

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2760181

### СПОСОБ ПРОВЕТРИВАНИЯ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (RU)*

Авторы: *Гендлер Семён Григорьевич (RU), Лейсле Артём Валерьевич (RU), Борисовский Иван Анатольевич (RU)*

Заявка № 2021111806

Приоритет изобретения 26 апреля 2021 г.

Дата государственной регистрации  
в Государственном реестре изобретений  
Российской Федерации 22 ноября 2021 г.

Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает 26 апреля 2041 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
E21F 1/00 (2021.08)

(21)(22) Заявка: 2021111806, 26.04.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
26.04.2021

Дата регистрации:  
22.11.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.04.2021

(45) Опубликовано: 22.11.2021 Бюл. № 33

Адрес для переписки:

190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,  
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский горный  
университет, патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Гендлер Семён Григорьевич (RU),  
Лейсле Артём Валерьевич (RU),  
Борисовский Иван Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Санкт-Петербургский горный  
университет» (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: RU 2164602 C2, 27.03.2001. SU  
1810573 A1, 23.04.1993. SU 589420 A1, 25.01.1978.  
RU 2357084 C1, 27.05.2009. RU 2460885 C1,  
10.09.2012. RU 2052126 C1, 10.01.1996. RU  
2560736 C1, 20.08.2015. RU 2582356 C1,  
27.04.2016. DE 2853534 A1, 26.06.1980.

## (54) СПОСОБ ПРОВЕТРИВАНИЯ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области горной промышленности и может быть использовано для проветривания глубоких карьеров в условиях сурового климата, характеризующегося значительной амплитудой суточных и недельных температурных колебаний. Техническим результатом способа является повышение эффективности проветривания карьерного пространства при образовании зон с отрицательной температурной инверсией, где могут скапливаться загрязняющие вещества. Способ включает вскрытие карьера системой подземных горных выработок и организацию воздухообмена между карьерным и атмосферным воздухом путём подачи свежего воздуха через эти выработки и его последующего распределения по объёму карьерного пространства по гибким трубопроводам за счёт работы вентиляторов на поверхности. Гибкие трубопроводы подвешивают на тросах, которые связывают противоположенные нерабочие борта карьера и

укреплены на откосах уступов в горизонтальных плоскостях по глубине карьера, длину гибкого трубопровода отсчитывают от точки его соединения с подающим трубопроводом, которая определена местом расположения локальной зоны отрицательной температурной инверсии, а сам гибкий трубопровод собирают из отдельных частей, которые прикрепляют друг к другу с помощью молниевых соединений. Перемещение гибкого трубопровода по тросам осуществляют за счёт канатов, прикреплённых к его концу с помощью лебёдок, которые устанавливают на противоположенных бортах карьера в плоскости расположения гибкого трубопровода, соединение с подающим трубопроводом проводят на одном из бортов карьера, который монтируют вдоль образующей сопряжения откоса уступа с рабочей площадкой, и связывают его через сбойки с наклонным стволом, причём адресную подачу воздуха в область карьерного пространства с отрицательной температурной инверсией

осуществляют с помощью перемычек и шиберов. 6 ил.

R U 2 7 6 0 1 8 1 C 1

R U 2 7 6 0 1 8 1 C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*E21F 1/00 (2021.08)*

(21)(22) Application: **2021111806, 26.04.2021**

(24) Effective date for property rights:  
**26.04.2021**

Registration date:  
**22.11.2021**

Priority:

(22) Date of filing: **26.04.2021**

(45) Date of publication: **22.11.2021 Bull. № 33**

Mail address:

**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, FGBOU  
VO Sankt-Peterburgskij gornyj universitet,  
patentno-litsenziyonnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Gendler Semen Grigorevich (RU),  
Leisle Artem Valerevich (RU),  
Borisovskii Ivan Anatolevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi  
universitet» (RU)**

(54) **METHOD FOR VENTILATION OF DEEP OPEN PITS**

(57) Abstract:

FIELD: mining.

SUBSTANCE: invention relates to the field of mining and can be used for ventilation of deep quarries in a harsh climate, characterized by a significant amplitude of daily and weekly temperature fluctuations. The method includes opening a quarry with a system of underground mine workings and organizing air exchange between the opencast and atmospheric air by supplying fresh air through these workings and its subsequent distribution over the volume of the quarry space through flexible pipelines due to the operation of fans on the surface. Flexible pipelines are suspended on ropes that connect opposite non-working sides of the open pit and are fixed on the slopes of the benches in horizontal planes along the depth of the open pit, the length of the flexible pipeline is counted from the point of its connection with the supply pipeline, which is

determined by the location of the local zone of negative temperature inversion, and the flexible pipeline itself assembled from separate parts, which are attached to each other using lightning joints. Moving the flexible pipeline along the ropes is carried out due to the ropes attached to its end with the help of winches, which are installed on opposite sides of the open pit in the plane of the location of the flexible pipeline; site, and connect it through the crossholes with the inclined shaft, and the targeted air supply to the area of the quarry space with negative temperature inversion is carried out using jumpers and gates.

EFFECT: increase in the efficiency of ventilation of the quarry space during the formation of zones with negative temperature inversion, where pollutants can accumulate.

1 cl, 6 dwg

Изобретение относится к области горной промышленности и может быть использовано для проветривания глубоких карьеров в условиях сурового климата, характеризующегося значительной амплитудой суточных и недельных температурных колебаний.

5 Известен способ вентиляции карьеров конвективными струями (Авторское свидетельство СССР № 1016529, опубл. 07.05.83), создаваемых тепловыми источниками, предусматривающей изменение плотности мощности тепловыделения при обеспечении целостности конвективной струи за счёт перемещения тепловых источников в горизонтальной плоскости циклически по дуге с вариацией её длины.

10 К недостаткам этого способа следует отнести высокие энергетические затраты на создание конвективных струй. Необходимость периодического перемещения в карьерном пространстве тепловых источников, что связано с использованием требующих специального обслуживания мобильных средств.

15 Известен способ разрушения слоя инверсии температуры воздуха в тропосфере (патент РФ № 2694200, опуб. 2019.07.09), осуществляемый путём использования в качестве источников турбулентности и восходящего потока воздуха тепловыделений от боеприпасов плазменно-оптического действия, доставляемых в область воздействия с помощью скорострельных артиллерийских систем.

20 Недостатком использования этого способа для проветривания карьеров является существенное снижение безопасности горно-добычных работ, вызванное применением артиллерийских систем.

25 Известен способ вентиляции глубоких карьеров для искусственного проветривания застойных зон глубоких карьеров (патент RU № 2581644, опуб. 20.04.2016), включающий возведение магистрального вентиляционного канала, связывающего выработанное пространство карьера с окружающей атмосферой, прокладку к застойным зонам карьера дополнительных вентиляционных каналов, соединённых с магистральным каналом, использование принудительной или естественной тяги для создания воздушного потока в магистральном канале, управление которым осуществляют с помощью регулирования величин тепловой депрессии в дополнительных каналах путём изменения мощности теплоотдачи нагревательных элементов.

30 Недостатками является размещение в горных выработках нагревательных элементов, что увеличивает энергоёмкость системы проветривания карьера. Трудность управления воздушными потоками за счёт изменения температуры воздуха в выработках. Реализация этого способа потребует создание сложной системы контроля за величиной и направлением действия естественной тяги, на величину которой, помимо, тепловой депрессии будут влиять метеорологические факторы.

35 Известен способ проветривания глубоких карьеров (патент РФ № 2560736, опубл. 20.08.2015), включающий удаление загрязнённого воздуха из застойных зон с помощью воздуходувной машины через осевой эластичный канал надувного трубопровода, удерживаемого в выработанном пространстве карьера системой тросов и силой избыточного статического давления внутри надувной стенки трубопровода, и перемещение трубопровода в застойных зонах, при одновременном его наддуве с периферии пылегазовых скоплений к всасывающему отверстию посредством струй свежего воздуха, подаваемого из выпускных отверстий на внешней поверхности надувной стенки трубопровода.

45 К недостаткам данного способа относится, ограниченность применения только в придонных частях карьерного пространства. Это делает невозможным осуществлять эффективное проветривание карьерного пространства при образовании зоны с

отрицательной температурной инверсией в произвольном месте карьерного пространства.

Известен способ вентиляции глубоких карьеров (авторское свидетельство СССР № 636405, опубл. 05.12.1978), включающий подачу воздушного потока с помощью  
5 основных и дополнительных заграждений, установленных под углом к борту карьера с его подветренной стороны в зоне раскрытия воздушной струи посредством элементов крепления.

Недостатком данного способа вентиляции глубоких карьеров является значительная зависимость его эффективности от величины и направления скорости ветрового потока  
10 на поверхности, изменения которых могут привести к образованию в карьерном пространстве зон с повышенной концентрацией загрязняющих веществ.

Известен способ вентиляции карьеров (патент РФ № 2357084, опубл. 27.05.2009), включающий отвод отработанного воздуха и подачу свежего воздуха в зону ведения горных работ и в нижнюю часть карьера с помощью реверсивного вентилятора через  
15 вертикальную и горизонтальные горные выработки, пройденные по всему периметру карьера по ломаной трассе под углом до 90°.

Недостатком данного способа вентиляции карьеров является возможность проветривания только придонной части карьера и невозможность аэродинамического воздействия на весь объем карьерного пространства.

Известен способ проветривания кимберлитовых карьеров, работающих в многолетнемерзлых породах (патент РФ № 2122121, опубл. 20.11.1998), работающих в многолетнемерзлых массивах горных пород, включающий проведение вентиляционного ствола на предельную глубину отработки кимберлитовой трубки и  
20 восстающего по центру карьера, соединённого с вентиляционным стволом горизонтальной выработкой, а также размещения в месте сопряжения горизонтальной выработки и вентиляционного ствола калориферной установки, регулирующей величину естественной тяги, за счёт которой проветривается карьер.

Недостатком данного способа проветривания является значительное количество горных выработок, пройденных на предельную глубину карьера, а также использование  
30 калориферной установки для подогрева воздуха. Все это приводит с одной стороны к повышению затрат на добычу алмазов, а с другой к оттаиванию пород в бортах карьера, что снижает безопасность открытого способа разработки.

Известен способ проветривания карьеров (Пат. РФ 2128289. Публ.: 27.03.1999), включающий создание выходящего за пределы карьера потока загрязнённого воздуха  
35 путём нанесения на земную поверхность полосы зачернённого покрытия, идущей от дна карьера до его верхнего края, и изоляции с помощью прилегающей к этой полосе и прозрачной для солнечного света перегородки слоя воздуха для создания потока загрязнённого воздуха, идущего по изолированному слою и выходящего за пределы карьера.

Недостатком данного способа проветривания карьеров следует считать его значительную зависимость от метеорологических условий на поверхности, в частности  
40 интенсивности солнечной инсоляции. Эта не даёт возможности гарантировать стабильный режим циркуляции загрязнённого воздуха, что может привести к образованию в карьерном пространстве зон загрязнений.

Известен способ проветривания глубоких карьеров (патент РФ № 2164602, опубл. 2015.03.2001), принятый за прототип, включающий вскрытие карьера системой подземных горных выработок и организацию воздухообмена между атмосферой карьера и  
45 окружающей средой путём нагнетания или отсасывания воздуха через подземные

горные выработки работой вентиляторных установок, причем воздухообмен между атмосферой карьера и подземными горными выработками осуществляют по гибким трубопроводам легче воздуха, которые перемещают в выработанном пространстве карьера.

- 5 К недостаткам данного способа следует отнести необходимость сооружения значительного количества выработок для размещения трубопроводов. Использование для перемещения трубопроводов самоходной техники, на которой закрепляется один из концов гибкого трубопровода. Так как самоходное оборудование перемещается по карьерным дорогам, то это ограничивает возможность аэродинамического воздействия
- 10 на области карьерного пространства, расположенные на удалении от дорог, в которых образуются отрицательные температурные инверсии, приводящие к образованию зон рециркуляции или застойных зон, в которых может происходить накопление загрязняющих веществ. Сложная технология изготовления гибких трубопроводов «легче воздуха», определяющая значительное удорожание организации проветривания.
- 15 Техническим результатом способа является повышение эффективности проветривания карьерного пространства при образовании зон с отрицательной температурной инверсией, где могут скапливаться загрязняющие вещества.

Технический результат достигается тем, что гибкие трубопроводы подвешивают на тросах, которые связывают противоположенные нерабочие борта карьера и укреплены

20 на откосах уступов в горизонтальных плоскостях по глубине карьера, длину гибкого трубопровода отсчитывают от точки его соединения с подающим трубопроводом, которое определено местом расположения локальной зоны отрицательной температурной инверсии, а сам гибкий трубопровод собирают из отдельных частей, которые прикрепляют друг к другу с помощью молниевых соединений, перемещение

25 гибкого трубопровода по тросам осуществляют за счёт канатов, прикреплённых к его концу и помощью лебёдок, которые устанавливают на противоположенных бортах карьера в плоскости расположения гибкого трубопровода, соединение с падающим трубопроводом проводят на одном из бортов карьера, который монтируют вдоль образующей сопряжения откоса уступа с рабочей площадкой, и связывают его через

30 сбойки с наклонным стволом, причём адресную подачу воздуха в область карьерного пространства с отрицательной температурной инверсией осуществляют с помощью перемычек и шиберов.

Способ поясняется следующими чертежами:

- 35 фиг. 1 – Вертикальный разрез карьера с трубопроводами для подачи воздуха;  
 фиг. 2 – Вид карьера в плане;  
 фиг. 3 – Зона прилегающая к борту карьера;  
 фиг. 4 – Крепление трубопровода к тросам;  
 фиг. 5 – распределение скоростей воздушного потока в карьерном пространстве при естественной вентиляции;
- 40 фиг. 6 – распределение скоростей воздушного потока в карьерном пространстве при подаче воздуха через систему гибких трубопроводов, где:
- 1 – карьерное пространство;
  - 2 – карьерные уступы;
  - 3 – гибкие трубопроводы;
  - 45 4 – тросы;
  - 5 – подвижные подвески;
  - 6 – устройства для крепления тросов и перемещения гибких воздухопроводов в горизонтальных плоскостях;

- 7 – трубопроводы для распределения воздуха;
- 8 – область с отрицательной температурной инверсией;
- 9 – вентилятор;
- 10 – наклонный ствол;
- 5 11 – сбойки;
- 12 – перемычки в сбойках;
- 13 – канаты для перемещения гибких воздухопроводов;
- 14 – лебёдки;
- 15 – молниевое соединение;
- 10 16 – патрубок;
- 17 – шиберы на гибких трубопроводах.

Способ проветривания глубоких карьеров расположенных в суровых климатических условиях, реализуется следующим образом. После увеличения глубины курьера до величины, при которой естественная вентиляция уже не обеспечивает распределения температур по глубине с положительным градиентом, для которого характерен самопроизвольный вынос загрязняющих веществ за пределы карьерного пространства 1. В карьерном пространстве 1 при резком изменении температуры атмосферного воздуха в течение недельного или суточного периодов могут образовываться области с отрицательной температурной инверсией 8. В этих областях происходит рециркуляция воздуха, приводящая к накоплению загрязняющих веществ. Для того чтобы разрушить области с отрицательной температурной инверсией 8 в неё осуществляют принудительную подачу атмосферного воздуха с температурой, превышающей температуру, сформировавшуюся ранее при поступлении более холодного воздуха. Результатом этого является превентивное предупреждение накопления загрязняющих веществ.

Для организации принудительной подачи воздуха на одном из нерабочих бортов карьера проходят наклонный ствол 10, который соединяют с карьерным пространством сбойками 11, выходящими на сопряжение откосов и рабочих площадок карьерных уступов 2. По образующей сопряжения откосов и рабочих площадок карьерных уступов 2 устанавливают трубопроводы для распределения воздуха 7, к которым с помощью патрубка 16 присоединяют гибкие трубопроводы 3. Гибкие трубопроводы 3 подвешиваются на подвижных подвесках 5 к тросам 4, которые укрепляются на откосах карьерных уступов 2 с помощью устройств для крепления тросов и перемещения гибких воздухопроводов в горизонтальных плоскостях 6 и связывают противоположенные нерабочие борта карьера в горизонтальных плоскостях по глубине карьера. Подача атмосферного воздуха в гибкие трубопроводы 3 осуществляют вентилятором 9, установленным на поверхности на удалении не менее, чем в 20 м от устья наклонного ствола 10, и далее по наклонному стволу 10, сбойкам 11 и трубопроводу 7. Для регулирования распределения воздуха между сбойками и гибкими трубопроводами используют перемычки в сбойках 12 и шиберы на гибких трубопроводах 17.

Положение перемычек 12 в сбойках определяется глубиной карьера, где образовалась зона отрицательной температурной инверсии. В тех по сбойках по глубине карьера, которые связывают наклонный ствол с карьерным пространством, где расположена зона отрицательной температурной инверсии, перемычки находятся в положении «открыто», а в остальных сбойках в положении «закрыто». В свою очередь, положение шиберов 17 на гибких трубопроводах 3 определяется местом расположении зоны с отрицательной температурой инверсией 8 в горизонтальных плоскостях карьера. На тех гибких трубопроводах 3, которые выходят в зону отрицательной температурой

инверсией 8, шиберы приводятся в положение «открыто», а в остальных гибких трубопроводах 3 в положении «закрыто».

Необходимую длину гибких трубопроводов 3 и количество в одновременной работе определяют по месту расположения области с отрицательной температурной инверсией 8. Для этого гибкие трубопроводы 3 от места их соединения с трубопроводом для распределения воздуха 7 до области с отрицательной температурной инверсией 8 собирают из отдельных частей, которые прикрепляют друг к другу с помощью молниевых соединений 15 и наращивают до достижения расположения его выхода в зоне отрицательной температурной инверсии 8. Перемещение гибких трубопроводов 3 по тросам 4 осуществляют канатами, прикреплённого к их концам, с помощью устройств для крепления тросов и перемещения гибких воздухопроводов в горизонтальных плоскостях 6, через которые пропускается канаты для перемещения гибких воздухопроводов 13, и лебёдок 14, которые устанавливают на противоположенных бортах карьера в плоскости расположения гибких трубопроводов.

Работоспособность предлагаемого способа подтверждена результатами математического моделирования аэротермодинамических процессов при естественном способе проветривания и сочетании естественного и принудительного способов проветривания. Для этого рассмотрен карьер глубиной, длиной по простиранию по поверхности – 1400 м, вкrest простирания по поверхности – 700 м, длина по простиранию по дну – 300 м, вкrest простирания по дну – 175 м, углы откоса по лежачему и висячему борту – 55°.

При моделировании естественной вентиляции было принято, что движение воздушных масс происходит в направлении простирания рудной залежи, а именно вдоль оси Y со средней скоростью 5 м/с. Температура воздуха равна 248 К, давление 0,1 МПа, плотностью воздуха 1,2 кг/м<sup>3</sup>.

В результате математического моделирования было установлено, что при естественном проветривании образуется зона с отрицательной инверсией показана синим цветом (фиг. 5), в которой происходит рециркуляция карьерного воздуха и накопление загрязняющих веществ.

Для разрушения зоны с отрицательной температурной инверсией в неё по десяти гибким воздуховодам, диаметром 0,5 м, расположенных по глубине и простиранию карьера, с помощью вентилятора 9 осуществляется подача атмосферного воздуха с температурой, превышающей температуру воздуха, заполняющего её воздуха. Общее количество воздуха составляет 60 м<sup>3</sup>/с, а скорость воздуха на выходе из каждого гибкого воздуховода в карьерное пространство составляет 33 м/с. В результате взаимодействия двух воздушных потоков, вызванных движением воздуха за счёт естественных факторов и принудительной вентиляцией через систему гибких трубопроводов 5, объем зоны рециркуляции в карьере сокращается до минимальных значений, а средняя скорость воздушного потока устанавливается на уровне 2,0 м/с. (Фиг.6).

Использование предлагаемого способа проветривания глубоких карьеров даёт возможность осуществить превентивное предупреждение образования в карьерном пространстве зон с отрицательной температурной инверсией, в которых могут накапливаться загрязняющие вещества, образующиеся в процессе открытой разработки месторождения.

#### (57) Формула изобретения

Способ проветривания глубоких карьеров, включающий вскрытие карьера системой подземных горных выработок и организацию воздухообмена между карьерным и

атмосферным воздухом путём подачи свежего воздуха через эти выработки и его последующего распределения по объёму карьерного пространства по гибким трубопроводам за счёт работы вентиляторов на поверхности, отличающийся тем, что гибкие трубопроводы подвешивают на тросах, которые связывают противоположенные нерабочие борта карьера и укреплены на откосах уступов в горизонтальных плоскостях по глубине карьера, длину гибкого трубопровода отсчитывают от точки его соединения с подающим трубопроводом, которая определена местом расположения локальной зоны отрицательной температурной инверсии, а сам гибкий трубопровод собирают из отдельных частей, которые прикрепляют друг к другу с помощью молниевых соединений, перемещение гибкого трубопровода по тросам осуществляют за счёт канатов, прикрепленных к его концу с помощью лебёдок, которые устанавливают на противоположенных бортах карьера в плоскости расположения гибкого трубопровода, соединение с подающим трубопроводом проводят на одном из бортов карьера, который монтируют вдоль образующей сопряжения откоса уступа с рабочей площадкой, и связывают его через сбойки с наклонным стволом, причём адресную подачу воздуха в область карьерного пространства с отрицательной температурной инверсией осуществляют с помощью перемычек и шиберов.

20

25

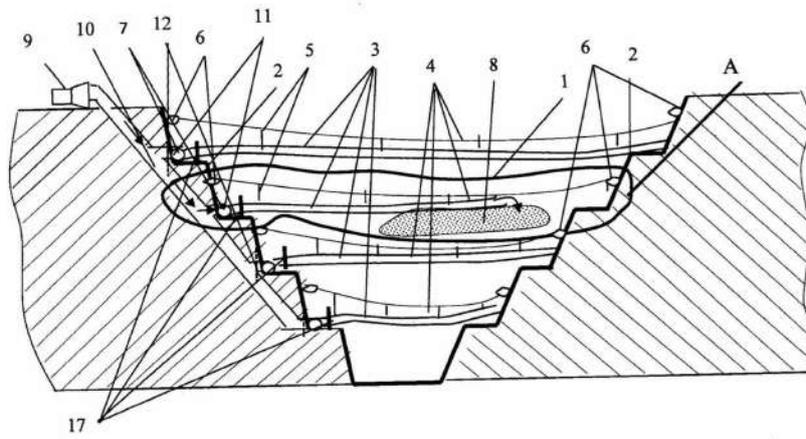
30

35

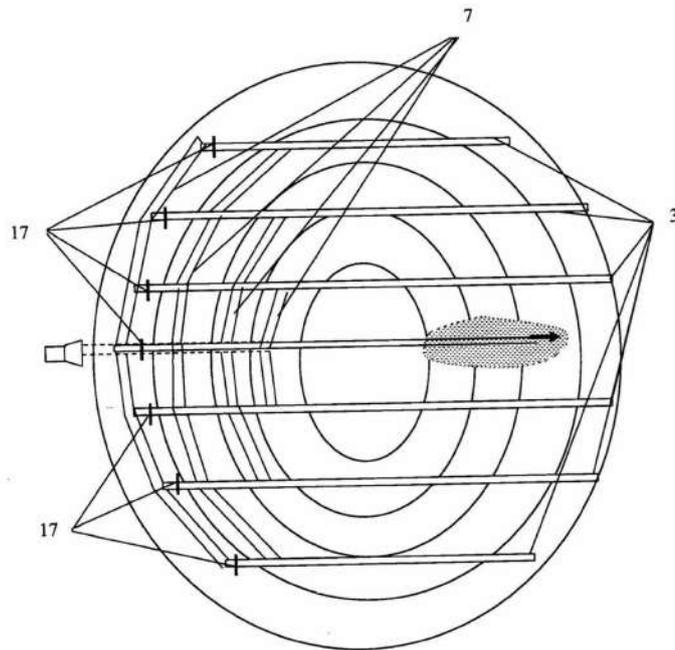
40

45

1

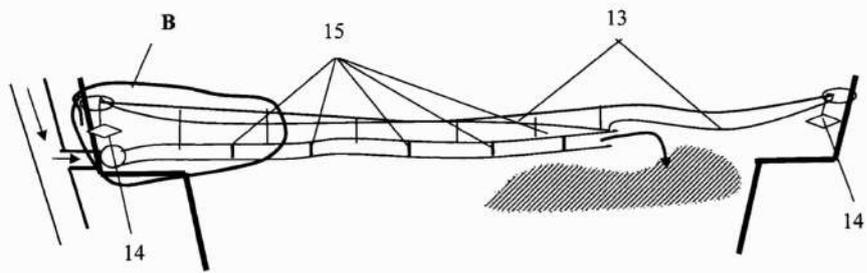


Фиг. 1

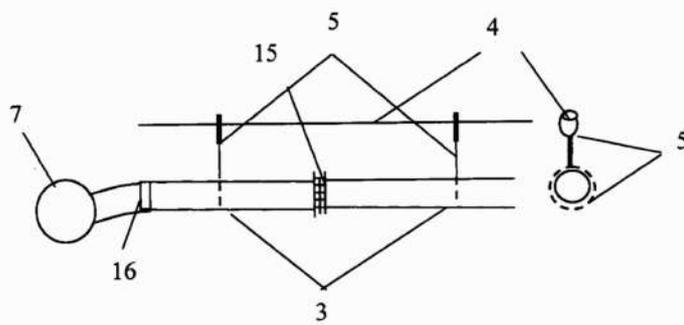


Фиг. 2

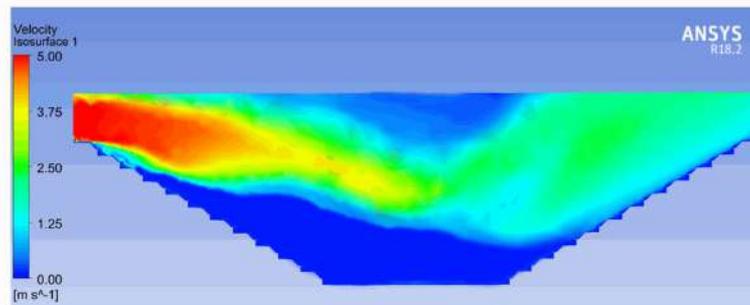
2



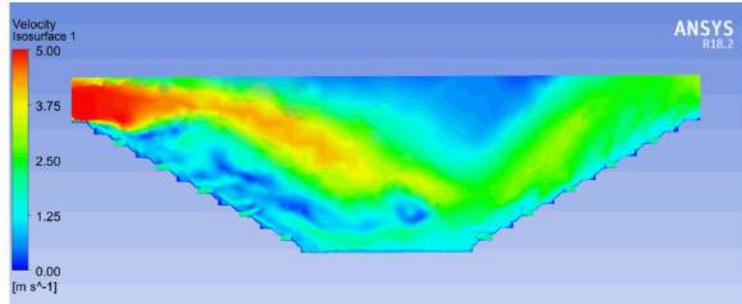
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг.6