

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2584729

СПОСОБ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПО ОСТАТОЧНОМУ МАГНИТНОМУ ПОЛЮ

Патентообладатель(ли): *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный минерально-сырьевой университет "Горный" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2014151200

Приоритет изобретения **17 декабря 2014 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **26 апреля 2016 г.**

Срок действия патента истекает **17 декабря 2034 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Ивлиев





**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014151200/28, 17.12.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.12.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.12.2014

(45) Опубликовано: 20.05.2016 Бюл. № 14

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: JP H3-118465 A, 21.05.1991. US 6239593 B1, 29.05.2001. US 5532587 A1, 02.07.1996. Абакумов А.А., Абакумов А.А. (мл.). Магнитная диагностика газонефтепроводов. - М.: Энергоатомиздат, 2001. - С. 386-403.

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
ФГБОУ ВПО "Национальный минерально-сырьевой университет "Горный", отдел интеллектуальной собственности и трансфера технологий (отдел ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

**Крапивский Евгений Исаакович (RU),
Венкова Юлия Андреевна (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный минерально-сырьевой университет "Горный" (RU)

(54) СПОСОБ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПО ОСТАТОЧНОМУ МАГНИТНОМУ ПОЛЮ

(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной технике и представляет собой способ мониторинга технического состояния стальных подземных газонефтепроводов. При реализации способа обследуемый трубопровод намагничивают с помощью источника постоянного магнитного поля, размещенного внутри трубопровода, до величины остаточной намагниченности 0,1-0,8 поля насыщения. Измерения трех взаимно перпендикулярных компонент индукции магнитного поля по меньшей мере в одной точке по образующей внутри трубопровода производятся сразу после операции намагничивания, а затем с

периодичностью от 1 до 4 раз в год с помощью феррозондовых или магниторезистивных датчиков магнитного поля. По сопоставлению полученных результатов делают вывод о развитии коррозионных нарушений и напряженных состояний, прогнозируют техническое состояние трубопровода в заданный момент времени и его срок службы. Техническим результатом является выявление дефектов и напряженных состояний трубопровода, позволяющее определять слабые места трубопровода и предотвращать его разрушение. 8 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014151200/28, 17.12.2014

(24) Effective date for property rights:
17.12.2014

Priority:

(22) Date of filing: 17.12.2014

(45) Date of publication: 20.05.2016 Bull. № 14

Mail address:

199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 linija, 2, FGBOU
VPO "Natsionalnyj mineralno-syrevoj universitet
"Gornyj", otdel intellektualnoj sobstvennosti i
transfera tekhnologij (otdel IS i TT)

(72) Inventor(s):

Krapivskij Evgenij Isaakovich (RU),
Venkova Julija Andreevna (RU)

(73) Proprietor(s):

federalnoe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
professionalnogo obrazovanija "Natsionalnyj
mineralno-syrevoj universitet "Gornyj" (RU)

(54) **METHOD OF MONITORING TECHNICAL STATE OF UNDERGROUND PIPELINES FROM RESIDUAL MAGNETIC FIELD**

(57) Abstract:

FIELD: measuring equipment.

SUBSTANCE: invention relates to measurement equipment and provides a method for monitoring technical condition of underground steel gas and oil pipelines. In method examined pipeline is magnetised by means of constant magnetic field source arranged inside pipeline to value of residual magnetisation of 0.1-0.8 saturation field. Measurement of three mutually perpendicular components of magnetic field induction at least at one point along generatrix inside pipeline are produced immediately after magnetisation, and then

with periodicity of 1-4 times a year with help of ferroprobe or magnetic field of magnetoresistive sensors. By comparing said results, making a conclusion on development of corrosion disorders and states of stress, predicting technical condition of pipeline at a given time and its service life.

EFFECT: technical result consists in detection of defects and stressed state of pipeline to determine weak place of pipeline and prevent its destruction.

1 cl, 8 dwg

R U
2 5 8 4 7 2 9
C 1

R U
2 5 8 4 7 2 9
C 1

Изобретение относится к технической диагностике и может быть использовано в неразрушающем контроле для мониторинга технического состояния стальных подземных газонефтепроводов.

Известен способ внутритрубной магнитной диагностики (Абакумов А.А., Абакумов А.А. (мл.). Магнитная диагностика газонефтепроводов. М.: Энергоатомиздат, 2001. С. 386-403), который заключается в пропуске по трубопроводу инспекционных снарядов, состоящих из намагничивающего устройства и измерительного блока. Трубопровод намагничивается до насыщения с помощью постоянных магнитов или электромагнитов и измеряется поле утечки между полюсами магнитов при уменьшении толщины стенки трубы.

Недостатками данного способа являются большие габариты снарядов, содержащих одновременно намагничивающее и измерительное устройство, что существенно затрудняет диагностику трубопроводов малого диаметра и сложной формы (например, распределительных газопроводов с тепловыми компенсаторами), и наличие сильных магнитов в конструкции, что затрудняет перемещение дефектоскопа при малом давлении газа (давление в распределительных трубопроводах обычно не превышает 0,6 МПа).

Известен способ «Метод анализа магнитного поля и аппарат для определения стресс-характеристик в трубопроводе» (патент US №5532587, опубл. 16.12.1991 г.), метод включает прохождение снаряда сквозь трубопровод, в то время как он электромагнитно связан датчиками с внутренней поверхностью трубопровода. В процессе прохода сигналы изменяются в зависимости от локальной магнитной проницаемости стенок трубы и соответствующие им коррелированные данные генерируются и записываются. После прохода коррелированные данные используются, чтобы связать сигналы с местами локальных напряжений в стенках.

Недостатками метода являются невозможность определения направления механических напряжений в металле трубопровода из-за отсутствия трехкомпонентного измерения магнитного поля, а также ограниченная разрешающая способность из-за удаленности датчиков от поверхности трубопровода.

Известны способ и устройство для обнаружения и оценки механического повреждения в трубопроводах, использующие нелинейные гармонические методы (патент US №6239593, опубл. 21.09.1998 г.). Данный способ использует нелинейные гармонические методы для обнаружения механических повреждений в трубопроводах. Магнитные свойства трубопровода определяются на основании измерения магнитного поля, зависящего от времени. Амплитуды нечетных гармонических составляющих связаны с магнитным состоянием контролируемого материала, что позволяет определить области механического повреждения. Эта методика может использоваться для быстрого обнаружения областей напряжения в тех трубопроводах, где устройства с нелинейными гармоническими сенсорами установлены на снаряде, перемещающемся сквозь трубопровод с относительно высокой скоростью.

Недостатками способа являются сложность проведения дефектоскопии сетей распределительных газопроводов в связи с недостаточным давлением газа для перемещения дефектоскопа, снабженного намагничивающим устройством, с необходимой для сканирования скоростью, а также низкая чувствительность к напряженным состояниям и дефектам малых размеров из-за наличия намагничивающего поля, намного превышающего по амплитуде сигнал коррозионных нарушений.

Известны способ и аппарат для обнаружения дефектов внутри трубы (патент JP №3118465, опубл. 21.05.1991 г.). В данном изобретении ставится цель повышения точности обнаружения дефектов внутри трубы путем размещения длинного ярма

концентрично в трубе, кольцевого постоянного магнита, который окружает ярмо и установлен около внутренней поверхности трубы и множества катушек, которые размещены по периферии трубы. Постоянный магнит окружает ярмо и имеет одинаковую полярность на одной и той стороне. Множество катушек размещено по периферийной стороне трубы. Основная часть, имеющая постоянный магнит и катушки, помещена в корпус. Когда этот аппарат проходит доброкачественную часть трубы, труба намагничена магнитом приблизительно до насыщения. Когда аппарат проходит дефектную часть, изменения магнитного потока рассеяния пропорциональны уменьшению площади поперечного сечения трубы. Таким образом, глубина дефектного участка может быть точно определена.

Недостатки данного способа заключаются в невозможности определения напряженных состояний при намагничивании трубопровода до состояния магнитного насыщения, а также затруднения при перемещении аппарата внутри распределительных газопроводов.

Известен способ и устройство для внутритрубной магнитной дефектоскопии стальных трубопроводов - внутритрубный интроскоп МИ-31 ООО «ИНТРОСКО» и ООО «ИНТРОН ПЛЮС» (Абакумов А.А., Абакумов А.А. (мл.). Магнитная диагностика газонефтепроводов. М.: Энергоатомиздат, 2001), принятый за прототип. Способ осуществляется при намагничивании внутренней поверхности трубопроводов до насыщения постоянными магнитами или электромагнитами, между полюсами которых находятся многоэлементные преобразователи магнитных полей. Электромеханическое сканирование осуществляется с помощью линейного преобразователя магнитных полей, выполненного в виде линейки из одиночных преобразователей, образующих строку кадра. Развертка по строке такой линейки происходит с помощью коммутатора путем синхронного подключения отдельных магниточувствительных элементов к видеоконтрольному устройству. Развертка по второй по ординате осуществляется за счет механического перемещения линейного преобразователя относительно трубы. Внутритрубный магнитный интроскоп осуществляет сканирование магнитного рельефа, возникающего под действием полей рассеяния от дефектов стенки трубопровода, перемещаясь под действием потока воды или с помощью троса и лебедки.

Недостатком является невозможность определения напряженных состояний в металле трубопровода. Намагничивание до насыщения приводит к исчезновению слабых магнитных полей, которые возникают под воздействием напряженных состояний. Данное техническое решение принято в качестве прототипа.

Техническим результатом является разработка способа для внутритрубного выявления дефектов и напряженных состояний подземных металлических трубопроводов, позволяющее выявить слабые места трубопровода и предотвратить его разрушение.

Технический результат достигается тем, что трубопровод предварительно намагничивают источником постоянного магнитного поля, размещенным внутри трубопровода, до величины остаточной намагниченности от 0,1 до 0,8 поля насыщения, измеряют магниторезистивным или феррозондовым датчиком три взаимно перпендикулярные компоненты индукции магнитного поля по меньшей мере в одной точке по образующей внутри трубопровода, затем измерения магнитной индукции проводят с периодичностью по меньшей мере от 1 до 4 раз в год, сопоставляют полученные результаты и на основании изменения магнитного поля каверн и напряженного состояния трубопровода прогнозируют его техническое состояние в определенный момент времени.

Способ мониторинга технического состояния подземных трубопроводов по остаточному магнитному полю поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 - расположение осей относительно трубы;

фиг. 2 - распределение x компоненты магнитной индукции по длине трубы;

5 фиг. 3 - распределение y компоненты магнитной индукции по длине трубы;

фиг. 4 - распределение z компоненты магнитной индукции по длине трубы;

фиг. 5 - распределение x компоненты магнитной индукции по длине трубы;

фиг. 6 - распределение y компоненты магнитной индукции по длине трубы;

фиг. 7 - распределение z компоненты магнитной индукции по длине трубы;

10 фиг. 8 - зависимость магнитной индукции от приложенной нагрузки к трубе.

Способ осуществляют следующим образом.

Сначала трубопровод предварительно намагничивают до величины $0,1-0,8$ поля насыщения с помощью постоянных магнитов или электромагнитов, размещенных

15 внутри трубопровода. После этого измеряют три взаимно перпендикулярные компоненты магнитного поля по меньшей мере в одной точке по образующей внутри трубопровода с помощью феррозондовых или магниторезистивных датчиков. Через 3-12 месяцев после естественного частичного размагничивания проводят повторные измерения магнитного поля, сопоставляют полученные результаты, оценивают остаточный ресурс трубопровода и прогнозируют его техническое состояние в

20 определенный момент времени.

Предлагаемый способ был апробирован в лабораторных условиях на стальной трубе ($D=60$ мм, $\delta=5$ мм, $l=3$ м). В середине трубы был смоделирован дефект в виде накладки из того же материала размерами $30 \times 6 \times 55$ мм. Труба была предварительно намагничена до состояния магнитного насыщения ($J=J_{нас}$) при помощи импульсного магнитного

25 излучателя И100-30 (impulsnyj-magnitnyj-izluchatel). Затем переворачивали трубу на 180° и в том же устройстве постепенно размагничивали слабыми магнитными импульсами, моделируя естественное размагничивание с течением времени. После каждого размагничивания проводились измерения трех взаимно перпендикулярных компонент магнитной индукции, направление которых указано на фиг. 1. Результаты измерений

30 представлены на фиг. 2, фиг. 3, фиг. 4.

Как видно из графиков, оптимальной степенью намагниченности является величина не меньше $0,1 J_{нас}$. Однако при намагничивании до насыщения напряженные состояния и мелкие дефекты плохо проявляются. Поэтому оптимальным для нового способа мониторинга технического состояния нефтегазопроводов будет являться

35 намагничивание до величины $0,1-0,8$ магнитного насыщения.

Также были проведены эксперименты с нагружением той же трубы, намагниченной до величины $0,5$ поля насыщения. Сначала трубу располагали так, чтобы она находилась в ненагруженном состоянии, без провисания. Затем концы трубы располагали на опорах, при этом нагрузка, приходящаяся на трубу, была равна весу самой трубы 24 кг. После

40 этого к середине трубы подвешивали немагнитный груз весом 10 и 20 кг. Полученные результаты можно видеть на фиг. 5, фиг. 6, фиг. 7.

Для прогноза технического состояния трубопровода в определенный момент времени построим график зависимости разности максимального значения магнитной индукции и значения магнитной индукции в середине трубы от нагрузки, действующей на трубу,

45 фиг. 8. При продлении линии графика можно увидеть вероятное значение нагрузки в заданный момент времени.

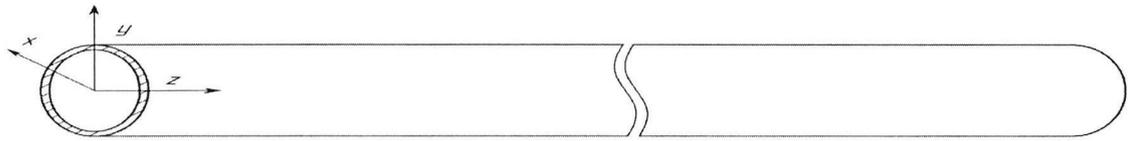
Как видно из графиков, намагничивание трубопровода до величины $0,1-0,8$ поля насыщения позволяет выявлять не только дефекты металла, но и напряженные

состояния, возникающие в теле трубопровода.

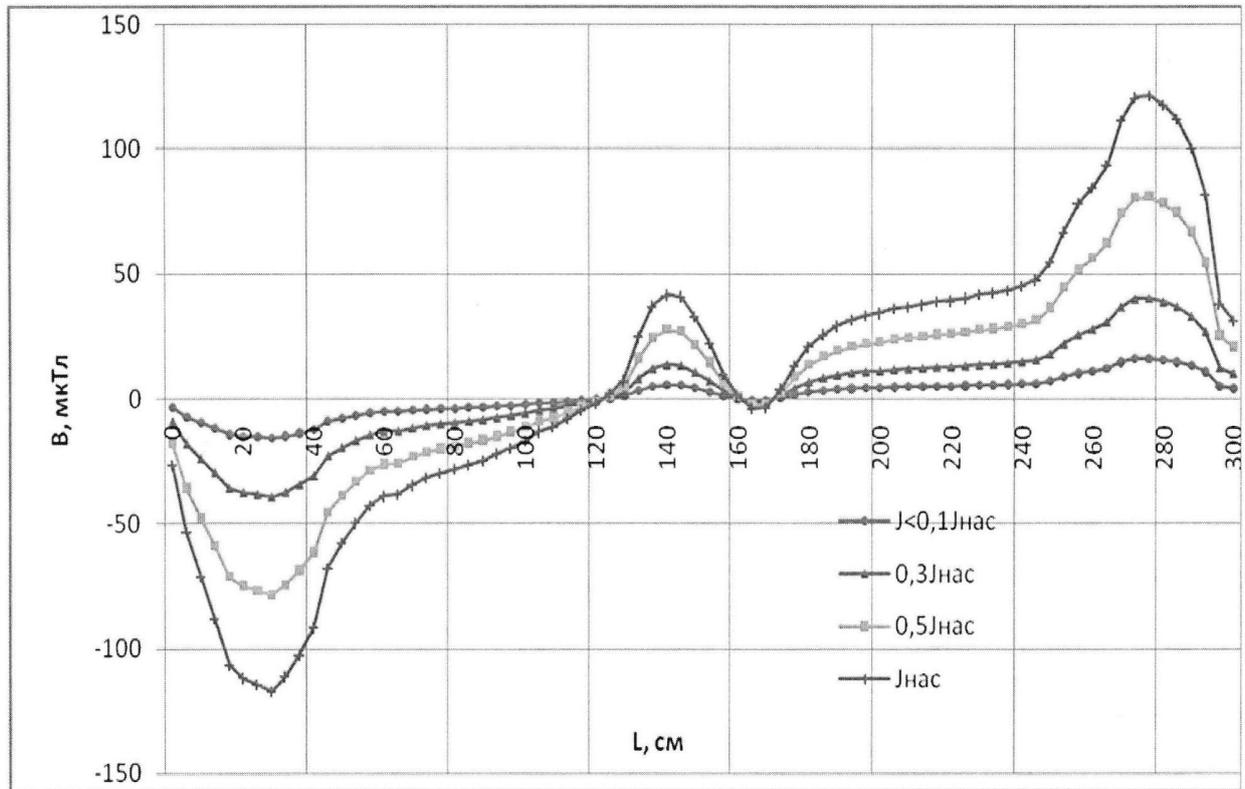
Преимущество изобретения состоит в том, что данный способ с намагничиванием в диапазоне 0,1-0,8 поля насыщения позволяет определять не только нарушения сплошности материала трубопровода, но и напряженные состояния, возникающие при эксплуатации, а также их направление благодаря трехкомпонентному измерению индукции магнитного поля. Разделение операций намагничивания и измерения магнитного поля, а также намагничивание не до насыщения позволяют снизить габаритные размеры и вес прибора, что позволяет без затруднений проводить диагностику трубопроводов малого диаметра и сложной формы.

Формула изобретения

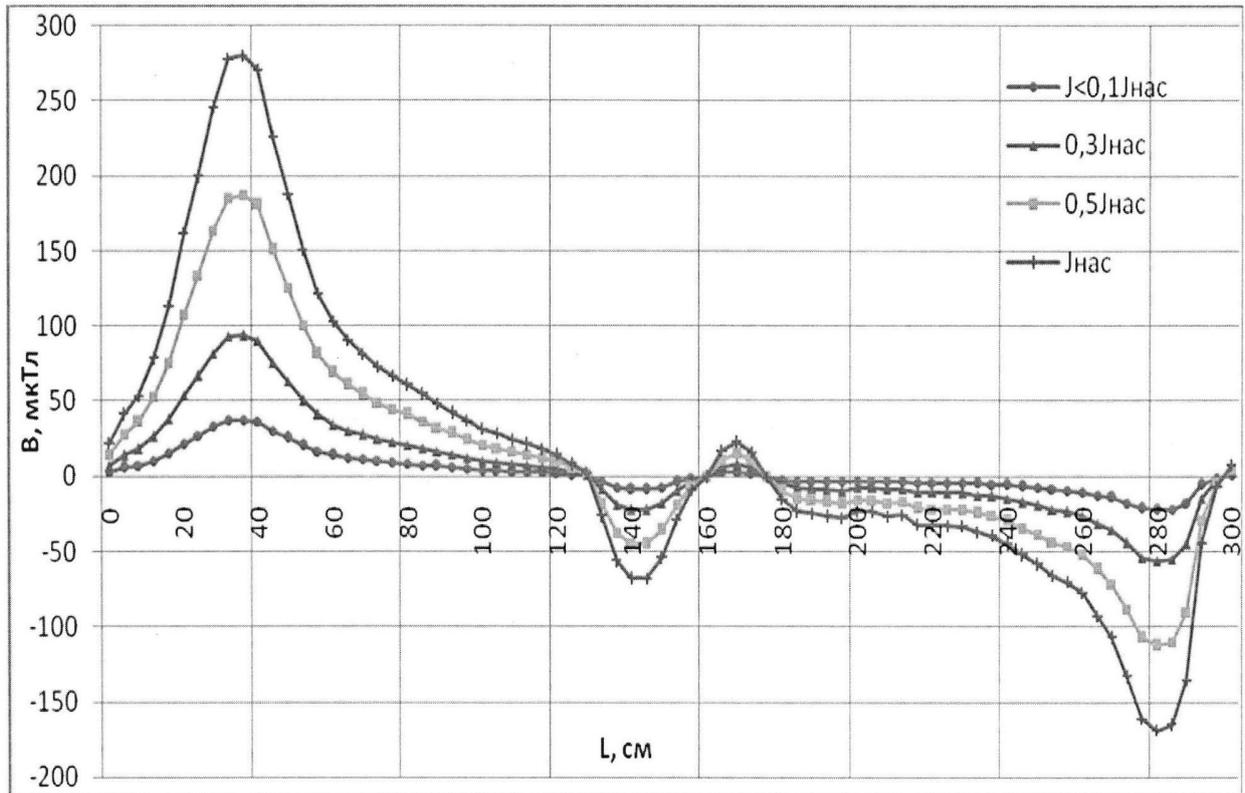
Способ мониторинга технического состояния подземных трубопроводов по остаточному магнитному полю, включающий измерение поля утечки величины индукции магнитного потока дефектов внутри трубопровода внутритрубным снарядом, содержащим датчики магнитного поля и перемещающимся под действием потока жидкости или газа, отличающийся тем, что трубопровод предварительно намагничивают источником постоянного магнитного поля, размещенным внутри трубопровода, до величины остаточной намагниченности от 0,1 до 0,8 поля насыщения, измеряют магниторезистивным или феррозондовым датчиком три взаимно перпендикулярные компоненты индукции магнитного поля по меньшей мере в одной точке по образующей внутри трубопровода, затем измерения магнитной индукции проводят с периодичностью по меньшей мере от 1 до 4 раз в год, сопоставляют полученные результаты и на основании изменения магнитного поля каверн и напряженного состояния трубопровода прогнозируют его техническое состояние в определенный момент времени.



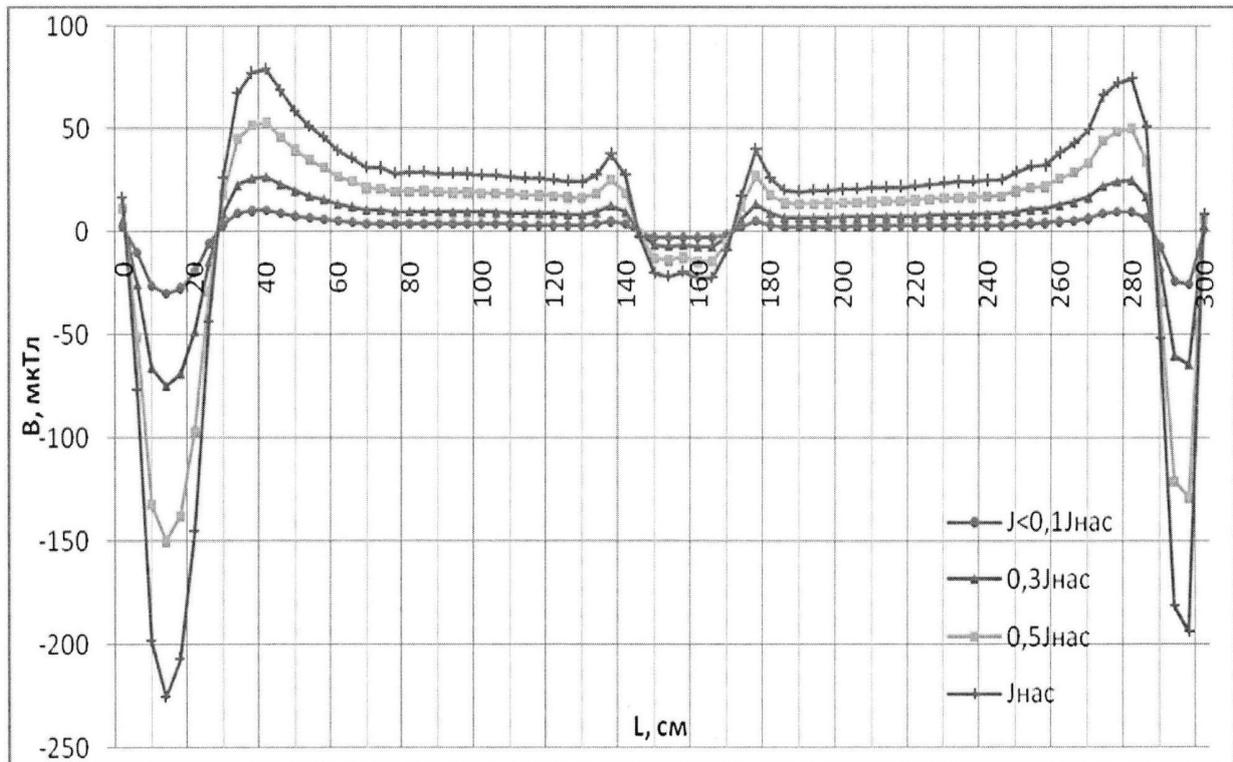
Фиг. 1



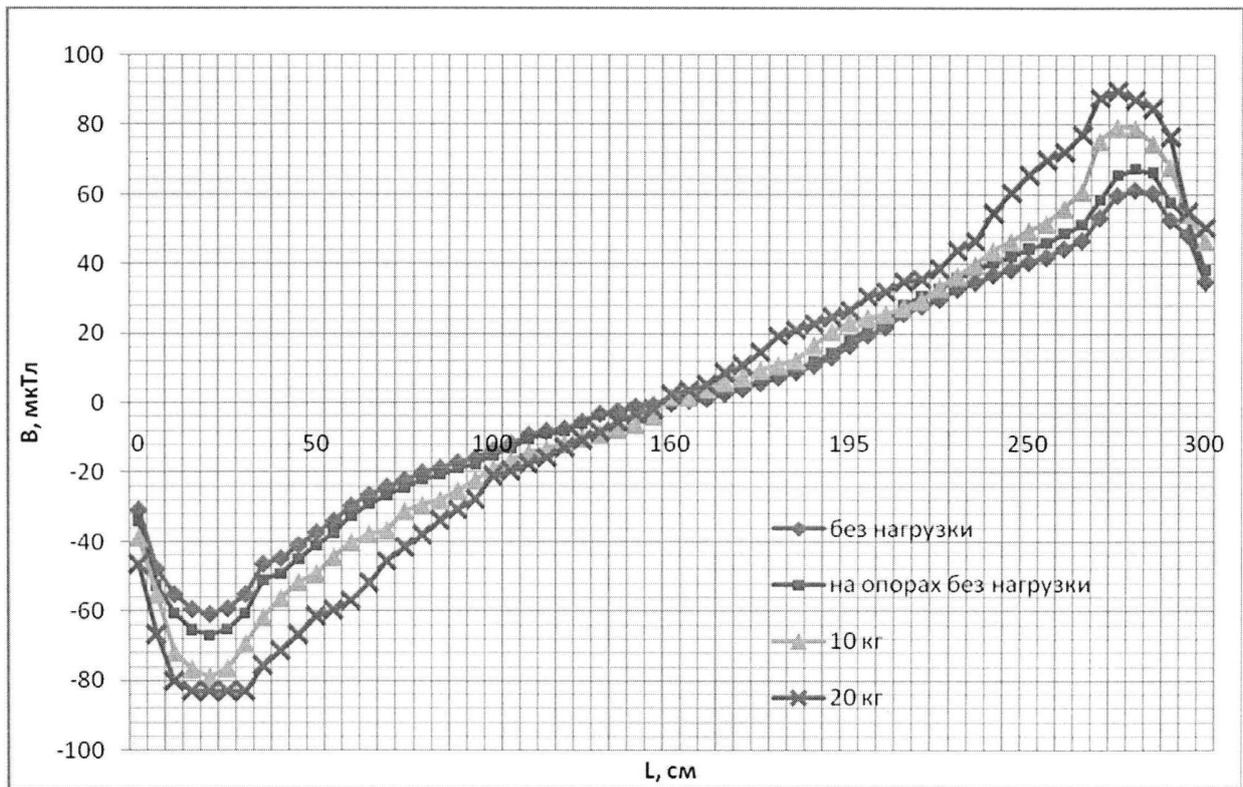
Фиг. 2



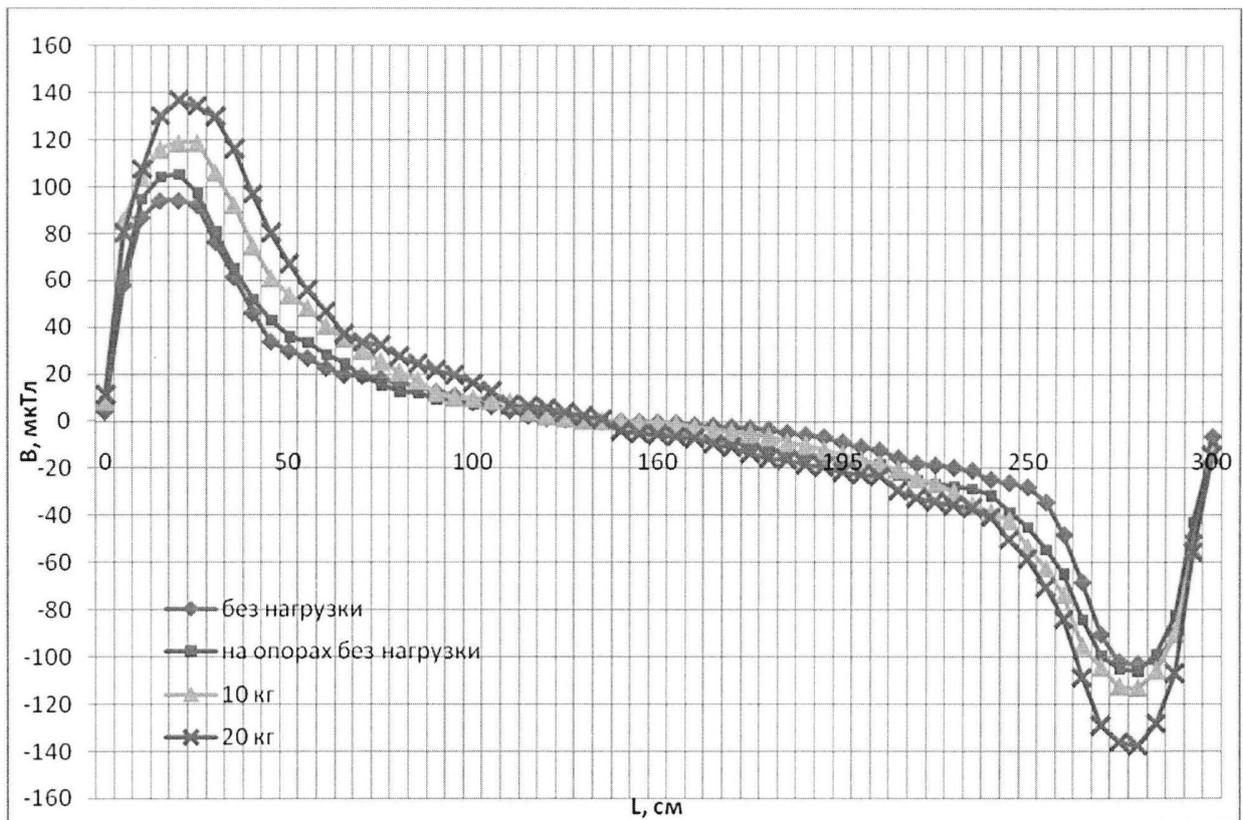
Фиг. 3



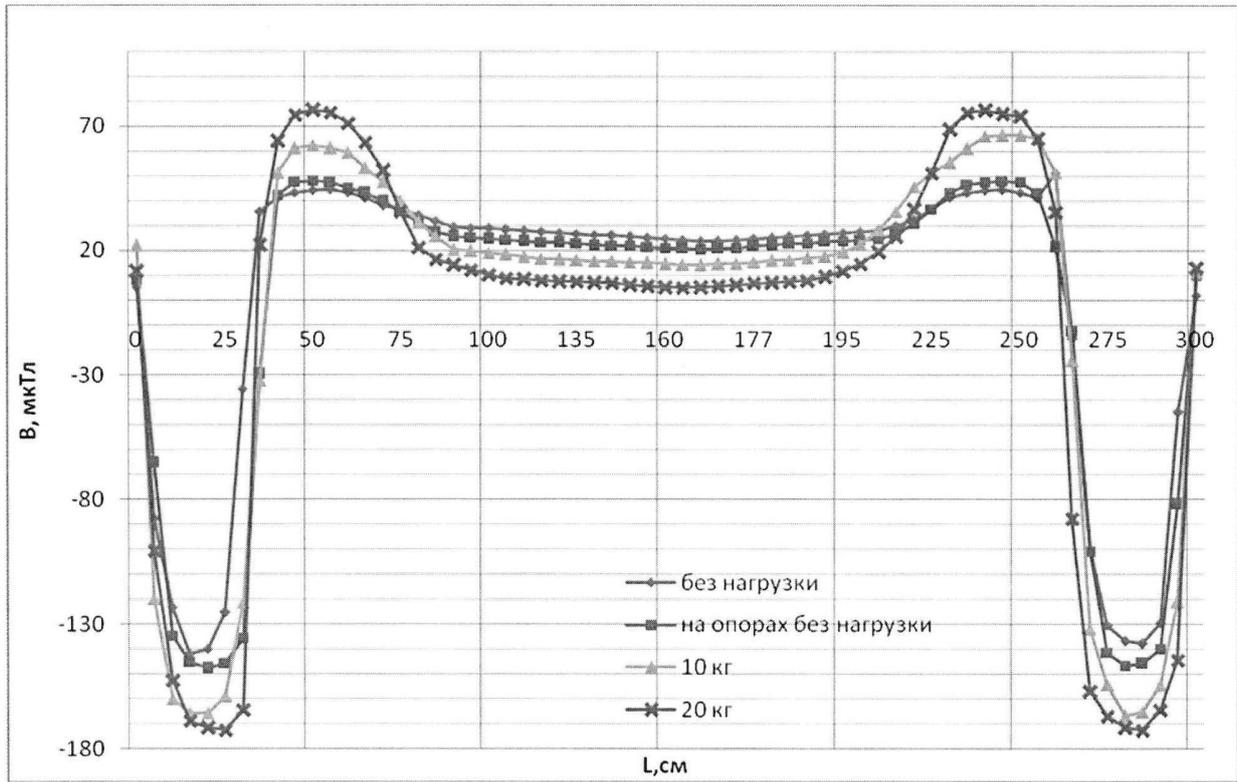
Фиг. 4



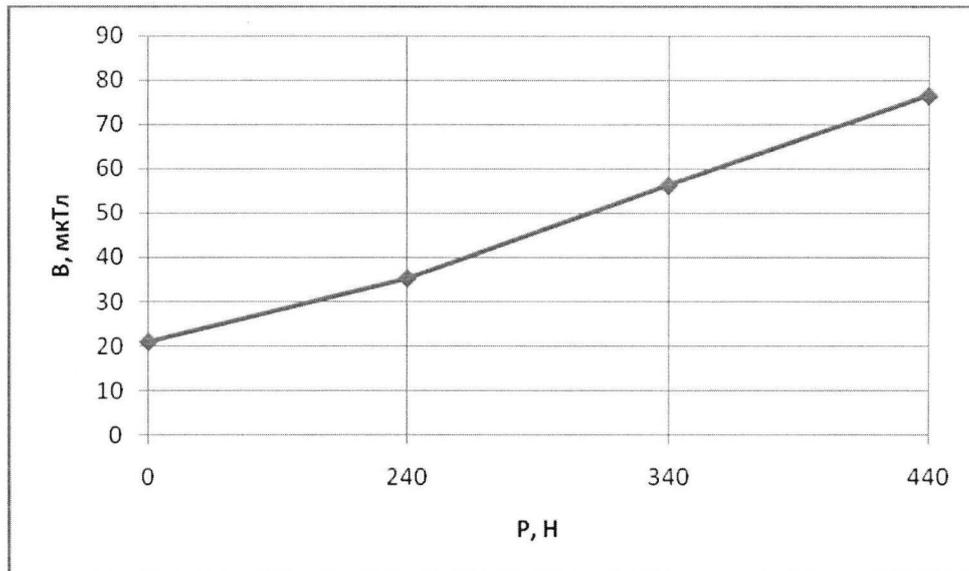
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8