



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016106683, 25.02.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.02.2016

Дата регистрации:
22.09.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.02.2016

(43) Дата публикации заявки: 30.08.2017 Бюл. № 25

(45) Опубликовано: 22.09.2017 Бюл. № 27

Адрес для переписки:

440068, г. Пенза, ул. Центральная, 1

(72) Автор(ы):

**Болдырев Геннадий Григорьевич (RU),
Барвапов Валерий Александрович (RU),
Болдырева Елена Геннадьевна (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Общество с ограниченной ответственностью
"НПП "Геотек" (RU)**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: СП 47.13330.2012 **Инженерные изыскания для строительства. Основные положения**, 2013. RU 2541977 C2, 20.02.2015. RU 2333314 C1, 10.09.2008. RU 2020204 C1, 30.09.1994. SU 1174525 A1, 23.08.1985. **ЦЫТОВИЧ Н.А. Механика грунтов**, Москва, Высшая школа, 1979, с. 162-218.

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ВЫРАБОТОК ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области строительства и предназначено для определения количества выработок, осадок и кренов зданий при проведении инженерно-геологических изысканий. Способ определения количества выработок при проведении инженерно-геологических изысканий включает проходку выработок в пределах пятна проектируемого здания или сооружения, определение модуля деформации грунтов по выработке, нахождение осадки здания или сооружения на каждой

выработке и неравномерность осадки между выработками, нахождение коэффициента жесткости основания на каждой выработке при заданных размерах в плане здания или сооружения и нагрузки на основание, используя при этом функцию Шепарда для коэффициента жесткости основания в виде приведенной зависимости. Технический результат состоит в повышении точности инженерно-геологических изысканий, снижении трудоемкости и расширении области применения. 2 з.п. ф-лы, 1 табл., 6 ил.

RU 2 631 445 C2

RU 2 631 445 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2016106683, 25.02.2016**(24) Effective date for property rights:
25.02.2016Registration date:
22.09.2017

Priority:

(22) Date of filing: **25.02.2016**(43) Application published: **30.08.2017** Bull. № 25(45) Date of publication: **22.09.2017** Bull. № 27

Mail address:

440068, g. Penza, ul. Tsentralnaya, 1

(72) Inventor(s):

**Boldyrev Gennadij Grigorevich (RU),
Barvashov Valerij Aleksandrovich (RU),
Boldyreva Elena Gennadevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennostyu
"NPP "Geotek" (RU)**(54) **METHOD FOR DETERMINING NUMBER OF WORKINGS WHILE CONDUCTING ENGINEERING AND GEOLOGICAL SURVEYS**

(57) Abstract:

FIELD: construction.

SUBSTANCE: method for determining the number of workings while conducting engineering and geological surveys includes driving the workings within the spot of a building or a structure to be projected, determining the soil deformation modulus, finding the settlement of the building or the structure at each working and the settlement unevenness between the workings, finding the base stiffness coefficient at each

working at the predetermined sizes in the plan of the building or the structure and the load on the base, using at that Shephard's function for the base hardness coefficient in the form of a reduced dependence.

EFFECT: improving the accuracy of engineering and geological surveys, reducing the labour intensity and expanding the scope of application.

3 cl, 1 tbl, 6 dwg

RU 2 631 445 C2

RU 2 631 445 C2

Изобретение относится к области строительства и предназначено для определения количества выработок, осадок и кренов зданий при проведении инженерно-геологических изысканий.

5 Известен способ определения зоны возможного провалообразования в грунтах по авторскому свидетельству SU №1752869 А1 (МПК E02D 1/02, от 07.08.1992), включающий опробование грунта в нескольких точках исследуемой площади, определение его характеристик, их математическую обработку и определение местоположения и размеров провальной зоны, опробование грунта производят путем зондирования с определением сопротивления проникновения конуса зонда в грунт и определяют координаты центра 10 круговой зоны, внутри которой будет находиться центр возможного провала.

Недостатком данного способа является то, что опробование грунта выполняют путем погружения конуса зонда с определением условного динамического сопротивления грунта без определения необходимого количества точек зондирования и выработок.

15 Известен способ определения количества выработок при инженерно-геологических изысканиях для проектирования и устройства свайных фундаментов и определении объемов изысканий (Инструкция по инженерно-геологическим и изысканиям в г. Москве, 2004), в котором объем изысканий зависит от трех категорий сложности грунтовых условий в зависимости от однородности грунтов по условиям залегания и свойствам.

20 К первой категории относят однослойную или многослойную по составу толщу грунтов с практически горизонтальными или слабо наклоненными слоями (уклон не более 0,05), причем в пределах каждого слоя грунты однородны по свойствам.

Ко второй категории относят однослойную или многослойную по составу толщу грунтов с недостаточно выдержанными границами между слоями (уклон не более 0,1), 25 причем в пределах слоев грунты неоднородны по свойствам.

К третьей категории относят многослойную по составу и неоднородную по свойствам толщу грунтов с невыдержанными границами между слоями (уклон более 0,1), причем отдельные слои могут выклиниваться.

30 При этом оценка категории сложности грунтовых условий на площадке строительства выполняется на основе материалов геологических фондов.

Недостатком данного способа является то, что на начальном этапе изысканий неизвестна стратиграфия грунтовой толщи и невозможно определить категорию сложности грунтовых условий при отсутствии геологических фондов, что имеет место на неосвоенных территориях.

35 Наиболее близким по технической сущности предлагаемого изобретения является способ определения количества выработок, приведенный в СП 47.13330 (Инженерные изыскания для строительства, 2013). По данному способу количество выработок и расстояния между ними определяются нормативными требованиями с использованием табличных значений в зависимости от категории сложности инженерно-геологических 40 условий.

Согласно способу - количество выработок в пределах контура каждого здания и сооружения определяются: для I категории сложности инженерно-геологических условий - 1-2 выработки; для II категории - не менее 3-4; для III категории - количество горных выработок определяется конструкцией конкретного фундамента, нагрузками на 45 основание и инженерно-геологическими условиями, но не менее 4-5, с учетом геометрических размеров объекта. В зависимости от категории сложности инженерно-геологических условий расстояние между выработками (скважины, шурфы, дудки и т.п.) изменяются от 25 до 100 м.

К недостаткам данного способа можно отнести то, что категории сложности инженерно-геологических условий даны исходя из геологических и гидрогеологических процессов, влияющих на условия строительства и эксплуатации зданий и сооружений. Эти условия не имеют количественного описания и не связаны с факторами, определяющими поведение зданий в процессе их строительства и последующей эксплуатации, такими как осадка и крен здания или сооружения, что может привести к нарушению нормальных условий эксплуатации зданий. Количество выработок, при этом, определяется без учета взаимодействия грунтов со зданием или сооружением и свойств грунтов, которые могут существенным образом отличаться в грунтах между выработками. В большинстве случаев, для зданий и сооружений используется правило «конверта» - четыре выработки по периметру проектируемого объекта и одна в центре пятна застройки. Глубины выработок назначаются по табличным значениям, зависящим от типа фундамента, величины предполагаемой нагрузки и изменяется от 4 до 26 м, но не зависит от вида грунта, его свойств и распределения дополнительных напряжений в основании от нагрузки.

Выполняя инженерно-геологические изыскания (ИГИ), геологи проводят измерения в выработках в полевых условиях или путем испытаний отобранных монолитов в лабораторных условиях, т.е. в чрезвычайно малом относительном объеме грунта под сооружением (порядка миллионных долей от объема массива грунта под зданием или сооружением). Затем эти данные ИГИ произвольно и субъективно (т.е. неоднозначно) экстраполируются на весь объем основания при построении стратификации в виде инженерно-геологических элементов (ИГЭ) и/или расчетных геологических элементов (РГЭ). При этом в близких точках основания определяемые характеристики могут сильно различаться, но повторяемость результатов испытаний при выполнении ИГИ не проверяется несмотря на большой разброс измеряемых величин.

Технической задачей настоящего изобретения является повышение точности инженерно-геологических изысканий, снижение трудоемкости и расширение области применения.

Поставленная задача решена тем, что требуемое количество выработок и их глубина определяются исходя из расчета осадки, неравномерности осадки и крена проектируемого здания непосредственно в процессе проходки выработок.

Способ осуществляется следующим образом.

На площадке инженерно-геологических изысканий устанавливают буровой станок и проходят выработку, например, в виде скважины в любом месте пятна проектируемого здания или сооружения. В процессе проходки выработки проводят испытания грунтов штампом, например, методом бурового зондирования по патенту RU №233314 С1 (МПК E02D 1/02 от 27.07.2012) с определением модуля деформации на заданных интервалах по глубине. Принимают здание или сооружение совместно с фундаментом за жесткий блок с заданными размерами в плане и нагрузкой на основание и рассчитывают осадку методом послойного суммирования. Вычисляют коэффициент жесткости основания для данной выработки. Произвольно, в пределах пятна здания или сооружения, например, в угловых точках проходят новые выработки с определением осадки и коэффициента жесткости основания. Используют функцию Шепарда и найденные по выработкам коэффициенты жесткости основания для их экстраполяции на всю поверхность основания под зданием или сооружением. Проходку выработок и испытания грунтов продолжают до тех пор, пока при числе выработок от трех и более, при различных значениях параметра формы аппроксимации функции Шепарда, распределения коэффициента жесткости основания достигают допустимый

представительный разброс расчетных величин средних и неравномерных осадок здания и их кренов.

Предлагаемый способ устраняет недостатки традиционных методов инженерно-геологических исследований:

- 5 - неопределенность при выборе количества выработок, связанная с исключением свойств грунтов, размеров и дополнительных напряжений в основании от нагрузок проектируемого здания или сооружения при их назначении;
- исключается отбор монолитов, их транспортировка и лабораторные испытания, что снижает трудоемкость инженерно-геологических исследований, так как все
- 10 исследования проводятся в полевых условиях на грунтах с ненарушенной структурой;
- расширяется область применения, так в процессе инженерно-геологических исследований определяются осадки и крены здания и сооружения, которые проектировщики могут использовать при назначении размеров фундаментов;
- исключается представление инженерно-геологических разрезов с выделением ИГЭ.
- 15 Это субъективная операция выполняется при камеральной обработке материалов изысканий для ограниченного объема грунта с произвольной экстраполяцией величин характеристик грунта между выработками, точность которой зависит только от опыта геолога и не связана со свойствами исследуемых грунтов.

Изобретение иллюстрируется графическими материалами, на которых показано

- 20 следующее:
- на фиг. 1 показан план проектируемого здания с расположением нормативных выработок;
- на фиг. 2 показан пример распределения по глубине модуля деформации в выработке;
- на фиг. 3 приведены результаты расчета осадки фундамента по результатам
- 25 исследований на одной выработке;
- на фиг. 4 приведены результаты расчета осадки и крена фундамента по результатам исследований на двух выработках;
- на фиг. 5 показан план проектируемого здания с расположением дополнительных выработок;
- 30 на фиг. 6 показан пример карты изополей коэффициента жесткости основания, построенной по девяти выработкам для сооружения размерами 40×20 м.

Пример реализации технического решения.

В качестве примера реализации предлагаемого способа рассматривается определение количества выработок при проведении инженерно-геологических изысканий на

- 35 площадке строительства жилого здания:
- здание прямоугольное в плане с размерами в плане $L=40$ м и $b=20$ м и средним давлением на основание $q=300$ кПа;
- фундамент плитный с размерами, равными размерам жилого дома в плане;
- план проектируемого здания с расположением нормативных выработок показан
- 40 на фиг. 1.

Инженерно-геологические изыскания выполняются путем проходки выработок в виде скважин и испытаниями грунтов по следующей процедуре.

1. Выполняется проходка первой выработки в любом месте пятна здания, например, в центре проектируемого здания. Выработка номер 1 (В1) на фиг. 1.
- 45 2. В процессе проходки выработки на заданных техническим заданием глубинах, например, через 0,5 м по глубине, определяют модуль деформации грунтов одним из известных методов, например методом бурового зондирования по патенту RU 2541977 C2 (МПК E02D 1/02 от 27.07.2012).

3. Используя найденные значения модулей деформации, строится профиль изменения модуля деформации с глубиной (фиг. 2). Подобные профили могут быть получены в любой точке пятна здания или сооружения, в том числе и по периметру здания, например в выработках, показанных на фиг. 1 и фиг. 6.

5 4. Принимается здание совместно с фундаментом за жесткий блок с заданными шириной (b) и длиной (L) и средним давлением под подошвой (q).

5. Находится осадка основания здания (s) с использованием расчетной схемы в виде линейно деформируемого полупространства по СП 22.13330-2011 (Основания зданий и сооружений, 2011):

$$10 \quad s = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i} \times \Delta h_i}{E_i},$$

где E_i - модуль деформации;

$\sigma_{zp,i}$ - напряжения от давления под подошвой фундамента на i -й глубине h_i испытаний;

$$15 \quad \Delta h_i = h_i - h_{i-1}.$$

При определении осадки, дополнительные напряжения σ_{zp} в основании по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента здания или сооружения (фиг. 3), находятся согласно СП 22.13330-2011 (Основания зданий и сооружений, 2011) по выражению

$$20 \quad \sigma_{zp} = \alpha \cdot q,$$

где α - табличный коэффициент;

q - среднее давление на основание.

6. Продолжается проходка выработки, испытание грунта, определение модуля деформации и расчет осадки здания или сооружения до тех пор, пока разность осадки $\Delta S = S_i - S_{i-1}$ не достигнет заданного параметра точности, например, 3-5%. Глубина H на фиг. 3, 4.

7. Повторяются работы по пунктам 2-6 на следующей дополнительной выработке, в любой точке пятна здания или сооружения, например, в угловой точке, выработка В2 (фиг. 1). При определении осадки угловой точки здания или сооружения

30 дополнительные напряжения $\sigma_{zp,c}$ в основании определяются согласно СП 22.13330-2011 (Основания зданий и сооружений, 2011) по выражению

$$\sigma_{zp,c} = \alpha \cdot q/4.$$

Если новая выработка находится вблизи существующего здания или сооружения, то для учета влияния соседних зданий, дополнительные напряжения определяются согласно СП 22.13330-2011 (Основания зданий и сооружений, 2011) по выражению:

$$35 \quad \sigma_{zp,эф} = \sigma_{zp} + \sum_{i=1}^k \sigma_{zp,ai},$$

где $\sigma_{zp,ai}$ - вертикальные напряжения от соседнего фундамента или нагрузок;

40 k - число влияющих фундаментов или нагрузок.

8. Используя найденные значения осадок на предыдущей и новой выработке находят разность осадок (фиг. 4)

$$\Delta S = S_{B1} - S_{B2};$$

и относительную разность осадок по СП 22.13330-2011 (Основания зданий и сооружений, 2011) из выражения

$$45 \quad i = \frac{S_{B1} - S_{B2}}{l},$$

где l - расстояние между выработками В1 и В2.

9. Выполняют работы по пунктам 2-8 на следующих выработках, которые вводятся произвольно в пределах пятна здания, например, в угловых точках, или по периметру здания или сооружения.

5 10. Используя найденные значения осадок здания или сооружения по каждой выработке, находят соответствующие коэффициенты жесткости основания в выработках. Таких выработок 5 в первом случае (фиг. 1) и 9 - во втором (фиг. 5). Коэффициенты жесткости основания в выработках находят из выражения

$$10 \quad K = \frac{q}{s},$$

где s - осадка, найденная в п. 5;

11. Используются найденные в выработках значения коэффициентов жесткости основания и функция Шепарда (D. Shepard. A two dimensional interpolation function for irregularly-spaced data // ACM National Conference, 1968, pp 517-524), экстраполируются
15 найденные в выработках коэффициенты жесткости K_i на всю поверхность контакта подошвы фундамента здания или сооружения с основанием.

$$20 \quad KK(x, y, n, N) = \frac{\sum_{i=0}^N \frac{K_i}{\left[(x - XY_{i,1})^2 + (y - XY_{i,2})^2 \right]^n + 0,001}}{\sum_{i=0}^N \frac{1}{\left[(x - XY_{i,1})^2 + (y - XY_{i,2})^2 \right]^n + 0,001}},$$

где X, Y - координаты выработок;

25 x, y - текущие координаты точек аппроксимации между выработками;

n - параметр формы распределения интерполяционной функции между выработками;

$N+1$ - количество выработок;

K_i - коэффициент жесткости основания на i -й выработке;

Для случая $N=9$ выработок, результат приведен на фиг. 6.

30 12. Находят осадки и крены здания или сооружения, с учетом всех пройденных выработок, из решения системы уравнений равновесия здания или сооружения при действии среднего давления $q=300$ кПа, приложенного к основанию с распределением коэффициента жесткости $KK(x, y, n, N)$, равнодействующая которой $Q=P \cdot L \cdot B=40 \times 20 \times 300=24000$ кН, от здания размерами в плане $L=40$ м и $B=20$ м. Решение этой задачи сводится
35 к решению системы из трех линейных уравнений равновесия жесткого сооружения на основании, характеризуемых переменным коэффициентом жесткости по площади контакта здания или сооружения с основанием. Эта система уравнений в матричной записи имеет вид

$$G \cdot a = F,$$

40 где G - матрица равновесия;

a - определяемые крены и осадка;

F - столбец свободных членов, определяемых как моменты вокруг осей X, Y и равнодействующая внешней нагрузки Q ;

45

$$G = \begin{vmatrix} I(2,0) & I(1,1) & I(1,0) \\ I(1,1) & I(0,2) & I(0,1) \\ I(1,0) & I(0,1) & I(0,0) \end{vmatrix}, \quad F = \begin{pmatrix} Q \cdot \frac{L}{2} \\ Q \cdot \frac{B}{2} \\ Q \end{pmatrix}.$$

В матрице приведены сверху вниз величины кренов: продольных - вокруг оси Y и поперечных - вокруг оси X, в нижней строке осадка левого нижнего угла здания. Положительные направления кренов совпадают с положительными направлениями осей координат (X, Y).

Члены матрицы G находятся из выражения

$$I(i, j) = \int_0^L \int_0^B KK(x, y, n, N) \cdot x^i \cdot y^j dy dx.$$

Расчеты осадок и кренов сооружения выполнены при различных значениях параметра формы распределения величин коэффициента жесткости основания n между выработками.

Результаты расчета представлены в таблице 1.

Значения поперечных кренов существенно зависят от величины параметра n, который задает форму распределения коэффициента жесткости грунтов основания между выработками, где не выполнялось испытание грунтов.

В рассмотренном примере, величины поперечных кренов различаются в два раза для n=1 и n=4. Допустимая величина крена, согласно СП 22.13330-2011 (Основания зданий и сооружений, 2011), составляет 0,003.

Таблица 1- Значения осадок и кренов при различной форме распределения

Продольный крен вокруг оси Y (крен вдоль оси X)	Поперечный крен вокруг оси X (крен вдоль оси Y)	Осадка центра здания, см
0.00036	0.0027	10
0.00042	0.0048	11
0.00042	0.0056	12
0.00042	0.0059	13

Данный пример показывает, что распределение величин параметров грунта в основании нецелесообразно представлять в виде стратификации с ИГЭ/РГЭ, их нет на фиг. 3 и фиг. 4. Целесообразно исключить эту операцию, а данные инженерно-геологических изысканий представлять в виде распределения коэффициента жесткости основания и проводить расчет для каждого числа пройденных выработок, что можно сделать в процессе инженерно-геологических изысканий, в полевых условиях, с помощью вышеописанного алгоритма расчета осадок и кренов сооружения, встроенного в автоматизированную установку для проходки выработок. Это сократит время проведения работ за счет отказа от лабораторных испытаний образцов грунтов, других

камеральных работ при одновременном повышении экономической эффективности проведения инженерно-геологических изысканий.

Кроме того, это обеспечит тесное взаимодействие геологов-изыскателей и инженеров-проектировщиков, так как в процессе инженерно-геологических изысканий будут найдены значения осадки и крены проектируемого здания или сооружения.

Данное изобретение промышленно реализуемо, обладает новыми, более широкими функциональными возможностями, повышает точность и снижает трудоемкость инженерно-геологических изысканий.

(57) Формула изобретения

1. Способ определения количества выработок при проведении инженерно-геологических изысканий включает проходку выработок в пределах пятна проектируемого здания или сооружения, определение модуля деформации грунтов по выработке, нахождение осадки здания или сооружения на каждой выработке и неравномерность осадки между выработками, нахождение коэффициента жесткости основания на каждой выработке при заданных размерах в плане здания или сооружения и нагрузки на основание, используя при этом функцию Шепарда для коэффициента жесткости основания в виде

$$KK(x, y, n, N) = \frac{\sum_{i=0}^N \frac{K_i}{\left[(x - XY_{i,1})^2 + (y - XY_{i,2})^2 \right]^n + 0,001}}{\sum_{i=0}^N \frac{1}{\left[(x - XY_{i,1})^2 + (y - XY_{i,2})^2 \right]^n + 0,001}}$$

2. Способ определения количества выработок при проведении инженерно-геологических изысканий по п. 1, отличающийся тем, что осадка и крены здания или сооружения находятся из решения системы уравнений равновесия с переменным коэффициентом жесткости основания по площади контакта фундамента здания или сооружения с основанием

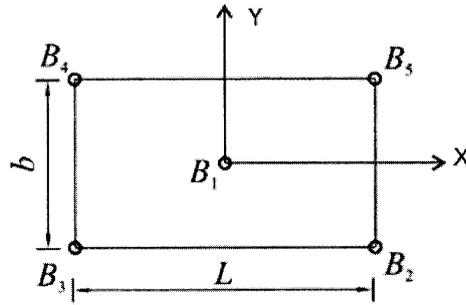
$$G \cdot a = F,$$

$$G = \begin{vmatrix} I(2,0) & I(1,1) & I(1,0) \\ I(1,1) & I(0,2) & I(0,1) \\ I(1,0) & I(0,1) & I(0,0) \end{vmatrix}; \quad F = \begin{pmatrix} Q \cdot \frac{L}{2} \\ Q \cdot \frac{B}{2} \\ Q \end{pmatrix},$$

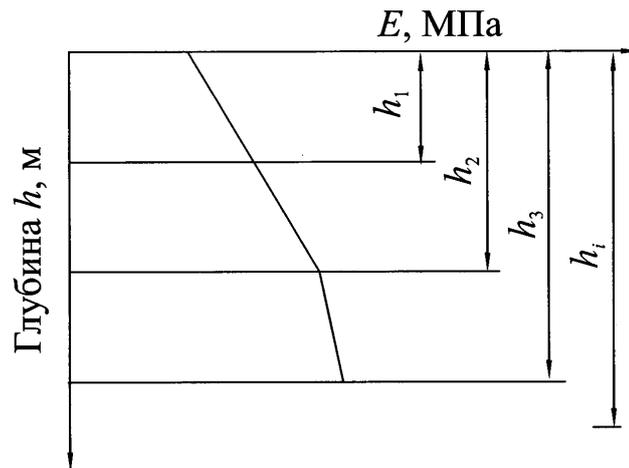
$$I(i, j) = \int_0^{L_i} \int_0^B KK(x, y, n, N) \cdot x^i \cdot y^j dy dx.$$

3. Способ определения количества выработок при проведении инженерно-геологических изысканий по п. 1, отличающийся тем, что по найденным в выработках значениям коэффициента жесткости с помощью аппроксимирующей функции Шепарда со свободным(и) параметром(ами) формы определяют несколько вариантов распределения коэффициента жесткости основания, варьируют величины параметра (ов) формы и для каждого из них, решая систему из трех уравнений равновесия жесткого блока в перемещениях, находят осадку и крены, и если получаемый разброс не допустим, то вводится дополнительная выработка, и процесс повторяется до получения представительных величин осадок и кренов здания или сооружения.

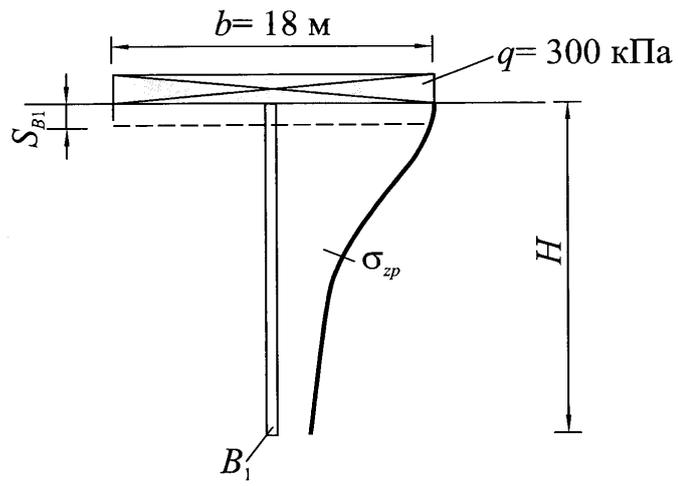
СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ВЫРАБОТОК ПРИ
ПРОВЕДЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ



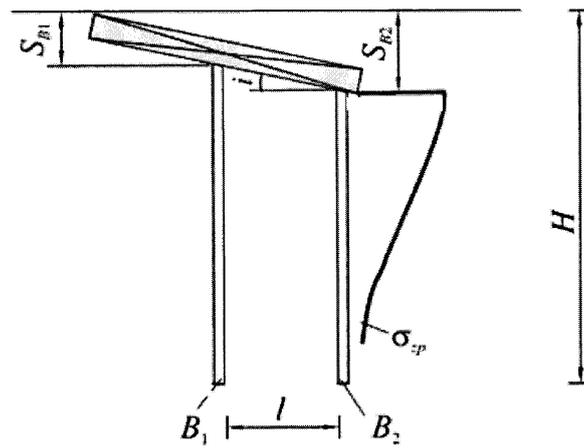
Фиг. 1



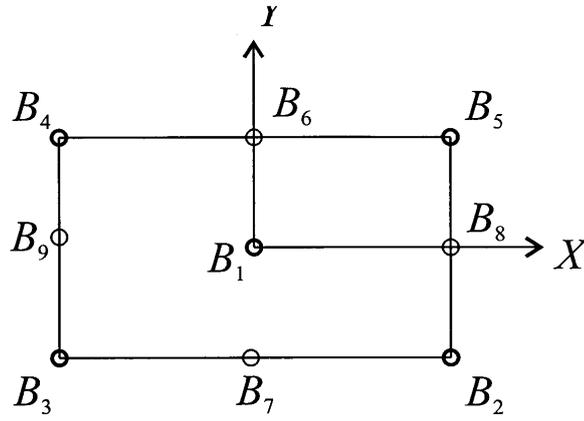
Фиг. 2



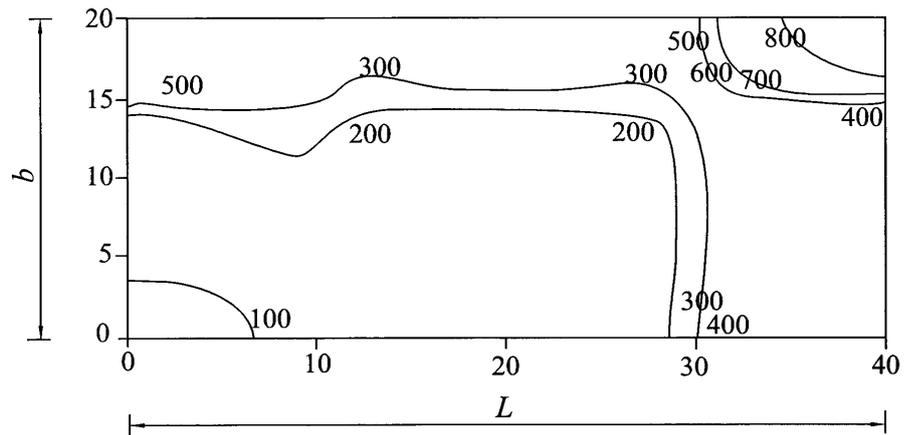
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6