



УКРАЇНА

(19) UA (11) 17776 (13) A

(51)6 F 03 D 3/02, 3/04

ДЕРЖАВНЕ  
ПАТЕНТНЕ  
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДбез проведення експертизи по суті  
на підставі Постанови Верховної Ради України  
№ 3769-XII від 23.XII. 1993 р.Публікується  
в редакції заявника

(54) СПОСІБ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПРИРОДНОЇ ТЯГИ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ

1

(21) 95062979

(22) 26.06.95

(24) 20.05.97

(46) 31.10.97. Бюл. № 5

(47) 20.05.97

(72) Колоколов Олег Васильович, Радченко  
Володимир Васильович, Табаченко Микола  
Михайлович, Кузнецов Валерій Григорович,  
Дідок Анатолій Володимирович

(73) Державна гірнича академія України (UA)

(57) Способ преобразования естественной  
тяги воздушного потока, включающий воз-  
действие кинетической энергии воздушного  
потока на ветровое колесо аэроагрегата, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что в горных выра-  
ботках отработанных или закрываемых глу-  
боких шахт, рудников и других подземных  
сооружений предварительно задают для  
нижнего горизонта сети горных выработок  
скорость движения воздушного потока, из-  
меряют скорость естественной тяги и темпе-

2

ратуру вмещающих пород, сравнивают ука-  
занные скорости и при значении скорости  
естественной тяги ниже заданной формиру-  
ют на данном горизонте зоны подогрева  
воздушного потока до температуры, превы-  
шающей температуру вмещающих пород  
при условии

$$\mathcal{E}_{\text{вп}} = \frac{\gamma v_{\text{эт}}^3 S \varphi}{2} = \frac{\gamma v_{\text{з}}^3 S \varphi}{2},$$

где  $\mathcal{E}_{\text{вп}}$  – кинетическая энергия воздушного  
потока в горных выработках, кгс/м;  $\gamma, \gamma_1$  –  
плотность воздушного потока, кгс<sup>2</sup>/см<sup>2</sup>;  $v_{\text{эт}}$  –  
скорость естественной тяги воздушного  
потока, м/с;  $v_{\text{з}}$  – заданная скорость воздуш-  
ного потока, м/с;  $S$  – ометаемая ветроколе-  
сом аэроагрегата поверхность, м<sup>2</sup>;  $\varphi$  –  
коэффициент использования энергии воз-  
душного потока.Изобретение относится к области нетра-  
диционных и возобновляемых источников  
энергии и может быть использовано при  
дальнейшей эксплуатации подлежащих за-  
крытию (или отработанных) шахт, рудников  
и подземных сооружений различного назна-  
чения.Известен способ преобразования энер-  
гии ветра в другие виды энергии (механиче-  
скую, тепловую, электрическую,  
химическую). Атмосферный воздух натекаетна лопасти пропеллера ветроэнергетиче-  
ской установки и вращает его (Преобразова-  
ние и использование ветровой энер-  
гии/О.Г.Денисенко, Г.А.Козловский, Л.П.Фе-  
досенко и др. – К.: Техника, 1992. – С.176).Известный способ обладает существен-  
ными недостатками. Ветроэлектрические  
установки (ВЭУ) работают на открытом воз-  
духе с низкой эффективностью вследствие  
непостоянного и часто изменяющегося на-  
правления потока воздуха. ВЭУ работают на

(19) UA (11) 17776 (13) A

ветровой энергии, которая является случайным неуправляемым природным процессом. Главная особенность ветра, как возобновляемого энергетического источника, состоит, прежде всего в его непостоянстве, обусловленном большой изменчивостью скорости и направления. Это приводит к изменению кинетической энергии ветрового потока в больших пределах даже в течение относительно малых промежутков времени: от нулевой энергии при штиле и во много раз превышающей расчетную в период буревых и ураганных усиления скорости. Отсюда непостоянство мощности, развиваемой ВЭУ. Это требует дополнительных затрат на изготовление сложного специального устройства — стабилизатора частоты вращения и тем самым увеличение себестоимости ветроагрегата.

Наиболее близким техническим решением является способ преобразования кинетической энергии воздушного потока, включающий ряды ветроустановок, расположенных вдоль автомобильных дорог. В этих установках преобразуют энергию потока воздуха, увлекаемого автомобилями при движении по дороге (акц. заявка ФРГ № 3832997, кл. F 03 D 9/00, заявл. 29.09 88, опублик. 05.04.90 — прототип).

В качестве недостатков известного способа следует отметить отсутствие постоянного плотного воздушного потока, действующего на ветроколеса. При этом периодичность движения по дороге автомобилей снижает эффективность и надежность работы ветроагрегатов (особенно в ночное время), вследствие чего не обеспечивается заданная частота вращения и как результат — колеблется частота электрического тока и напряжения. Кроме того, такие ветроустановки обладают значительной материалоемкостью, поскольку их прочность должна обеспечить пульсирующие удары потока воздуха от проходящих мимо автомобилей. Материалоемкость и общие затраты на изготовление и эксплуатацию ветроустановок возрастают также и за счет необходимости применения конструктивно сложного стабилизатора частоты вращения и создания групп разьездных механиков, обслуживающих ВЭУ.

В основу изобретения поставлена техническая задача усовершенствования способа преобразования естественной тяги воздушного потока. Существенные отличия обеспечивают получение технического результата с учетом уровней кинетической энергии, управляют скоростью воздушного потока путем создания зон нагрева воздушного потока, благодаря чему достигается

формирование стабильного экологически чистого источника энергии независимо от внешних факторов. Тем самым обеспечивается использование утилизируемой энергии воздушного потока как источника электрической, механической и других видов энергии, а также продление срока службы отработанных и нерентабельных подземных горных предприятий и их использование в качестве экологически чистых ветроэнергетических предприятий.

Поставленная техническая задача решается тем, что в способе преобразования естественной тяги воздушного потока, включающем воздействие кинетической энергии воздушного потока на ветровое колесо аэроагрегата, согласно предлагаемому изобретению в горных выработках отработанных или закрываемых глубоких шахт, рудников и других подземных сооружений предварительно задают для нижнего горизонта сети горных выработок скорость движения воздушного потока, измеряют скорость естественной тяги и температуру вмещающих пород, сравнивают указанные скорости и при значении скорости естественной тяги ниже заданной формируют на данном горизонте зоны прогрева воздушного потока до температуры, превышающей температуру вмещающих пород при условии

$$\mathcal{E}_{\text{вп}} = \frac{\gamma v_{\text{ет}}^3 S \varphi}{2} = \frac{\eta v_3^3 S \varphi}{2},$$

где  $\mathcal{E}_{\text{вп}}$  — кинетическая энергия воздушного потока в горных выработках,  $\gamma, \eta$  — плотности воздушного потока,  $\text{кгс}^2/\text{см}^4$ ;  $v_{\text{ет}}$  — скорость естественной тяги воздушного потока,  $\text{м/с}$ ;  $v_3$  — заданная скорость воздушного потока,  $\text{м/с}$ ;  $S$  — ометаемая ветроколесом аэроагрегата поверхность,  $\text{м}^2$ ,  $\varphi$  — коэффициент использования энергии воздушного потока.

Естественная тяга воздушного потока в шахтах, рудниках и подземных сооружениях различного назначения возникает из-за разности температур на земной поверхности и в горных выработках. При движении воздуха по горной выработке происходит его нагрев за счет теплоты вмещающих выработку горных пород, в результате чего объем нагретого воздуха увеличивается, а удельный вес единицы объема уменьшается. Как следствие, создается одностороннее постоянное направление движения воздушного потока.

Депрессию естественной тяги в горных выработках можно определить по формуле (Па)

$$h_2 = RQ^2,$$

где  $R$  – сопротивление шахты,  $\text{Н} \cdot \text{С}^2/\text{м}^3$ ;  $Q$  – количество воздуха, поступающего в шахту под действием депрессии естественной тяги,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Существенное влияние на естественную тягу оказывает температура воздуха на поверхности. От нее в значительной степени зависит температура в воздухоподающем стволе и прилегающих выработках. Летом с повышением температуры атмосферного воздуха его плотность уменьшается. Это при меньшей плотности воздуха в исходящих струях, чем в поступающих, вызывает уменьшением депрессии естественной тяги. Так, например, на шахте "Прогресс" глубиной 1250 м в теплый период времени (июнь, июль и август) естественная тяга составляет 70–120 Па. В холодное время года (октябрь–март месяцы) наблюдается обратное явление. Разница температур воздуха по поверхности и в шахте большая, вследствие чего естественная тяга резко возрастает, достигая 1200–1300 Па.

Получение технического результата обеспечивают за счет наличия и возможности постоянного контроля тепловой депрессии, которая в шахтах может достигать значительной величины. Так, при подземном пожаре и средней температуре воздуха в очаге пожара 300°C возникает тепловая депрессии, в несколько десятков раз превышающая естественную тягу. Возникновение такой дополнительной депрессии приводит к резкому увеличению кинетической энергии воздушного потока.

Выработки поддерживаются для формирования зоны нагрева поступающего воздуха и создания тепловой депрессии, а тем самым – кинетической энергии воздушного потока.

На фиг. 1 показана принципиальная сущность реализации изобретения на шахте с двумя стволами, в которой 1 – воздухоподающий ствол, 2 – ветроагрегат (аэроагрегат),  $R$  – расстояние между соседними ветроагрегатами, 3 – горные выработки, 4 – нагревательное устройство, 5 – вентиляционный ствол, 6 – вытяжная труба.

На фиг. 2 изображена (в плане) схема размещения ветроагрегата в горной выработке: а – участок выработки постоянного сечения, б – участок уширение выработки, где располагается ветроагрегат 2, в – участок выработки восстановленного первоначального постоянного сечения. На фиг. 3 дана принципиальная схема реализации изобретения в шахте с одним стволом: 1 – воздухоподающее отделение шахтного ствола, 2 – ветроагрегаты, 3 – горные выработки, 4 – нагревательное устройство, 7 –

вентиляционное (вытяжное) отделение шахтного ствола, переходящее на земной поверхности в вытяжную трубу 6.

На фиг. 4 изображено поперечное сечение шахтного ствола, показанное на фиг. 3. Здесь 7 – вентиляционное (вытяжное) отделение шахтного ствола, 8 – воздухонепроницаемая перегородка, 9 – шахтная клеть, 10 – трубопроводы шахтного водоотлива, 11 – противовес клетевых подъемов, 12 – электрические кабели, 13 – детали армировки и 14 – крепь шахтного ствола.

На фиг. 5 дана схема коммутации электроэнергии: 1 – шахтный ствол, 15 – насосная станция водоотлива, 16 – камера электроподстанции, 2 – ветроагрегаты, 17 – электрический кабель, 4 – нагревательное устройство, 18 – трансформаторная подстанция.

На фиг. 6 показана схема размещения ветроагрегатов в вентиляционном стволе шахты: 19 – поверхность земли, 20 – поток нагретого воздуха, 14 – крепь шахтного ствола, 5 – шахтный вентиляционный ствол, 21 – ветровые колеса ветроагрегатов 2, 22 – электрические генераторы ветроагрегатов, 23 – опоры ветроагрегатов, 24 – поток рудничного воздуха, 4 – нагревательные устройства (теплообменники), 25 – зумпф шахтного ствола.

На фиг. 7 и 8 представлены схемы вращения ветроагрегатов в горизонтальной выработке 3, с условными обозначениями, принятыми на фиг. 6.

Способ реализуется следующим образом.

Известно, что в глубоких шахтах температура массива горных пород повышается с увеличением глубины горных работ. На угольных шахтах, например, Донбасса через каждые 30–40 м глубины температура пород повышается на 1°C.

Температура пород на глубине  $H$  определяется по формуле (Аэрология горных предприятий // Ушаков К.З., Бурчаков А.С., Пучков Л.А. и др. – М.: Недра, 1987. – С.421).

$$t = t_n + \beta (H - H_n),$$

где  $t_n$  – температура горных пород в нейтральном слое, °C;

$\beta$  – геотермический градиент района (изменение температуры пород, приходящиеся на 1 м глубины), °C/м;  $H_n$  – расстояние от поверхности до пород с постоянной температурой (глубина нейтрального слоя), м.

Нейтральный слой расположен на расстоянии 20–40 м от земной поверхности и имеет температуру, примерно равную сред-

негодовой температуре атмосферного воздуха в данном районе. На большей глубине средние значения геотермического градиента возрастают.

Высокая температура пород оказывает существенное влияние на нагрев и увлажнение воздуха при его движении от дневной поверхности до рабочих мест с учетом естественных и горнотехнических условий в выработках, длины пути воздушного потока, продолжительности вентиляции горных выработок и др.

При наличии двух шахтных стволов (фиг. 1) атмосферный воздух поступает в шахту по воздухоподающему (клетевому) стволу 1 и далее движется по сети горных выработок 5, в которых устанавливают ветроагрегаты 2 и теплообменник (нагревательное устройство) 4, пройдя через который воздушный поток 20 выводится на земную поверхность через второй (вентиляционный) ствол 5, и вытяжную трубу 6, смонтированную для увеличения тяги по всей высоте шахтного копра. Образующаяся в результате разности температур поступающего и выходящего нагретого воздуха естественная тяга формирует воздушный поток постоянного направления.

Предварительно задают скорость движения воздушного потока  $v_3$ , измеряют температуру вмещающих пород ( $\tau_n$ ), определяют скорость движения воздушного потока естественной тяги ( $v_{ет}$ ). Сравнивают величины указанных скоростей. При равенстве или превышении значений  $v_{ет} \geq v_3$  кинетическую энергию воздушного потока естественной тяги преобразуют в электрическую энергию в аэроагрегатах 2, которую направляют потребителю.

При значении  $v_{ет} < v_3$  на данном горизонте формируют зоны подогрева воздушного потока естественной тяги до  $\tau_{ет} > \tau_n$ . Этим достигается заданная скорость рабочего воздушного потоков горной выработки при условии

$$\mathcal{E}_{вп} = \frac{\gamma v_{ет}^3 S \varphi}{2} = \frac{\gamma v_3^3 S \varphi}{2},$$

где  $\mathcal{E}_{вп}$  — кинетическая энергия воздушного потока в горных выработках, кгс/м;  $\gamma, \gamma_1$  — плотность воздушного потока, кгс/см<sup>3</sup>;  $v_{ет}$  — скорость естественной тяги воздушного потока, м/с;  $v_3$  — заданная скорость воздушного потока, м/с;  $S$  — ометаемая ветроколесом аэроагрегата поверхность, м<sup>2</sup>;  $\varphi$  — коэффициент использования энергии воздушного потока.

Рабочий воздушный поток приводит во вращение ветровые колеса аэроагрегатов, установленных последовательно в горных выработках по ходу воздушного потока. В результате вращения каждого ветрового колеса в магнитном поле генератора аэроагрегата вырабатывается электрическая энергия. Для повышения коэффициента полезного действия ветроагрегата и уменьшения сопротивления движению воздушного потока горную выработку в месте установки ветроагрегата расширяют (зона "б" на фиг. 2). Участки "а" и "в" горной выработки имеют постоянное поперечное сечение. После обтекания ветроагрегата в расширенной зоне выработки "б" воздушный поток входит вновь в зауженную зону "в", благодаря чему скорость движения воздуха возрастает и достигает первоначального значения. Затем полученную электроэнергию направляют потребителю.

При наличии на закрываемой шахте одного действующего ствола (фиг. 3) последний переоборудуется и разделяется на две части (1 и 5). Часть ствола (1) служит для размещения оборудования, необходимого для обслуживания выполняемых работ, и подачи в шахту свежего воздуха, остальная часть ствола 7 отделяется от первой воздухонепроницаемой стенкой 8 и предназначается для вывода на земную поверхность отработанного воздуха. Согласно предлагаемому способу, атмосферный воздух поступает с земной поверхности в воздухоподающее отделение шахтного ствола 1, далее движется по сети горных выработок 3, вращая установленные в них ветроагрегаты 2, проходит через теплообменник (нагревательное устройство) 4 и через вентиляционное отделение ствола 7 и вытяжную трубу 6 выбрасывается в атмосферу. В этом случае, как показано на фиг. 4, в поперечном сечении ствола, окуптуренного постоянной крепью 14, размещаются: вентиляционное отделение 7, воздухонепроницаемая стенка (перегородка) 8, клеть 9 с противовесом 11, водоотливные трубы 10, электрические кабели 12, армировка ствола (расстрелы, проводники) 13. Применение шахтных стволов с разнонаправленным движением воздуха не противоречит мировой практике (см. Покровский Н.М. Проектирование комплексных выработок подземных сооружений. — М., Недра, 1970. С.45—46).

Электроэнергия, вырабатываемая последовательно установленными ветроагрегатами 2, по кабелю 17 выводится в центральную электроподстанцию 16, размещенную у ствола 1 в околоствольном дворе (фиг. 5) и непосредственно примыкающую к

насосной камере 15. Электроэнергия последнего, по ходу движения воздуха, ветроагрегата может быть использована также для питания нагревательного устройства 4. Все генераторы аэроагрегатов подключаются параллельно к общему кабелю 17. Общая мощность, равная суммарной мощности входящих в систему генераторов, передается далее на электрические шины трансформаторной подстанции 18, куда электроэнергия направляется потребителю.

Из фиг. 6 следует, что аэроагрегаты, использующие кинетическую энергию естественной тяги одностороннего воздушного потока, могут устанавливаться непосредственно в шахтных стволах. Так, в стволах 5 и горных выработках 3 монтируются аэроагрегаты 2 на специальных опорах 22. Опоры закрепляют на расстрелах или в бетонной крепи шахтных стволов 14, а также в почве и кровле горных выработок 3.

Воздушный поток естественной тяги, двигаясь по горным выработкам 3, нагревается при контакте с горными породами, и в результате тепловой депрессии нагретый воздух 20 перемещается вверх по стволу 5 на поверхность земли 19 и выбрасывается в атмосферу.

Движущийся воздушный поток несет в себе большой запас кинетической энергии и служит мощным источником для вращения ветровых колес 21. Этот воздушный поток обладает значительной постоянной скоростью и направлением. Поэтому ветровые колеса аэроагрегатов вращаются равномерно, без пульсаций и преобразуют вращательное движение в генераторе аэроагрегатов 2 в ее электрическую энергию.

Для создания заданной тепловой депрессии формируют зоны нагрева в горных выработках путем установки теплообменников – утилизаторов. В этом случае рудничный воздух 24 проходит через теплообменник 4, нагревается и устремляется вверх (20) по стволу 5 с большой скоростью, вращая ветроколеса 21 аэроагрегатов, включающих электрические генераторы 22.

При длительной эксплуатации шахты в качестве ветроэлектрического предприятия предусматривается оставить в работоспособном состоянии водосборник (зумпф) 25 и водоотливное хозяйство, электроосвещение выработок и поддержания горных выработок, входящих в зону нагрева воздуха. Таким образом, для получения высокоплотного воздушного потока, движущегося с постоянной скоростью и обладающего постоянной

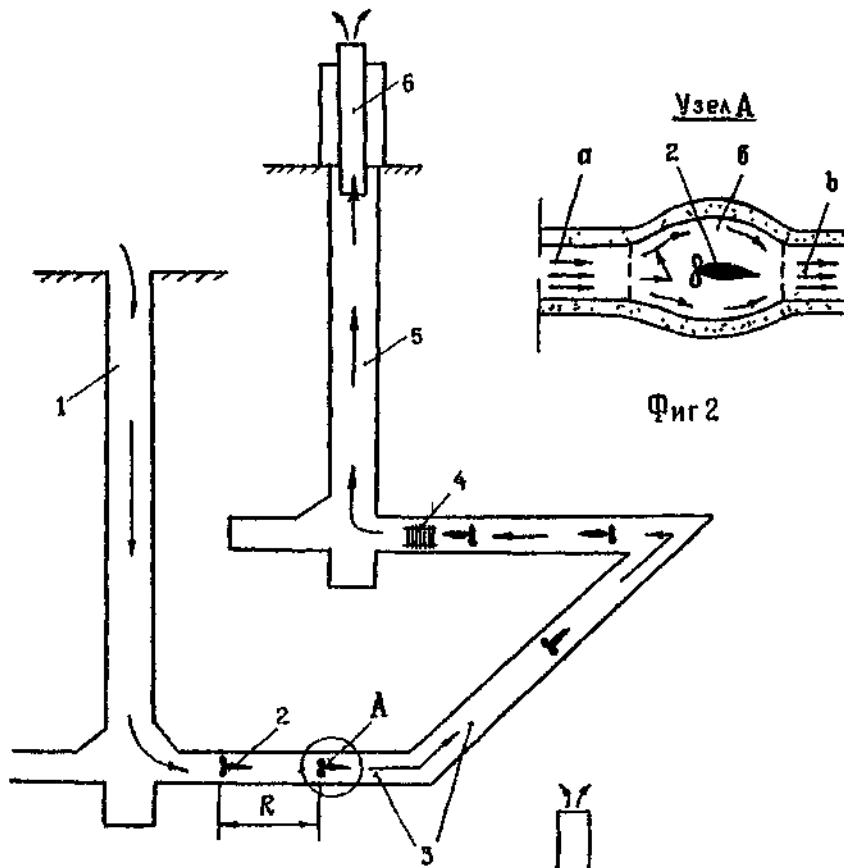
кинетической энергией в горных выработках устанавливают теплообменники (нагреватели), а для преобразования кинетической энергии воздушного потока в горных выработках устанавливают ветровые колеса аэроагрегатов, при вращении которых происходит преобразование кинетической энергии воздушного потока в электрическую, механическую и другие виды энергии. Тем самым создается надежный, высокоэффективный и дешевый процесс получения электрической энергии в шахте или другом подземном предприятии, которые в этих условиях меняют свои добывающие и другие производственные функции на принципиально новые и становятся предприятиями по выработке экологически чистой ветроэлектрической энергии.

Применение предложенной технологической схемы позволит осуществить производство электроэнергии, сократить потребление органического топлива тепловыми электростанциями. Эффективность преобразования механической энергии в ветроагрегатах в электрическую составляют обычно 90%, а потери электрической энергии при передаче не превышают 5–10%.

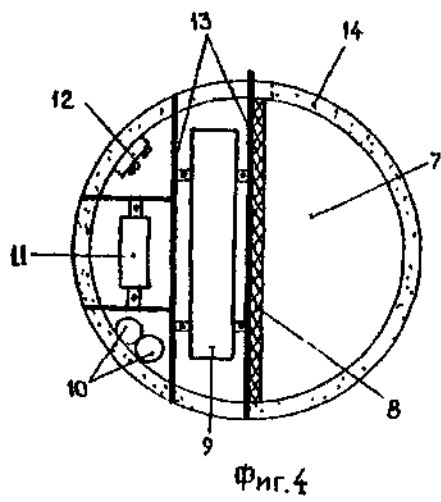
В соответствии с "Программой развития угольной промышленности Украины и социальной сферы шахтерских регионов на период до 2005 года (Программа "Уголь"), утвержденной Кабинетом Министров Украины от 2 марта 1994, № 141), подлежит закрытию 48 шахт и разрезов общей мощностью 17950 тыс.т., в том числе и ряд глубоких шахт: "Кочегарка", шахтоуправление № 3 и № 4 "Александровское", "Артема", "Красный Октябрь" и др. Глубина этих шахт составляет порядка 900–1350 м.

Совершенно очевидно, что развитие аэротурбинной энергетики в горных выработках шахт и рудников обеспечит получение дешевой энергии. Применение аэроэнергетических подземных систем в настоящее время актуально и можно ожидать, что в будущем, когда закрытие отработанных и нерентабельных шахт приобретет массовый характер, их значение возрастет.

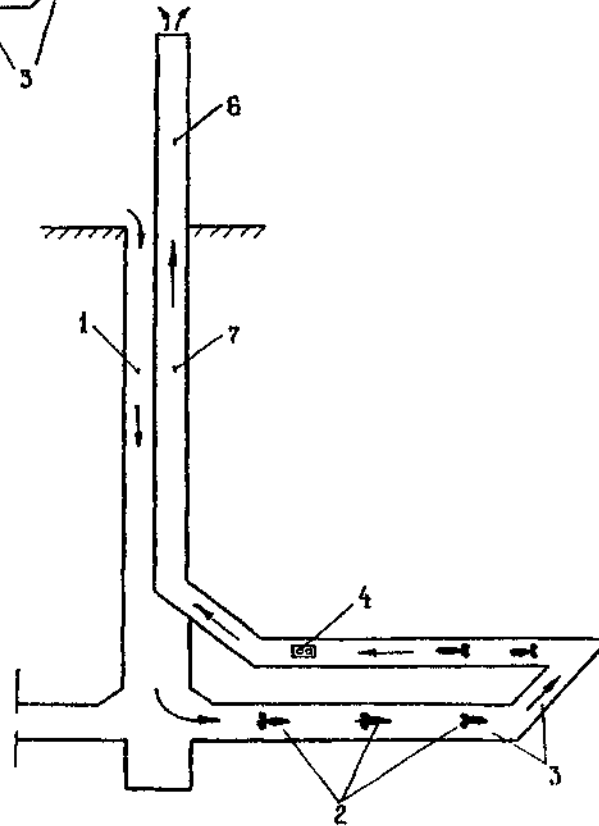
Использование аэроагрегатов в подземных горных выработках экономически оправдано по сравнению с другими дорогими и невозобновляемыми источниками энергии (нефть, газ). При этом весь процесс получения электроэнергии за счет преобразования естественной тяги воздушного потока может быть легко автоматизирован.



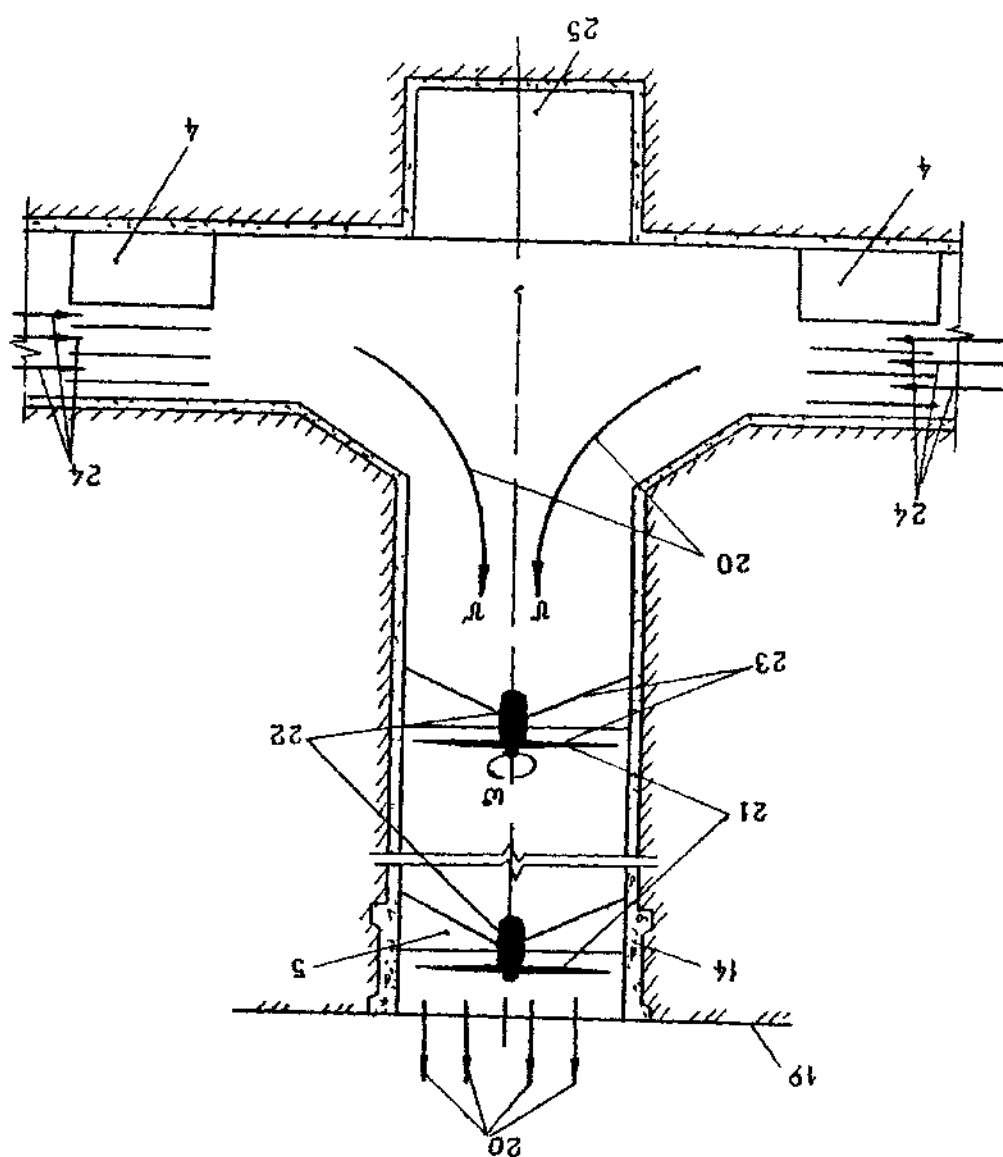
Фиг. 1



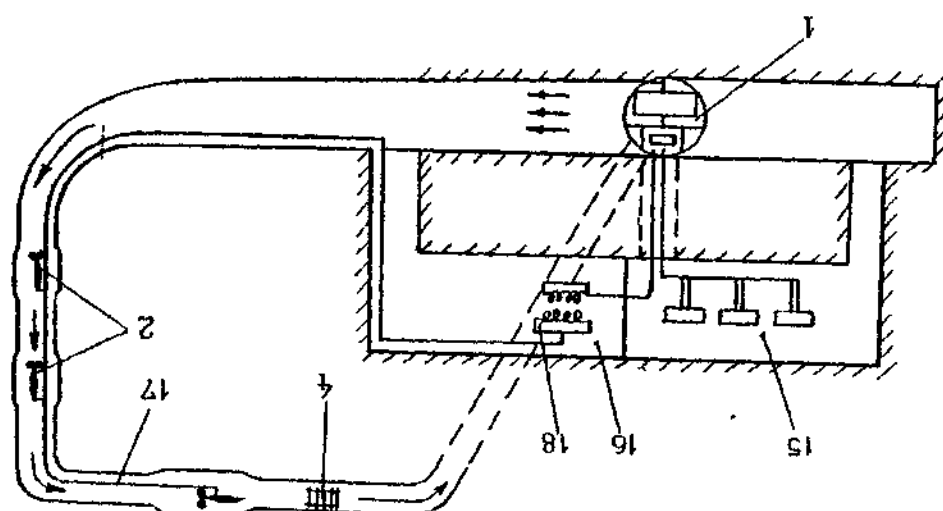
Фиг. 4



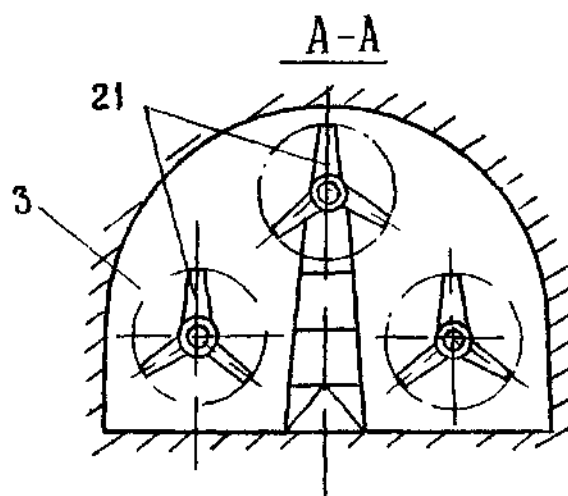
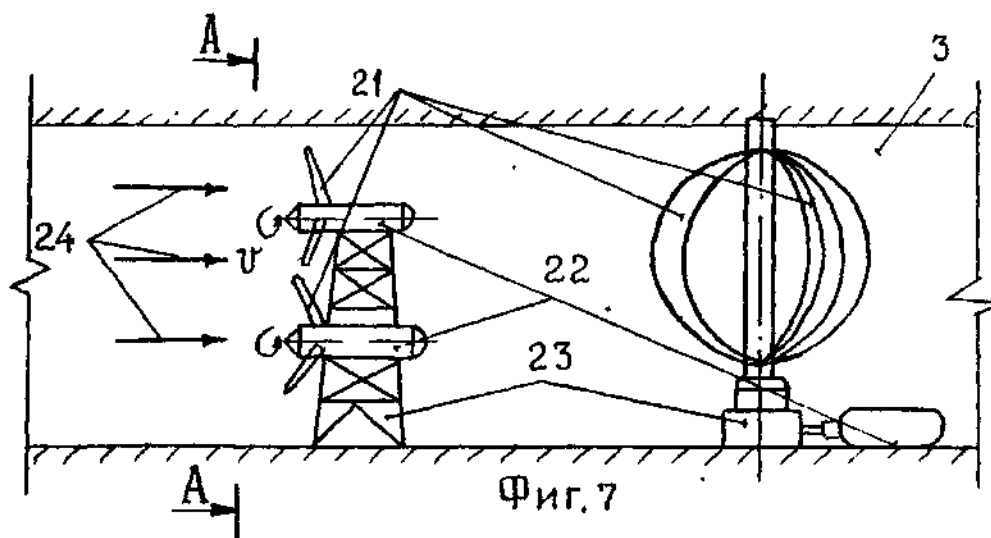
Фиг. 5



9 11 12



5 110



Упорядник

Техред Є.Копча

Коректор Н.Король

Замовлення 4250

Тираж

Підписи

Державне патентне відомство України,  
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101



УКРАЇНА

ДЕРЖАВНЕ  
ПАТЕНТНЕ  
ВІДОМСТВО(19) UA (11) 17776 (13) C1  
(51)6 F 03 D 3/02, F 03 D 3/04, F 03 G 4/02ОПИС ДО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПРИРОДНОЇ ТЯГИ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ

1

2

(21) 95062979

(22) 26.06.95

(24) 12.11.99

(46) 12.11.99. Бюл. № 7

(56) 1. Денисенко О.Г., Козловский Г.А., Федосенко Л.П. и др. Преобразование и использование ветровой энергии. - К.: Техника. - 1992. - 176 с.

2. Заявка ФРГ № 3832997, кл. F 03 D 9/00, опублик. 1990.

3. WO, описание к заявке РСТ № 91/05162, кл. F 03 D 3/04, опублик. 1991.

(72) Колоколов Олег Васильевич, Радченко Володимир Васильевич, Табаченко Микола Михайлович, Кузнецов Валерий Григорович, Дідок Анатолій Володимирович

(73) Державна гірнич акадeмія України

(57) Способ преобразования естественной тяги воздушного потока, включающий воздействие кинетической энергии воздушного потока на ветровое колесо аэроагрегата, отличающийся тем, что в горных выработках отработанных или закрываемых глубоких шахт, рудников и других подземных сооружений предварительно задают для нижнего горизонта се-

ти горных выработок скорость движения воздушного потока, измеряют скорость естественной тяги и температуру вмещающих пород, сравнивают указанные скорости и при значении скорости естественной тяги ниже заданной формируют на данном горизонте зоны подогрева воздушного потока до температуры, превышающей температуру вмещающих пород при условии:

$$\mathcal{E}_{\text{ан}} = \frac{\gamma V_{\text{ет}}^3 S \varphi}{2} = \frac{\gamma_1 V_3^3 S \varphi}{2}$$

где  $\mathcal{E}_{\text{ан}}$  - кинетическая энергия воздушного потока в горных выработках, кГс/м; $\gamma, \gamma_1$  - плотность воздушного потока, кГс<sup>2</sup>/см<sup>4</sup>; $V_{\text{ет}}$  - скорость естественной тяги воздушного потока, м/с; $V_3$  - заданная скорость воздушного потока, м/с; $S$  - ометаемая ветроколесом аэроагрегата поверхность, м<sup>2</sup>; $\varphi$  - коэффициент использования энергии воздушного потока.

Изобретение относится к области нетрадиционных и возобновляемых источников энергии и может быть использовано при дальнейшей эксплуатации подлежащих закрытию (или отработанных) шахт, рудников и подземных сооружений различного назначения.

Известен способ преобразования энергии ветра в другие виды энергии (механическую, тепловую, электрическую, химическую). Атмосферный воздух натекает

на лопасти пропеллера ветроэнергетической установки и вращает его (Денисенко О.Г., Козловский Г.А., Федосенко Л.П. и др. Преобразование и использование ветровой энергии. - К.: Техника - 1992. - 176 с. - аналог).

Известный способ обладает существенными недостатками. Ветроэлектрические установки (ВЭУ) работают на открытом воздухе с низкой эффективностью вследствие непостоянного и часто изменяющегося

(19) UA (11) 17776 (13) C1

направления потока воздуха. ВЭУ работают на ветровой энергии, которая является случайным неуправляемым природным процессом. Главная особенность ветра, как возобновляемого энергетического источника, состоит, прежде всего, в его непостоянстве, обусловленном большой изменчивостью скорости и направления. Это приводит к изменению кинетической энергии ветрового потока в больших пределах даже в течение относительно малых промежутков времени: от нулевой энергии при штиле и во много раз превышающей расчетную в период буревых и ураганных усилений скорости. Отсюда непостоянство мощности, развиваемой ВЭУ. Это требует дополнительных затрат на изготовление сложного специального устройства – стабилизатора частоты вращения и тем самым увеличения себестоимости ветроагрегата.

Наиболее близким техническим решением является способ преобразования кинетической энергии воздушного потока, включающий ряды ветроустановок, расположенных вдоль автомобильных дорог. В этих установках преобразуют энергию потока воздуха, увлекаемого автомобилями при движении по дороге (Акц. з-ка ФРГ № 3832997, кл. F 03 D 9/00, опублик. 1990 – прототип).

В качестве недостатков известного способа следует отметить отсутствие постоянного плотного воздушного потока, действующего на ветроколеса. При этом периодичность движения по дороге автомобилей снижает эффективность и надежность работы ветроагрегатов (особенно в ночное время), вследствие чего не обеспечивается заданная частота вращения и, как результат, – колеблется частота электрического тока и напряжения. Кроме того, такие ветроустановки обладают значительной материалоемкостью, поскольку их прочность должна обеспечить пульсирующие удары потока воздуха от проходящих мимо автомобилей. Материалоемкость и общие затраты на изготовление и эксплуатацию ветроустановок возрастают также и за счет необходимости применения конструктивно сложного стабилизатора частоты вращения и создания групп разъездных механиков, обслуживающих ВЭУ.

В основу изобретения поставлена техническая задача усовершенствования способа преобразования естественной тяги воздушного потока. Существенные отличия обеспечивают получение технического результата с учетом уровней кинети-

ческой энергии. Управляют скоростью воздушного потока путем создания зон нагрева воздушного потока, благодаря чему достигается формирование стабильного экологически чистого источника энергии независимо от внешних факторов. Тем самым обеспечивается использование утилизируемой энергии воздушного потока как источника электрической, механической и других видов энергии, а также продление срока службы отработанных и нерентабельных подземных горных предприятий и их использование в качестве экологически чистых ветроэнергетических предприятий.

Поставленная техническая задача решается тем, что в способе преобразования естественной тяги воздушного потока, включающем воздействие кинетической энергии воздушного потока на ветровое колесо аэроагрегата, согласно предлагаемому изобретению в горных выработках отработанных или закрываемых глубоких шахт, рудников и других подземных сооружений предварительно задают для нижнего горизонта сети горных выработок скорость движения воздушного потока, измеряют скорость естественной тяги и температуру вмещающих пород, сравнивают указанные скорости и при значении скорости естественной тяги ниже заданной формируют на данном горизонте зоны прогрева воздушного потока до температуры, превышающей температуру вмещающих пород при условии:

$$\Theta_{\text{ан}} = \frac{\gamma V_{\text{ЕТ}}^3 S \varphi}{2} = \frac{\gamma_1 V_3^3 S \varphi}{2}$$

где  $\Theta_{\text{ан}}$  – кинетическая энергия воздушного потока в горных выработках;

$\gamma, \gamma_1$  – плотности воздушного потока, кг/см<sup>3</sup>;

$V_{\text{ЕТ}}$  – скорость естественной тяги воздушного потока, м/с;

$V_3$  – заданная скорость воздушного потока, м/с;

$S$  – ометаемая ветроколесом аэроагрегата поверхность, м<sup>2</sup>;

$\varphi$  – коэффициент использования энергии воздушного потока.

Естественная тяга воздушного потока в шахтах, рудниках и подземных сооружениях различного назначения возникает из-за разности температур на земной поверхности и в горных выработках. При движении воздуха по горной выработке происходит его нагрев за счет теплоты вмещающих выработку горных пород, в результате чего объем нагретого воздуха увеличивается, а удельный вес единицы

объема уменьшается. Как следствие, создается одностороннее постоянное направление движения воздушного потока.

Депрессию естественной тяги в горных выработках можно определить по формуле (Па):

$$h_0 = RQ^2,$$

где  $R$  – сопротивление шахты,  $\text{Н с}^2/\text{м}^3$ ;

$Q$  – количество воздуха, поступающего в шахту под действием депрессии естественной тяги,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Существенное влияние на естественную тягу оказывает температура воздуха на поверхности. От нее в значительной степени зависит температура в воздухоподающем стволе и прилегающих выработках. Летом с повышением температуры атмосферного воздуха его плотность уменьшается. Это при меньшей плотности воздуха в исходящих струях, чем в поступающих, вызывает уменьшением депрессии естественной тяги. Так, например, на шахте "Прогресс" глубиной 1250 м в теплый период времени (июнь, июль и август) естественная тяга составляет 70–120 Па. В холодное время года (октябрь–март месяцы) наблюдается обратное явление. Разница температур воздуха по поверхности и в шахте большая, вследствие чего естественная тяга резко возрастает, достигая 1200–1300 Па.

Получение технического результата обеспечивают за счет наличия и возможности постоянного контроля тепловой депрессии, которая в шахтах может достигать значительной величины. Так, при подземном пожаре и средней температуре воздуха в очаге пожара 300°C возникает тепловая депрессия, в несколько десятков раз превышающая естественную тягу. Возникновение такой дополнительной депрессии приводит к резкому увеличению кинетической энергии воздушного потока.

Выработки поддерживаются для формирования зоны нагрева поступающего воздуха и создания тепловой депрессии, а тем самым – кинетической энергии воздушного потока.

На фиг. 1 показана принципиальная сущность реализации изобретения на шахте с двумя стволами, в которой 1 – воздухоподающий ствол, 2 – ветроагрегат (аэроагрегат),  $R$  – расстояние между соседними ветроагрегатами, 3 – горные выработки, 4 – нагревательное устройство, 5 – вентиляционный ствол, 6 – вытяжная труба.

На фиг. 2 изображена (в плане) схема размещения ветроагрегата в горной выработке; а – участок выработки пос-

тоянного сечения, б – участок уширения выработки, где располагается ветроагрегат 2, в – участок выработки восстановленного первоначального постоянного сечения.

На фиг. 3 дана принципиальная схема реализации изобретения в шахте с одним стволом: 1 – воздухоподающее отделение шахтного ствола, 2 – ветроагрегаты, 3 – горные выработки, 4 – нагревательное устройство, 7 – вентиляционное (вытяжное) отделение шахтного ствола, переходящее на земной поверхности в вытяжную трубу 6.

На фиг. 4 изображено поперечное сечение шахтного ствола, показанного на фиг. 3. Здесь 7 – вентиляционное (вытяжное) отделение шахтного ствола, 8 – воздухо-непроницаемая перегородка, 9 – шахтная клеть, 10 – трубопроводы шахтного водоотлива, 11 – противовес клетевых подъемов, 12 – электрические кабели, 13 – детали армировки и 14 – крепь шахтного ствола.

На фиг. 5 дана схема коммутации электроэнергии: 1 – шахтный ствол, 15 – насосная станция водоотлива, 16 – камера электроподстанции, 2 – ветроагрегаты, 17 – электрический кабель, 4 – нагревательное устройство, 18 – трансформаторная подстанция.

На фиг. 6 – схема размещения ветроагрегатов в вентиляционном стволе шахты: 19 – поверхность земли, 20 – поток нагретого в шахте воздуха, 14 – крепь шахтного ствола, 5 – шахтный вентиляционный ствол, 21 – ветровые колеса ветроагрегатов, 22 – электрические генераторы ветроагрегатов, 23 – опоры ветроагрегатов, 24 – поток рудничного воздуха, 4 – нагревательные устройства (теплообменники), 25 – зумпф шахтного ствола.

На фиг. 7 и 8 – схемы размещения ветроагрегатов в горизонтальной выработке 3 с условными обозначениями, принятыми на фиг. 6.

Способ реализуется следующим образом.

Известно, что в глубоких шахтах температура массива горных пород повышается с увеличением глубины горных работ. На угольных шахтах, например, Донбасса через каждые 30–40 м глубины температура пород повышается на 1°C.

Температура пород на глубине  $H$  определяется по формуле (Ушаков К.З., Бурчаков А.С., Пучков Л.А. и др. Аэрология горных предприятий. – М.: Недра. – 1987. – 421 с.):

$$t = t_n + \beta (H - H_n),$$

где  $\tau_n$  — температура горных пород в нейтральном слое, °C;

$\beta$  — геотермический градиент района (изменение температуры пород, приходящиеся на 1 м глубины), °C/м;  $H_n$  — расстояние от поверхности до пород с постоянной температурой (глубина нейтрального слоя), м.

Нейтральный слой расположен на расстоянии 20–40 м от земной поверхности и имеет температуру, примерно равную среднегодовой температуре атмосферного воздуха в данном районе. На большей глубине средние значения геотермического градиента возрастают.

Высокая температура пород оказывает существенное влияние на нагрев и увлажнение воздуха при его движении от дневной поверхности до рабочих мест с учетом естественных и горнотехнических условий в выработках, длины пути воздушного потока, продолжительности вентиляции горных выработок и др.

При наличии двух шахтных стволов (фиг. 1) атмосферный воздух поступает в шахту по воздухоподающему (клетевому) стволу 1 и далее движется по сети горных выработок 5, в которых устанавливают ветроагрегаты 2 и теплообменник (нагревательное устройство) 4, пройдя через который, воздушный поток 20 выводится на земную поверхность через второй (вентиляционный) ствол 5, и вытяжную трубу 6, смонтированную для увеличения тяги по всей высоте шахтного копра. Образующаяся в результате разности температур поступающего и выходящего нагретого воздуха естественная тяга формирует воздушный поток постоянного направления.

Предварительно задают скорость движения воздушного потока  $V_3$ , измеряют температуру вмещающих пород ( $\tau_n$ ), определяют скорость движения воздушного потока естественной тяги ( $V_{ET}$ ). Сравнивают величины указанных скоростей. При равенстве или превышении значений  $V_{ET} \geq V_3$  кинетическую энергию воздушного потока естественной тяги преобразуют в электрическую энергию в аэроагрегатах 2, которую направляют потребителю.

При значении  $V_{ET} < V_3$  на данном горизонте формируют зоны подогрева воздушного потока естественной тяги до  $\tau_{ET} > \tau_n$ . Этим достигается заданная скорость рабочего воздушного потока в горной выработке при условии

$$\mathcal{E}_m = \frac{\gamma V_{ET}^3 S \phi}{2} = \frac{\gamma_1 V_3^3 S \phi}{2}$$

где  $\mathcal{E}_m$  — кинетическая энергия воздушного потока в горных выработках, кгс/м;

$\gamma, \gamma_1$  — плотность воздушного потока, кгс²/см²;

5  $V_{ET}$  — скорость естественной тяги воздушного потока, м/с;

$V_3$  — заданная скорость воздушного потока, м/с;

10  $S$  — ометаемая ветроколесом аэроагрегата поверхность, м²;

$\phi$  — коэффициент использования энергии воздушного потока.

Рабочий воздушный поток приводит во вращение ветровые колеса аэроагрегатов, установленных последовательно в горных выработках по ходу воздушного потока. В результате вращения каждого ветрового колеса в магнитном поле генератора аэроагрегата вырабатывается электрическая энергия. Для повышения коэффициента полезного действия ветроагрегата и уменьшения сопротивления движению воздушного потока горную выработку в месте установки ветроагрегата расширяют (зона "б" на фиг. 2). Участки "а" и "в" горной выработки имеют постоянное поперечное сечение. После обтекания ветроагрегата в расширенной зоне выработки "б" воздушный поток входит вновь в суженную зону "в", благодаря чему скорость движения воздуха возрастает и достигает первоначального значения. Затем полученную электроэнергию направляют потребителю.

35 При наличии на закрываемой шахте одного действующего ствола (фиг. 3) последний переоборудуют и разделяется на две части (1 и 5). Часть ствола (1) служит для размещения оборудования, необходимого для обслуживания выполняемых работ, и подачи в шахту свежего воздуха, остальная часть ствола 7 отделяется от первой воздухонепроницаемой стенкой 8 и предназначается для вывода на земную поверхность отработанного воздуха. Согласно предлагаемому способу атмосферный воздух поступает с земной поверхности в воздухоподающее отделение шахтного ствола 1, далее движется по сети горных выработок, вращая установленные в них ветроагрегаты 2, проходит через теплообменник (нагревательное устройство) 4 и через вентиляционное отделение ствола 7 и вытяжную трубу 6 выбрасывается в атмосферу. В этом случае, как показано на фиг. 4, в поперечном сечении ствола, оконтуренного постоянной крепью 14, размещаются вентиляционное отделение 7, воздухонепроницаемая стенка (перегородка) 8, клеть 9 с противове-

сом 11, водоотливные трубы 10, электрические кабели 12, армировка ствола (расстрелы, проводники) 13. Применение шахтных стволов с разнонаправленным движением воздуха не противоречит мировой практике (см. Покровский Н.М. Проектирование комплексных выработок подземных сооружений. - М.: Недра. - 1970. - С. 45-46).

Электроэнергия, вырабатываемая последовательно установленными ветроагрегатами 2, по кабелю 17 выводится в центральную электроподстанцию 16, размещенную у ствола 1 в околоствольном дворе (фиг. 5) и непосредственно примыкающую к насосной камере 15. Электроэнергия последнего по ходу движения воздуха ветроагрегата может быть использована также для питания нагревательного устройства 4. Все генераторы аэроагрегатов подключаются параллельно к общему кабелю 17. Общая мощность, равная суммарной мощности входящих в систему генераторов, передается далее на электрические шины трансформаторной подстанции 18, откуда электроэнергия направляется потребителю.

Из фиг. 6 следует, что аэроагрегаты, использующие кинетическую энергию естественной тяги однонаправленного воздушного потока, могут устанавливаться непосредственно в шахтных стволах. Так, в стволах 5 и горных выработках 3 монтируют аэроагрегаты 2 на специальных опорах 22. Опоры закрепляют на расстрелах или в бетонной крепи шахтных стволов 14, а также в почве и кровле горных выработок 3.

Воздушный поток естественной тяги, двигаясь по горным выработкам 3, нагревается при контакте с горными породами, и в результате тепловой депрессии нагретый воздух 20 перемещается вверх по стволу 5 на поверхность земли 19 и выбрасывается в атмосферу.

Движущийся воздушный поток несет в себе большой запас кинетической энергии и служит мощным источником для вращения ветровых колес 21. Этот воздушный поток обладает значительной постоянной скоростью и направлением. Поэтому ветровые колеса аэроагрегатов вращаются равномерно, без пульсаций и преобразуют вращательное движение в генераторе аэроагрегатов 2 в электрическую энергию.

Для создания заданной тепловой депрессии формируют зоны нагрева в горных выработках путем установки теплообменников - утилизаторов. В этом случае

рудничный воздух 24 проходит через теплообменник 4, нагревается и устремляется вверх (20) по стволу 5 с большой скоростью, вращая ветроколеса 21 аэроагрегатов, включающих электрические генераторы 22.

При длительной эксплуатации шахты в качестве ветроэлектрического предприятия предусматривается оставить в работоспособном состоянии водосборник (зумпф) 25 и водоотливное хозяйство, электроосвещение выработок и поддержание горных выработок, входящих в зону нагрева воздуха. Таким образом, для получения высокоплотного воздушного потока, движущегося с постоянной скоростью и обладающего постоянной кинетической энергией в горных выработках устанавливают теплообменники (нагреватели), а для преобразования кинетической энергии воздушного потока в горных выработках устанавливают ветровые колеса аэроагрегатов, при вращении которых происходит преобразование кинетической энергии воздушного потока в электрическую, механическую и другие виды энергии. Тем самым создается надежный, высокоэффективный и дешевый процесс получения электрической энергии в шахте или другом подземном предприятии, которые в этих условиях меняют свои добывающие и другие производственные функции на принципиально новые и становятся предприятиями по выработке экологически чистой ветроэлектрической энергии.

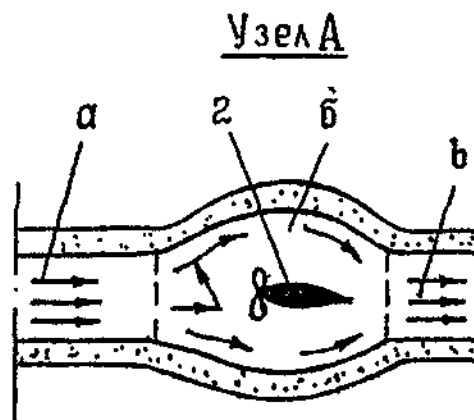
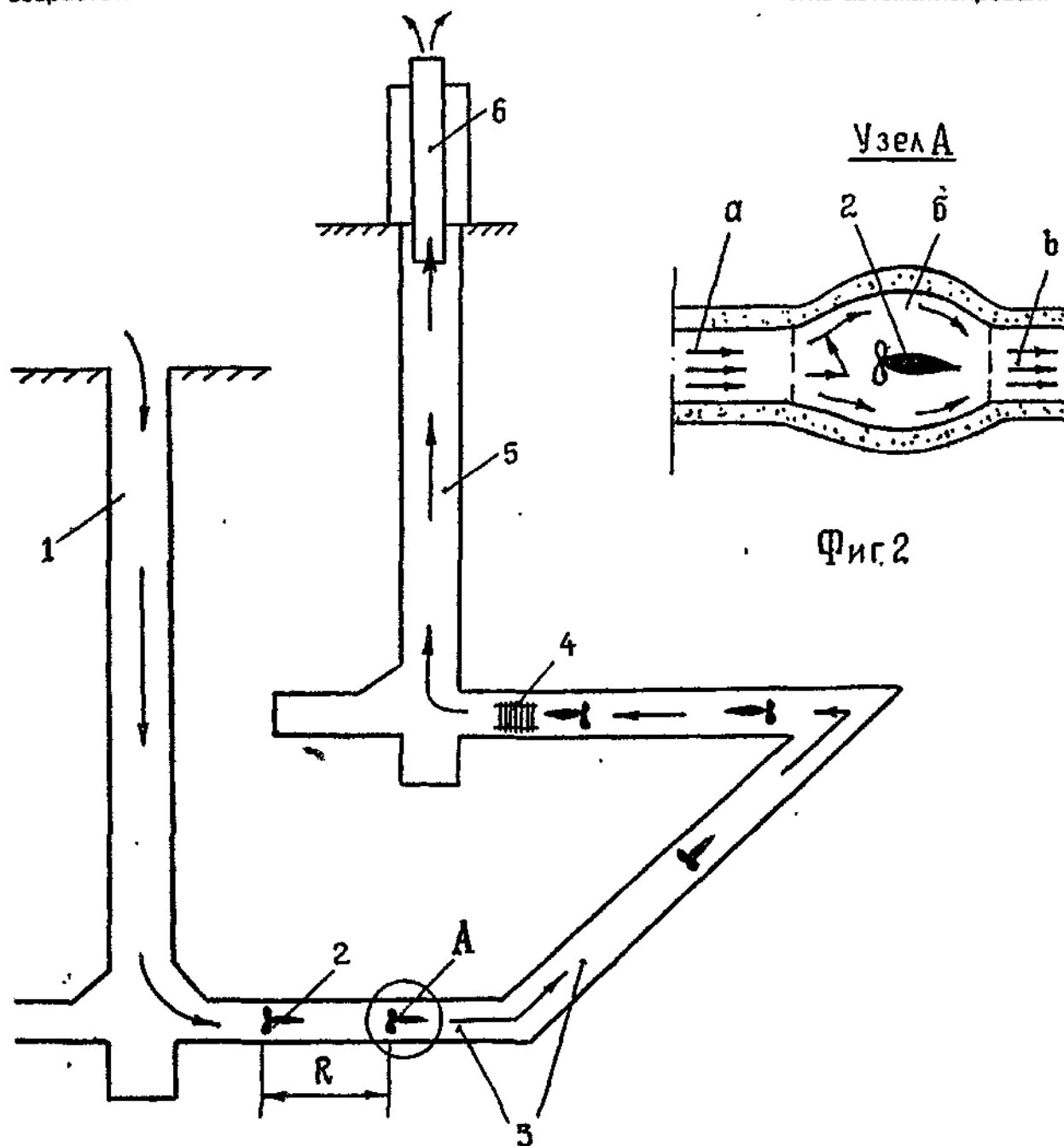
Применение предложенной технологической схемы позволяет осуществить производство электроэнергии, сократить потребление органического топлива тепловыми электростанциями. Эффективность преобразования механической энергии в ветроагрегатах в электрическую составляют обычно 90%; а потери электрической энергии при передаче не превышают 5-10%.

В соответствии с "Программой развития угольной промышленности Украины и социальной сферы шахтерских регионов на период до 2005 года" (Программа "Уголь"), утвержденной Кабинетом Министров Украины от 2 марта 1994 г., № 141), подлежит закрытию 48 шахт и разрезов общей мощностью 17950 тыс.т., в том числе и ряд глубоких шахт: "Кочегарка", шахтоуправление № 3 и № 4 "Александровское", "Артема", "Красный Октябрь" и др. Глубина этих шахт составляет порядка 900-1350 м.

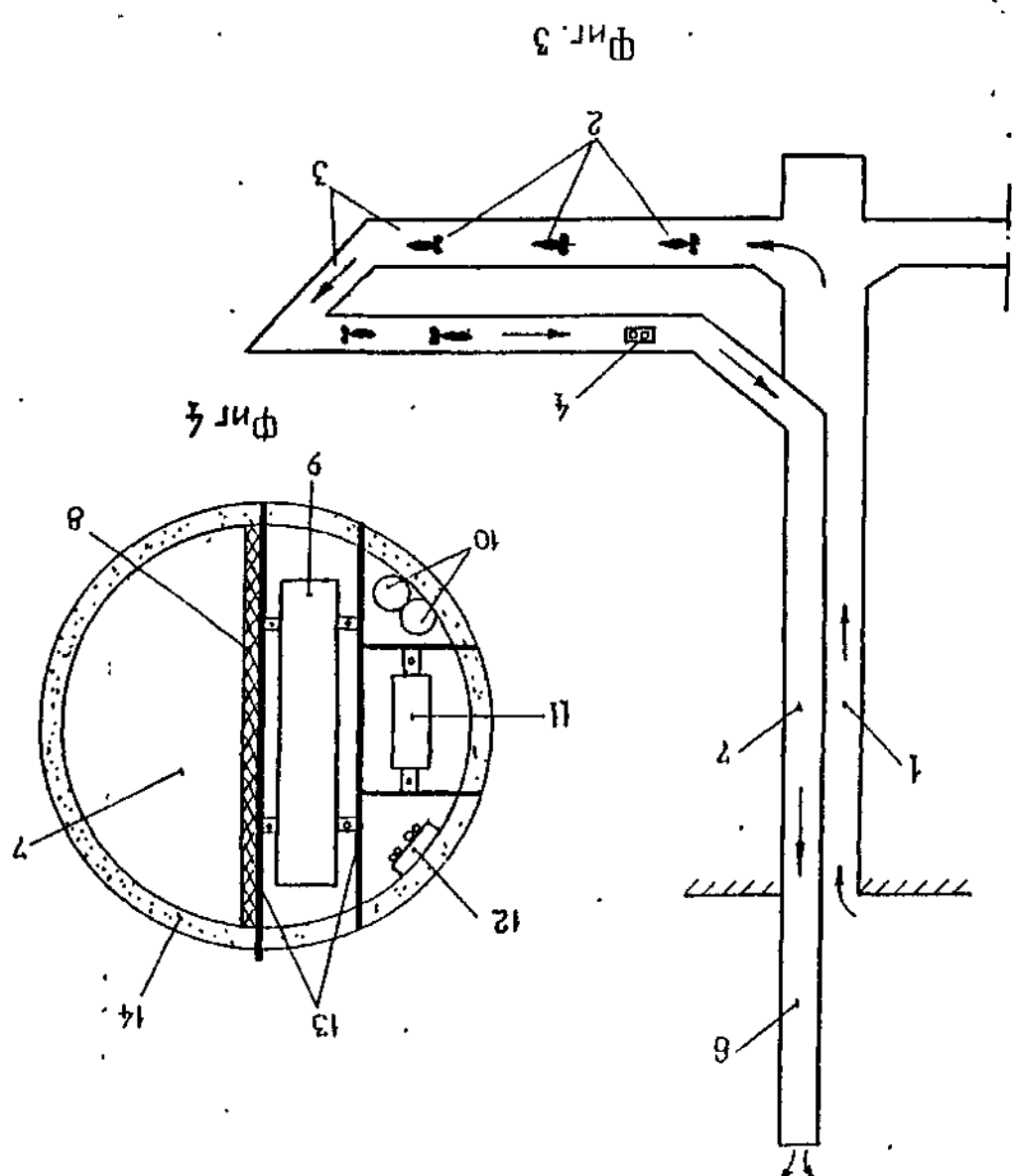
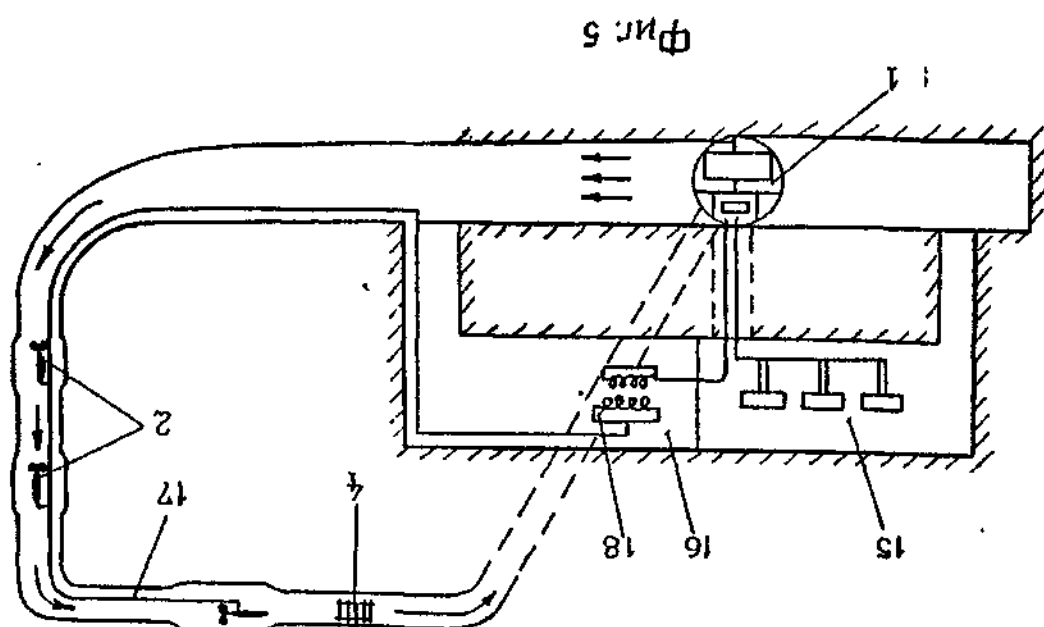
Совершенно очевидно, что развитие аэротурбинной энергетики в горных выра-

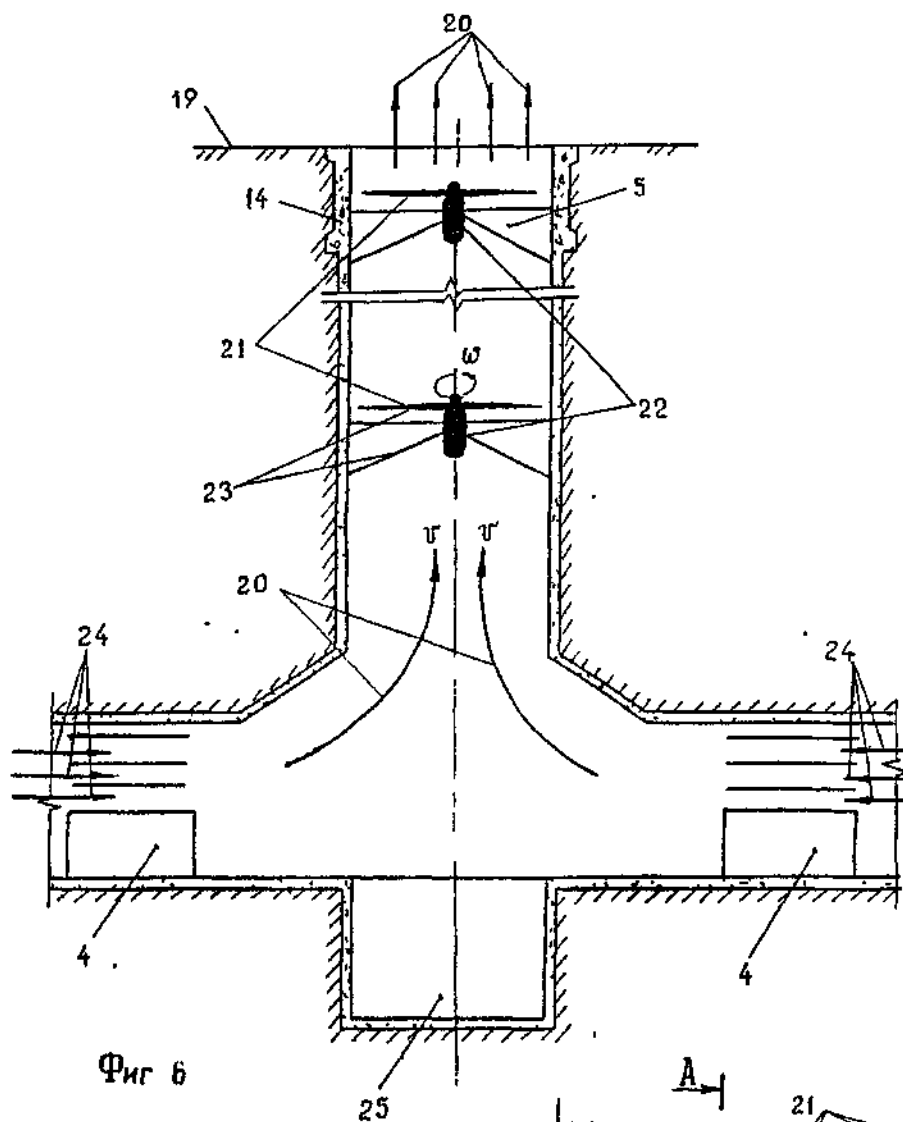
ботках шахт и рудников обеспечит получение дешевой энергии. Применение аэроэнергетических подземных систем в настоящее время актуально и можно ожидать, что в будущем, когда закрытие отработанных и нерентабельных шахт приобретает массовый характер, их значение возрастет.

Использование аэроагрегатов в подземных горных выработках экономически оправдано по сравнению с другими дорожными и невозобновляемыми источниками энергии (нефть, газ). При этом весь процесс получения электроэнергии за счет преобразования естественной тяги воздушного потока может быть легко автоматизирован.

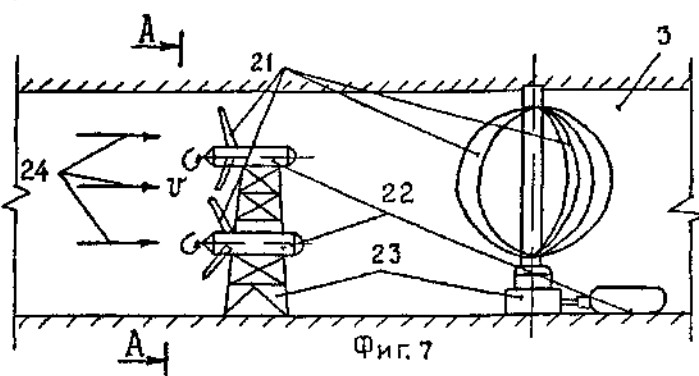


Фиг. 2

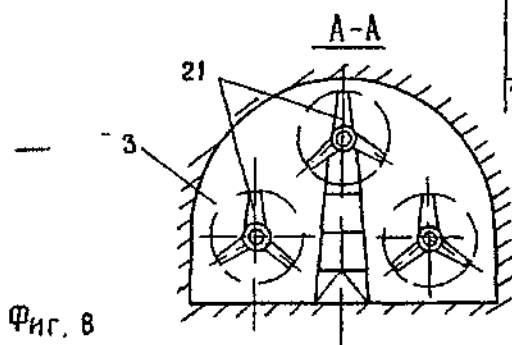




Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

Упорядник

Техред М. Келемеш

Коректор Л.Пчолинська

Замовлення 522

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,  
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101