



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1710701 A1

(51) E 21 B 33/14, 43/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКУПЫМ
ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

2

(21) 4664322/03

(22) 22.03.89

(46) 07.02.92. Бюл. № 5

(71) Украинский научно-исследовательский институт природных газов

(72) Ю.П.Лесной

(53) 622.245.42(088.8)

(56) Войтенко В.С. и др. Прогнозирование скорости сужения ствола скважины при пластических деформациях пород. - Нефтяное хозяйство, № 8, 1974

Авторское свидетельство СССР
№ 1224400, кл. E 21 B 47/00, 1986.

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОН АВАРИЙНОГО СМЯТИЯ ОБСАДНЫХ КОЛОНН

(57) Изобретение относится к газонефтедобывающей промышленности и предназначено для определения степени смятия обсадных колонн скважины в интервалах залегания перекрывающих газонефтеносные горизонты пластов. Цель изобретения -

повышение эффективности и точности определения степени смятия обсадных колонн. Для этого по разведочным скважинам одним из геофизических методов - методом акустической эмиссии - измеряют напряженность перекрывающего газонесущие горизонты пласта, способного оказать сминающее действие на обсадную колонну, и, интерполируя замеренные величины напряженности, находят местоположение на геологической структуре оси равновесия динамических нагрузок. Рассчитывают изменение мощности газонесущего горизонта в связи с падением пластового давления в залежи при ее разработке и вычисляют величину перемещения сминающего пласта относительно обсадной колонны ΔL , а о возможности аварийного смятия колонн судят по значению ΔL , равному $1/2$ или более диаметра скважины. 1 табл., 4 ил.

Изобретение относится к газонефтедобывающей промышленности и предназначено для определения степени смятия обсадных колонн скважины в интервалах залегания перекрывающих газонефтеносные горизонты пластов (например, галит, доломит, ангидрит и т.д.) с целью своевременного проведения предупреждающих смятие технологических мероприятий и обеспечения безаварийной работы скважины в процессе разработки месторождений.

Известны методы прогнозирования скорости сужения ствола скважины при

пластической деформации пород, основанные на зависимости скорости течения упруго вязких сред от разницы горного давления и давления столба бурового раствора в интервалах их залегания при вскрытии горного массива.

Данная методика позволяет характеризовать состояние некоторых пород в период прохождения их буровым инструментом (открытый ствол скважины) и не может эффективно использоваться для определения динамических характеристик сминающего пласта, как элемента геологической структуры месторождения в период

(19) SU (11) 1710701 A1

Рис. 1

его эксплуатации, т.е. когда в скважину спущены и зацементированы обсадные колонны.

Наиболее близким к изобретению является способ предупреждения смятия обсадных колонн в зоне пластической деформации солей, заключающийся в определении на данной площади по каждой скважине критических давлений текучести горных пород, способных подвергаться пластической деформации ($P_{э.т.}$) и геостатических давлений по всему разрезу скважины (P_r) и т.д.

В соответствии с особенностями физического состояния пород ($P_{э.т.}, P_r = 1; < 1; > 1$) оконтуривают различные зоны на погоризонтальных структурных картах. По формуле $P_k = P_{э.т.} - P_r \cdot K_n$ определяют прогнозную критическую депрессию пластового флюида, а по формуле

$$t_{б.э.} = \frac{P_{пл} - \Delta P_k}{I_d}$$

определяют время безаварийной работы скважины, т.е. период, в который необходимо проводить технические мероприятия с целью предупреждения смятия обсадной колонны.

Недостаток известного способа — низкая эффективность прогнозирования зон смятия и отсутствие точности определений количественных параметров деформации для условий, когда воздействующие на стенки обсадной колонны горные породы не находятся в упруго-вязком (текучем) состоянии, а также значительные затраты, связанные с определением многих параметров по каждой скважине на месторождении ($P_{э.т.}, P_r, P_{пл}, P_d, P_k, t_{б.э.}$).

Цель изобретения — повышение эффективности и точности способа определения степени смятия путем установления количественных параметров воздействия горных пород на скважину во времени еще до начала эксплуатационного бурения и снижения затрат на геолого-промысловые исследования вследствие сокращения их объема.

Поставленная цель достигается тем, что по разведочным скважинам одним из геофизических методов — методом акустической эмиссии — измеряют напряженность перекрывающего газоносные горизонты пласта, способного оказать сминающее действие на обсадную колонну и, интерполируя замеренные величины напряженности, находят местоположение на геологической структуре оси равновесия динамических нагрузок.

Определение истинного положения оси равновесия динамических нагрузок

сминающего пласта повышает точность нахождения расстояния от этой оси до точек измерений (определений) других величин, участвующих в дальнейших вычислениях, а также точность окончательного результата.

Экспериментальным (например, по керновому материалу на установке Кармана) или расчетным путем с использованием литературных данных определяют параметр сжимаемости пород коллектора, моделируя пластовые давления при падении давления в залежи, и вычисляют величину изменения (сокращения) мощности газоносного горизонта в точках замера (Δh). Для определения параметра Δh расчетным путем применима методика определения степени уплотнения осадочных пород, разработанная соавторами МИНХа. Затем находят величину перемещения сминающего пласта относительно обсадной колонны в конкретных точках месторождения (ΔL_i) по выражению:

$$\Delta L_i = \sqrt{m^2 + h^2} - \sqrt{m^2 + [h - (\Delta h - \Delta h_i)]^2},$$

где m — расстояние от точки замера до оси равновесия динамических нагрузок, м;

h — расстояние от точки пересечения сминающего пласта с осью равновесия динамических нагрузок до спроектированной на нее точки замера, м;

Δh — величина, характеризующая изменение мощности коллектора в зоне равновесия динамических нагрузок в зависимости от степени сжимаемости пород при изменении параметра $P_r - P_{пл} \rightarrow P_r$, м;

где P_r — геостатическое давление на кровлю продуктивного горизонта;

$P_{пл}$ — пластовое давление в залежи;

Δh_i — величина, характеризующая изменение мощности коллектора в точке замера, м.

До разработки месторождения при $P_r - P_{пл} = \text{const}$ горные породы, составляющие месторождение, представляют собой устойчивую систему, которая может претерпеть изменения только на протяжении длительного геологического времени. Однако, в процессе активного отбора газа из залежи, пластовое давление снижается и это влечет за собой увеличение геостатического давления на скелет коллектора. Происходит уплотнение коллектора уменьшение его эффективных мощностей и объема вследствие проявления различных видов деформаций горных пород, а также вследствие отдачи жидкого флюида из контактирующих с коллектором влагонасыщенных глинистых и других пластов и

элементов самого коллектора. Это в свою очередь, влечет за собой сокращение поверхности кровли газоносного горизонта.

В то же время перекрывающий газовую залежь и сминающий обсадную колонну пласт, представляющий собой более пластичное, однако твердое тело, под действием геостатического давления вышележащих горных пород стремится занять новое пространственное положение. Этот процесс характеризуется высокой энергоемкостью и протекает скачкообразно.

В результате сминающий колонну пласт перемещается в вертикальной и горизонтальной плоскостях по отношению к подстилающим и перекрывающим породам, а, следовательно, и к проходящей в них обсадной колонне, что в итоге приводит к ее смятию или разрушению.

Определение степени смятия обсадных колонн производят путем установления динамических и линейных параметров сминающего колонну пласта по отношению к стволу скважины для различных зон месторождения при $P_{г} - P_{пл} \rightarrow P_{г}$ с учетом особенностей его геологического строения.

Так как основные продуктивные пласты газовых залежей представлены, в основном, песчаниками, алевролитами, известняками, которые в рассматриваемых нами горно-геологических условиях не проявляют пластических деформаций, а также ввиду того, что предел прочности их на сжатие относительно невелик и они способны разрушаться при сравнительно небольших нагрузках, уменьшение мощности коллекторов в процессе разработки месторождений не вызывает сомнений.

С другой стороны, определения характера смятия колонн с помощью свинцовых "печатей" и других в процессе капитальных ремонтов аварийных скважин также подтверждает предположение о наличии односторонне направленных боковых напряжений в интервалах залегания пластичных горных пород.

На фиг.1 показана структурная карта месторождения, на фиг.2 - схематический разрез залежи, на фиг.3 и 4 - прогнозные карты.

Сущность прогнозирования по предлагаемому способу заключается в следующем (фиг.1-3).

На стадии разведочных работ в период установления основных элементов геологического строения месторождения строят структурную карту месторождения (фиг.1) по кровле сминающего пласта с указанием изолиний 1 глубины 2 его залегания, контура 3 газоносности. А В С - точки замеров,

совпадающие с имеющимися на месторождении скважинами.

В выбранных скважинах методом акустической эмиссии определяют напряженность сминающего пласта и ее значения 4 наносят рядом с векторными знаками 5.

Интерполяция данных акустической эмиссии позволяет определить центр равновесия динамических нагрузок 0, который в приведенной ситуации совпадает с центром сводовой части структуры месторождения.

По данным геолого-промысловых и геофизических исследований определяют положение сминающего пласта при $P_{пл}$ начальном и определяют расстояния m и n .

На фиг.2 схематически показан разрез залежи от кровли сминающего колонну пласта до ГВК или контура газоносности с изображением его поверхности в заданном направлении (на фиг.2 в одной плоскости показаны три разреза, т.е. в направлении ОА, ОВ, ОС) при $P_{пл}$ начальном 1 (кривые ОА = L_A , ОВ = L_B , ОС = L_C).

По керновому материалу пласта-коллектора, взятому из разведочных скважин, экспериментальным путем устанавливают параметр сжимаемости этих пород при условии снижения $P_{пл}$ до значения, определенного проектом разработки месторождения.

В случае недостаточности кернового материала для расчетов используют данные из литературных источников по экспериментальным исследованиям аналогичных пород.

Затем для каждой из точек рассчитывают прогнозную величину сокращения мощности продуктивного горизонта и определяют положение сминающего колонну пласта при $P_{пл}$ конечном.

На фиг.2 положение поверхности сминающего пласта на момент окончания разработки залежи представлено кривой 2.

Линия ОМ является осью равновесия динамических нагрузок. Отрезок ОМ = h - расстояние на оси равновесия динамических нагрузок от точки пересечения ее со сминающим пластом до спроектированной на нее точки замера при $P_{пл}$ начальном. Отрезок О₁О = Δh - расстояние на оси равновесия динамических нагрузок между точками пересечения ее со сминающим пластом при $P_{пл}$ начальном и $P_{пл}$ тек., т.е. изменение мощности газоносного горизонта по оси ОМ. Отрезки СС' = Δh_1 , ВВ' = Δh_2 - изменение мощности газоносного горизонта в точках замера. Отрезками АМ, ВМ', СМ'' - m, m', m'' - расстояния от точек замера

ра до оси равновесия динамических нагрузок по горизонтали. Точки A_1, B_1, C_1 — расположение точек A, B, C на кривой 2. Точки B', C' — проекции точек B, C с кривой 1 на кривую 2. $\Delta L_A, \Delta L_B, \Delta L_C$ — расстояние, на которое перемещаются точки вместе с пластом при снижении пластового давления, характеризует линейное боковое действие пласта на обсадную колонну скважины и равно соответственно: $O_1A_1 - O_1A$; $O_1B_1 - O_1B'$; $O_1C_1 - O_1C'$, которое определяют по выражению:

$$L_i = \sqrt{m^2 + h^2} - \sqrt{m^2 + [h - (\Delta h - \Delta h_i)]^2}$$

Значения ΔL (Δh) наносят на прогнозную карту (фиг. 3), где обозначены изолинии 1 залегания кровли сминающего пласта с указанием значений глубин 2, контур 3 газоносности, точки замеров (скважины) 4 с их номерами 5, и выделяют зоны 7-9 различной степени действия сминающего пласта на обсадную колонну.

Как видно на прогнозной карте (фиг. 3) можно выделить несколько зон деформации: зону 7 равновесия горизонтальных динамических нагрузок, в которой перемещение пород происходит параллельно стволу скважины и к боковому смятию обсадной колонны, как правило, не приводит, но при значительной величине вертикального перемещения и разнице в скоростях переформирования горных пород в продуктивном и перекрывающем залежь интервалах в обсадной колонне возникают критические осевые напряжения (сжимающие или растягивающие), приводящие к сплошным разрывам, трещинам, сужению проходного сечения и другим осложнениям; зону 8 незначительных деформаций, в которой степень смятия обсадной колонны при соблюдении технологии установки, не требующей дополнительных затрат, позволяет эксплуатировать скважину без ремонтных мероприятий до окончания разработки залежи; зону 9 аварийной боковой деформации, характеризующуюся значительным горизонтальным перемещением сминающего колонну пласта, равную или превышающую $1/2$ диаметра скважины.

В связи с этим при проектировании строительства скважин в зонах 7 и 9 необходимо планировать, а при строительстве проводить различные по технологии предупредительные мероприятия.

Точность прогнозирования аварийного смятия обсадных колонн на некоторых сложно-построенных месторождениях требует корректив при определении направления подвижки сминающего пласта после

анализа взаимодействия тектонических элементов, составляющих их структуру.

Пример выполнения способа прогнозирования.

- 5 По данным разведочного бурения построена схематическая прогнозная карта Ефремовского ГКМ (фиг. 4), на которой указаны изолинии 1 глубины залегания кровли продуктивного пласта 2, места 10 расположения разведочных скважин 3 с номерами 4, контур 5 газоносности, разрывные нарушения 6, контур 7 соляного штока, центр равновесия динамических нагрузок сминающего пласта 8, векторные 15 значки напряженности сминающего пласта 9 и их числовые значения 10

- По данным геолого-промысловых материалов определены параметры для расчета ΔL пласта по отношению к обсадным колоннам разведочных скважин 1-3 и сведены в таблицу.

Подставив табличные данные в формулу $\Delta L = \sqrt{m^2 + h^2} - \sqrt{m^2 + [h - (\Delta h - \Delta h_i)]^2}$

- 25 определяют ΔL для каждой скважины $\Delta L_2 = 0,29$ м, $\Delta L_1 = 0,27$ м, $\Delta L_3 = 0,069$ м

- Согласно данным расчетов определяем зону 11 аварийных ситуаций и наносим ее на прогнозную карту.

- 30 Факт расположения скважин 12 со смятыми обсадными колоннами в обозначенной на карте аварийной зоне 11 подтверждает возможность прогнозирования процесса по предлагаемому нами способу.

- 35 Предлагаемый способ по сравнению с известным имеет ряд преимуществ. Основной эффект достигается возможностью прогнозирования количественных параметров и характера деформации по небольшому 40 числу разведочных скважин, что дает возможность своевременно планировать и проводить мероприятия по предотвращению смятия обсадных колонн непосредственно при строительстве эксплуатационных скважин. Экономическая эффективность достигается также значительным сокращением 45 объема геолого-промысловых исследований, экспериментальных определений и теоретических расчетов.

- 50 Экономическая эффективность рассчитана для Крестищенского ГКМ по состоянию фонда скважин на 1.01.86 г., т.е. на период, когда смятие обсадных колонн в интервалах залегания соляных пластов, перекрывающих газоносные горизонты, 55 следует считать установленным фактом.

За базу для расчета приняты затраты на прогнозирование по известному способу:

$$З = (C_1 + C_2) \cdot n \cdot N,$$

где C_1 — стоимость работ по отбору керн на одну операцию, состоящую из дополнительных затрат времени на спуско-подъемные операции и определяемую из расчета

$$C_1 = \frac{C_{1\text{мин}} + C_{1\text{макс}}}{2},$$

где $C_{1\text{мин}}$ — стоимость работ по отбору керн с глубины 500 м;

$C_{1\text{макс}}$ — стоимость работ по отбору керн с максимальной глубины 4000 м.

Согласно расценкам и сметы

$$C_1 = 278,16 \text{ руб.}$$

C_2 — стоимость работ на подготовку образцов породы и экспериментальное определение физических параметров принимается равной заработной плате научного сотрудника за 8-ми часовой рабочий день, т.е.

$$150:22 = 6,7 \text{ руб.}$$

n — минимальное необходимое количество отборов керн, принятое равным 30;

N — минимально необходимое количество скважин, обусловленное геологическим строением месторождения принято равным 60.

Подставив значения в формулу, определяем затраты по известному способу:

$$З = 512,75 \text{ тыс.руб}$$

Затраты по предлагаемому способу составляют:

$$З' = (C_1' + C_2') \cdot n' \cdot N',$$

где C_1' — стоимость работ по отбору керн на одну операцию, состоящая из дополнительных затрат на спуско-подъемные операции, принята на середину продуктивного интервала (3500 м) согласно тем же расценкам 428,58 руб ;

C_2' — стоимость работ на подготовку образца и экспериментальное определение параметра ΔV равна 6,7 руб ;

n' — минимально необходимое количество операций по отбору керн из пластов-коллекторов равно 6.

N' — минимально необходимое количество разведочных скважин на площади равно 15.

Подставив значения в формулу, определяем затраты на прогнозирование по предлагаемому способу:

$$З' = 39,17 \text{ тыс.руб.}$$

Экономический эффект представляет разность затрат по известному и предлагаемому способу:

$$Э = З - З' = 473,58 \text{ тыс.руб.}$$

Таким образом, годовой экономический эффект только по Крестищенскому ГКМ составит 473,58 тыс руб.

Применение предлагаемого способа на предприятиях ПО Укргазпром позволит увеличить экономический эффект в кратное число раз.

Ф о р м у л а и з о б р а ж е н и я

Способ определения зон аварийного смятия обсадных колонн, включающий определение литолого-физических характеристик продуктивных горизонтов, построение прогнозных карт по геолого-промышленным данным, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности и точности способа, измеряют напряженность сминающего пласта методом акустической эмиссии, путем интерполяции полученных данных на структуре месторождения находят ось равновесия динамических нагрузок, рассчитывают изменение мощности газоносного горизонта в связи с падением пластового давления в залежи при ее разработке и вычисляют величину перемещения сминающего пласта относительно обсадной колонны по следующему выражению:

$$\Delta L_1 = \sqrt{m^2 + h^2} - \sqrt{m^2 + [h - (\Delta h - \Delta h_1)]^2}$$

где m — расстояние от точки замера до оси равновесия динамических нагрузок, м;

h — расстояние от точки пересечения сминающего пласта с осью равновесия динамических нагрузок до спроектированной на нее точки замера, м;

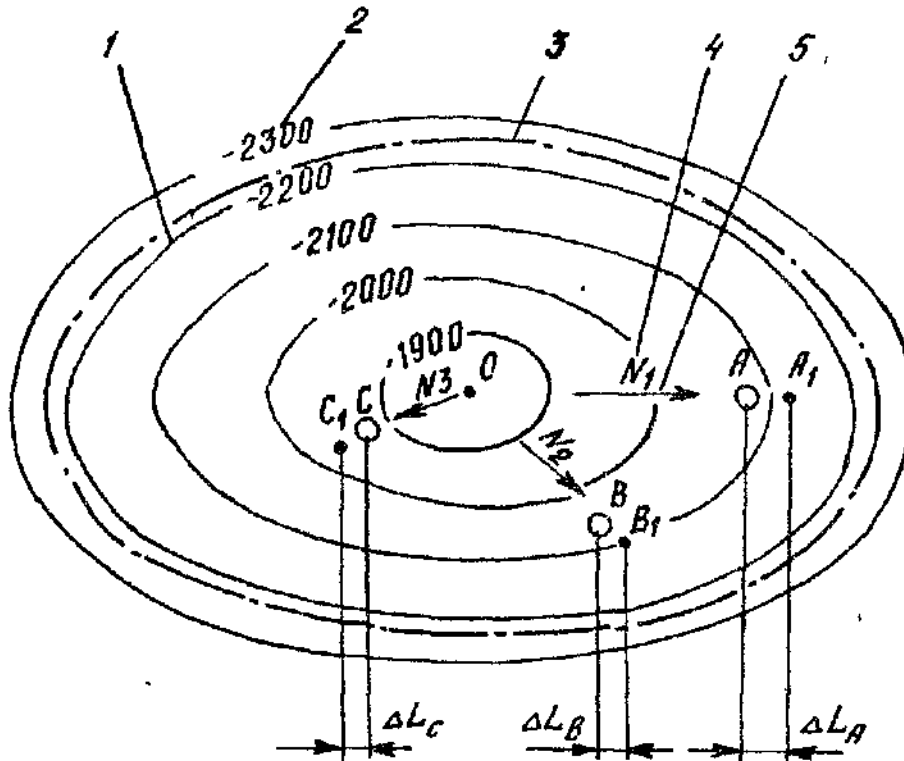
Δh — величина изменения мощности коллектора в зоне равновесия динамических нагрузок в зависимости от сжимаемости пород при снижении пластового давления в залежи;

Δh_1 — величина изменения мощности коллектора в точке замера, м, а о возможности аварийного смятия колонн судят по значению ΔL_1 , равному 1/2 или более диаметра скважины.

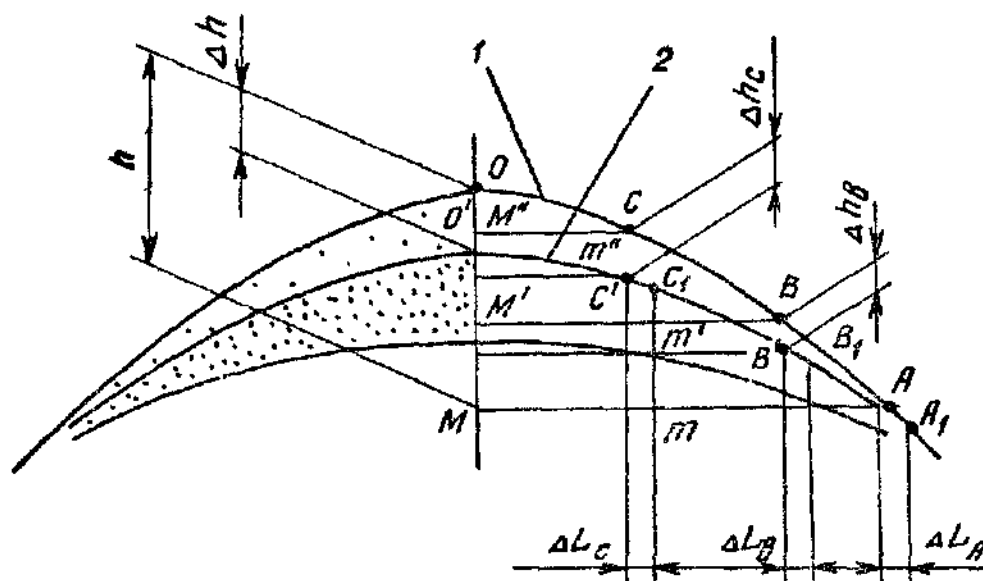
№ скважины	п, м	h, м	h _{эф} , м	Δh, м*	Δh _и , м*	Δh - Δh _и , м
2	4500	450	30	3,6	0,7	2,9
1	2300	300	60	-	1,5	2,1
3	1500	150	120	-	2,9	0,7

Примечание:

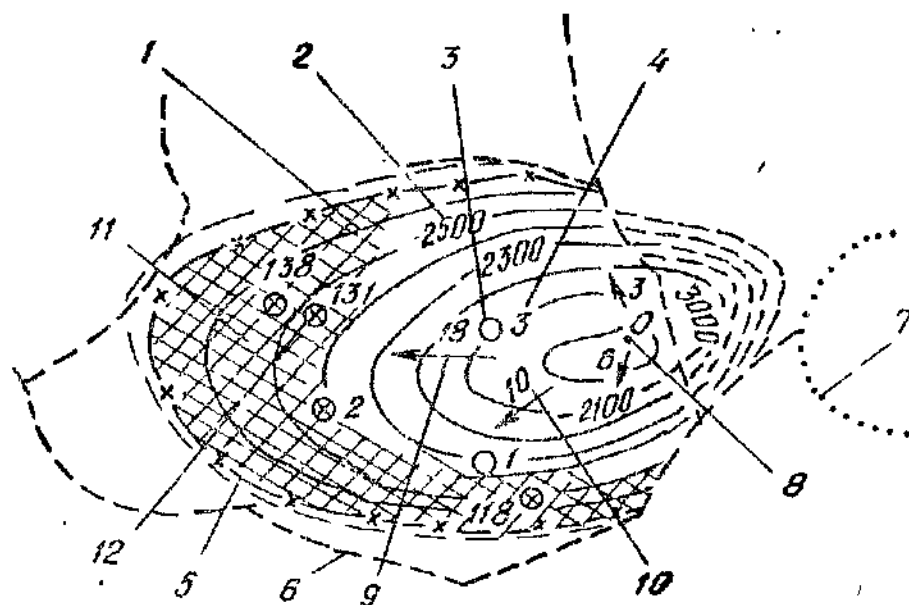
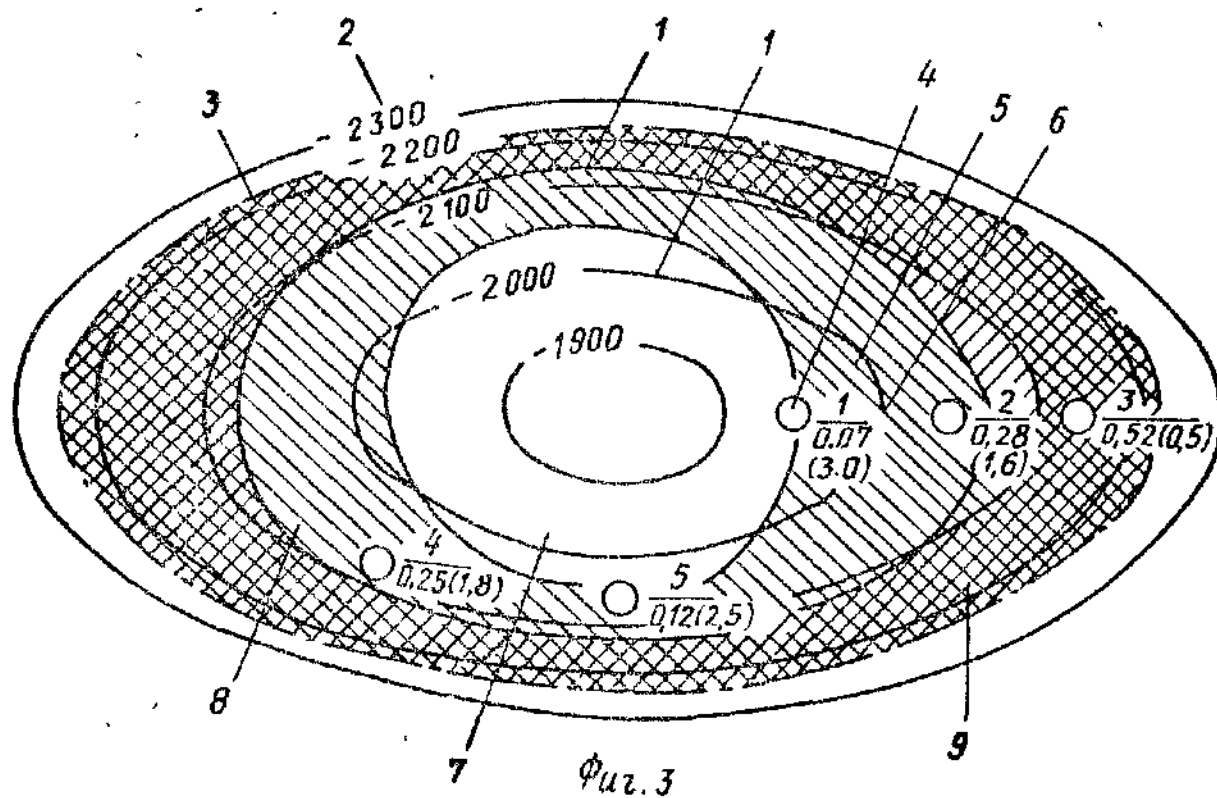
* для определения Δh , Δh_i использованы литературные данные и принято $\Delta V_{сж}$ при пластической деформации 2%, а изменение объема при упругой деформации рассчитано по формуле $\Delta V = \beta \cdot \Delta P \cdot V$, где $\beta = 1 \cdot 10^{-5}$.



Фиг. 1



Фиг. 2



Редактор Н.Химчук

Составитель В.Никулин
Техред М.Моргентал

Корректор Н.Ревская

Заказ 318

Тираж

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101

