SU 842215, 1981.

SU 547546, 1977.

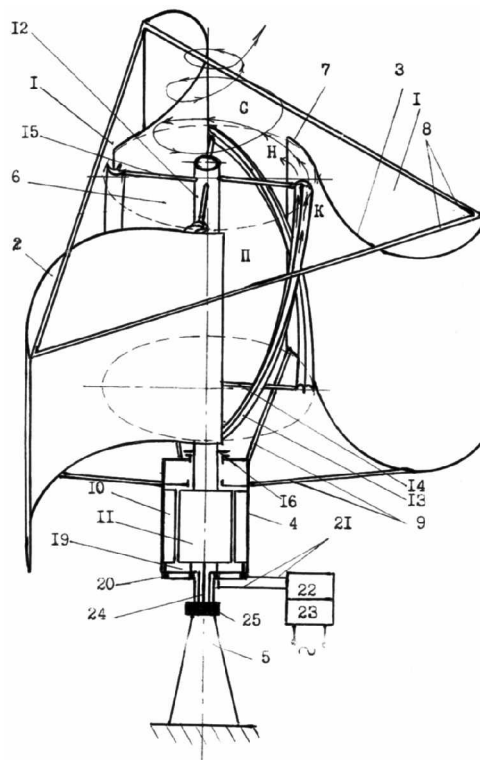
RU 2101560 C1, 1998.

DE 3918184 A1, 1990.

DE 4320808 A1, 1994.

(57)

1. Ветроэнергетическая установка, содержащая ветроротор жесткого диафрагменного типа с вертикальной осью вращения, имеющий лопасти, содержащие жесткие выпуклые диафрагмы, и центральную междиафрагменную зону перетока ветрового потока, а также электрогенератор и опору, отличающаяся тем, что в центральной междиафрагменной зоне перетока ветрового потока установлен вертикально-лопастный ветроротор, а каждая



Фиг. 1

ВУ 8142 С1 2006.06.30

жесткая выпуклая диафрагма оснащена вогнутой направляющей для ориентации ветрового потока в клиновом зазоре между ветроротором жесткого диафрагменного типа и вертикально-лопастным ветроротором, статор электрогенератора соединен соосно с ветроротором жесткого диафрагменного типа, а ротор электрогенератора соосно соединен с вертикально-лопастным ветроротором, вращающимся противоположно направлению вращения статора электрогенератора.

2. Установка по п. 1, **отличающаяся** тем, что каждая лопасть вертикально-лопастного ветроротора выполнена геликоидной с желобчатым профилем.

3. Установка по п. 2, **отличающаяся** тем, что каждая геликоидная лопасть выполнена с двухжелобчатым стреловидным профилем.

4. Установка по любому из пп. 1-3, **отличающаяся** тем, что содержит спойлер, установленный между каждой вогнутой направляющей и последующей жесткой выпуклой диафрагмой.

5. Установка по любому из пп. 1-4, **отличающаяся** тем, что включает периметрический воздухозаборник, содержащий расположенные по периметру ветроротора жесткого диафрагменного типа обечайку, ограничивающую его периметр, и створки, установленные под углом к обечайке.

---

Изобретение относится к ветроэнергетике в области конструирования ветроэнергетических установок и может быть использовано в различных областях хозяйственной деятельности.

Известна ветроэнергетическая установка [1] вертикальной оси вращения с геликоидным ветроротором, имеющим желобчатые геликоидные лопасти, электрогенератор с редуктором-мультипликатором и опорой.

Недостаток этой конструкции связан с наличием следового шлейфа за ветроротором при больших скоростях ветра, что приводит к возникновению аэродинамического шума при работе ветроэнергетической установки. При малых скоростях ветра ветроротор не создает устойчивого вихря, что определяет низкую производительность ветроэнергетической установки.

Известна ветроэнергетическая установка [2] - прототип, содержащая ветроротор жесткого диафрагменного типа вертикальной оси вращения, так называемый ветроротор Савониуса, с лопастями, содержащими две жесткие выпуклые диафрагмы, центральную между диафрагменную зону перетока ветрового потока, электрогенератор с редуктором-мультипликатором и опорой. Выпуклые жесткие диафрагмы вогнутостью под воздействием ветрового потока обеспечивают возникновение крутящего момента  $M1$  на валу электрогенератора, а выпуклостью - сопротивление  $M2$  ветровому потоку и снижение крутящего момента  $M1-M2$ . Переток отработавшей части ветрового потока из вогнутости одной диафрагмы в вогнутость другой диафрагмы снижает сопротивление  $M2-M3$ . Суммарный крутящий момент  $M = M1 - (M2 - M3)$ . Сопротивление шлейфового следа с подветренной стороны от ветроротора снижает суммарный крутящий момент на величину  $M4$ :  $M = M1 - M2 + M3 - M4$ . Инерционность жестких выпуклых диафрагм обеспечивает скорость вращения ветроротора на уровне значительно более низком, чем это требуется для эффективной работы электрогенератора. По этой причине привод ротора электрогенератора от ветроротора осуществляется через редуктор-мультипликатор с довольно высоким передаточным числом, что снижает коэффициент полезного действия ветроэнергетической установки.

Недостаток этой конструкции связан со значительными изменениями условий обтекания жесткой выпуклой диафрагмы ветроротора ветровым потоком на каждом обороте с цикличностью, превышающей миллион раз. Это приводит к снижению надежности в связи с резким переходом жестких выпуклых диафрагм из зоны набегающего ветрового потока в область турбулентности в следовом за ветроротором шлейфе, что сопровождается

# BY 8142 C1 2006.06.30

явлением одиночных рывков при низких оборотах ветроротора с последующим по мере увеличения оборотов возникновением автоколебаний, приводящим к резонансному разрушению как элементов ветроротора, так и редуктора-мультипликатора, опоры и фундамента ветроустановки, что в итоге приводит к снижению долговечности работы и производительности ветроустановки.

Задачей, решаемой изобретением, является увеличение производительности, надежности и долговечности ветроэнергетической установки.

Поставленная задача решается тем, что в ветроэнергетической установке, содержащей ветроротор жесткого диафрагменного типа с вертикальной осью вращения, имеющий лопасти, содержащие жесткие выпуклые диафрагмы, и центральную междиафрагменную зону перетока ветрового потока, а также электрогенератор и опору, в центральной междиафрагменной зоне перетока ветрового потока установлен вертикально-лопастной ветроротор, а каждая жесткая выпуклая диафрагма оснащена вогнутой направляющей для ориентации ветрового потока в клиновидный зазор между ветроротором жесткого диафрагменного типа и вертикально-лопастным ветроротором, статор электрогенератора соединен соосно с ветроротором жесткого диафрагменного типа, а ротор электрогенератора соосно соединен с вертикально-лопастным ветроротором, вращающимся противоположно направлению вращения статора электрогенератора.

Каждая лопасть вертикально-лопастного ветроротора выполнена геликоидной с желобчатым профилем.

Каждая геликоидная лопасть выполнена с двухжелобчатым стреловидным профилем.

Установка содержит спойлер, установленный между каждой вогнутой направляющей и последующей жесткой выпуклой диафрагмой.

Установка включает периметрический воздухозаборник, содержащий расположенные по периметру ветроротора жесткого диафрагменного типа обечайку, ограничивающую его периметр, и створки, установленные под углом к обечайке.

Наличие вертикально-лопастного ветроротора, размещенного в междиафрагменной зоне, приводит к значительному укорочению следового шлейфа за ветроротором жесткого диафрагменного типа, что сопровождается снижением аэродинамического шума, отсутствием рывков и колебаний ветророторов, а следовательно, приводит к увеличению производительности, надежности и долговечности ветроэнергетической установки. Взаимное противовращение по направляющим ветроротора жесткого диафрагменного типа и вертикально-лопастного ветроротора и, соответственно, статора и ротора электрогенератора увеличивает частоту вращения электрического поля электрогенератора, освобождая от необходимости использовать редуктор-мультипликатор.

При выполнении вертикально-лопастного ветроротора с геликоидными лопастями желобчатого профиля обеспечивается отсос отработавшего ветрового потока в виде вертикального вихря из следового шлейфа за ветроротором жесткого диафрагменного типа, а также подсос дополнительных воздушных масс в рабочий ветровой поток, что дополнительно увеличивает производительность ветроэнергетической установки.

При выполнении вертикально-лопастного ветроротора с геликоидными лопастями двухжелобчатого стреловидного профиля обеспечивается повышение производительности ветроэнергетической установки в низкоскоростных климатических зонах.

Наличие спойлера позволяет ориентировать ветровые струи в клиновом зазоре в геликоидные лопасти желобчатого профиля, что также повышает производительность ветроэнергетической установки в низкоскоростных климатических зонах.

Оснащение ветророторов ветроэнергетической установки периметрическим воздухозаборником обеспечивает увеличение объема воздуха, набегающего на ветророторы, что также увеличивает производительность ветроэнергетической установки.

Изобретение поясняется чертежами, где на фиг. 1 представлен общий вид ветроэнергетической установки; на фиг. 2 - вид ветроэнергетической установки сверху, на фиг. 3 -

## ВУ 8142 С1 2006.06.30

профили геликоидной лопасти стреловидного сечения; на фиг. 4 - профили геликоидной лопасти желобчатого сечения; на фиг. 5 - общий вид ветроэнергетической установки, оснащенной периметрическим воздухозаборником; фиг. 6 - вид ветроэнергетической установки сверху с периметрическим воздухозаборником, вариант встречного вращения ветродвигателей; на фиг. 7 - вид ветроэнергетической установки сверху с периметрическим воздухозаборником, вариант параллельного вращения ветродвигателей; на фиг. 8 - вид ветроэнергетической установки по фиг. 2, дооснащенной спойлерами, вид сверху.

Ветроэнергетическая установка состоит из ветродвигателя 1 жесткого диафрагменного типа вертикальной оси вращения, с лопастями 2, содержащими жесткие выпуклые диафрагмы 3 и центральную междиафрагменную зону П перетока ветрового потока В, электрогенератор 4 и опору 5. В центральной междиафрагменной зоне П перетока ветрового потока В установлен вертикально-лопастный ветродвигатель 6, а каждая жесткая выпуклая диафрагма 3 оснащена вогнутой направляющей 7 ветрового потока В в клиновидный зазор К по периметру ветродвигателя 1 жесткого диафрагменного типа. Относительно вертикально-лопастного ветродвигателя 6, ветродвигатель 1 жесткого диафрагменного типа соединен соосно валом 8 и штангами 9 со статором 10 электрогенератора 4, а ротор 11 электрогенератора 4 соосно соединен валом 12 с вертикально-лопастным ветродвигателем 6 противоположного направления вращения статора 10 электрогенератора 4. Вертикально-лопастный ветродвигатель 6 оснащен геликоидными лопастями 13 желобчатого профиля и связан переключателями 14 и 15 через вал 12 и подшипниковый узел 16 с ротором 11 электрогенератора 4. Вертикально-лопастный ветродвигатель 6 содержит геликоидные, расположенные винтообразно, лопасти 13 двухжелобчатого (стреловидного), по фиг. 3, профиля 17 для эксплуатации в климатических зонах со средними и низкими скоростями ветра или одножелобчатого, по фиг. 4, профиля 18 для эксплуатации в климатических зонах с высокоскоростными ветровыми режимами. Статор 10 электрогенератора 4, прикрепленный к корпусу 19, и ротор 11 связаны через токосъемники 20 проводной системой 21 с устройством управления 22 и преобразователем (инвертором) 23. Корпус 19 электрогенератора 4 через подшипниковый узел 24 связан с тормозным механизмом 25, установленным на опоре 5 ветроэнергетической установки. По фиг. 5 опора выполнена в виде платформы 26, на которой закреплен периметрический воздухозаборник 27, содержащий расположенные по периметру ветродвигателя 1 жесткого диафрагменного типа обечайку 28 и створки 29. Створки 29 соединены с обечайкой 28, ограничивающей периметр ветродвигателя 1 жесткого диафрагменного типа под углом  $\alpha$  к обечайке. На верхнем конце вала 12 установлен вертикальный вал 30, связанный с обечайкой тягами 31 и талрепами 32. По фиг. 7 жесткие выпуклые диафрагмы 3 ветродвигателя 1 переориентированы на параллельное вращение с ветродвигателем 6, а ветродвигатель 6 оснащен одноступенчатой шестеренчатой передачей 33. По фиг. 8 между каждой вогнутой направляющей 7 и последующей жесткой выпуклой диафрагмой 3 ветродвигателя 1 жесткого диафрагменного типа установлен спойлер 34.

Работает ветроэнергетическая установка следующим образом. Ветровой поток В, воздействуя на вогнутости жестких выпуклых диафрагм 3 лопастей 2, создает крутящий момент М1, передаваемый затем через штанги 9 и корпус 19 к статору 10 электрогенератора 4, вращая его вокруг ротора 11 по направлению Е. Сопротивление М2 крутящему моменту М1 от выпуклости, противодействующей ветровому потоку лопасти 2, значительно меньше в силу обтекания ее поверхности струями А и Б. При вращении статора 11 вокруг ротора 11 на их обмотках за счет разницы моментов  $M1 - M2 = M3$  возникает электрический ток. Часть ветрового потока В в виде струй Г, скользя вдоль вогнутости диафрагмы 3 и направляющей 7, объединяются со струями Б в проеме П между лопастями 2 и воздействуют на геликоидные лопасти 13 вертикально-лопастного ветродвигателя 6. При этом внутренняя часть выпуклости набегающей диафрагмы 3 концентрирует струи Б и Г в зазоре К,

## ВУ 8142 С1 2006.06.30

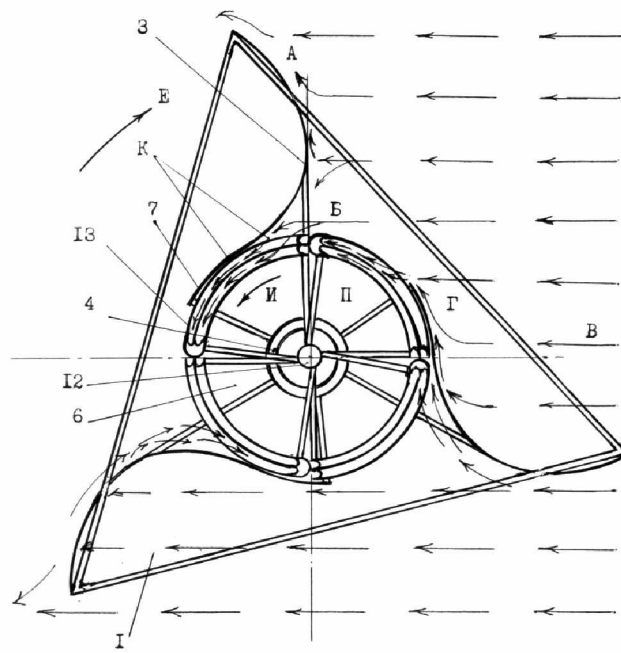
ускоряя вместе с объединенным воздушным потоком Б + Г скорость вращения вертикально-лопастного ветроротора б. Под воздействием воздушного потока Б + Г крутящий момент М4, переданный от окружной силы геликоидных лопастей 13 через переключки 15 и вертикальный вал 12 на ротор 11, увеличивает на противовращении к статору 10 силу электрического тока на обмотках ротора 11 и статора 10. Причем плотность воздушного потока Б + Г сохраняется на протяжении направляющей 7, поддерживая постоянство скорости вращения вертикально-лопастного ветроротора б и крутящего момента М4 на валу 12. Кроме того, струи Ж воздушного потока Б + Г, перемещаясь вдоль геликоидных желобов геликоидных лопастей 13 стреловидного (двухжелобчатого) 17 или желобчатого 18 профилей, на сходе в пространство над ветроротором б выбрасываются вверх в виде геликоидных (винтообразных) струй Н, формируя устойчивый воздушный вихрь С, обеспечивая при этом подсосывание из окружающей атмосферы дополнительных порций воздуха в следовой шлейф к ветророторам 1 и б с подветренной стороны от ветрового потока В. Этим обеспечивается снижение сопротивления следового шлейфа вращения ветроротора 1 и, как следствие, увеличение крутящего момента М3 на статоре 10 электрогенератора 4. Следует учитывать, что геликоидные лопасти 13, работающие в позиции против ветрового потока В, прикрыты от потока выпуклостью диафрагмы 3. Это предотвращает снижение величины крутящего момента М4 на валу 12 и соответственно увеличивает силу электрического тока на обмотках ротора 11 электрогенератора 4. Кроме того, при исполнении ветроротора 1, оснащенного спойлерами 34, установленными под каждой вогнутой направляющей 7 перед выпуклостью диафрагмы 3, ветровые струи в клиновом зазоре К более эффективно воздействуют на геликоидные лопасти 13 желобчатого профиля в условиях низкоскоростного ветрового потока В. Взаимное противовращение по направляющим диафрагменного ветроротора 1, вертикально-лопастного ветроротора б и, соответственно, статора 10 и ротора 11 увеличивает частоту вращения электрического поля электрогенератора 4, освобождая от необходимости использовать редуктор-мультипликатор. При этом увеличивается коэффициент полезного действия и эксплуатационная надежность ветроэнергетической установки. Кроме вышеуказанного, использование в междиафрагменной зоне перетока П вертикально-лопастного ветроротора б позволяет варьировать количество жестких выпуклых диафрагм 3 в зависимости от применения конструкции для различных ветровых условий.

Применение периметрического воздухозаборника 27 обеспечивает увеличение объема воздуха, набегающего на ветроротор 1 ветрового потока В. Перемещаясь вдоль створок 29, ветровой поток увеличивает скорость вращения ветророторов 1, б и, соответственно, мощность электрогенератора 4 и, как следствие, производительность ветроэнергетической установки.

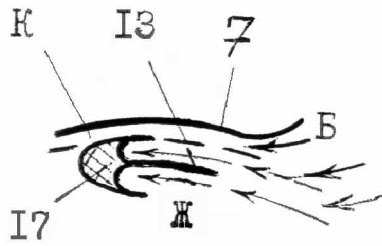
Применение варианта ветроэнергетической установки, по фиг. 7, с параллельным вращением ветророторов 1 и б предусматривает использование одноступенчатой шестеренчатой передачи 33 от вала 12 к ротору 11 для обеспечения противовращения ротора 11 и статора 10 электрогенератора 4.

Источники информации:

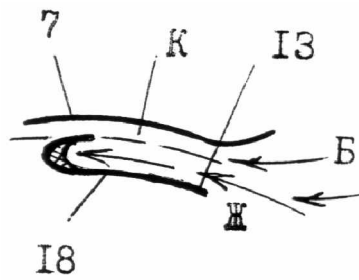
1. Патент РФ 2178830 С2, МПК<sup>7</sup> F 03D 3/00, 2002.
2. Шибалова А.М. и др. О роли нетрадиционных возобновляемых энергоисточников в развитии энергетики. Вып. 1. Ветроэнергетика. БелНИИНТИ, обзорная информация. Серия 44.09. - Мн.: Энергоресурсы, 1991. - С. 38-39.



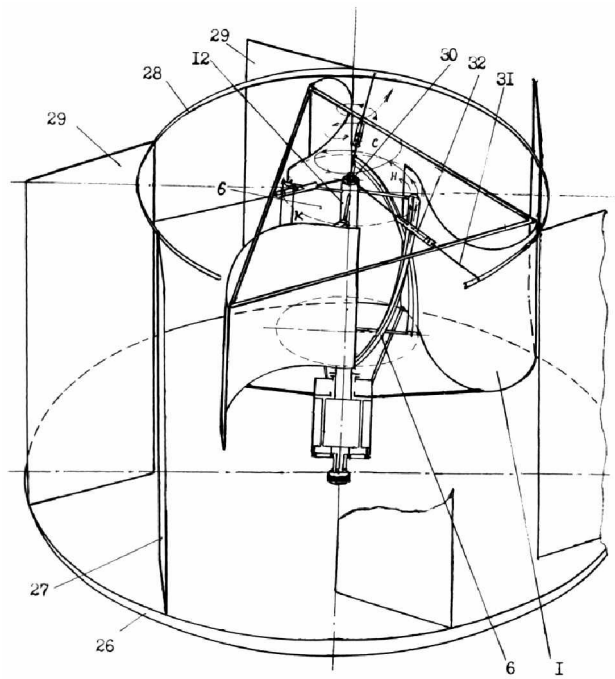
Фиг. 2



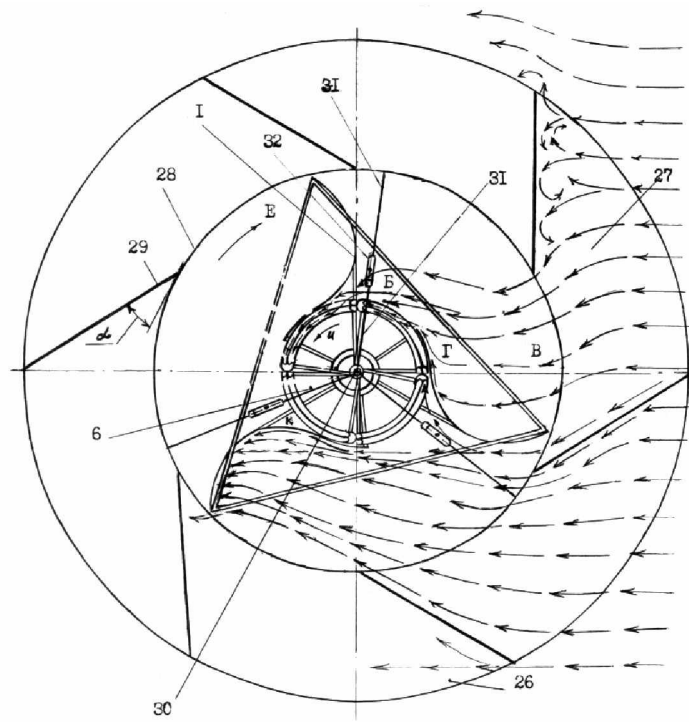
Фиг. 3



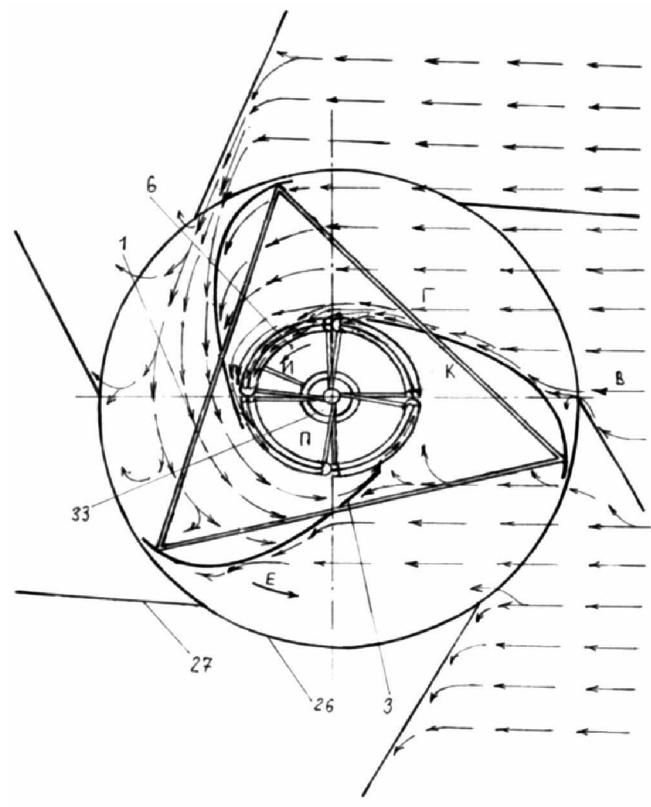
Фиг. 4



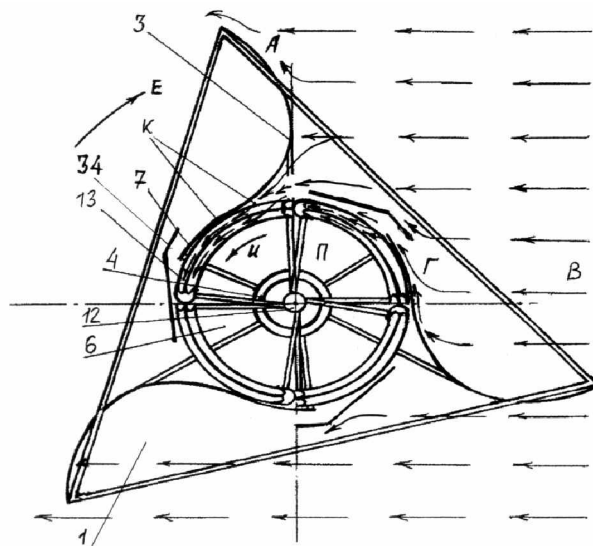
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8