

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2738633

### СПОСОБ МОНИТОРИНГА РАЗВИТИЯ ПУЧЕНИЙ, ВЫЗВАННЫХ СТРОИТЕЛЬСТВОМ НАКЛОННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК, ПРОЙДЕННЫХ С ЗАМОРАЖИВАНИЕМ ГРУНТОВ

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

Автор: *Мукминова Диана Зинуровна (RU)*

Заявка № 2020118827

Приоритет изобретения 08 июня 2020 г.

Дата государственной регистрации в  
Государственном реестре изобретений  
Российской Федерации 15 декабря 2020 г.

Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает 08 июня 2040 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлев







ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
E21C 39/00 (2020.08)

(21)(22) Заявка: 2020118827, 08.06.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
08.06.2020

Дата регистрации:  
15.12.2020

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 08.06.2020

(45) Опубликовано: 15.12.2020 Бюл. № 35

Адрес для переписки:  
199106, Россия, г. Санкт-Петербург, В.О., 21  
линия, д. 2, Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):  
Мукминова Диана Зинуровна (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 2472930 C1, 20.01.2013. SU  
1790645 A3, 23.01.1993. RU 2012853 C1,  
15.05.1994. RU 2155866 C1, 10.09.2000. GB  
2253707 A, 16.09.1992. Инструкция по  
наблюдениям за сдвижением горных пород и  
земной поверхности при подземной  
разработке рудных месторождений,  
разработано ВНИМИ ВНИПИГорцветмет. -  
М.: Недра., 1988, 112 с.

## (54) СПОСОБ МОНИТОРИНГА РАЗВИТИЯ ПУЧЕНИЙ, ВЫЗВАННЫХ СТРОИТЕЛЬСТВОМ НАКЛОННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК, ПРОЙДЕННЫХ С ЗАМОРАЖИВАНИЕМ ГРУНТОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к горной промышленности и может быть использовано для определения вертикальных сдвижений (пучений) и деформаций земной поверхности вследствие строительства подземных наклонных горных выработок, пройденных способом замораживания грунтов, имеющих непосредственный выход на земную поверхность. Изобретение относится к горной промышленности и может быть использовано для определения вертикальных пучений и деформаций земной поверхности вследствие строительства подземных наклонных горных выработок, пройденных способом замораживания грунтов, имеющих непосредственный выход на земную поверхность. Способ включает закладку основных профильных линий в главных сечениях мульды и дополнительных профильных линий, располагаемых в других направлениях в пределах

границ мульды сдвижения, зафиксированных через равные интервалы рабочими и опорными реперами, располагаемыми на концах профильных линий вне зоны сдвижения, систематические определения высотного положения рабочих реперов относительно опорных до начала и в период сдвижений земной поверхности, получение сдвижений, вычисление наклонов и кривизны соответственно как первой и второй производной от сдвижений. При этом до начала горнопроходческих работ определяют точку ожидаемого максимального оседания на земной поверхности в главном сечении мульды сдвижения, от которой закладывают главную продольную линию и главную поперечную линию, и дополнительные профильные линии перпендикулярно оси наклонного хода, в конце каждой профильной линии устанавливают реперы, которые находятся вне зоны действия

деформации, далее проводят нивелирование по реперам профильных линий, которые установлены в зоне влияния деформаций, затем для каждой серии наблюдений, которые соответствуют определенному положению проведения горнопроходческих работ относительно профильных линий, получают распределение пучений, которые вызваны активной стадией замораживания, далее

производят камеральную обработку, рассчитывают значения наклонов и кривизны соответственно как первой и второй производной от пучений, которые отражают состояние земной поверхности до начала сдвижений и состояние того же участка на определенной стадии процесса сдвижения в период активной и пассивной стадии замораживания, включая стадию окончания процесса сдвижения. 4 ил.

RU 2738633 C1

RU 2738633 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*E21C 39/00 (2020.08)*

(21)(22) Application: **2020118827, 08.06.2020**

(24) Effective date for property rights:  
**08.06.2020**

Registration date:  
**15.12.2020**

Priority:

(22) Date of filing: **08.06.2020**

(45) Date of publication: **15.12.2020 Bull. № 35**

Mail address:

**199106, Rossiya, g. Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya,  
d. 2, Patentno-litsenzionnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Mukminova Diana Zinurovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

(54) **METHOD FOR MONITORING DEVELOPMENT OF SWELLING ACTIONS CAUSED BY CONSTRUCTION OF INCLINED UNDERGROUND MINES, PASSED WITH FREEZING OF SOILS**

(57) Abstract:

FIELD: mining.

SUBSTANCE: invention relates to mining industry and can be used for determination of vertical puffiness and deformations of the earth's surface as a result of construction of underground inclined mine workings, passed by the method of freezing soils, having direct access to the earth's surface. Method includes laying of main shaped lines in main sections of mold and additional shaped lines located in other directions within boundaries of displacement mold, fixed through equal intervals with working and reference references, located on ends of shaped lines outside shifting zone, systematic determination of altitude position of working reference points relative to reference before and during shifts of earth surface, obtaining shifts, calculation of slopes and curvature respectively as first and second derivative of shifts. Prior to the beginning of the mine-work operations, the point of expected maximum sedimentation on the earth surface is determined in the main section of the displacement mold, from which the main longitudinal line and the main transverse line are laid, and additional shaped lines perpendicular to the

axis of the inclined stroke, at the end of each shaped line setting the reference points, which are outside the deformation area of action, further leveling according to the reference lines, which are installed in the zone of influence of deformations, then for each series of observations, which correspond to a certain position of performance of mine-work operations relative to shaped lines, distribution of bundles is obtained, which are caused by the active freezing step, then performing a desktop treatment, calculating values of slopes and curvature respectively as first and second derivatives of puffs, which reflect state of earth surface before shifts and state of the same section at a certain stage of shifting process during active and passive stage of freezing, including stage of termination of shifting process.

EFFECT: invention can be used to determine vertical shifts (grooves) and deformations of the earth's surface as a result of construction of underground inclined mine workings, covered by the method of freezing soils having direct access to the earth's surface.

1 cl, 4 dwg

**RU 2 738 633 C1**

**RU 2 738 633 C1**

Изобретение относится к горной промышленности и может быть использовано для определения вертикальных сдвижений (пучений) и деформаций земной поверхности вследствие строительства подземных наклонных горных выработок, пройденных способом замораживания грунтов, имеющих непосредственный выход на земную

5 поверхность.

Известен способ определения вертикальных сдвижений и деформаций (патент RU№2472930, опубл. 20.01.2013 г.). Этот способ включает в себя закладку реперов по основным профильным и дополнительным профильным линиям. До начала сдвижений поверхности производят закладку не менее четырех опорных реперов вне зоны

10

сдвижения, два из которых располагают на линии максимальных оседаний по простиранию пласта или рудной залежи и два других – перпендикулярно линии первых двух, то есть вкрест простирания пласта или рудной залежи, производят лазерно-сканирующую съемку потенциальной зоны подработки до начала сдвижений и повторные съемки того же участка после началасдвижений, устанавливая при каждой

15

съемке марки внешнего ориентирования на опорные реперы.

Недостатком этого способа является обработка лазерно-сканирующей съемки, до сегодняшнего дня ни одна из систем лазерного сканирования не имеет функций тахеометра по непосредственной привязке отдельных сканов к единой системе координат, поскольку сканирование с каждой точки стояния проводится в системе

20

координат прибора; поэтому необходим дополнительный геодезический прибор для определения координат контрольных точек (марок) сканера, также с большинством сканеров рекомендуется работать при температуре не ниже 0°C, что устанавливает некоторые ограничения на полевые работы в зимнее время.

Известен способ определения изменения положения точек объекта при применении наземной стереофотограмметрической съемки (патент RU№ 2012853, опубл. 15.05.1994 г.). При этом способе с базиса проводится периодическая фотосъемка с получением стереопары фотоснимков и построение стереомодели объекта для каждого периода

25

съемки. Внутри каждой стереомодели находят координаты точек объекта и сравнивают их с координатами соответствующих точек предыдущей стереомодели. По величинам несовпадения сравниваемых координат можно судить о величинах деформаций объекта, за которым ведется мониторинг стереофотограмметрическим методом. При этом для повышения точности определения координат стереомодели используются три

30

дополнительные опорные точки, которые закрепляют на местности и местоположение которых определяется геодезическими способами.

Недостатком этого способа является определение смещений путем непосредственного сравнения положения точек стереомодели предыдущего периода фотосъемки с положением этих же точек на стереомодели последующего периода фотосъемки. В этом случае все погрешности ориентирования сравниваемых стереомоделей будут

35

входить в определяемые величины смещений, что недопустимо особенно на начальной стадии развития сдвижений и деформаций или вблизи границы мульды сдвижений, где величины смещений очень маленькие по величине и соизмеримы с погрешностями. Местоположение сравниваемых точек на стереомоделах определяется неоднозначно, что также снижает точность и достоверность определения смещений и деформаций.

40

Кроме того, применение фотограмметрического способа требует перед началом

45

съемки закладку базиса, состоящего из двух геодезических знаков, надежно закрепленных в грунте, определений длины этого базиса и координат точек геодезическими методами. Впоследствии на эти точки устанавливают камеры для производства фотосъемки. Таким образом, процесс обустройства базиса, полностью

подготовленного к съемке, - это трудоемкий процесс. Если учесть, что горные работы в пределах шахтных полей могут производиться на нескольких участках или интенсивно развиваться по площади, то потребуется закладка нескольких базисов, что еще увеличит трудоемкость работ при использовании этого способа для мониторинга сдвижений и деформаций.

Известен способ определения границ зон опасных сдвижений месторождения (патент RU № 2155866, опубл. 10.09.2000 г.). Этот способ включает закладку реперов по основным профильным линиям и дополнительным профильным линиям. Основные профильные линии располагают по простиранию и вкрест простирания отдельных залежей в пределах месторождения, дополнительные профильные линии - в зоне влияния горных работ. Точки пересечения основных профильных линий соединяют между собой дополнительными линиями, по которым закладывают репера. Таким образом, создается единая система профильных линий. За смещениями реперов единой системы профильных линий проводят наблюдения. Наблюдения проводят до получения критических значений оседаний, после чего наблюдения ведут только по реперам, расположенным за пределами мульды сдвижения, где не могут образоваться провалы земной поверхности. По результатам этих наблюдений строят изогипсы оседаний земной поверхности. Границы зон опасных сдвижений определяют в зависимости от характера изменения изогипс.

Недостатками этого способа являются большой объем работ по закладке реперов основных и дополнительных профильных линий, производству периодических нивелировок по всем заложенным реперам профильных линий и обработке результатов таких наблюдений, не учитывающих особенности строительства наклонных выработок, пройденных с помощью замораживания грунтов.

Известен способ определения сдвижений и деформаций, который включает в себя закладку основных и дополнительных профильных линий, принятый за прототип (Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. М. : Недра, 1988. – 112 с.). Согласно этому способу основные профильные линии закладывают в главных сечениях мульды сдвижения (вертикальных сечениях мульды сдвижения по простиранию и вкрест простирания рудной залежи или пласта угля), а дополнительные профильные линии - параллельно основным линиям и в других направлениях в пределах границ мульды сдвижения. Каждая профильная линия состоит из опорных и рабочих реперов. Опорные реперы закладывают на концах профильных линий (по два с каждого конца). Рабочие реперы закладывают в пределах ожидаемой зоны сдвижения земной поверхности (другими словами, в пределах границ мульды сдвижения). Минимальное количество профильных линий – три: две профильные линии вкрест простирания и одну профильную линию по простиранию рудной залежи или пласта угля. Для получения сдвижений и деформаций в вертикальной плоскости проводят периодические определения высотного положения реперов профильных линий путем их нивелирования. Оседания получают как разность высотных отметок соответствующих реперов, определенных из предыдущего или начального наблюдения и последующего наблюдения. По оседаниям реперов определяют наклоны как первую производную от оседаний и кривизну как вторую производную от оседаний или первую производную от наклонов.

Недостатками этого способа являются большой объем работ по закладке реперов основных и дополнительных профильных линий, не учитывающих особенности строительства наклонных выработок, пройденных с помощью замораживания грунтов.

Техническим результатом является повышение точности определения вертикальных

смещений и деформаций в любой точке мульды сдвижения горных пород, вызванных активной и пассивной стадией замораживания.

Технический результат достигается тем, что до начала горнопроходческих работ определяют точку ожидаемого максимального оседания на земной поверхности в главном сечении мульды сдвижения, от которой закладывают главную продольную линию и главную поперечную линию, и дополнительные профильные линии перпендикулярно оси наклонного хода, в конце каждой профильной линии устанавливают репера, которые находятся все зоны действия деформации, далее проводят нивелирование по реперам профильных линий, которые установлены в зоне влияния деформаций, затем для каждой серии наблюдений, которые соответствуют определенному положению проведения горнопроходческих работ относительно профильных линий получают распределение пучений, которые вызваны активной стадией замораживания, далее производят камеральную обработку, рассчитывают значения наклонов и кривизны соответственно, как первая и вторая производные от пучений, которые отражают состояние земной поверхности до начала сдвижений и состояние того же участка на определенной стадии процесса сдвижения в период активной и пассивной стадии замораживания, включая стадию окончания процесса сдвижения.

Способ поясняется следующими фигурами:

фиг.1 – схема максимального оседания земной поверхности при сооружении наклонной выработки;

фиг. 2 – схема наблюдательной станции, при сооружении эскалаторного тоннеля, пройденного с помощью замораживания грунтов;

фиг. 3 – профиль земной поверхности в период вертикальных сдвижений, где:

- 1– длина наклонного хода;
- 2– пересечение верхнего слоя контура выработки с земной поверхностью;
- 3– расстояние  $d$ ;
- 4– точка максимального оседания на земной поверхности;
- 5– мощность замороженной толщи пород;
- 6– ледопородное ограждение;
- 7– главное продольное сечение;
- 8– главное поперечное сечение;
- 9– дополнительные профильные линии.

Способ осуществляют следующим образом. Для определения сдвижений и деформаций на земной поверхности необходимо произвести закладку основных профильных линий в главных сечениях мульды, и дополнительных профильных линий, зафиксированных через равные интервалы рабочими и опорными реперами, располагаемыми на концах профильных линий вне зоны сдвижения.

До начала горнопроходческих работ определяют точку ожидаемого максимального оседания на земной поверхности в главном сечении мульды сдвижений, проходящем по оси наклонной выработки по формуле, предложенной Сильвестровым:

$$d = 0,26L_3, \quad (1)$$

где  $L_3$  – длина наклонного хода, м.

Расстояние  $d$  закладывается от пересечения верхнего контура выработки с земной поверхностью 2 (Фиг.1). От точки максимального оседания на земной поверхности закладывают профильную линию реперов главного продольного сечения 7 (Фиг.2), равной длине мульды сдвижения в главном сечении, совпадающих с осью будущего

наклонного хода. Величина  $L_y$  – длина мульды сдвижения в главном продольном сечении, проходящем по оси наклонной выработки, определяется по формуле:

$$L_y = 2(D_{\text{в}} + 2\delta) + h(\text{ctg } \theta_1 + \text{ctg } \theta_2) \quad 2)$$

где,

$D_{\text{в}}$  – вертикальный диаметр наклонной выработки, м;

$\delta$  – толщина ледогрунтового ограждения, м;

$h$  – мощность замороженной толщи, м;

$\theta_1, \theta_2$  – углы влияния горных выработок в четвертичных отложениях, град.

Закладывается линия реперов главного поперечного сечения 8, равная длине мульды сдвижения  $L_x$  в главном сечении, перпендикулярной оси наклона, проходящая через точку максимального оседания на земной поверхности<sup>4</sup>, и дополнительные профильные линии 9 перпендикулярные оси наклонного хода (Фиг.2). Величина  $L_x$  – длина мульды сдвижения в главном поперечном сечении, перпендикулярной оси выработки определяется по формуле:

$$L_x = 2h \text{ctg } \theta \quad 3)$$

где,

$h$  – мощность замороженной толщи, м;

$\theta$  – угол сдвижения в четвертичных отложениях, град.

Так как строительство данных выработок осуществляется непосредственно в условиях плотной городской застройки, интервал между реперами принимается от 15 до 20 м, чтобы обеспечить сохранность подрабатываемых зданий и сооружений. В некоторых случаях, при невозможности заложить репера в грунт или асфальт, точки располагают на торцах зданий.

Определяя положение точки максимального оседания на земной поверхности, от которой закладывается главная продольная линия и главная поперечная линия, и дополнительные профильные линии перпендикулярно оси наклонного хода, в конце каждой профильной линии устанавливаются реперы, которые находятся все зоны действия деформации, далее проводят нивелирование по реперам профильных линий, которые установлены в зоне влияния деформаций.

Наблюдения за пучениями проводятся методом геометрического нивелирования от исходных реперов с известной высотой, расположенных вне зоны деформаций, с выполнением требований точности для ходов нивелирования III класса.

$$f_{\text{доп.}} = \pm 10\sqrt{L} \text{ мм} \quad 4)$$

$$\text{или } f_{\text{доп.}} = \pm 1.5\sqrt{n} \text{ мм} \quad 5)$$

где  $L$  – длина хода в километрах;

$n$  – количество штативов (если в ходе более 16 штативов).

Первичное нивелирование производится перед началом горнопроходческих работ. Началом горнопроходческих работ при строительстве эскалаторных тоннелей способом замораживания грунтов принято считать включение активной стадии заморозки.

Для контроля отметок исходных реперов производится их нивелирование с выполнением требований точности II класса



$$f_{\text{доп.}} = \pm 5\sqrt{L} \text{ мм} \quad 6)$$

где  $L$  – длина хода в километрах.

Для получения первичных отметок деформационных реперов между исходными реперами дважды прокладываются опорные нивелирные ходы III класса и определяются как среднеарифметическое двух измерений.

Повторное нивелирование производится по методике III класса в одном направлении. Определяют высотное положение каждой точки наблюдательной станции, это  $Z_1, Z_2, \dots, Z_9$ . Используя эти высоты, определяют профиль вдоль этой линии как изменение по высоте точек профильной линии относительно уровня исходных значений  $Z_{01}, Z_{02}, \dots, Z_{09}$ :

$$\eta_1 = Z_1 - Z_{01};$$

$$\eta_2 = Z_2 - Z_{02};$$

$$\eta_3 = Z_3 - Z_{03};$$

7)

---


$$\eta_n = Z_n - Z_{0n}.$$

где,  $\eta_1 - \eta_n$  – вертикальные сдвигения, вызванные активной стадией замораживания.

Откладывая для каждой точки профильной линии, рассчитанные по формулам (7), значения  $\eta_i$ , получаем профиль поверхности вдоль рассматриваемой линии в период процесса вертикальных сдвижений в момент времени  $t$  (Фиг. 3).

Взяв первую производную от этих оседаний, получим распределение деформаций наклонов ( $i$ ) вдоль рассматриваемой профильной линии:

$$i_1 = (\eta_2 - \eta_1)/l$$

$$i_2 = (\eta_3 - \eta_2)/l$$

$$i_3 = (\eta_4 - \eta_3)/l$$

8)

---


$$i_n = (\eta_{n+1} - \eta_n)/l$$

где  $l$  – расстояние между реперами.

Первая производная от наклонов или вторая производная от оседаний будет являться деформацией кривизны ( $K$ ), которая численно может быть получена следующим образом:

$$\begin{array}{lcl}
 K_1 = (i_2 - i_1)/l & & K_1 = (\eta_3 - 2\eta_2 + \eta_1)/l^2 \\
 K_2 = (i_3 - i_2)/l & & K_2 = (\eta_4 - 2\eta_3 + \eta_2)/l^2 \\
 5 \quad K_3 = (i_4 - i_3)/l & \text{или} & K_3 = (\eta_5 - 2\eta_4 + \eta_3)/l^2 \\
 \text{-----} & & \text{-----} \\
 K_n = (i_{n+1} - i_n)/l & & K_n = (\eta_{n+1} - 2\eta_n + \eta_{n-1})/l^2
 \end{array} \quad 9)$$

10 Систематическое определение высотного положения рабочих реперов относительно опорных, позволяет получить значения сдвижений и вычислить значения наклонов и кривизны соответственно как первая и вторая производная от оседаний.

Повторное нивелирование в период горнопроходческих работ необходимо разделить на два этапа: Не надо делить на этапы

15 – процесс активного замораживания – процесс формирования ледопородного ограждения 6 (Фиг.1 и 2). Он характеризуется минимальными температурами хладоносителя и максимальной мощностью замораживающей станции. Период активного замораживания сильно зависит от длины наклонного хода 1, мощности замороженной толщи 5 и других горно-геологических условий и может составлять 20 50÷60 суток (Фиг.1). Проходка эскалаторного тоннеля может быть начата при достижении проектной температуры в термометрических скважинах. Наблюдения необходимо производить минимум 1 раз в неделю;

– процесс пассивного замораживания – процесс поддержание грунта в замороженном 25 состоянии на весь период строительства, температура хладоносителя здесь несколько выше. Сама проходка с поддержанием ледогрунтового ограждения может продолжаться до 8÷10 месяцев. После переключения холодильной установки с активной стадии в пассивную, интервал между сериями наблюдений (в сутках) можно ориентировочно 30 принять равным:

$$\frac{T_h}{t} = 3L_3 \quad 10)$$

где,

T – период активной стадии заморозки, сут.;

35 h – мощность замороженной толщи (5 на Фиг.1), м;

L<sub>3</sub> – длина наклонного хода по проекту, м.

При сложных обводненных горно-геологических условиях в зависимости от степени их сложности частоту мониторинговых наблюдений увеличивают относительно рекомендуемой.

40 Действуя таким образом, можно отслеживать и контролировать изменение высоты пучений в период активной и пассивной стадии заморозки, получаемой из маркшейдерских мониторинговых нивелировок по реперам наблюдательной станции на поверхности. Для каждой серии наблюдений, которые соответствуют определенному положению проведения горнопроходческих работ относительно профильных линий и 45 получают распределение пучений, вызванных активной стадией замораживания, производится их камеральная обработка, рассчитываются значения наклонов и кривизны соответственно, как первая и вторая производные от пучений, отражающих состояние земной поверхности до начала сдвижений и состояние того же участка на

определенную стадию процесса сдвижения в период активной и пассивной стадии замораживания, включая стадию окончания процесса сдвижения.

При правильной закладке наблюдательной станции и обеспечении сохранности всех реперов в период горнопроходческих работ, данную наблюдательную станцию можно использовать для наблюдений оседаний в период естественного оттаивания грунтов.

Способ поясняется следующими примерами.

При строительстве станции метро, проходка наклонной выработки осуществляется способом замораживания грунтов. До начала горнопроходческих работ заложена наблюдательная станция и произведены серии измерений. Горно-геологические условия строительства наклонной выработки следующие:

$L_3$  – длина наклонного хода: 110м;

$D_B$  – вертикальный диаметр наклонной выработки: 10,5 м;

$\delta$  – толщина ледогрунтового ограждения: 2 м;

$h$  – мощность замороженной толщи: 55,6 м;

$\theta_1, \theta_2$  – углы влияния горных выработок в четвертичных отложениях, соответственно 30 и 40 град.;

$\Theta$  – угол сдвижения в четвертичных отложениях: 31 град;

$T$  – период активной стадии заморозки: 54 суток.

Рассчитано расстояние  $d$  по формуле (1):

$$d = 0,26L_3 = 0,26 * 110 = 28,60 \text{ м}$$

На земной поверхности согласно проектным данным вынесена ось будущего наклонного хода и определена точка пересечения верхнего контура выработки с земной поверхностью, от этой точки отложено расстояние  $d$ , таким образом определена точка максимального оседания. Рассчитана длина мульды в главном продольном сечении по формуле (2):

$$L_y = 2(D_B + 2\delta) + h(\text{ctg } \theta_1 + \text{ctg } \theta_2) = \\ = 2(10,5 + 2 * 2) + 55,6(\text{ctg}30 + \text{ctg}40) = 191,56 \text{ м}$$

От точки максимального оседания, вдоль оси наклонного хода на длине равной 191,56 м закладываются остальные репера, удерживая расстояние от 15 до 20 м между реперами таким образом, чтобы между соседними точками сохранялась видимость, всего получилось 11 точек.

Рассчитана длина мульды в главном поперечном сечении по формуле (3):

$$L_x = 2h\text{ctg}\Theta = 2 * 55,6 * \text{ctg}40 = 132,52 \text{ м}$$

От точки максимального оседания, перпендикулярно оси наклонного хода на длине равной 132,52 м закладываются точки главного поперечного сечения на расстоянии 15-20 м, сохраняя видимость между соседними реперами, всего получилось 9 точек. Данное сечение дублируется для двух дополнительных линий (Фиг.2).

Таким образом определены границы будущих сдвижений и деформаций.

Наблюдения за пучениями производят методом геометрического нивелирования от исходных реперов, расположенных вне зоны действия деформаций, с выполнением требований точности для ходов нивелирования III класса.

Первичное нивелирование произведено до включения активной стадии заморозки. Для контроля между исходными реперами дважды проложены опорные нивелирные ходы и определены как среднеарифметическое двух измерений.

Вторичные серии измерений производятся по методике III класса в одном

направлении. Повторное нивелирование разделено в два этапа:

- в период активного замораживания наблюдения производятся два раза в неделю;
- в период пассивного замораживания интервал между сериями измерений

ориентировочно принят равным:

$$t = \frac{Th}{3L_3} = \frac{54 \cdot 55,6}{3 \cdot 110} = 9 \text{ суток}$$

В период влияния горных работ, данный интервал может быть уменьшен.

После каждой серии измерений производится их камеральная обработка, и составляются сводные таблицы и графики промежуточных результатов.

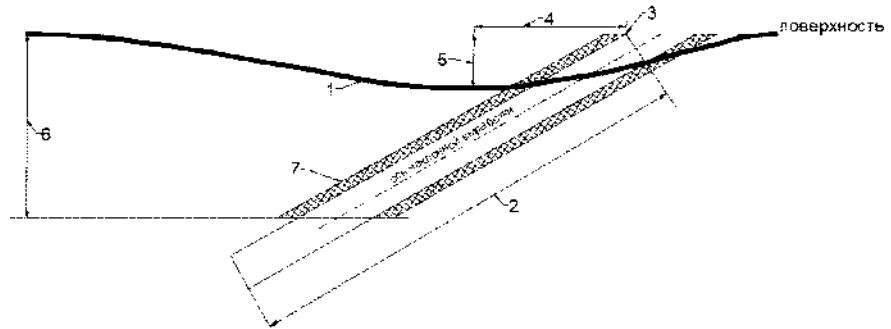
Преимуществом способа является повышение точности определения пучений, наклонов и кривизны в период активной и пассивной стадии замораживания, которые получают из сравнения соответствующих профилей, относящихся к разным по времени стадиям процесса сдвижения, и получение большого объема информации о сдвижении горных пород за счет периодических наблюдений (разбитых на два этапа) за сдвижением и деформациями реперов наблюдательной станции, заложенной на поверхности.

#### (57) Формула изобретения

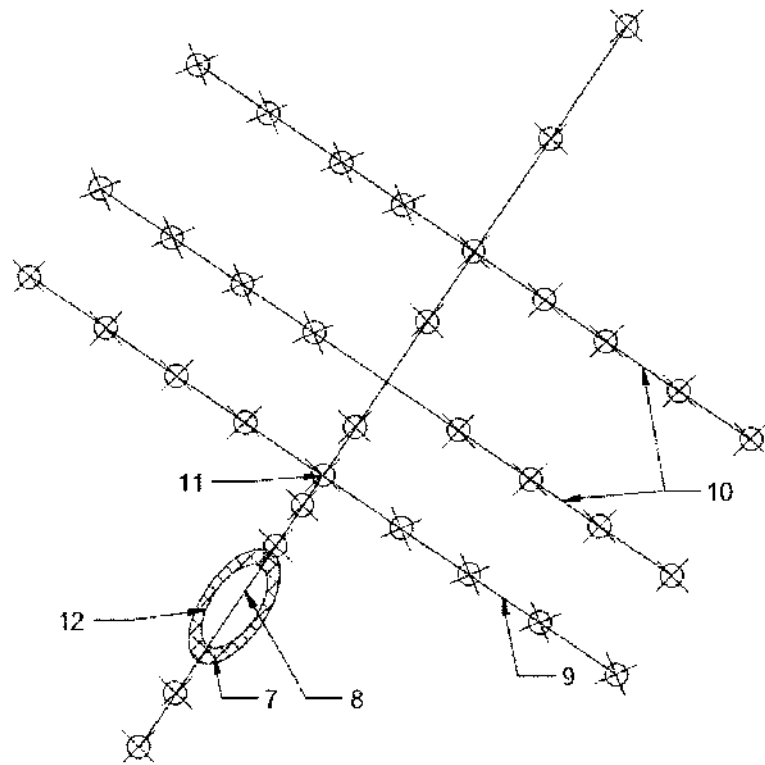
Способ мониторинга развития пучений, вызванных строительством наклонных подземных выработок, пройденных с замораживанием грунтов, включающий закладку основных профильных линий в главных сечениях мульды и дополнительных профильных линий, располагаемых в других направлениях в пределах границ мульды сдвижения, зафиксированных через равные интервалы рабочими и опорными реперами, располагаемыми на концах профильных линий вне зоны сдвижения, систематические определения высотного положения рабочих реперов относительно опорных до начала и в период сдвижений земной поверхности, получение сдвижений, вычисление наклонов и кривизны соответственно как первой и второй производной от сдвижений, отличающийся тем, что до начала горнопроходческих работ определяют точку ожидаемого максимального оседания на земной поверхности в главном сечении мульды сдвижения, от которой закладывают главную продольную линию и главную поперечную линию, и дополнительные профильные линии перпендикулярно оси наклонного хода, в конце каждой профильной линии устанавливают реперы, которые находятся вне зоны действия деформации, далее проводят нивелирование по реперам профильных линий, которые установлены в зоне влияния деформаций, затем для каждой серии наблюдений, которые соответствуют определенному положению проведения горнопроходческих работ относительно профильных линий, получают распределение пучений, которые вызваны активной стадией замораживания, далее производят камеральную обработку, рассчитывают значения наклонов и кривизны соответственно как первой и второй производной от пучений, которые отражают состояние земной поверхности до начала сдвижений и состояние того же участка на определенной стадии процесса сдвижения в период активной и пассивной стадии замораживания, включая стадию окончания процесса сдвижения.



1

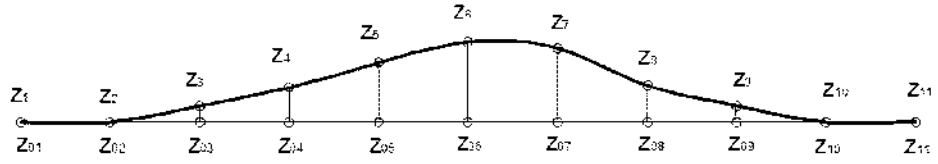


Фиг.1

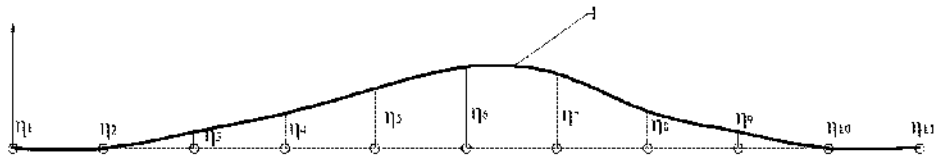


Фиг.2

2



Фиг.3



Фиг.4