

СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ОТБОРА ПРОДУКТОВ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

METHODS OF PROTECTION AGAINST UNAUTHORISED SIPHONING OF PRODUCTS FROM UNDERGROUND PIPELINES



УДК 621.643.8

Ю.В. Стицей

к.т.н., член-корреспондент РАЕН,
президент ООО НПП «Техносфера МЛ»,
г. Москва

Y.V. Stitcey

Candidate of Sciences, Associate Member
of Russian Academy of Natural Sciences,
President of LLC NPP «Technosfera-ML»,
Moscow, Russian Federation
info@tehnosfera-ml.ru



Ю.Е. Григорашвили

к.т.н., директор
ООО «Технические Идеи Новых Технологий»,
г. Москва

Y.E. Grigorashvili

Candidate of Sciences,
Director of LLC
«Technical Ideas of New Technologies»,
Moscow, Russian Federation
info@tehnosfera-ml.ru



Аннотация: Авторы предлагают результаты исследований инновационного метода контроля – магнитной локации – для определения с поверхности земли признаков, которыми обладает несанкционированная врезка.

Ключевые слова: несанкционированный отбор, несанкционированная врезка, метод магнитной локации.

Abstract: The authors suggest considering the analysis results of the innovative control method – magnetic location – developed for defining from the ground surface the characteristics of unauthorized junction into the pipeline.

Key words: unauthorized products siphoning, unauthorized siphoning-off, magnetic location method.

По оценке специалистов и ряда экспертных организаций, воровство нефти и нефтепродуктов из магистральных трубопроводов приняло масштаб национальной угрозы, способствует разложению государственного аппарата, наносит вред экономике Российской Федерации и трубопроводным транспортным компаниям.

Общий объем вреда от несанкционированных врезок (далее – врезка) для экономики страны, экологической среды обитания человека, флоры и фауны сложно оценить. В состав финансового ущерба от врезок, как правило, входят: стоимость похищенного продукта, затраты на ликвидацию и восстановление поврежденных участков нефтепроводов и ликви-

дацию последствий разливов. По данным открытой печати, потери только от хищения нефти из магистральных и промысловых нефтепроводов составили в 2009 г. свыше 8,7 млрд долл. США [1].

Наибольшую угрозу врезки представляют для экологической безопасности населения страны. Известно, что большая часть трубопроводных систем

проложена по территории, где компактно проживает не менее половины населения страны. Авария на магистральном нефтепроводе вблизи населенных пунктов влечет, как правило, к тяжелым последствиям: попадание нефтепродуктов в почву делает ее практически непригодной для использования [2], но большую угрозу представляет заражение источников пресной воды. Примером может служить авария на нефтепродуктопроводе вблизи г. Свирска Иркутской области в апреле 2012 г., которая произошла по причине нарушения целостности трубопровода из-за врезки, расположенной на предприятии комбината Росрезерву «Прибайкалье». В реку Ангару попало свыше двух тонн дизельного топлива, из-за этого пришлось остановить водозабор в Черемховском районе области. В результате более 77,5 тыс. человек трех населенных пунктов остались без источника пресной воды [3]. На ликвидацию последствий данной аварии было потрачено свыше 500 000,00 тыс. руб.

Учитывая масштабы причиняемого ущерба для экономики и населения страны, вызванного криминальной составляющей вокруг транспорта нефти и нефтепродуктов по магистральным трубопроводам (МТ), становятся актуальными вопросы разработки эффективных мер по борьбе с несанкционированным отбором продуктов перекачки из МТ. Основными техническими средствами борьбы являются системы обнаружения утечек (СОУ), которые позволяют помочь владельцу трубопроводной системы выявить факт утечки и определить ее местоположение. В настоящее время используются различные типы СОУ, которые обладают различной чувствительностью и точностью определения местоположения утечки на местности. По способу организации защиты трубопровода СОУ подразделяются на два вида: системы первого вида организованы на базе процессов, происходящих в трубопроводе [4]; системы второго вида – на базе процессов, происходящих вне трубопровода [5]. Системы первого вида обнаруживают подключение

врезки по волне давления, определяют место подключения, время несанкционированного отбора, оценивают величины расхода продукта и передают информацию в диспетчерский пункт. Минимальная величина чувствительности при типовых режимах перекачки продукта составляет 1–2 % от расхода, что соответствует отверстию в трубопроводе 7–10 мм [4]. Наиболее чувствительными к врезкам являются системы второго вида, которые используют различные типы контрольно-измерительного оборудования, например система обнаружения утечки и контроля активности (СОУиКА) использует в качестве чувствительного элемента волоконно-оптический кабель и позволяет в режиме реального времени обнаруживать потенциально опасную активность людей и техники в охранной зоне трубопровода. Данные системы начинают внедряться на магистральных нефтепроводах в ОАО «АК «Транснефть» [5]. Однако СОУ на основе оптоволоконных датчиков не может обнаружить малую утечку вследствие врезки, когда нет утечки нефти в грунт (кран на отводе закрыт).

Несмотря на меры, принимаемые владельцами трубопроводов по защите своих объектов от проникновения, обеспечить противодействие несанкционированному отбору продукта из трубопроводов, используя только СОУ, в настоящее время невозможно. Подавляющая часть нефте- и нефтепродуктопроводов оборудована СОУ, которые могут регистрировать врезки по волне (изменению) давления в трубопроводе. Эти системы имеют ряд недостатков, снижающих их уровень эффективности по обнаружению врезок. В зависимости от используемых в СОУ типов датчиков, программных средств и других конструктивных решений их уровень чувствительности к утечкам различен, а возможность установления местоположения врезки на трубопроводе по разным оценкам варьируется от 200 м до 5...7 км. В последние годы «криминальная наука» нашла способ противопоставить СОУ эффективное средство по снижению ее чувствительности. Чтобы скрыть падение давления в МТ, похитители

нефти научились заменять взятую нефть водой из водовода. В результате давление в трубопроводе не падает и следящая за давлением автоматика не реагирует на процесс отбора продукта [6].

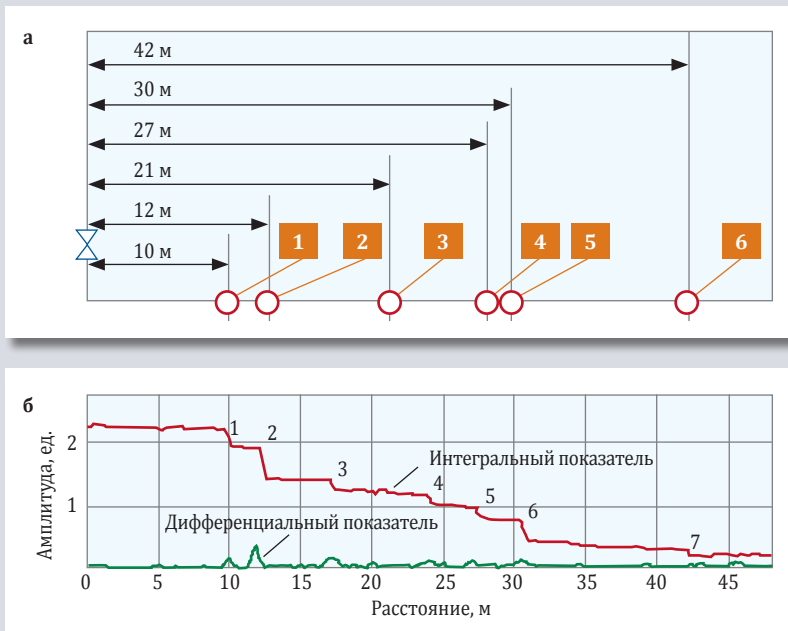
С нашей точки зрения, стационарная система защиты трубопроводов, к которой относится СОУ, нуждается в специализированных приборах по поиску и оперативному обнаружению с поверхности земли врезок. Эти приборы могли бы использоваться там, где, например, трубопровод по техническим причинам не оборудован СОУ, на локализованных СОУ участках трубопровода, где зафиксировано падение давления, но не установлено местоположение врезки; для мониторинга потенциально опасных участков МТ, где по оперативным данным возможны ожидания несанкционированного проникновения в трубопровод. Подтверждением суждения о необходимости специализированного прибора по поиску врезок являются факты использования владельцами трубопроводов приборов, например трассоискателей и георадаров.

Метод магнитной локации как способ поиска несанкционированных врезок

В последние годы появилась инновационная разработка в области наружной диагностики МТ – это технология магнитной локации [7]. Магнитная локация – это дистанционное определение параметров и координат источников магнитных полей непосредственно на трубопроводе без его вскрытия. Метод магнитной локации по отношению к другим методам магнитной диагностики имеет два существенных отличия: расстояние от наблюдателя до объекта значительно превышает размеры самого объекта; рассчитываются параметры (характеристики) именно объекта, а не значения магнитного поля вблизи трубопровода, косвенно характеризующие объект. Использование этого принципа позволяет точно определять параметры источника магнитного поля, находясь в произвольной точке относительно самого источника магнитного поля. В результате при диагностике не

Рис. 1

Схема расположения имитаторов на трубопроводе (а) и магнитограмма расположения врезок (б)



Описание имитаторов (рис. 1а):

- № 1. Врезка на 12 час., штуцер $H = 50$ мм, кран шаровой D_v 40 мм, штуцер $H = 100$ мм, отвод 90° , труба металлическая 1,5 м;
 № 2. Врезка на 3 час., штуцер $H = 50$ мм, кран D_v 32 мм, штуцер $H = 100$ мм, отвод шланг ПВХ 3,0 м;
 № 3. Врезка на 9 час., штуцер $H = 50$ мм, кран D_v 15 мм, штуцер $H = 100$ мм, отвод 90° , шланг резиновый высокого давления с металлокордом 2,0 м;
 № 4. Врезка на 6 час., штуцер $H = 50$ мм, кран шаровой D_v 32 мм, штуцер $H = 50$ мм, отвод 90° , труба металлопластиковая 1,5 м;
 № 5. Врезка на 11 час., штуцер $H = 100$ мм, кран шаровой D_v 63 мм, штуцер $H = 100$ мм;
 № 6. Врезка на 5 час., штуцер $H = 50$ мм, кран D_v 15 мм, штуцер $H = 50$ мм, отвод 90° , труба металлическая с изоляционным покрытием 1,5 м.

имеют значения ни ориентация приемной магнитной антенны в плоскости дневной поверхности, ни ее отклонение от вертикальной оси, ни расстояние между антенной и трубопроводом. Это позволило реализовать диагностику МТ в движении со скоростью до 5 км/ч. Метод дистанционной магнитной локации реализован в диагностических комплексах серии «Орион», с использованием которых с 2007 г. осуществляется оценка противокоррозионной защиты МТ в ОАО «Газпром», ОАО «АК «Транснефтепродукт», ОАО «Трансаммиак» и АО «Интергаз – Центральная Азия».

Характерными дефектами, которые создаются при монтаже на трубопроводе, являются дефекты геометрии трубы из-за наличия штуцеров и крана, локальная намагниченность сварных швов и зоны отверстия, наличие

утечек токов в грунт из-за нарушения изоляции.

В настоящей работе представлены результаты проведенных исследований, целью которых было изучение возможности метода магнитной локации при дистанционном выявлении врезок на подземных трубопроводах путем локации дефектов, характерных для врезки. Исследования были проведены в два этапа: первый этап работ – это испытания метода на полигоне предприятия; второй этап – в полевых условиях на участке подземного трубопровода, где, по данным СОУ, локализован участок протяженностью до пяти км с заключением о наличии врезки.

Полигон для испытания представлял собой подземный трубопровод D_v 329 мм с наружным изоляционным покрытием, на котором были смонтированы

имитаторы врезки, которые часто встречались при их ликвидации. На рис. 1а представлена схема расположения имитаторов на трубопроводе.

Поиск имитаторов врезки проводился с использованием методики магнитной локации и макетного образца прибора, который был специально разработан для целей поиска несанкционированных врезок. Разработка макета осуществлена на базе действующего диагностического комплекса серии «Орион-1», в котором реализованы технические решения и программные средства, позволяющие осуществлять обследование трубопровода в условиях влияния электромагнитных помех соседних коммуникаций [8]. Макетный образец устойчиво выделял и позволял оператору позиционировать магнитную антенну прибора над осью обследуемого трубопровода по интерфейсу полевого компьютера с заданной технологической точностью на фоне электромагнитных помех соседних коммуникаций. Обеспечивая минимально возможное расстояние между антенной прибора и осью обследуемого трубопровода, макет в сочетании с работой генератора позволял выделять магнитный образ (дефекты), характерный для врезки на фоне электромагнитных помех.

При проведении диагностики использовался серийный генератор «Орион-ГП». Это цифровой прибор тестового сигнала, который имеет рабочую частоту 280 Гц, коэффициент гармоник не более 1 % при мощности сигнала в нагрузке 150 Вт и КПД более 97 %. В зависимости от степени повреждения изоляционного покрытия трубопровода генератор обеспечивает дальность работы диагностических комплексов серии «Орион» в полевых условиях до 30 км. Чем сильнее повреждение в ИП трубопровода, тем меньшую дальность работы может обеспечить генератор «Орион-ГП».

Макетный образец прибора мог регистрировать с шагом измерения 10 см следующую информацию о трубопроводе:

- глубину фактического заложения;

- токи утечки генератора через повреждения в изоляционном покрытии врезки;
- наведенный ток генератора в системе «штуцер – кран – штуцер», «отвод»;
- аномально намагниченное (напряженное) состояние в месте расположения врезки.

На рис. 2 представлен внешний вид макета.

Координирование расположения имитаторов врезок на местности в процессе их поиска проводилось с использованием GPS. Методика поиска врезок состояла в следующем: к крановому узлу трубопровода подключался поисковый генератор «Орион-ГП». Оператор с макетом в руке перемещался над трубопроводом, позиционируя магнитную антенну прибора над осью трубы по интерфейсу полевого компьютера с технологической точностью ± 50 см. Магнитная антенна прибора во время поиска врезок перемещалась на расстоянии 10...20 см от поверхности земли. Места расположения врезок привязывались в линейном масштабе к крановому узлу трубопровода и фиксировались с помощью вешек.

Программное обеспечение макета было ориентировано на критерии поиска врезок по двум показателям: интегральному (модуль тока) и дифференциальному. Дифференциальный показатель отражал в условных единицах величины амплитуд магнитного момента трубы и наведенного тока генератора в координатах системы «штуцер – крановый узел – штуцер». На рис. 16 представлены графики распределения величин интегральных и дифференциальных показателей по дистанции обследованного участка трубопровода. Как видно на графиках, по интегральному показателю было зафиксировано 7 аномалий с признаками врезки. По дифференциальному показателю – 6. Проведенный сравнительный анализ данных о месте положения врезок из графиков с фактическими координатами (рис. 16) показал, что координаты расположения некоторых врезок на местности и на графике отличаются: врезки № 1 и 2 – координаты совпадают; № 3 – не совпадают

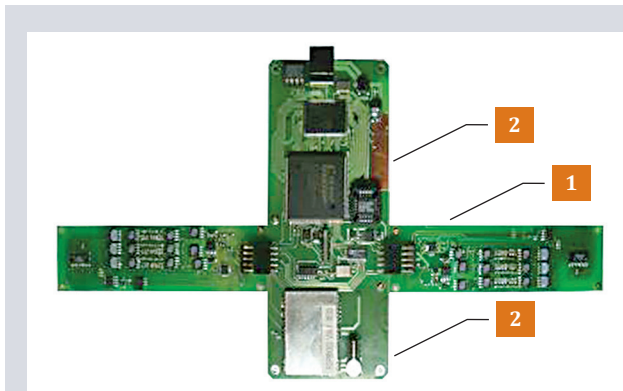
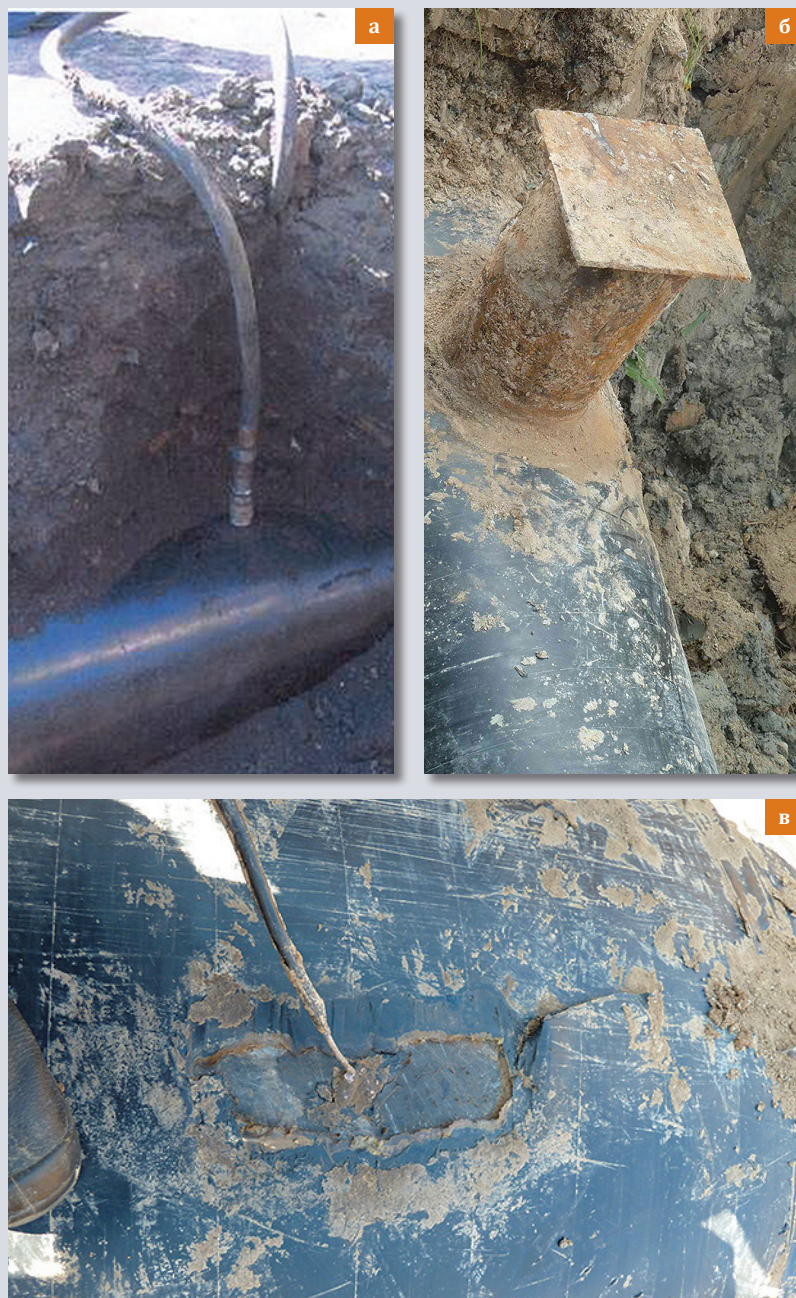


Рис. 2
Макетный образец прибора для поиска врезок
1 – электронный блок управления;
2 – магнитная антенна

Рис. 3
Внешний вид объектов, обнаруженных при вскрытии трубопровода



(находится между 3 и 4 аномалиями); № 4 имеет погрешность 1,0 м; № 5 имеет погрешность 1,5 м; № 6 (по интегральному показателю) имеет погрешность 0,5 м. Итоги испытания были следующими: по интегральному показателю выявлено 5 из 6 врезок (83,3 %); по дифференциальному показателю – 4 из 6 врезок (66,7 %).

Второй этап испытания метода по договоренности с нефтяной компанией был проведен в полевых условиях на подземном трубопроводе D_y 530 мм, где, по данным СОУ, была локализована врезка на дистанции до 5 км. Схема поиска врезки в полевых условиях была та же, что и на полигоне. По завершению обследования и обработки данных были обнаружены 3 аномальных места,

имеющих признаки врезки. Места выявленных аномалий были отмечены вешками и зафиксированы GPS. Проведенные вскрытия трубопровода показали следующее.

- Шурф № 1. Обнаружена несанкционированная врезка.
- Шурф № 2. Обнаружен отвод провода от ликвидированной контрольно-измерительной колонки трубопровода (КИК).
- Шурф № 3. Обнаружена заглушка ранее ликвидированной врезки.

На рис. 36 представлен внешний вид выявленной врезки, которая имела следующие параметры: угловое расположение – на 12 час., патрубок D_y 32 мм, шаровой кран D_y 32 мм, резиновый шланг высокого давления. Рис. 36 – заглушка

врезки и КИК – провод от ликвидированной КИК

локации трубопроводов в 2010 г. // ООО НПФ «ТОРИ» г. Новосибирск, 02.07.2010 г. // <http://www.torinsk.ru/>. (Дата обращения: 23.03.2014).

2. Парфёнов Д. Р. Воровство нефти из трубопроводов приняло масштабы национальной угрозы // Нефтяное обозрение. 2011. № 26 (91), [Электронный ресурс]. URL: <http://info.forest.ru/>. (Дата обращения: 23.03.2014).

3. NTWSru.com // Новости России // 26.04.2012 г. Терпелив экологическое бедствие в районе Приангарья коммерсанты взвинтили цены на бутылированную воду. (Дата обращения: 26.03.2014).

4. Система обнаружения утечек из нефтепровода // Наука и технологии. Транспортировка и хранение. [Электронный ресурс]. URL: <http://neftegaz.ru/science/view/333>. (Дата обращения: 23.03.2014).

5. «Транснефть» оснащает трубопроводы системой обнаружения утечек и контроля активности // Нефтегазовая Россия. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.energyland.info/news-show-tek-neftegaz-97970>. (Дата обращения: 23.03.2014).

6. Петяев А. Криминальный бизнес на чужой нефти // Агентство национальных новостей. 16.11.2011 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.annews.ru/>. (Дата обращения: 23.03.2014).

7. Григорашвили Ю. Е., Стицей Ю. В., Иваненков В. В. Использование технологии магнитной локации при определении коррозионной защищенности магистральных трубопроводов // Трубопроводный транспорт (теория и практика). ВНИИСТ. 2009. № 4. С. 17–23.

8. Григорашвили Ю. Е., Питула В. В., Стицей Ю. В. Альтернативный метод оценки состояния защитных покрытий законченных строительством трубопроводов // Трубопроводный транспорт (теория и практика). ВНИИСТ. 2013. № 6. С. 30–35.

REFERENCES

[1] Safe operation of pipelines in 2010, LLC NPF «TORI», Novosibirsk. Electronic resource. Available at: <http://www.torinsk.ru/> (accessed: 23.03.2014).

[2] Parfenov D.R., Stealing oil from pipelines increased to the scale of national hazard. *Oil review*, 26(2011). Electronic resource. Available at: <http://info.forest.ru/> (accessed: 23.03.2014).

[3] News of Russia. The prices for the bottled were forced up for victims of ecological disaster in the area of Priangarie. Electronic resource. Available at: NEWSru.com (accessed: 26.03.2014).

[4] The system of pipeline leak detection. *Science and technologies. Transportation and storage*. Electronic resource. Available at: <http://neftegaz.ru/science/view/333> (accessed: 23.03.2014).

[5] «Transneft» is equipping the pipelines with the system of leak detection and activity monitoring. Electronic resource. Available at: <http://www.energyland.info/news-show-tek-neftegaz-97970> (accessed: 23.03.2014).

[6] Petyaev A., Kriminal business on another's oil. Annews. Electronic resource. Available at: <http://www.annews.ru/> (accessed: 23.03.2014).

[7] Grigorashvili Y.E., Stitscey Y.V., Ivanenkov V.V., The application of the magnetic location in defining the corrosion safety of the trunk pipelines. *Pipeline transport: Theory and Practice*. VNIIST, 4(2009), 17–23, (Russian Federation).

[8] Grigorashvili Y.E., Prityla V.V., Stitscey Y.V., An alternative method of the condition evaluation of protective pipe coatings of the pipelines whose construction has been completed. *Pipeline transport: Theory and Practice*. VNIIST, 6(2013), 30–35, (Russian Federation).

Выводы

Проведенные исследования инновационного метода контроля – магнитной локации – для определения с поверхности земли признаков, которыми обладает несанкционированная врезка, показали следующее.

1. Метод позволяет с вероятностью более 66 % выявлять признаки, характерные для врезок, которые имели имитаторы, смонтированные на полигоне предприятия.
2. Метод может быть основой для создания нового класса приборов – инструментов для выявления и координирования мест расположения несанкционированных врезок. В сочетании с СОУ новый класс приборов будет способствовать повышению эффективности борьбы с несанкционированным отбором продуктов перекачки из магистральных и промышленных трубопроводов.
3. Метод позволяет проводить поиск врезок в непрерывном движении со скоростью до 5 км/ч. Большинство приборов для дистанционного измерения токов в трубопроводе работает с поверхности земли с шагом измерения от 1...10 м при условии их вертикального позиционирования над осью трубы.
4. Метод позволяет проводить оперативный мониторинг отдельных участков трубопровода, которые по оперативно-аналитическим данным обладают высокой привлекательностью для несанкционированного проникновения. В течение рабочего дня возможно обследовать до 20 км трубопровода. Дискретность информации составляет 10 см, точность позиционирования врезки – 0,5 м. Изменение ситуационной информации при проведении очередного мониторинга дает основание для детального обследования локального участка на предмет выявления врезки. Защита магистральных трубопроводных систем от несанкционированного отбора продуктов перекачки должна с технической точки зрения вестись в двух направлениях: оборудование трубопроводов специальными средствами защиты от проникновения и обеспечение службы безопасности компании оперативными системами поиска действующих и «законсервированных» врезок. Попытки трубопроводных компаний использовать существующие приборы для наружного контроля в качестве оперативных поисковых систем врезок – это тупиковый путь. «Криминальная наука» хорошо знает их возможности и научилась их нейтрализовывать. Необходимо использовать такие методы контроля, которые выявляют признаки, присущие только врезкам, и без которых они просто не могут существовать. Одним из таких методов является метод магнитной локации.