

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 9065

(13) С1

(46) 2007.04.30

(51)⁷ Е 04Н 12/34

(54) СПОСОБ МОНТАЖА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

(21) Номер заявки: а 20020094

(22) 2002.02.05

(43) 2003.09.30

(71) Заявители: Цыганок Александр Иванович; Пашков Владимир Анатольевич (ВУ)

(72) Авторы: Цыганок Александр Иванович; Пашков Владимир Анатольевич (ВУ)

(73) Патентообладатели: Цыганок Александр Иванович; Пашков Владимир Анатольевич (ВУ)

(56) Матвеев В.В. и др. Примеры расчета такелажной оснастки. - Ленинград: Стройиздат, 1987. - С. 238-240.

SU 1528881 А1, 1989.

SU 1520227 А1, 1989.

SU 1454777 А1, 1989.

SU 1709045 А2, 1992.

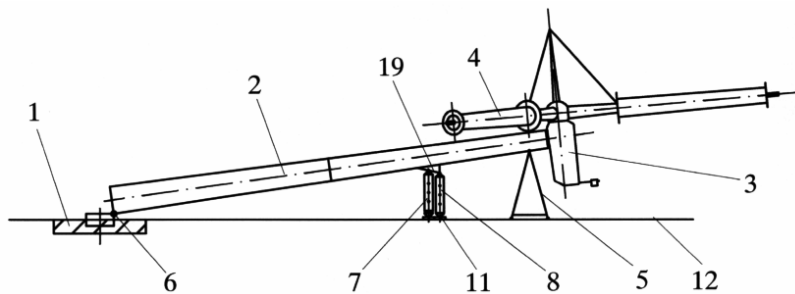
SU 1779732 А1, 1992.

RU 96104693 А, 1998.

RU 95120356 А, 1997.

(57)

1. Способ монтажа ветроэнергетической установки, содержащей закрепляемую на фундаменте башню с поворотной платформой и ветроколесом наверху, включающий укрупнительную сборку ветроэнергетической установки в наклонном исходном положении на временных опорах на земле с закреплением низа башни в опорном шарнире, шарнирное присоединение монтажных подпорок верхними частями к башне, а нижними - к передвижным опорам на основании, подъем ветроэнергетической установки из исходного положения в вертикальное поворотом вокруг опорного шарнира выжиманием монтажными подпорками, **отличающийся** тем, что для подъема используют две монтажные подпорки, нижние части которых выполняют в виде снабженных телескопическими секциями и запорными устройствами раздвижных колонн, одну из которых снабжают вмонтированным внутри нее подъемным гидроцилиндром, монтажные подпорки устанавливают под башней вертикально в плоскости центра тяжести ветроэнергетической установки, перпендикулярной оси опорного шарнира, причем ближе к опорному шарниру устанавливают первую монтажную подпорку без гидроцилиндра, и запирают запорные устройства обеих



Фиг. 1

ВУ 9065 С1 2007.04.30

монтажных подпорок, а подъем ветроэнергетической установки производят мелкими шагами, на каждом из которых начинают подъем выдвиганием гидроцилиндра второй монтажной подпорки и освобождают запорное устройство первой монтажной подпорки после снятия с нее нагрузки, продолжают подъем гидроцилиндром пока отклонение второй монтажной подпорки от вертикали не достигнет допускаемого угла, в пределах угла трения опоры монтажной подпорки по основанию, или до полного выдвигания гидроцилиндра, после чего выводят первую монтажную подпорку в вертикальное положение соответствующим подтягиванием ее опоры и запирают запорное устройство первой монтажной подпорки, затем начинают втягивание гидроцилиндра второй монтажной подпорки и освобождают ее запорное устройство после передачи нагрузки на первую монтажную подпорку, после чего заканчивают втягивание гидроцилиндра второй монтажной подпорки и соответствующим подтягиванием опоры эту монтажную подпорку также выводят в вертикальное положение и запирают ее запорное устройство.

2. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что присоединение монтажных подпорок верхними частями к башне ветроэнергетической установки осуществляют посредством снабженного шарнирами ригеля, который жестко крепят к башне в исходном для подъема положении, под углом к горизонтали, составляющим половину угла поворота башни вокруг опорного шарнира, а расстояние между шарнирами и от шарнира до ближайшей образующей башни устанавливают соответствующим поперечным габаритам монтажных подпорок в любом их положении в процессе подъема ветроэнергетической установки.

3. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что для начала подъема ветроэнергетической установки используют укороченные монтажные подпорки, соответствующие просвету между землей и нижней образующей башни, а затем, после увеличения просвета при раздвижении укороченных монтажных подпорок на всю длину, их поочередно заменяют соответствующими удлиненными монтажными подпорками.

4. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что верхние части монтажных подпорок выполняют в виде колонн переменной длины из сменных стыковочных секций, причем подъем ветроэнергетической установки производят в несколько стадий, на каждой из которых сначала производят подъем мелкими шагами до полного раздвижения нижних телескопических секций обеих монтажных подпорок, а затем втягиванием гидроцилиндра второй подпорки передают нагрузку на первую монтажную подпорку, после чего разъединяют стык между верхней частью второй монтажной подпорки с ее нижней телескопической частью, сокращают эту телескопическую часть до минимального размера и в образовавшийся зазор устанавливают сменные стыковочные секции для подращивания верхней части второй монтажной подпорки, после чего выдвиганием гидроцилиндра второй монтажной подпорки снимают нагрузку с первой монтажной подпорки, разъединяют стык между верхней частью первой монтажной подпорки с ее нижней телескопической частью, сокращают эту телескопическую часть до минимального размера и в образовавшийся зазор устанавливают сменные стыковочные секции для подращивания верхней части первой монтажной подпорки.

5. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что шарнирное присоединение монтажных подпорок верхними частями к башне осуществляют в два этапа, на первом из которых монтажные подпорки упирают в шарниры короткого ригеля, жестко закрепленного на верхней части башни под углом к горизонтали, составляющим половину угла поворота башни вокруг опорного шарнира, при расстоянии между шарнирами и от шарнира до ближайшей образующей башни, соответствующем поперечным габаритам подпорок в любом их положении в процессе подъема ветроэнергетической установки, а на втором - в шарниры на конце удлиненного ригеля, один конец которого шарнирно закрепляют под башней в ее нижней части, а к его другому концу присоединяют верхнюю часть первой монтажной подпорки с образованием треугольника, вершину которого закрепляют в вертикальной плоскости подъема посредством растяжек к боковым сторонам башни.

ВУ 9065 С1 2007.04.30

Изобретение относится к строительству, в частности к способам бескранового монтажа ветроэнергетических установок башенного типа, и также может быть использовано при монтаже различных других длинномерных вертикальных конструкций.

В связи с задачей использования экологически чистых источников электроэнергии во всем мире увеличиваются объемы строительства ветроэнергетических установок. Предпочтение отдается ветроэнергетическим установкам башенного типа. В Республике Беларусь разработаны и проходят испытания эффективные роторные ветроэнергетические установки [1].

Монтажной особенностью ветроэнергетических установок башенного типа является сосредоточение основной массы оборудования на верху башни на большой высоте. Поэтому при монтаже ветроэнергетической установки с использованием самоходного стрелового грузоподъемного крана требуемая мощность крана оказывается очень большой. Например, для подъема на башню высотой 60 м поворотной платформы массой около 50 т требуется кран с максимальной грузоподъемностью свыше 600 т на основной телескопической стреле. Резкое падение грузоподъемности с увеличением длины стрелы и высоты подъема является особенностью всех самоходных грузоподъемных кранов [2].

Самоходные краны грузоподъемностью свыше 160 т в Республике Беларусь отсутствуют. Поэтому становится весьма актуальной задача разработки эффективных способов и устройств бескранового монтажа ветроэнергетических установок башенного типа.

Известен способ монтажа вертикальных конструкций при помощи телескопической стрелы с гидравлическим приводом и запорным устройством [3].

Известен способ бескранового монтажа конструкций башенного типа поворотом вокруг опорного шарнира с использованием падающего шевра [4].

Однако применительно к монтажу тяжелых башенных ветроэнергетических установок известные способы неэффективны из-за большой материалоемкости монтажного устройства для их осуществления и повышенных монтажных нагрузок.

Наиболее близким к заявляемому способу является способ монтажа ветроэнергетической установки, содержащей закрепляемую на фундаменте секционную башню с поворотной платформой и ветроколесом наверху, включающий размещение на фундаменте верхней секции башни, вертикальное закрепление ее расчалками, пропущенными через отводные блоки на монтажных якорях, равноудаленных от центра фундамента, и параллельно соединенными с предохранительным натяжным приспособлением и устройством для параллельного стравливания нижних концов расчалок, монтаж поворотной платформы и ветроколеса на верхней секции башни, вертикальный циклический подъем верхней подрашываемой части ветроэнергетической установки с последовательным присоединением нижних секций башни до окончания ее монтажа с последующим закреплением на фундаменте [5].

В известном способе опоры подпорок устанавливаются на рельсовые направляющие и соединяются с поворотным шарниром стягивающими полиспастами. Монтажные подпорки к поднимаемой конструкции крепятся шарнирно за верхнюю образующую или грань, либо через канатные подвески, соединяющие ригель подпорки с верхней и нижней частями конструкции. Монтажные подпорки изготавливаются в виде разборных порталов и устанавливаются с наклоном относительно оси конструкции. При сокращении полиспастов опоры подпорок перемещаются по рельсовым направляющим к поворотному шарниру, и конструкция, поворачиваясь вокруг шарнира, поднимается (выжимается) подпорками в вертикальное положение.

Недостатками известного способа являются необходимость использования стягивающих полиспастов с лебедками и якорями, а также рельсовых направляющих и опор в виде тележек; повышенная материалоемкость и размеры подпорок порталного типа при их наклонной установке и присоединении к конструкции сверху, а также рельсовых направляющих и опор подпорок; повышенные монтажные нагрузки на конструкцию, поворот-

ВУ 9065 С1 2007.04.30

ный шарнир, монтажные подпорки, их опоры и стягивающие полиспасты, вследствие наклонного расположения подпорок с большими размерами и массой.

Задачей настоящего изобретения является сокращение количества используемых талевых средств и их материалоемкости, а также уменьшение монтажных нагрузок.

Поставленная задача достигается тем, что в способе монтажа ветроэнергетической установки, содержащей закрепляемую на фундаменте башню с поворотной платформой и ветроколесом наверху, включающем укрупнительную сборку ветроэнергетической установки в наклонном исходном положении на временных опорах на земле с закреплением низа башни в опорном шарнире, шарнирное присоединение монтажных подпорок верхними частями к башне, а нижними - к передвижным опорам на основании, подъем ветроэнергетической установки из исходного положения в вертикальное поворотом вокруг опорного шарнира выжиманием монтажными подпорками, для подъема используют две монтажные подпорки, нижние части которых выполняют в виде снабженных телескопическими секциями и запорными устройствами раздвижных колонн, одну из которых снабжают вмонтированным внутри нее подъемным гидроцилиндром, монтажные подпорки устанавливают под башней вертикально в плоскости центра тяжести ветроэнергетической установки, перпендикулярной оси опорного шарнира, причем ближе к опорному шарниру устанавливают первую монтажную подпорку без гидроцилиндра, и запирают запорные устройства обеих монтажных подпорок, а подъем ветроэнергетической установки производят мелкими шагами, на каждом из которых начинают подъем выдвиганием гидроцилиндра второй монтажной подпорки и освобождают запорное устройство первой монтажной подпорки после снятия с нее нагрузки, продолжают подъем гидроцилиндром, пока отклонение второй монтажной подпорки от вертикали не достигнет допустимого угла, в пределах угла трения опоры монтажной подпорки по основанию, или до полного выдвигания гидроцилиндра, после чего выводят первую монтажную подпорку в вертикальное положение соответствующим подтягиванием ее опоры и запирают запорное устройство первой монтажной подпорки, затем начинают втягивание гидроцилиндра второй монтажной подпорки и освобождают ее запорное устройство после передачи нагрузки на первую монтажную подпорку, после чего заканчивают втягивание гидроцилиндра второй монтажной подпорки и соответствующим подтягиванием опоры эту монтажную подпорку также выводят в вертикальное положение и запирают ее запорное устройство, при этом присоединение монтажных подпорок верхними частями к башне ветроэнергетической установки может осуществляться посредством снабженного шарнирами ригеля, который жестко крепят к башне в исходном для подъема положении, под углом к горизонтали, составляющим половину угла поворота башни вокруг опорного шарнира, а расстояние между шарнирами и от шарнира до ближайшей образующей башни устанавливают соответствующим поперечным габаритам монтажных подпорок в любом их положении в процессе подъема ветроэнергетической установки; для начала подъема ветроэнергетической установки могут быть использованы укороченные монтажные подпорки, соответствующие просвету между землей и нижней образующей башни, а затем, после увеличения просвета при раздвижении укороченных монтажных подпорок на всю длину, их поочередно заменяют соответствующими удлиненными монтажными подпорками; верхние части монтажных подпорок могут быть выполнены в виде колонн переменной длины из сменных стыковочных секций, причем подъем ветроэнергетической установки производят в несколько стадий, на каждой из которых сначала производят подъем мелкими шагами до полного раздвижения нижних телескопических секций обеих монтажных подпорок, а затем втягиванием гидроцилиндра второй монтажной подпорки передают нагрузку на первую монтажную подпорку, после чего разъединяют стык между верхней частью второй монтажной подпорки с ее нижней телескопической частью, сокращают эту телескопическую часть до минимального размера и в образовавшийся зазор устанавливают сменные стыковочные секции для подращивания верхней части второй монтажной подпорки, после чего выдвиганием гидроцилиндра второй монтажной подпорки снимают нагрузку с первой

ВУ 9065 С1 2007.04.30

монтажной подпорки, разъединяют стык между верхней частью первой монтажной подпорки с ее нижней телескопической частью, сокращают эту телескопическую часть до минимального размера и в образовавшийся зазор устанавливают сменные стыковочные секции для подрачивания верхней части первой монтажной подпорки; шарнирное присоединение монтажных подпорок верхними частями к башне может быть осуществлено в два этапа, на первом из которых монтажные подпорки упирают в шарниры короткого ригеля, жестко закрепленного на верхней части башни под углом к горизонтали, составляющим половину угла поворота башни вокруг опорного шарнира, при расстоянии между шарнирами и от шарнира до ближайшей образующей башни, соответствующем поперечным габаритам подпорок в любом их положении в процессе подъема ветроэнергетической установки, а на втором - в шарниры на конце удлиненного ригеля, один конец которого шарнирно закрепляют под башней в ее нижней части, а к его другому концу присоединяют верхнюю часть первой монтажной подпорки с образованием треугольника, вершину которого закрепляют в вертикальной плоскости подъема посредством растяжек к боковым сторонам башни.

Использование предлагаемого изобретения позволяет сократить количество применяемых такелажных средств и их материалоемкость, уменьшить монтажные нагрузки. При этом отпадает, в частности, необходимость использования стягивающих полиспаатов с лебедками и якорями, а также рельсовых направляющих и опор в виде тележек, уменьшаются размеры монтажных подпорок.

Применение для подъема конструкции вертикально установленных под ней парных линейных монтажных подпорок с телескопическими секциями, запорными устройствами и подъемными гидроцилиндрами, вместо порталных подпорок, позволяет производить подъем конструкции выжиманием за счет раздвижения гидроцилиндров, а не за счет перемещения опор монтажных подпорок стягивающими полиспаатами под нагрузкой, уменьшает размеры монтажных подпорок, обеспечивает возможность передачи нагрузки на них без изгибающих моментов.

Осуществление подъема конструкции мелкими шагами с поочередной передачей нагрузки на монтажные подпорки позволяет производить раздвижение телескопических частей монтажных подпорок и перемещение их опор без нагрузки от поднимаемой конструкции с сохранением близким к вертикали положения монтажных подпорок (под углом к вертикали, не превышающим угла трения поверхности опоры о поверхность основания). Это позволяет использовать в качестве опор монтажных подпорок плиты простой конструкции, без колес, рельсовых направляющих и стягивающих полиспаатов, с установкой их непосредственно на выровненное и утрамбованное грунтовое основание.

Использование способа по п. 2 формулы обеспечивает удобство оптимального присоединения монтажных подпорок к башне.

Использование способа по п. 3 формулы позволяет начинать подъем с наиболее низкого расположения ветроэнергетической установки после ее укрупнительной сборки.

Использование способа по п. 4 формулы позволяет осуществлять подъем ветроэнергетической установки с использованием только коротких телескопических частей монтажных подпорок, а наращивание верхних частей производить простыми по конструкции и относительно легкими стыковочными секциями на небольшой высоте с использованием доступных средств подрачивания.

Использование способа по п. 5 формулы позволяет уменьшить требуемую длину колонн монтажных подпорок и сместить общий центр тяжести так, чтобы на заключительной стадии подъема тормозная оттяжка была не нужна.

Сущность изобретения поясняется чертежами.

На фиг. 1 показано наклонное исходное положение ветроэнергетической установки после ее укрупнительной сборки и установки укороченных монтажных подпорок;

на фиг. 2 - промежуточное положение ветроэнергетической установки после замены укороченных монтажных подпорок на удлиненные согласно п. 3 формулы;

ВУ 9065 С1 2007.04.30

на фиг. 3 - положение ветроэнергетической установки перед включением в работу тормозной оттяжки;

на фиг. 4 - схема второго этапа подъема ветроэнергетической установки согласно п. 5 формулы;

на фиг. 5 - шаговое положение монтажных подпорок с верхними частями в виде колонн переменной длины из сменных стыковочных секций согласно п. 4 формулы;

на фиг. 6 - схема установки сменной стыковочной секции для подращивания верхней части второй монтажной подпорки;

на фиг. 7 - нижняя часть монтажной подпорки до раздвижения телескопических секций;

на фиг. 8 - то же, после раздвижения телескопических секций;

на фиг. 9 - опорный шарнир, вид сбоку;

на фиг. 10 - то же, вид сверху.

Предлагаемый способ предусматривает полносборный монтаж ветроэнергетической установки, содержащей закрепляемую на фундаменте 1 башню 2 с поворотной платформой 3 и ветроколесом 4 наверху. По данному способу укрупнительную сборку ветроэнергетической установки производят в наклонном исходном положении на временных опорах 5 на земле. Низ башни 2 закрепляют в опорном шарнире 6. Монтажные подпорки 7 и 8 шарнирно закрепляют верхними частями 9 к башне 2, а нижними 10 - к передвижным опорам 11 на основании 12.

Подъем ветроэнергетической установки из исходного в вертикальное положение производят поворотом вокруг опорного шарнира 6 выжиманием монтажными подпорками 7 и 8.

Для подъема используют две монтажные подпорки 7 и 8, нижние части 10 которых выполняют в виде снабженных телескопическими секциями 13 и запорными устройствами 14 раздвижных колонн. Подпорку 8 снабжают вмонтированным внутри нее подъемным гидроцилиндром 15.

Монтажные подпорки 7 и 8 устанавливают под башней 2 вертикально в плоскости центра тяжести ветроэнергетической установки, перпендикулярной оси опорного шарнира 6. Причем ближе к опорному шарниру 6 устанавливают первую монтажную подпорку 7 без гидроцилиндра. После установки монтажных подпорок запирают их запорные устройства 14.

Подъем ветроэнергетической установки производят мелкими шагами. Каждый шаг подъема начинают выдвиганием гидроцилиндра 15 второй монтажной подпорки 8.

После снятия нагрузки с первой монтажной подпорки 7 освобождают ее запорное устройство 14. Подъем гидроцилиндром 15 продолжают до тех пор, пока отклонение монтажной подпорки 8 от вертикали не достигнет допустимого угла, в пределах угла трения опоры 11 монтажной подпорки 8 по основанию 12, или до полного выдвигания гидроцилиндра 15.

Затем монтажную подпорку 7 выводят в вертикальное положение соответствующим подтягиванием ее опоры 11 и запирают запорное устройство 14 монтажной подпорки 7.

После этого начинают втягивание гидроцилиндра 15 монтажной подпорки 8 и освобождают ее запорное устройство 14 после передачи нагрузки на монтажную подпорку 7. Заканчивают втягивание гидроцилиндра 15 монтажной подпорки 8 и соответствующим подтягиванием опоры 11 монтажную подпорку 8 также выводят в вертикальное положение и запирают ее запорное устройство 14.

Раздвижение телескопических секций 13 после освобождения запорного устройства 14 происходит под действием силы тяжести освобожденных секций 13.

Шаговое перемещение опор 11 монтажных подпорок 7 и 8 производят с помощью вспомогательного тягового устройства (условно не показано).

После осуществления первого шага подъема приступают к выполнению второго шага. Шаговый подъем ветроэнергетической установки продолжают до момента подхода центра тяжести к вертикальной плоскости оси опорного шарнира (положение неустойчивого равновесия).

ВУ 9065 С1 2007.04.30

Затем в работу подключают тормозную оттяжку 16, стравливанием которой ветроэнергетическую установку плавно переводят в вертикальное положение. Нижний конец тормозной оттяжки 16 присоединяют к тяговому устройству на земле (условно не показано).

Присоединение монтажных подпорок 7 и 8 верхними частями 9 к башне 2 может осуществляться посредством снабженного шарнирами 17 и 18 ригеля 19.

Ригель 19 жестко крепят к башне 2 в исходном для подъема положении под углом к горизонтали, составляющим половину угла поворота башни 2 вокруг опорного шарнира 6. Расстояние между шарнирами 17 и 18 и от шарнира 17 до ближайшей образующей башни 2 устанавливают соответствующим поперечным габаритам монтажных подпорок 7 и 8 в любом их положении в процессе подъема ветроэнергетической установки.

Для начала подъема ветроэнергетической установки могут использоваться укороченные монтажные подпорки 7 и 8, соответствующие просвету между землей и нижней образующей башни 2. Затем, после увеличения просвета при раздвижении укороченных монтажных подпорок 7 и 8 на всю длину, их поочередно заменяют соответствующими удлиненными монтажными подпорками 20 и 21.

Верхние части 9 монтажных подпорок 7 и 8 могут выполняться в виде колонн переменной длины из сменных стыковочных секций 22. При этом подъем ветроэнергетической установки производят в несколько стадий.

На каждой стадии сначала производят подъем мелкими шагами до полного раздвижения нижних телескопических секций 13 монтажных подпорок 7 и 8. Затем, втягиванием гидроцилиндра 15 второй монтажной подпорки 8, передают нагрузку на первую монтажную подпорку 7. После этого разъединяют стык между верхней частью 9 монтажной подпорки 8 с ее нижней телескопической частью 10. Сокращают телескопическую часть 10 до минимального размера и в образовавшийся зазор устанавливают сменные стыковочные секции 22 для подращивания верхней части 9 монтажной подпорки 8. После чего выдвиганием гидроцилиндра 15 монтажной подпорки 8 снимают нагрузку с монтажной подпорки 7, разъединяют стык между верхней частью 9 монтажной подпорки 7 с ее нижней телескопической частью 10 и сокращают эту телескопическую часть 10 до минимального размера. В образовавшийся зазор устанавливают сменные стыковочные секции 22 для подращивания верхней части 9 монтажной подпорки 7.

После окончания первой стадии подъема приступают к осуществлению второй стадии. Стадии подъема повторяют до окончания подъема ветроэнергетической установки в вертикальное положение. На заключительной стадии в работу также включают тормозную оттяжку 16.

Подъем ветроэнергетической установки может производиться в два этапа. На первом этапе монтажные подпорки 7 и 8 упирают в шарниры 17 и 18 короткого ригеля 19, закрепленного на верхней части башни 2. На втором этапе монтажные подпорки упирают в шарниры 23 и 24 на конце удлиненного ригеля 25. Один конец ригеля 25 шарнирно закрепляют под башней 2 в ее нижней части, а к другому концу после первого этапа подъема присоединяют верхнюю часть 9 первой монтажной подпорки 7 с образованием треугольника. Вершину треугольника закрепляют в вертикальной плоскости подъема посредством растяжек 26 к боковым сторонам башни 2.

Завершающую стадию подъема в этом варианте производят без тормозной оттяжки, если консольное размещение треугольника и подпорок смещает общий центр тяжести так, что положение неустойчивого равновесия в процессе подъема не достигается.

При необходимости для смещения общего центра тяжести ветроэнергетической установки и подъемного устройства используют дополнительный противовес, который закрепляют к вершине треугольника (условно не показан).

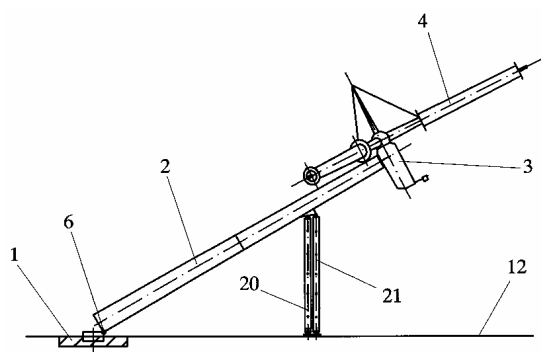
Использование изобретения позволит осуществлять различные бескрановые варианты монтажа и демонтажа ветроэнергетических установок башенного типа с использованием простых и надежных подъемных устройств с гидроприводом.

Кроме того, изобретение может быть использовано при монтаже и демонтаже других различных длинномерных вертикальных конструкций.

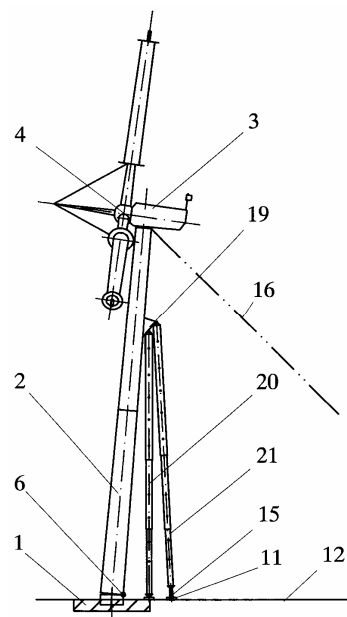
ВУ 9065 С1 2007.04.30

Источники информации:

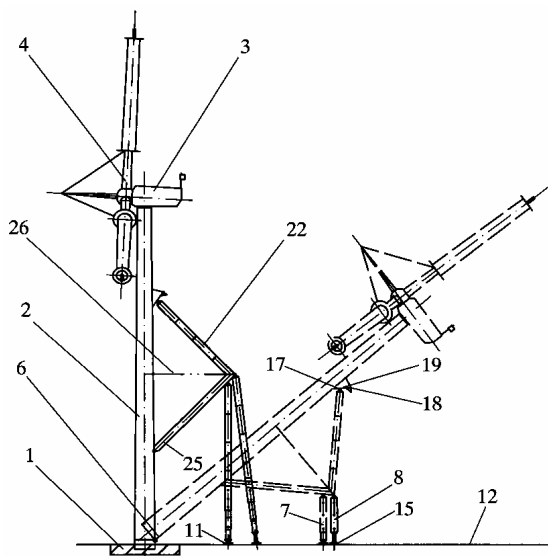
1. Интеллектуальная собственность в Беларуси. - 2001. - № 1. - С. 52-56.
2. Матвеев В.В., Крупин Н.Ф. Примеры расчета такелажной оснастки. - Стройиздат, Ленинградское отделение, 1987. - С. 298-305.
3. SU 467878 A1, 1975.
4. SU 850570 A1, 1981.
5. Матвеев В.В., Крупин Н.Ф. Примеры расчета такелажной оснастки. Стройиздат, Ленинградское отделение, 1987. - С. 238-240.



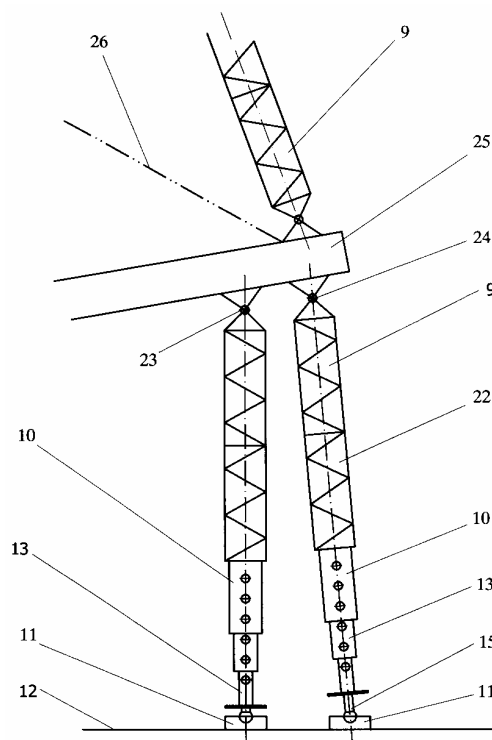
Фиг. 2



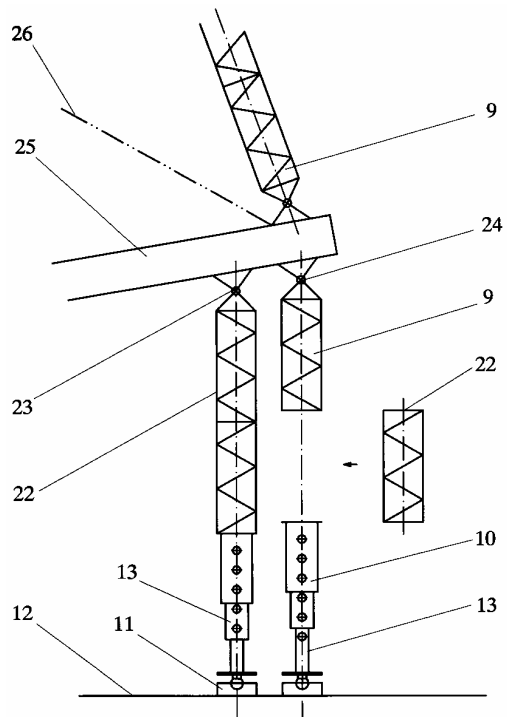
Фиг. 3



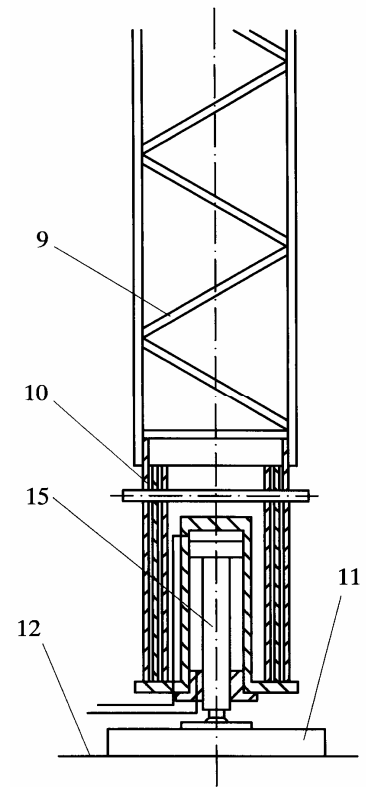
Фиг. 4



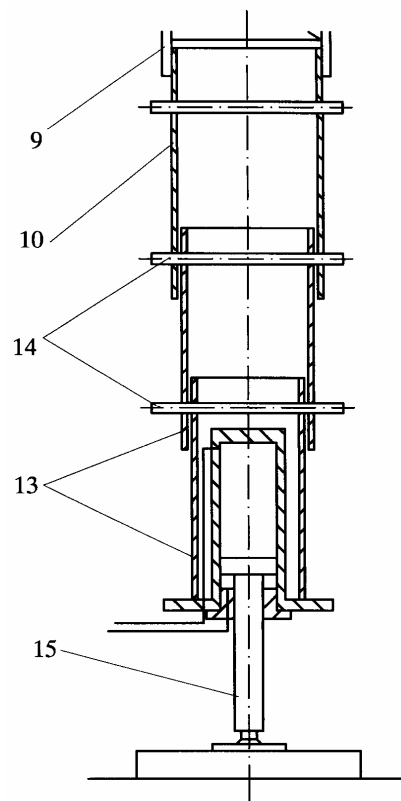
Фиг. 5



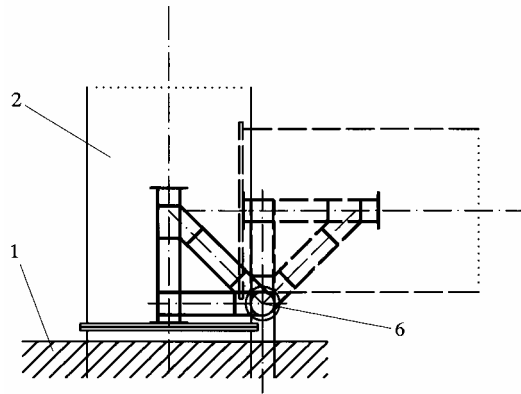
Фиг. 6



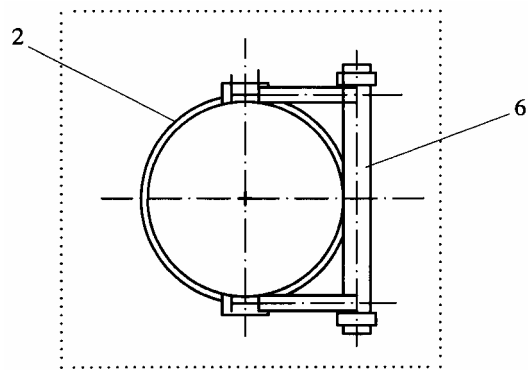
Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10