

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2472930

### СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СДВИЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный горный университет" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2011119174

Приоритет изобретения **12 мая 2011 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **20 января 2013 г.**

Срок действия патента истекает **12 мая 2031 г.**

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов

A handwritten signature in black ink, appearing to read "B.P. Simonov", is written over the printed name.





## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2011119174/03, 12.05.2011**(24) Дата начала отсчета срока действия патента: **12.05.2011**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **12.05.2011**(45) Опубликовано: **20.01.2013**(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений, Утв. Госгортехнадзор СССР 1986. - М.: Недра, 1988, 113 с. SU 877005 A1, 30.10.1981. RU 2276263 C1, 10.05.2006. RU 2236587 C1, 20.09.2004. GB 2253707 A, 16.09.1992.**

Адрес для переписки:

**199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2, ФГБОУ ВПО "СПГГУ", отдел интеллектуальной собственности и трансфера технологий (отдел ИС и ТТ)**

(72) Автор(ы):

**Гусев Владимир Николаевич (RU), Волохов Евгений Михайлович (RU), Выстрчил Михаил Георгиевич (RU), Васильев Михаил Юрьевич (RU), Носов Владимир Константинович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный горный университет" (RU)**

## (54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СДВИЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к горной промышленности и может быть использовано для определения вертикальных сдвижений и деформаций земной поверхности вследствие ведения подземных и открытых горных работ. Техническим результатом является повышение точности определения оседаний, свободных от ошибок ориентирования цифровых моделей, и получение вертикальных смещений и деформаций в любой точке мульды сдвижения горных пород, включая зону провалов. Способ включает закладку основных профильных линий, располагаемых по простиранию и вкрест простирания пласта угля или рудной залежи, 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 оседаний, вычисление наклонов и кривизны соответственно как первая и вторая производная от оседаний. До начала сдвижений поверхности производят закладку не менее четырех опорных реперов вне зоны 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 начала сдвижений, устанавливая при каждой съемке марки внешнего ориентирования на опорные реперы. По результатам съемочной работы лазерно-сканирующей системы строят трехмерные точечные модели участка подработки земной поверхности, используя которые, получают оседания как разность соответствующих профилей точечной модели, отражающей состояние поверхности участка до начала сдвижений, и профилей модели, отражающей состояние того же участка на определенную стадию процесса сдвижения, включая стадию окончания процесса сдвижения. При этом сравниваемые профили получают как линии пересечения поверхностей моделей, отражающих различные стадии процесса сдвижения, с вертикальными плоскостями, однозначное положение которых определяют через координатные привязки к маркам внешнего ориентирования, отображаемым на точечных трехмерных моделях. 5 ил.

Изобретение относится к горной промышленности и может быть использовано для проведения наблюдений за сдвижением и деформациями горных пород и земной поверхности вследствие ведения подземных и открытых горных работ.

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 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 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 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.

Кроме того, применение фотограмметрического способа требует перед началом 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 потребуются 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.

Недостатком этого способа является 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. К недостаткам также относится невозможность, из соображения безопасности, вести наблюдения в зоне, где могут образоваться провалы земной поверхности.

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 необходимость закладки большого количества рабочих реперов профильных линий, что является трудоемкой процедурой. Не менее трудоемким процессом является производство периодических нивелировок по всем заложенным реперам и обработка результатов таких наблюдений. Трудоемкость операций по закладке, наблюдениям и их обработке возрастает с увеличением глубины горных работ, так как увеличивается зона сдвижений поверхности или размеры мульды сдвижения, соответственно увеличивается количество закладываемых реперов профильных линий. Количество реперов профильной линии находится в обратной пропорциональной зависимости от интервала между ними: чем меньше интервал, тем больше количество реперов надо заложить по профильной линии. То есть величина интервала между реперами лимитируется трудоемкостью работ. К недостаткам также относится невозможность вести наблюдения в зоне, где могут образоваться провалы земной поверхности.

Техническим результатом изобретения является повышение точности определения оседаний и получение вертикальных смещений и деформаций в любой точке мульды сдвижения горных пород, включая зону провалов.

Технический результат достигается тем, что в способе определения вертикальных сдвижений и деформаций, включающем закладку основных профильных линий, располагаемых по простиранию и вкрест простирания пласта угля или рудной залежи, и дополнительных профильных линий, располагаемых в других направлениях в пределах границ мульды сдвижения, зафиксированные 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 оседаний, вычисление наклонов и кривизны соответственно как первая и вторая производная от оседаний, до начала сдвижений поверхности производят закладку не менее четырех опорных реперов вне зоны 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 начала сдвижений, устанавливая при каждой съемке марки внешнего ориентирования на опорные реперы, по результатам съемочной работы лазерно-сканирующей системы строят трехмерные точечные модели участка подработки земной поверхности, используя которые, получают оседания как разность соответствующих профилей точечной модели, отражающей состояние поверхности участка до начала сдвижений, и профилей модели, отражающей состояние того же участка на определенную стадию процесса сдвижения, включая стадию окончания процесса сдвижения, при этом сравниваемые профили получают как линии пересечения поверхностей моделей, отражающих различные стадии процесса сдвижения, с вертикальными плоскостями, однозначное положение которых определяют через координатные привязки к маркам внешнего ориентирования, отображаемым на точечных трехмерных моделях.

Способ поясняется чертежами, где на фиг.1 показано взаимное положение трехмерных моделей участка подработки (до (I) и после (II) начала процесса сдвижений) и однозначное нахождение линий пересечения, вдоль которых определяют оседания, путем привязки секущих вертикальных плоскостей  $P$ ,  $P'$  и  $G$ ,  $G'$  к маркам внешнего ориентирования  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ , устанавливаемых на опорных реперах; на фиг.2 - то же, в плане; на фиг.3 показан профиль участка поверхности по скану, полученному до начала сдвижений (I), и профиль того же участка поверхности по скану, полученному после начала сдвижений (II); на фиг.4 - совмещенный график профилей, полученных по сканам до (I) и после (II) начала процесса сдвижений; на фиг.5 - график оседаний, полученный как разность профилей, полученных по сканам до и после начала сдвижений.

Способ осуществляют следующим образом. На участке поверхности до его подработки горными работами и за пределами границ мульды сдвижения закладывают четыре опорных репера, два из которых располагают по линии максимального оседания, совпадающей с простиранием очистной горной выработки, направление горных работ которой совпадает с направлением простирания пласта или рудной залежи, а два других - по линии вкрест простирания пласта или рудной залежи. Линия опорных реперов вкрест простирания должна проходить через середину расстояния между реперами, заложенными по простиранию пласта (рудной залежи). Расстояние между реперами каждой пары (на линиях вкрест и по простиранию) должно быть не менее 50 м. Крайний репер на линии по простиранию должен располагаться не ближе 50 м от границы мульды сдвижения. Положение границы мульды сдвижения определяют относительно проектных границ выработанного пространства по углам сдвижения согласно Инструкции по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений (разраб. ВНИМИ, ВНИПИгорцветмет. - М.: Недра, 1988).

В этот же период, то есть до начала процесса сдвижения на этом участке, производится лазерно-сканирующая съемка. В результате съемочной работы лазерно-сканирующей системы получают скан, представляющий собой пространственную модель участка, состоящую из точек лазерных отражений, отражающих в пространственных прямоугольных координатах снятый участок подработки вместе с

опорными реперами до начала процесса сдвигения. Для того чтобы на скане отобразились и хорошо были идентифицированы при обработке четыре опорных репера (А, В, С, D на фиг.1 и 2), на эти реперы на время съемки необходимо установить марки внешнего ориентирования той лазерно-сканирующей системы (ЛСС), которая используется для съемки. Полученный в среде управляющей работой ЛСС программы скан, используя марки внешнего ориентирования, регистрируют в системе координат, применяемой для данного участка, и экспортируют, например, в программный комплекс AutoCAD. В этой среде относительно положения опорных реперов А, В, С, D (фиг.1, 2) намечают профильные линии по различным направлениям пространственной модели снятого участка в пределах границы мульды сдвигения и в том числе в направлении главных сечений мульды сдвигения. Для чего находят линии пересечения вертикальных плоскостей, совпадающих с намеченными направлениями, и поверхностью снятого участка до начала сдвижений (пересечение плоскостей Р и G с поверхностью I на фиг.1 и 2). При этом концевые части получаемых таким образом профильных линий должны заведомо попадать за границу мульды сдвигения и составлять не менее 50 м. Разбивают полученные линии пересечения на равные интервалы I, фиксируя интервалы разбивки пронумерованными точками (фиг.1). При этом величина интервала не лимитируется и выбирается исходя из поставленных задач по изучению процесса сдвигения горных пород. Далее процедуру получения вертикальных сдвижений и деформаций рассмотрим на примере профильной линии, полученной от пересечения поверхности I вертикальной плоскостью Р (фиг.1).

Определяют высотное положение каждой точки этой профильной линии, это  $Z_{01}$ ,  $Z_{02}$ , ...,  $Z_{09}$  (фиг.1). Используя эти высоты, определяют профиль вдоль этой линии как изменение по высоте точек профильной линии относительно уровня ее первой точки (т.1 на фиг.1 и 3):

$$\begin{aligned}
 \Delta Z_{01} &= Z_{01} - Z_{01} = 0; \\
 \Delta Z_{02} &= Z_{01} - Z_{02}; \\
 \Delta Z_{03} &= Z_{01} - Z_{03}; \\
 &\dots \\
 \Delta Z_{09} &= Z_{01} - Z_{09}.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Откладывая для каждой точки профильной линии, рассчитанные по формулам (1), значения  $\Delta Z_{0i}$ , получаем профиль поверхности вдоль рассматриваемой линии до начала процесса сдвижений (I на фиг.3). В период, когда на рассматриваемом участке начнется процесс сдвигения горных пород, производят очередную лазерно-сканирующую съемку этого участка по методике, изложенной выше. В результате чего получают скан, представляющий собой пространственную точечную модель этого участка на момент после начала процесса сдвигения вместе с марками внешнего ориентирования, установленных на время съемки на четыре опорных репера А, В, С, D (II на фиг.1 и 2). Затем по аналогии с первой лазерно-сканирующей съемкой полученный скан, используя марки внешнего ориентирования, регистрируют в системе координат первого скана и экспортируют в программный комплекс AutoCAD. Таким образом в среде AutoCAD получены две поверхности одного и того же участка, одна из которых соответствует стадии без сдвигения, а вторая - стадии, когда поверхность подверглась сдвигению и деформациям горных пород. При этом за счет ошибок регистрации эти два разновременных скана одного и того же участка поверхности не совпадают в плане (по X и Y) и по высоте (по Z) (фиг.1 и 2). Для исключения ошибок регистрации в плане плоскость Р', которая должна полностью соответствовать положению плоскости Р первого скана, проводится по тем же привязкам плоскости Р относительно опорных реперов А, В, С, D, отобразившихся на этом втором скане. Аналогично на втором скане проводится плоскость G' и другие плоскости, по линиям пересечения которых с поверхностью второго скана намечено определить вертикальные сдвигения и деформации. Линию пересечения плоскости Р' с поверхностью второго скана (II на фиг.1) разбивают на те же равные интервалы I, что и линию пересечения поверхности первого скана плоскостью Р, и также фиксируя интервалы разбивки пронумерованными точками. В результате расположение и номера точек этой линии будут соответствовать точкам линии, полученной от пересечения первого скана с плоскостью

Р. Определяют высотное положение каждой точки этой профильной линии  $Z_1$ ,  $Z_2$ , ...,  $Z_9$  (фиг.1). Используя эти высоты, определяют профиль вдоль этой линии как изменение по высоте точек профильной линии относительно уровня ее первой точки (т.1 на фиг.1 и 3):

$$\begin{aligned}\Delta Z_1 &= Z_1 - Z_1 = 0; \\ \Delta Z_2 &= Z_1 - Z_2; \\ \Delta Z_3 &= Z_1 - Z_3; \\ &\dots\dots\dots \\ \Delta Z_9 &= Z_1 - Z_9.\end{aligned}\tag{2}$$

Откладывая для каждой точки профильной линии рассчитанные по формулам (2) значения  $\Delta Z_i$ , получаем профиль поверхности вдоль рассматриваемой линии после начала процесса сдвижений (II на фиг.3). Из сравнения профилей, полученных по одноименным линиям пересечения вертикальными плоскостями поверхности до и после начала процесса сдвижений, например вертикальными плоскостями Р и Р' (фиг.4), следует, что оседания (вертикальные смещения) в пронумерованных точках получают как разность соответствующих превышений сравниваемых профилей:

$$\begin{aligned}\eta_1 &= \Delta Z_1 = \Delta Z_{01}; \\ \eta_2 &= \Delta Z_2 = \Delta Z_{02}; \\ \eta_3 &= \Delta Z_3 = \Delta Z_{03} \\ &\dots\dots\dots \\ \eta_9 &= \Delta Z_9 = \Delta Z_{09}.\end{aligned}\tag{3}$$

Распределение оседаний в точках вдоль рассматриваемой профильной линии выразится графиком на фиг.5, по вертикальной оси которого откладывались оседания ( $\eta$ ), по горизонтальной оси - точки с интервалом  $l$ , в которых определены оседания. Из графиков (фиг.4 и 5) видно, что на тех участках, где профиль, полученный после начала процесса сдвижения, не изменился - оседания равны нулю (точки 1, 2, 3 на фиг.5). А на тех участках, где этот же профиль претерпел изменения от сдвижения поверхности, оседания равны некоторой величине, которая тем больше, чем большим изменениям подвергся этот профиль (точки 4, 5, 6, 7, 8, 9 на фиг.5).

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

$$\begin{aligned}i_1 &= (\eta_2 - \eta_1)/l \\ i_2 &= (\eta_3 - \eta_2)/l \\ i_3 &= (\eta_4 - \eta_3)/l \\ &\dots\dots\dots \\ i_8 &= (\eta_9 - \eta_8)/l\end{aligned}\tag{4}$$

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

$$\begin{aligned}K_1 &= (\eta_3 - 2\eta_2 + \eta_1)/l^2 \\ K_1 &= (i_2 - i_1)/l & K_2 &= (\eta_4 - 2\eta_3 + \eta_2)/l^2 \\ K_2 &= (i_3 - i_2)/l & K_3 &= (\eta_5 - 2\eta_4 + \eta_3)/l^2 \\ K_3 &= (i_4 - i_3)/l & & \\ &\dots\dots\dots & & \\ K_8 &= (i_9 - i_8)/l & \text{или} & K_8 = (\eta_9 - 2\eta_8 + \eta_7)/l^2\end{aligned}\tag{5}$$

Затем производят третью, четвертую и так далее лазерно-сканирующую съемку этого участка с фиксацией очередной стадии процесса сдвижения горных пород, проявляющегося на земной поверхности в виде

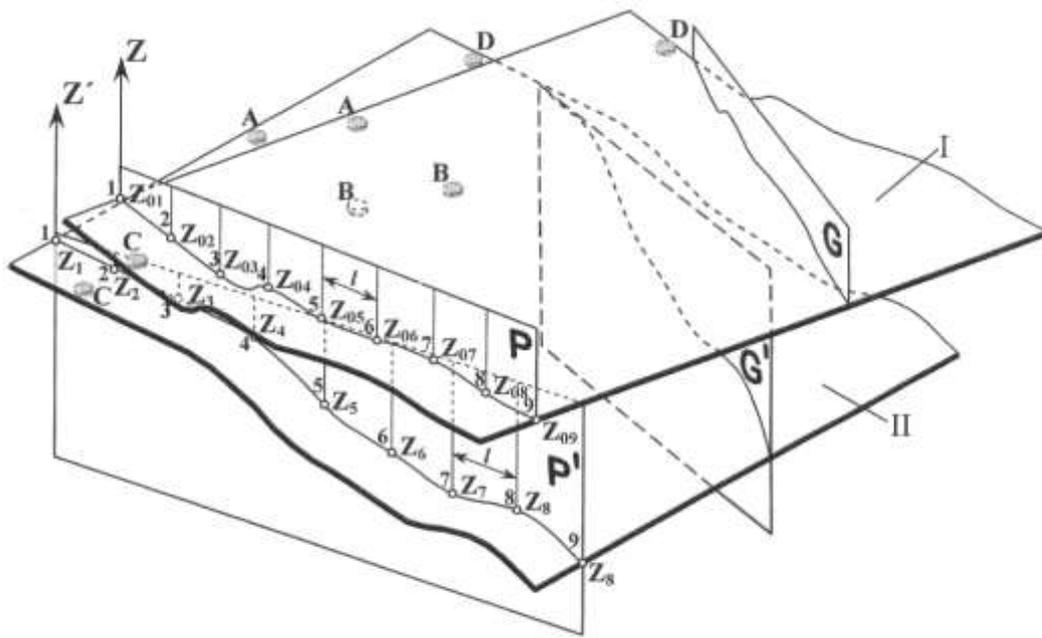
оседаний ( $\eta$ ) и вертикальных деформаций наклонов ( $i$ ) и кривизны ( $K$ ) вдоль намеченных профильных линий, определяемых по изложенному выше способу. Такие мониторинговые съемки продолжают до окончания процесса сдвижения горных пород на участке наблюдений.

Определение положения в плане профильных линий на поверхности, подверженной сдвигению и деформациям, относительно опорных реперов А, В, С, D (II на фиг.1 и 2) и получение оседаний из сравнения профилей одних и тех же профильных линий, но относящихся к различным стадиям сдвижения рассматриваемой поверхности позволяет вообще исключить операцию регистрации в единой системе координат разновременных сканов, полученных для различных стадий процесса сдвижения горных пород. Преимуществом способа является повышение точности определения оседаний, которые получают из сравнения соответствующих профилей, относящихся к разным по времени стадиям процесса сдвижения, и получение большого объема информации о сдвигении горных пород за счет полученных цифровых моделей участка на разные стадии процесса сдвижения горных пород, по которым возможно проведение любого количества профильных линий в любом направлении в пределах границы мульды сдвижения и зоны провалов, а по этим линиям можно произвести разбивку на любое количество точек через равные интервалы любой величины и для каждой точки определить оседания, а для интервалов - деформации наклонов и кривизны.

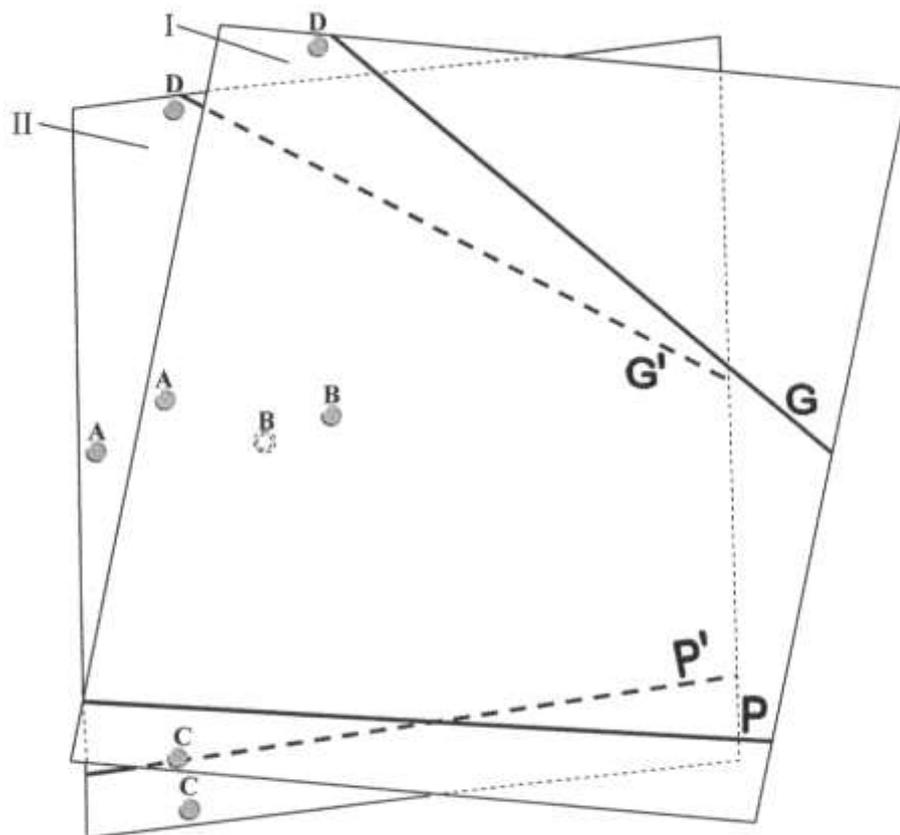
Способ применяют на рудных и угольных месторождения при организации мониторинговых наблюдений за сдвижением и деформациями подработанных подземными горными работами участков поверхности, для оценки деформационного состояния уступов и бортов карьеров и отвалов, а также для мониторинга сдвижений и деформаций поверхности в зоне влияния строительства тоннелей и подземных станций метро, коллекторов.

### **Формула изобретения**

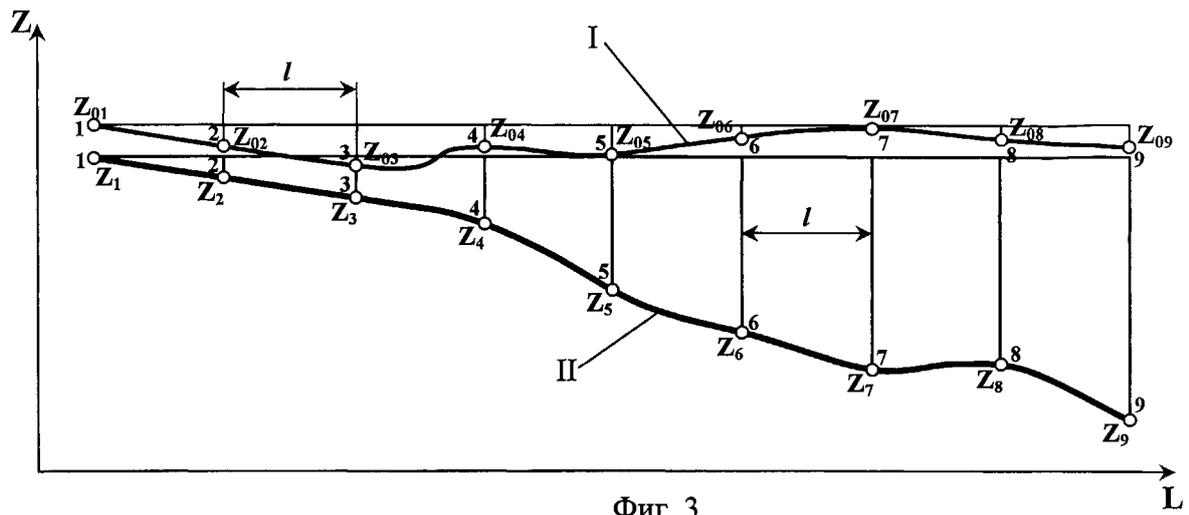
Способ определения вертикальных сдвижений и деформаций, включающий закладку основных профильных линий, располагаемых по простиранию и вкрест простирания пласта угля или рудной залежи, и дополнительных профильных линий, располагаемых в других направлениях в пределах границ мульды сдвижения, зафиксированных 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 оседаний, вычисление наклонов и кривизны соответственно как первая и вторая производная от оседаний, отличающийся тем, что до начала сдвижений поверхности производят закладку не менее четырех опорных реперов вне зоны 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 начала сдвижений, устанавливая при каждой съемке марки внешнего ориентирования на опорные реперы, по результатам съемочной работы лазерно-сканирующей системы строят трехмерные точечные модели участка подработки земной поверхности, используя которые, получают оседания как разность соответствующих профилей точечной модели, отражающей состояние поверхности участка до начала сдвижений, и профилей модели, отражающей состояние того же участка на определенную стадию процесса сдвижения, включая стадию окончания процесса сдвижения, при этом сравниваемые профили получают как линии пересечения поверхностей моделей, отражающих различные стадии процесса сдвижения, с вертикальными плоскостями, однозначное положение которых определяют через координатные привязки к маркам внешнего ориентирования, отображаемым на точечных трехмерных моделях.



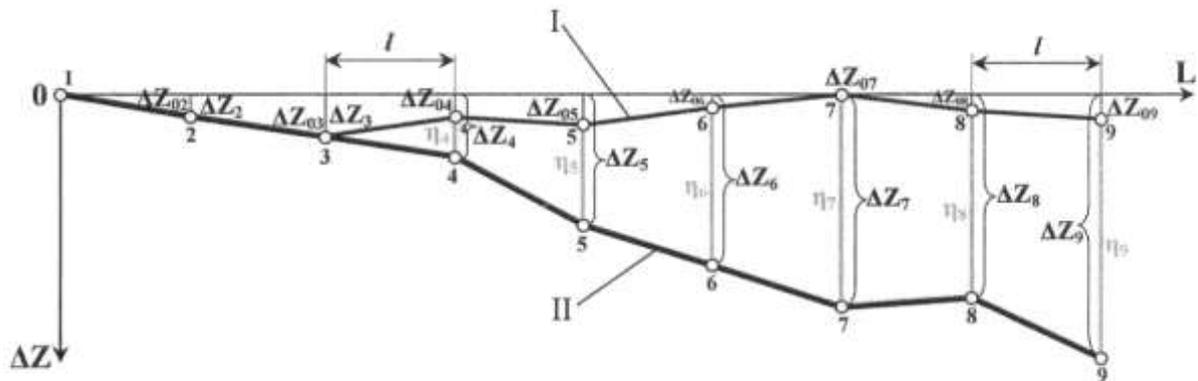
Фиг. 1



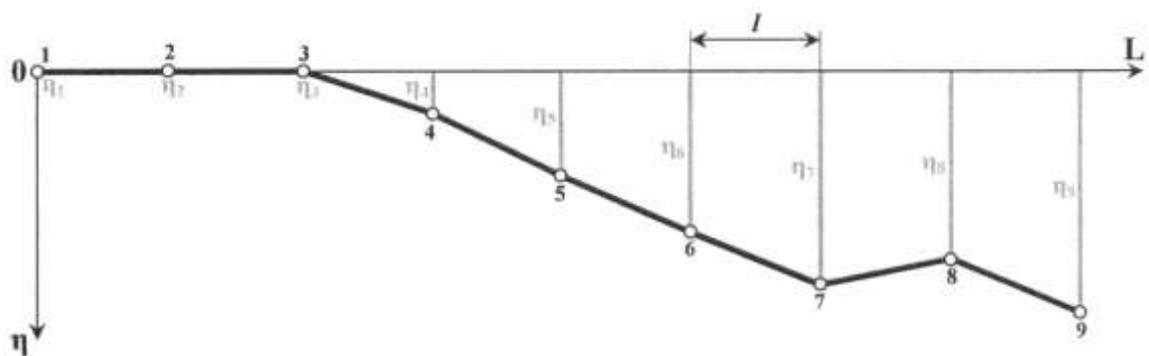
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5