

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Некоммерческое акционерное общество  
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»  
Кафедра Электроники и робототехники

«ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ»

Зав. Кафедрой к.т.н., доцент., Чигамбаев Темырбай Отарбаевич  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На тему: «Исследование телеметрии для скважинных технологий»

Специальность 6М071600 – Приборостроение

Выполнил Райх Владимир Райнгольдович Группа МПСн18-1

Научный руководитель к.т.н., доцент Байкенов Бахытжан Сергеевич  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.  
(подпись)

Рецензент к.ф-м.н., доцент. Ракишева Зауре Баяновна  
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.  
(подпись)

Алматы, 2020



**ГРАФИК**  
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
<i>Анализ существующих систем телеметрии для скважин</i>	<i>08.12.2018</i>	<i>выполнено</i>
<i>Постановка цели и задач для разработки видеозонда</i>	<i>19.01.2019</i>	<i>выполнено</i>
<i>Разработка технических требований к видеозонду</i>	<i>27.04.2019</i>	<i>выполнено</i>
<i>Разработка структурной и функциональной схем</i>	<i>01.09.2019</i>	<i>выполнено</i>
<i>Выбор элементной базы</i>	<i>20.01.2020</i>	<i>выполнено</i>
<i>Создание действующего образца</i>	<i>26.04.2020</i>	<i>выполнено</i>

Дата выдачи задания « 25 » 10 2018 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (Чигамбаев  
Т.О.)

(подпись)

(Ф.И.О.)

Научный руководитель проекта \_\_\_\_\_ (Байкенов Б.С.)

(подпись)

(Ф.И.О.)

Задание принял к исполнению магистрант \_\_\_\_\_ (Райх В.Р.)

(подпись)

(Ф.И.О.)

## **Аннотация**

В данной работе были рассмотрены основные понятия и методы по применению видеозондов в геофизическом исследовании скважин. Был проведен аналитический обзор существующих систем видео телеметрии для скважинных технологий. На основании проведенного обзора оптимально подобраны и просчитаны компоненты для создания опытного образца системы видеомониторинга состояния водозаборных скважин. Актуальным моментом в работе представляющим практическую ценность является применение Hi-Тес технологий при разработке данной системы.

## **Андатпа**

Бұл жұмыста ұңғымаларды геофизикалық тұрғыдан зерттеу кезінде бейнезондты пайдаланудың негізгі түсініктемелері мен әдіс-тәсілдері қарастырылған. Ұңғыма технологияларына арналған ағымдағы бейне телеметрия жүйесіне аналитикалық шолу жасалды. Шолу жасау негізінде сужинағыш ұңғыманың жағдайын бейнебақылаудың тәжірибелі жүйесін жасауға қажетті бөлшектер тиімді таңдалып, есептелді. Аталған жүйені өңдеуде Hi-Тес технологияларын пайдалану жұмыстың тәжірибелік құндылығын көрсетудегі өзекті мәселе болып табылады.

## **Annotation**

In this paper, the basic concepts and methods for the use of video probes in the geophysical study of wells were considered. An analytical review of the existing video telemetry systems for downhole technologies was conducted. Based on the review, the components are optimally selected and calculated to create a prototype video monitoring system for the status of water wells. An actual moment in the work of practical value is the use of Hi – Tec technologies in the development of this system.

## Содержание

Введение	6
1. Анализ существующих систем телеметрии для скважин	7
1.1 Геофизические методы исследования скважин	7
1.2 Области применения видеозонда	8
1.3 Практическое применение видеозонда в скважинных технологиях для решения геотехнологических задач.	13
1.4 Применение видеозондов в системах телеинспекции	18
1.5 Аналитический обзор существующих систем телеинспекции	27
1.6 Параметры существующих систем телеинспекции	52
1.7 Постановка цели и задач для разработки видеозонда	54
1.8 Разработка технических требований к видеозонду	55
2. Структурная и функциональная схемы видеозонда	56
2.1 Структурная схема видеозонда	56
2.2 Функциональная схема видеозонда	57
3. Выбор элементной базы	59
4. Создание прототипа системы видеотелеметрии для скважин	60
4.1 Расчет оптической системы видеозонда	60
4.2 Разработка прототипа видеозонда	69
4.3 Разработка принципиальной схемы измерителя кабеля	73
Заключение	75
Список литературы	76
Приложение А	78
Приложение Б	79

## Введение

Одним из видов телеметрии для скважин, в котором используется технический видеозонд, является видеокаротаж. Данный вид телеметрии дает возможность визуального обследования, нефтяных, газовых и водозаборных скважин, по причине отсутствия прямого доступа в них. Видеокаротаж представляет собой детальное исследование внутренней поверхности стенок скважины путем спуска-подъема в ней технического видеозонда. То есть с помощью видеокаротажа можно получить необходимую информацию о ремонтпригодности скважин, степени закальматированности фильтров обсадной колонны и мощности шламовых отложений, целесообразности проведения восстановительных работ в скважине.

В настоящее время существует большое количество систем телеметрии для скважин но практически все они, в виду конструкции видеозонда, рассчитаны на работу с сухим стволом скважины, или с погружением в воду не более 10 – 20 метров что является не допустимым для проведения таких работ. Это значит, что развитие и доступность современных технологий позволит создать новый видеозонд на современной элементной базе с применением Hi – Тес технологий.

## **1 Анализ существующих систем телеметрии для скважин**

### **1.1 Геофизические методы исследования скважин**

Геофизические методы исследования скважин служат для получения геологической документации разреза скважин, выявления и промышленной оценки полезных ископаемых, осуществления контроля за разработкой нефтяных и газовых месторождений, изучения технического состояния скважин и т.д. С этой целью по данным ГИС изучают в скважинных условиях физические свойства горных пород. Методы ГИС подразделяются на электрические, радиоактивные, акустические, магнитные, термические, видео и т. п. Геофизические методы позволяют представить разрезы скважин комплексом физических характеристик, таких как удельное электрическое сопротивление, радиоактивность, теплопроводность изучаемых сред, скорость распространения упругих волн в них, визуальная оценка их состояния и т. п. Основным документом для геологической службы является литолого-стратиграфическая колонка, полученная по результатам интерпретации материалов ГИС и содержащая сведения о положении границ пластов и их толщинах, литологической характеристике каждого пласта, о наличии коллекторов, о характере флюида, заполняющего поровое пространство продуктивных пластов (нефть, газ, вода) и др. Окончательный результат геофизических исследований представляется не теми физическими свойствами, которые изучаются методами ГИС, а такими параметрами, как пористость, проницаемость, глинистость пород, коэффициент нефтегазонасыщения порового пространства. Оценка этих свойств и составляет один из важнейших этапов процесса интерпретации геофизических данных. Интерпретация, в свою очередь, может быть качественной, если, например, определяется литологический состав породы, и количественной, если оценивается количество содержащегося в породе того или иного компонента (глины, нефти, газа и др.). Методы ГИС также используются при контроле технического состояния скважин и при исследовании действующих скважин в процессе разработки нефтегазовых месторождений [1].

Из выше приведенных методов ГИС для телеметрии скважин в данной диссертационной работе будет рассмотрен такой метод как видеокаротаж. Актуальность исследований проводимых в данном методе объясняется высокой оптимизацией процессов разведки и эксплуатации месторождений полезных ископаемых (нефть, газ, вода и т.д.), а именно для уточнения геологического разреза, без геофизики, пришлось бы бурить еще одну скважину. Геофизические изыскания, при проведении разведочно-оценочных работ по добыче подземных вод, сокращая необходимое количество образцов, тем самым существенно удешевляют исследования. В ходе проведения видеокаротажных работ информация о свойствах пород конкретного разреза служит для корректной интерпретации полученных результатов в полевой мобильной геофизической лаборатории.

## 1.2 Области применения видеозонда

Поскольку видеокаротаж это геофизический метод исследования скважин, для выполнения которого используется различные системы телеинспекции, основой которых является видеозонд.

Видеозонд – это универсальный оптико-механический прибор, имеющий осветительную систему и позволяющий увидеть внутреннее строение обследуемого объекта без его разборки. Он позволяет решить широкий спектр задач визуального контроля промышленных объектов. Применение видеозонда требует учета ряда обстоятельств, обусловленных как конструктивными особенностями объекта контроля и спецификой проведения контроля, так и отраслевыми нормативными документами [2].

### 1) Химическая и нефтегазовая промышленность.

Применяется при технической диагностике, систематической и аварийном осмотре производственного и технологического оборудования. То есть для осмотра колодцев, шахт, резервуаров, сосудов с избыточным давлением, теплообменных аппаратов, узлов компрессоров, химических реакторов, коллекторов, разветвленных трубопроводов, парогенераторов, проточной части газотурбинных агрегатов и нагнетателей, а также других конструкций сложной формы. Осмотры проводятся для выявления сужения каналов, обнаружения посторонних предметов, отслоения покрытий, дефектов сварных швов, эрозии и коррозии внутренней поверхности стенок труб, следов перегрева металла, для проверки состояния узлов и труб [2].

### 2) Газоперекачивающие станции.

Применяются при неразрушающем контроле газоперекачивающих установок, узлов и агрегатов обеспечивающих энергоустановок, например, для контроля состояния внутренних деталей и уплотнений запорно-регулирующей гидравлической и пневматической арматуры без их разборки, через штатные фланцы или штуцера отбора газа, а также для контроля состояния лопаток компрессоров и турбин, камер сгорания, топливной системы и других узлов газоперекачивающих агрегатов [2].

### 3) Атомная энергетика.

Применяется для дистанционного контроля ограничено-доступного или практически не доступного технического оборудования. Это контроль радиохимических производств (промышленные реакторы, сборники, отстойники, колонные, кольцевые и емкостные аппараты, теплообменное оборудование и т.д.) с целью оценки технического состояния внутренних конструктивных узлов, обнаружения дефектов, протечек, коррозионный мониторинг. Проводятся осмотры технологических пространств реакторов в процессе эксплуатации и вывода из эксплуатации для контроля состояния труб технологических охлаждающих каналов, поверхностей графитовых блоков и тепловыделяющих сборок, для обследования дна технических шахт и бассейнов с последующим контролем коррозионного износа внутренних стенок емкостей, труб и элементов их сочленения [2].

#### 4) Тепловая энергетика.

В теплотехнике видеозонд применяется при техническом обслуживании и контроле состояния оборудования, например, для осмотра внутренних поверхностей трубопровода, многократно изогнутых и изолированных труб на наличие производственных дефектов, дефектов сварных швов, эрозии и коррозии, отложений накипи, а также выявления трещин и сужения каналов, для осмотра центробежных, вихревых и поршневых компрессоров, применяемых на электростанциях. Используется при диагностике трещин в пароперегревателях и теплообменниках, для обнаружения закоксовывания форсунок, обгаров, прогаров, и разрушения горелочных устройств котлов [2].

С помощью видеозондов контролируют техническое состояние различного оборудования и промышленных объектов на наличие повреждений и посторонних предметов в них.

#### 5) Электроэнергетика.

При техническом обслуживании и контроле состояния электрических машин, например, для обнаружения инородных предметов и технологического мусора, попавшего во внутренние полости различного оборудования в процессе изготовления, эксплуатации или ремонта, обнаружение производственных дефектов, коррозии, отложений в охлаждающих каналах, нарушений целостности оборудования и крепежа. Также проводятся диагностики повреждений контактных поверхностей и изоляции проводников и обнаружение утечек в системе охлаждения [2].

#### 6) Железнодорожный транспорт.

Видеозонды используются при ремонтном производстве и техническом обслуживании парка тягового и подвижного состава на наличие дефектов. Например, для периодического контроля технического состояния узлов и деталей электровозов (экипажной части, автотормозного оборудования, тяговой зубчатой передачи и буксового узла, электрических аппаратов силовых цепей), тепловозов (дизеля, рабочей камеры сгорания, гидромеханического редуктора, вспомогательного оборудования) и подвижного состава [2].

#### 7) Водоснабжение.

Видеозонды могут использоваться для контроля объектов тепло и водоснабжения различных гидротехнических сооружений и узлов, ГЭС, ТЭЦ. Например, для обнаружения коррозии и абразивного износа конструктивных элементов напорных водоводов (опор, деформационных швов, компенсационных устройств), поверхностных трещин в бетоне сталебетонных и сталежелезобетонных водоводов, инородных предметов в трубах и баках, дефектов деталей трубопроводов водопроводной сети. В водозаборных скважинах дефекты обсадной колонны и нарушения ее целостности, вывалы породы в ствол скважины, образование каверн, наросты на стенках, закальменированность фильтровых отверстий, посторонние предметы, нарушения герметичности перехода диаметра осадной трубы. Также осуществляется контроль состояния проточной части насосных систем [2].

#### 8) Металлургическая промышленность.

При техническом обслуживании и контроле состояния конструкций средств производства, например, для оценки видимых изменений взаимного расположения узлов печей, а также контроля качества внутренней поверхности труб, форм отливок, образования дефектов, нарушения структуры участков поверхностей [2].

#### 9) Машиностроение.

Контроль качества изделий на всех стадиях производства, а так же в связи с увеличением износа сложного технологического оборудования и как следствие, необходимость контроля его состояния и оценки остаточного ресурса. При проверке технического состояния скрытых от прямого взгляда различных узлов и деталей маши без их демонтажа (через имеющиеся технологические отверстия). Это выявление дефектов различных видов (трещин, коррозии, деформации, сколов покрытий и т.д.), осмотр полостей, деталей механических передач, подшипников, а также контроль качества сварных и паяных соединений с целью выявления изменений формы и обнаружения поверхностных дефектов в основном материале и сварных швах [2].

#### 10) Авиационная и космическая промышленность.

При техническом обслуживании, разработке, доводке и производстве ракетных двигателей и пневмогидросистем, а так же при контроле состояния конструкций по степени износа, правильности взаимного расположения деталей, наличие инородных предметов. В зависимости от конструкции и назначения машин проводят диагностику состояния силовых элементов корпусных конструкций, проточной части, стенок баков, зоны лопаток крыльчатки компрессора газовых турбин, распылителей и форсунок камер сгорания и проверяют на наличие поверхностных дефектов (трещин, забоин, коррозии и т.д.) [2].

#### 11) Электронная промышленность.

Применяются при визуальном контроле качества производства и сборки электронных устройств. То есть для контроля механических повреждений или разрушений корпусов, внутренних перегородок и технологических выступов или отверстий, полупроводниковых приборов, для контроля качества печатных плат (пайки, расслоение или изменение цвета материала, вспучивание и деформации), а так же для контроля конденсаторов (разрушение тела конденсатора, утечки электролита в электролитических конденсаторах, обрыв), реле, катушек оплавление или разрушение контактов, включая коррозию и обрыв [2].

#### 12) Автомобильная промышленность.

При техническом обслуживании парка машин, например контроль качества изготовления и сборки различных элементов автомобилей (двигатели, коробки передач), оценка величины их износа и определение каких либо поломок, а также состояния рабочих поверхностей деталей агрегатов, гидropневмосистем, коррозии деталей кузова, качество сварки и

окраски, наличие царапин, трещин, выбоин, разрушений, усталостных изломов, подтеканий масла и охлаждающей жидкости для оценки величины износа и определения поломок [2].

#### 13) Морской транспорт.

Для безразборной технической диагностики деталей и узлов морских и речных судов на судомоторных предприятиях. Например, для обнаружения дефектов типа трещин, заковов, коррозионных повреждений, забоин, рисок и т.д., и оценки состояния корпусных конструкций судов, устройств в корпусе, вспомогательных и палубных механизмов, якорных, швартовых и буксировочных устройств, трубок и межтрубного пространства теплообменников, котлов, сосудов под давлением и внутренних стенок труб [2].

#### 14) Архитектура и строительство.

Видеозонды применяются при проведении профилактических и внеочередных (после стихийных бедствий и аварий) осмотров зданий и сооружений при необходимости углубленного изучения и оценки состояния их конструктивных элементов, выявлению аварийных, пожароопасных участков, а также участков, создающих риск для здоровья людей, живущих или работающих в них. Например, для осмотров пустот, проходов и других недоступных пространств в потолках, в стенах и под полом, при строительной экспертизе строительно-монтажных и ремонтных работ для обнаружения скрытых дефектов и выявления засорения и загрязнения систем кондиционирования и вентиляции [2].

#### 15) Наука.

Видеозонды применяются в исследовательских и поисковых работах. В археологии для изучения недоступных для прямого наблюдения внутренних полостей исторических памятников, захоронений (могильников и гробниц), в спелеологии для обследования недоступных частей пещер, нор, гротов [2].

#### 16) Службы обеспечения безопасности и таможни.

Пожарная служба, полиция, охранные предприятия, службы безопасности терминалов водного, наземного и воздушного транспорта, службы спасения, специальные подразделения. Видеозонды широко используются для обеспечения безопасности жизнедеятельности людей и решения поисково-досмотровых задач. Например, при проведении оперативно розыскных и спасательных работ ведется осмотр различных объектов (терминалов, аэропортов, вокзалов ит.д.), сооружений, помещений и труднодоступных мест, с целью контроля состояния деталей и механизмов, а также наличие угрозы жизни человека, взрыво и пожароопасных инородных предметов. При досмотре труднодоступных мест и коммуникации водного, наземного и воздушного транспорта с целью обнаружения взрывных устройств, наркотиков, оружия, контрабанды, сокрытого багажа и других предметов, скрывающихся в помещениях посторонних лиц, выявление опасности терактов и катастроф. При осмотре завалов жилых и производственных помещений во время проведения аварийно-

восстановительных работ для контроля труднодоступных зон и закрытых полостей, обнаружения пострадавших. Обобщением мирового опыта применение данного оборудования, определяет следующие перспективные направления, обеспечивающие эффективность производства по уголовному делу:

- как средство установления расположения террористов и их жертв в условиях замкнутого пространства;
- как вспомогательное приспособление участвующее в исследовании подозрительных объектов на предмет наличия в них взрывчатых устройств и взрывных веществ;
- как прибор устанавливающий наличие тайников, двойных стен а так же иных скрытых мест в обследуемом перед обыском помещении;
- как средство обнаружения массовых захоронений находящихся под пластом земли [2].

#### 17) Военное дело.

Для осмотра скрытых (внутренних) полостей стрелкового и ракетно-артиллерийского, инженерного вооружения и техники, технического состояния агрегатов, систем и механизмов, корабельного оборудования и авиационной техники, состояния сооружений, инженерных сетей и коммуникаций. Например, осмотр внутренней поверхности стволов артиллерийских систем, состояния лопаток, направляющего аппарата и других элементов турбин и компрессоров газотурбинных двигателей бронетанковой техники и т.д. [2].

#### 18) Горное дело.

Для обнаружения и измерения параметров систем трещин, для определения устойчивости пород вокруг горных выработок. При подземной добыче в рудниках и угольных шахтах могут быть выделены следующие цели:

- автоматизированное документирование состояния массива горных пород;
- определение параметров разделяющих поверхностей;
- литологическое расчленение массива;
- распознавание зон разуплотнения и полостей;
- контроль крепи;
- контроль заполнения заобделочного пространства;
- контроль результатов тампонирования горных пород;
- документирование результатов крепления массива за счет повторных измерений до и после установки крепи;
- мониторинг устойчивости пород вокруг штреков.

Определение структуры разделяющих плоскостей в угольных шахтах. Производя подробный анализ развертки внутренних поверхностей шпура и присутствующих на ней синусоподобных линий можно получить все параметры трещин, пересекающих шпур. Таким образом можно получить наиболее полную картину имеющихся в кровле выработки плоскостей разделения и сделать прогноз устойчивости массива [2].

Из выше перечисленных областей применения видеозонда можно сделать вывод что он применяется, ввиду разнообразия конструкций и минимально возможного размера, в сферах неразрушающего контроля и позволяет добраться в недоступные места различных механизмов и объектов с целью обеспечения визуализирования их внутреннего строения.

### **1.3 Практическое применение видеозонда в скважинных технологиях для решения геотехнологических задач.**

Обнаружение и измерение параметров систем трещин, в значительной степени определяющих устойчивость пород вокруг горных выработок, является важной технологической задачей в деле контроля и прогноза геомеханического состояния массива. Для ее решения в настоящее время широкое распространение получают такие технические средства наблюдения как скважинные видеозонды различной конструкции и назначения [3, 4].

Состоят такие зонды из оптической системы с видеокамерой, блока питания, персонального компьютера и датчика пройденного расстояния. При проведении видеосъемки такие зонды перемещаются вдоль оси стенок скважины, при этом происходит запись изображения с отбивкой глубины в компьютер, где совмещаются с каротажными диаграммами и геологическим разрезом.

Существуют несколько модификаций зондов, среди которых наиболее удобной для съемки и информативной с точки зрения получаемых данных является модификация с конусным зеркалом [4]. В данной конфигурации видеозонда свет светодиодов отраженный от стенок скважины попадает на смонтированное соосно зонду конусное зеркало, данное зеркало в свою очередь передает изображение на камеру находящуюся за зеркалом. В результате чего получается развернутое изображение поверхности стенок скважины с обзоров в 360°. Для располагающихся в массиве систем трещин и учета их влияния на устойчивость массива горных пород существуют определенные методики геометрических измерений.

#### **1.3.1 Задачи решаемые с помощью видеозонда в горном деле.**

Видеозонд для скважин находит себе широкое применение при решении ряда различных задач, например, в области горного дела. При подземной добыче в угольных шахтах и рудниках можно выделить следующие цели:

- документирование состояния массива горных пород;
- литологическое разделение массива;
- определение параметров разделяющих поверхностей;
- контроль заполнения задюбингового пространства;
- распознавание зон полостей и трещиноватости;
- контроль крепи;
- документирование результатов крепления массива за счет повторных измерений до и после установки крепи;
- контроль результатов тампонирования горных пород;
- мониторинг устойчивости пород вокруг штреков.

### 1.3.2 Определение структуры зон трещиноватости.

На рисунке 1 представлена развертка внутренней поверхности стенок скважины пробуренной в горной породе. На разверточном изображении, плоскость трещины(результат пересечения плоскости трещины и цилиндра), представлена в виде синусоидальной линии. Здесь можно четко проследить три трещины, одна из которых практически перпендикулярна стволу скважины (угол падения  $9^\circ$ ), следующая почти параллельна (угол падения  $87^\circ$ ), плоскость третьей трещины расположена под наклоном к стволу скважины(угол падения  $25^\circ$ ). В данном случае первая трещина будет способствовать обвалу кровли каверны, а третья трещина будет способствовать вывалу породы в ствол скважины. В сочетании второй и третьей трещин, обладающими весьма значительными углами падения из трех трещин, создается наиболее высокая вероятность образования вывала породы.



Рисунок 1 – Пример развертки полученный при съемки видеозондом

Проводя подобный анализ развертки внутренней поверхности стенок скважины с имеющимися на ней синусоидально подобными линиями можно получить полный спектр параметров (падение, раскрытие, азимут) для всех трещин. Таким образом можно получить полную картину наличия плоскостей разделения и спрогнозировать устойчивость массива. При помощи специального программного обеспечения (ABS-COM) можно задокументировать трещины (пара щелчков мышью по развертке в области трещины позволяют аппроксимировать ее синусоидой) и на основании этого построить трехмерную картину разделения плоскостей рисунок 2. Данное программное обеспечение позволяет создавать архивы с данными по

различным скважинам и сравнивать полученные новые данные с имеющимися в архиве.

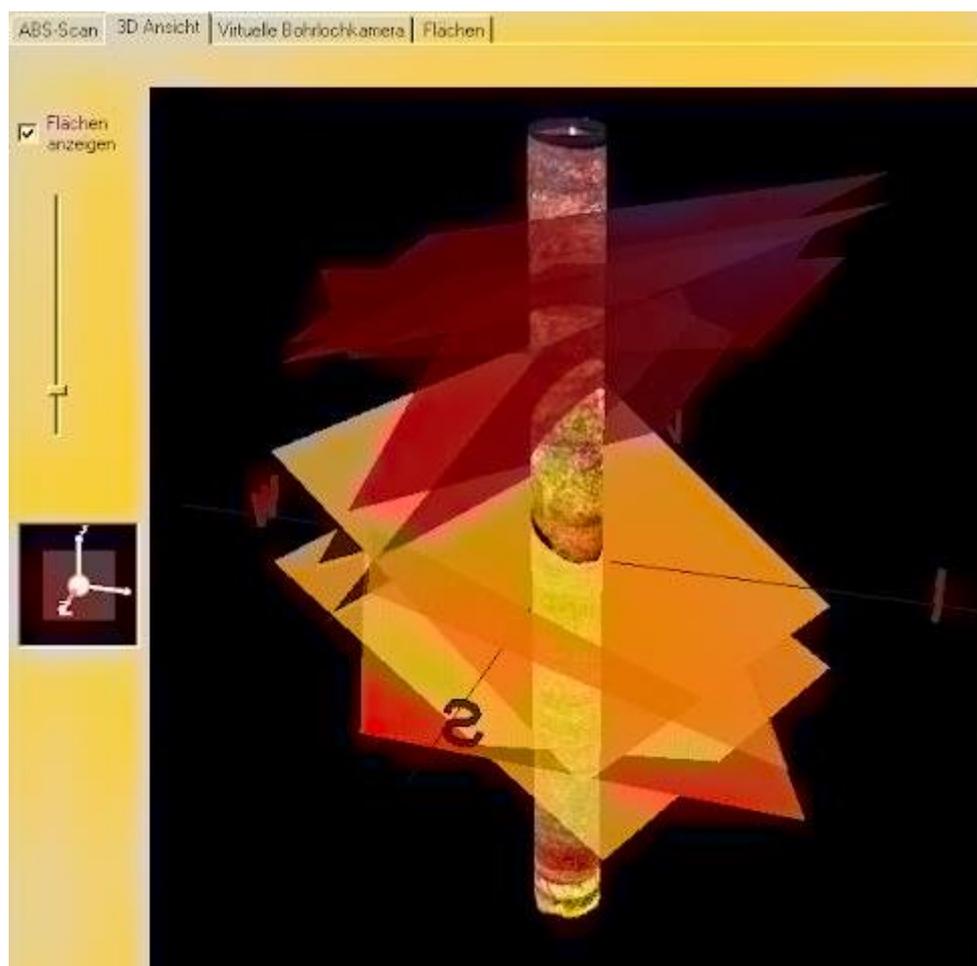


Рисунок 2 – 3D модель распространения плоскостей разделения

1.3.3 Определение зон кавернозности с помощью видеозонда и интерпретация полученных данных.

Кавернометрия - определение зависимости диаметра скажины от её глубины при помощи специальной измерительной аппаратуры. Один из методов нефизического исследования скажин. Кавернометрия производится специальными приборами - рычажными каверномерами [5].

Благодаря съемке при видеокаротаже удастся детально определить и более тщательно изучить каверны, обрушения и завалы в открытом стволе скважины. Кроме того, видеозапись позволяет точно определить глубину залегания, размеры и форму изучаемых объектов. При обследовании открытого ствола скважины выявляются наиболее трещиноватые и пористые промежутки пород для анализа литологии разреза [5].

Проведение кавернометрии с использованием видеозонда дает более четкую информацию о состоянии контролируемого объекта: зон трещиноватости и кавернозности стенок ствола скважины для планирования регламентных и восстановительных работ [5].

Для уточнения геологического разреза скважины и обнаружения пластов-коллекторов используются кавернограммы (кривые изменения диаметра скважины вдоль её ствола). Они дают возможность контролировать состояние ствола скважины при бурении; выявлять интервалы, благоприятные для установки герметизирующих устройств; определять количество цемента, необходимого для герметизации затрубного пространства при обсадке скважины колонной труб [5].

На режимной скважине № 59–1–7 был применен комплексный метод нескольких видов каротажных работ для качественной оценки состояния стенок ствола скважины. После проведения комплексного каротажа был проведен видеокартаж данной скважины рисунок 3 [5].

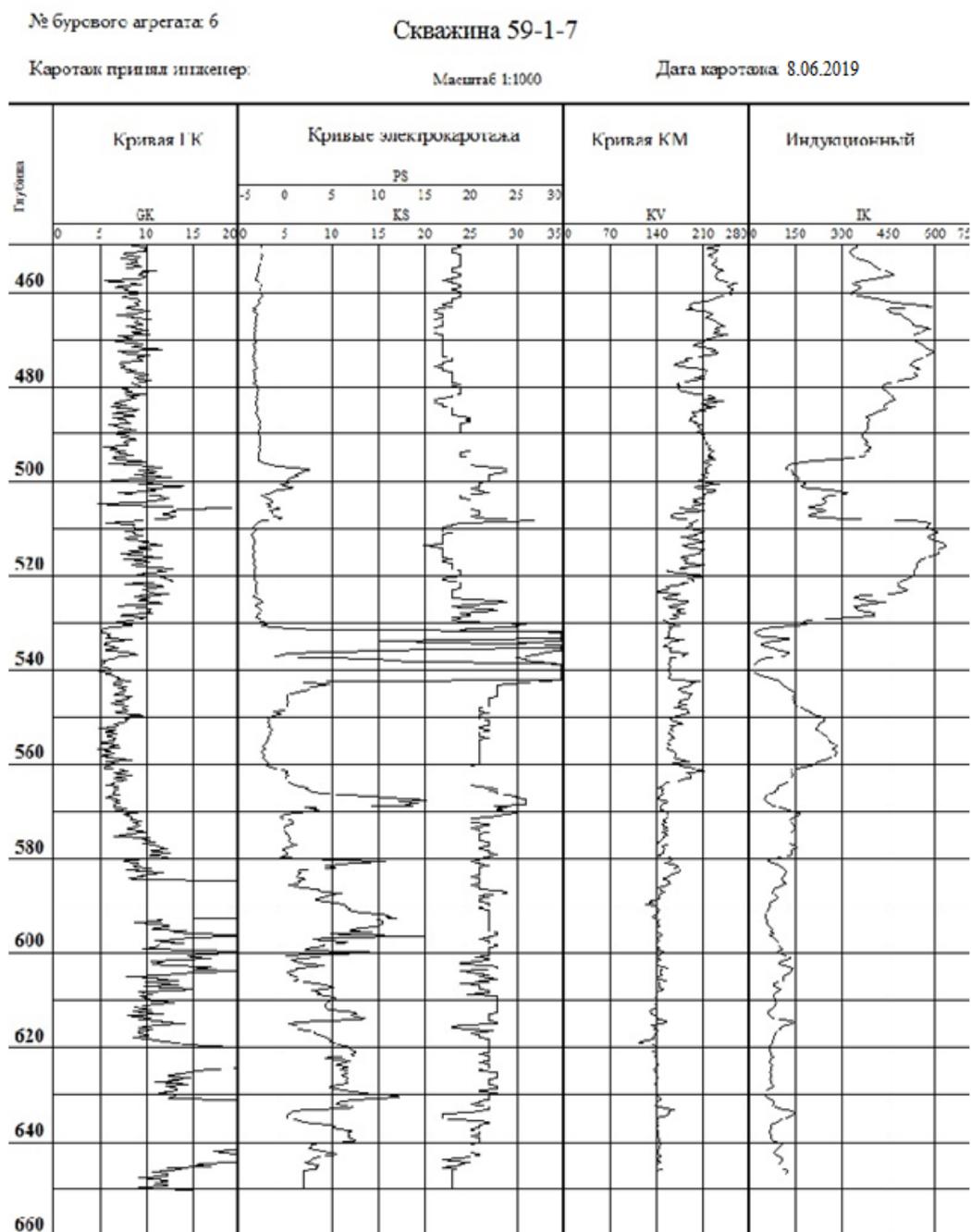


Рисунок 3 – Диаграмма кривых электрокаротажа скважины № 59-1-7

Анализ полученных данных, представленных на рисунке 2, убедительно доказывает эффективность и необходимость применения данного метода дефектоскопии в условиях эксплуатации режимной скважины № 59–1–7 [5].

В таблице 1 приведены характеристики зон трещиноватости и кавернозности.

Таблица 1 – Скважина № 59-1-7 видеокаротаж и кавернометрия на интервале 460-660м

Графическое описание	Определение трещиноватости и кавернозности разреза				
	Глубина, м	Кровля, м	Подоша, м	Мощность пласта, м	Значение кав-ти, мм
 Каверна в коренной породе	460.6	460.8	461.5	0.7	150
 Каверна с вывалом стенки	490.1	490	490.6	0.6	200
 Статический уровень воды	540.0				
 Видимый забой скважины	660.9				

Практическое применение видеозонда для скважинных технологий позволяет решать задачи, по определению структуры плоскостей разделения а также зон кавернозности и трещиноватости и литологическое разделение массива в горных породах, для возможности прогнозирования обрушений и планирование реализации ремонтно-восстановительных работ в аварийных скважинах.

#### **1.4 Применение видеозондов в системах телеинспекции**

Видеозонды применяются в различных системах телеинспекции которые можно разделить на проталкиваемые и спускаемые.

Под проталкиваемыми системами телеинспекции, представленными на рисунке 4, понимают устройство для видеодокументирования состояния внутренней поверхности труб разного назначения. Такие приборы имеют компактные размеры, довольно высокую надежность, простоту в эксплуатации и обладают достаточно высокой степенью проходимости. С их помощью проводят оценку технического состояния инженерных сетей а также уточняют и составляют схемы трубопроводов, выявляют места локализации засоров и утечек. В сравнении с системами где видеозонды устанавливаются на самоходные, роботизированные системы визуальной дефектоскопии проталкиваемые проталкиваемые системы доступнее по цене и более ремонтпригодны, что обеспечивает их востребованность в самых разнообразных отраслях.



Рисунок 4 – Проталкиваемые системы телеинспекции

Комплексы видеодиагностики используют для обследования полостных объектов, применяемых для транспортировки технических жидкостей, газообразного или жидкого сырья, нефтяных отходов. Для введения камеры требуется вскрытие сетей, а это создает определенные трудности при

проверке труб по давлению. По этой причине для изучения коммуникаций под давлением, водопровода, газопровода и др., применяют специализированные устройства дефектоскопии (толщиномеры, акустические и корреляционные течеискатели, манометры, портативные расходомеры).

Проталкиваемые системы телеинспекции, представлены на рисунке 5, являются более удобными при обследовании труб не под давлением, из которых состоят вентиляционные каналы и канализационные магистрали. Наибольшую эффективность такие комплексы демонстрируют применительно к канализационным сетям. Широкий угол обзора камеры позволяет выявлять малейшие разрушения свода коллектора, что является важным условием, при современной диагностике, для предотвращения потенциальных провалов.



Рисунок 5 – Процесс проведения обследования

Объект обследуется специальной камерой, представленной на рисунке 6, установленной на конце специализированного стеклопругкого кабеля. Видеозонд вводится в обследуемый трубопровод сквозь отверстие и продвигается вперед вдоль канала по мере разматывания кабеля. Результаты с камеры видеозонда передаются на монитор и записываются на цифровой носитель, рекордером.

Преимущества проталкиваемых систем телеметрии:

- высокое качество фиксируемого видеосигнала;
- быстрое выявлении любых дефектов трубы;
- возможность обследования магистралей сложной конфигурации;
- допустимость обследования труб малого диаметра;
- цифровое документирование всех данных с указанием протяженности трассы, даты и времени проведения инспекции.

К недостаткам проталкиваемой системы можно отнести:

- узкий спектр обзора, обусловленный параметрами оптики и подвижностью камеры;

- сложность использования применительно к напорным трубам;
- ограниченность доступа в соответствии с длиной кабеля и возможностями камеры.

Несмотря на недостатки, система телеинспекции остается одним из самых наиболее качественных и доступных по цене методов обследования безнапорных инженерных коммуникаций.



Рисунок 6 – Специальная камера «Видеозонд»

Системы со спускаемыми скважинными видеозондами, представленные на рисунке 7, активно используются для инспекции скважин, шурпов в горном деле и геологической разведке. Видеозонд для скважинной системы состоит из следующих компонентов: защищенная сферическим стеклом видеокамера; светодиодное кольцо для освещения скважины, сервоприводы для поворота видеокамеры; передающее устройство видеосигнала. Диаметры скважин, для которых применяются видеозонды делятся на три группы; до 50 мм, до 250мм, свыше 300 мм. Большая часть ограничений связана с размерами камеры зонда, что оказывает влияние на его конструктивные особенности исполнения. На пример, для скважин диаметром 50 мм характерна фронтальная схема установки камеры в зонд.

Перемещение зонда в скважине обеспечивается с помощью геофизического кабеля в стальной, двухслойной оплетке с усилием на разрыв 1000 кг. Максимальная глубина погружения в скважину, зависит от длины кабеля и может колебаться от нескольких сотен метров до нескольких километров. Комплекс аппаратуры для скважинной телеинспекции может иметь различные габариты: установки монтируемые на автомобиле; переносные варианты. Обычно чем больше глубина на которую рассчитана установка тем больше ее габаритные размеры и тем больше транспорт в котором она монтируется. Видеозонды для скважинной телеметрии адаптированы для работы под водой и могут выдерживать достаточно широкий диапазон

давлений в отличие от зондов для проталкиваемых систем. В настоящее время используется весьма большое количество систем телеметрии для скважин работающих с аналоговым сигналом что дает данным системам высокую надежность и ремонтпригодность в полевых условиях.



Рисунок 7 – Система со спускаемым видеозондом

В настоящее время видеозонды зачастую оснащаются несколькими камерами. В свою очередь, камеры могут располагаться во фронтальной и боковой частях зонда а также под стеклянным куполом во фронтальной части зонда имея при этом привод ротации и качения.

Зонд с фронтальной схемой установки камеры (down view camera) приведен на рисунке 8, подразумевает размещение камеры в фронтальной части зонда. В следствии чего получается перспективно искаженное изображение, которое можно использовать как в обработанном специальным ПО так и в неизменном виде.

Боковая схема (side view camera), представлена на рисунке 9, подразумевает установку камеры с боковым направлением съемки, при этом снимается изображение стенки скважины находящейся напротив камеры. Камера снабжается сервоприводом что обеспечивает круговой обзор с поворотом на 360°.

Достоинством фронтальной схемы перед боковой является простота конструкции, перестает быть необходимым использование сервоприводов (для изменения угла обзора). Что повышает надежность системы и позволяет создавать зонды с наименьшими размерами для скважин с небольшим диаметром. В случае с фронтальной схемой за один и тот же отрезок времени можно снять все 360° внутренней поверхности скважины, а в случае боковой



Рисунок 8 – Зонд с фронтальным размещением камеры  
схемы только ту часть боковой стенки скважины к которой в данный момент обращен объектив камеры. Это существенно затрудняет или вовсе исключает возможность видеосъемки при непрерывном движении камеры вдоль оси ствола скважины.



Рисунок 9 – Зонд с боковым размещением камеры

Недостатком фронтальной схемы установки камеры в видеозонде является невозможным получить неискаженное изображение внутренней поверхности стенок скважины.

В случае комбинированной схемы представленной на рисунке 10, в видеозонд устанавливается две камеры с боковой и фронтальной части зонда. Данный вариант позволяет непрерывно вести видеосъемку с возможностью, в случае необходимости, рассмотреть как скважину в целом, так и поверхность ее стенок. Однако в таком варианте не решается проблема компактности видеозонда, а еще больше усложняется его конструкция.



Рисунок 10 – Видеозонд с фронтальной и боковой схемой установки камеры

Поворотно-наклонная система, она же купольная, (pan/tilt camera) представлена на рисунке 11. Камера устанавливается во фронтальной части зонда и накрывается для защиты от окружающей среды стеклянной полусферой. При помощи сервоприводов камеру можно вращать в горизонтальной и вертикальной плоскости. Данная схема фактически представляет собой промежуточный вариант между боковой и фронтальной.

Недостаток конструкции заключается в сложности, в относительно больших размерах видеозонда, в невозможной одновременной видеосъемке изображения сбоку и спереди.

Также существует схема с передачей изображения с конусного зеркала на камеру, рисунок 12. На соосно смонтированное с зондом конусное зеркало попадает свет от стенок скважины, затем от зеркала изображение передается в объектив камеры находящейся за ним. Данный вариант схемы бокового обзора, позволят избавиться от движущихся деталей и сервоприводов, что увеличивает надежность системы и позволяет уменьшить диаметр зонда.



Рисунок 11 – Купольная схема видеозонда

Подобное решение также позволяет снимать по окружности всю поверхность скважины и производить непрерывно боковую съемку стенок при продольном перемещении зонда в скважине.

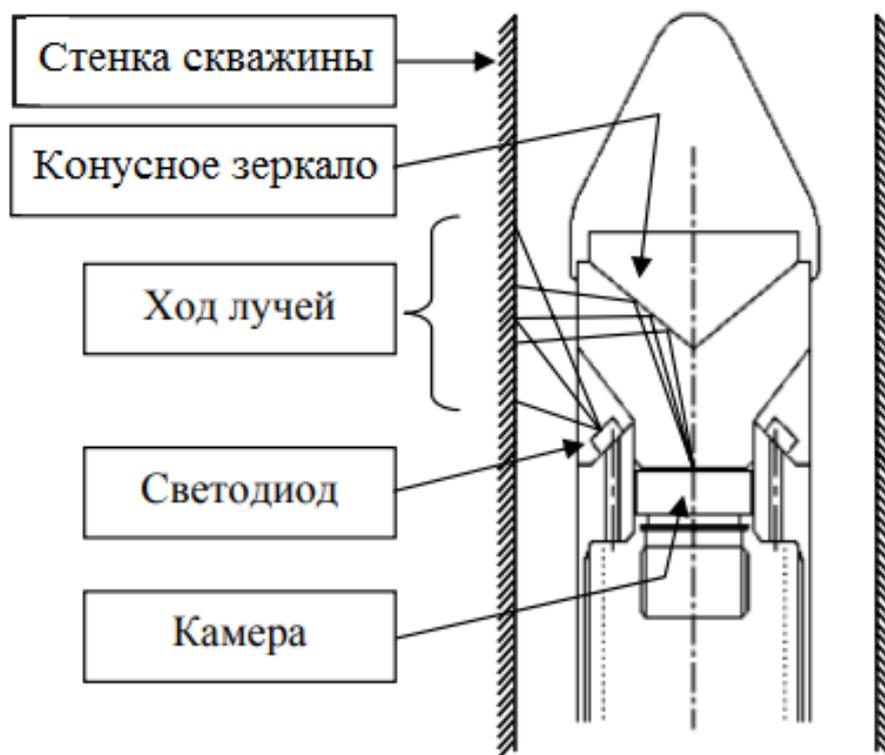


Рисунок 12 – Схема видеозонда с конусным зеркалом

Данный образец зонда имеет возможность проведения более точных количественных измерений, по получению изображения со стенок скважины.

В случае двухкамерного комбинирования конусной и фронтальной схемы можно получить картинку перед зондом, не увеличивая его диаметр.

В таблице 2 приведены сравнительные характеристические данные по рассмотренным схемам размещения видеокамеры в зондах для скважинных технологий.

Таблица 2 – Достоинства и недостатки конструктивных схем видеозондов

Схема	Достоинства	Недостатки
фронтальная	малый диаметр видеозонда, надежность, простота	невозможность прямого наблюдения стенок скважины, искажения получаемой картинки
боковая	можно наблюдать стенки скважины	сложность конструкции, отсутствие непрерывной съемки
комбинированная	одновременное наблюдение стенок скважины с фронтальной съемкой	сложность конструкции, отсутствие непрерывной съемки стенок скважины
купольная	фронтальная съемка и наблюдение стенок скважины	сложность конструкции, малая ремонтпригодность в полевых условиях
с конусным зеркалом	малый диаметр зонда, простота конструкции, надежность, непрерывная боковая съемка проведение точных количественных измерений по развертке полученных изображений скважины	невозможность проведения в процессе съемки общего фронтального обзора

Помимо видеокамеры также в состав видеозонда обязательно должна входить система освещения, в качестве источников излучения использующая галогеновые лампы но в современных реалиях это должны быть светодиоды. От расположения в видеозонде зависит количество источников и требуемой освещенности на объекте и параметров камеры. Система освещения зонда может быть внутренней, рисунок 13, когда внутри корпуса зонда располагаются светодиоды, внешней, рисунок 14, когда источники освещения вынесены на определенное расстояние от видеозонда.

Система освещения с внутренним расположением источников излучения, не требует дополнительных затрат на герметизацию, поскольку размещается в дном корпусе с видеокамерой. Осветительными источниками в таких системах могут быть светодиоды, с невидимым человеческому глазу инфракрасным спектром излучения, но зачастую используются обычные светодиоды с температурой свечения зависящей от границы цветовой восприимчивости видеокамеры устанавливаемой в зонд телеинспекции.

Внешняя система освещения применялась на самых первых видеозондах для систем телеинспекции, источниками света в данной системе служат галогеновые лампы, или обычные лампы накаливания. Данная система,

поскольку устанавливается на корпус зонда с внешней стороны и требует специального корпуса способного выдерживать различные значения давления оказываемого на этот самый корпус, также они увеличивают габаритные размеры и из-за этого зонд не применим к использованию в скважинах меньшего диаметра. Недостатком таких систем является их чрезмерный нагрев что в сочетании с холодной водой приводит к выходу из строя элементов освещения, а также данные системы создают просадки напряжения на питающей линии что негативно сказывается на работе видеокамеры. В настоящее время системы внешнего освещения для видеозонда практически не используются поскольку их вытеснили более компактные, экономичные и более яркие системы на светодиодах.

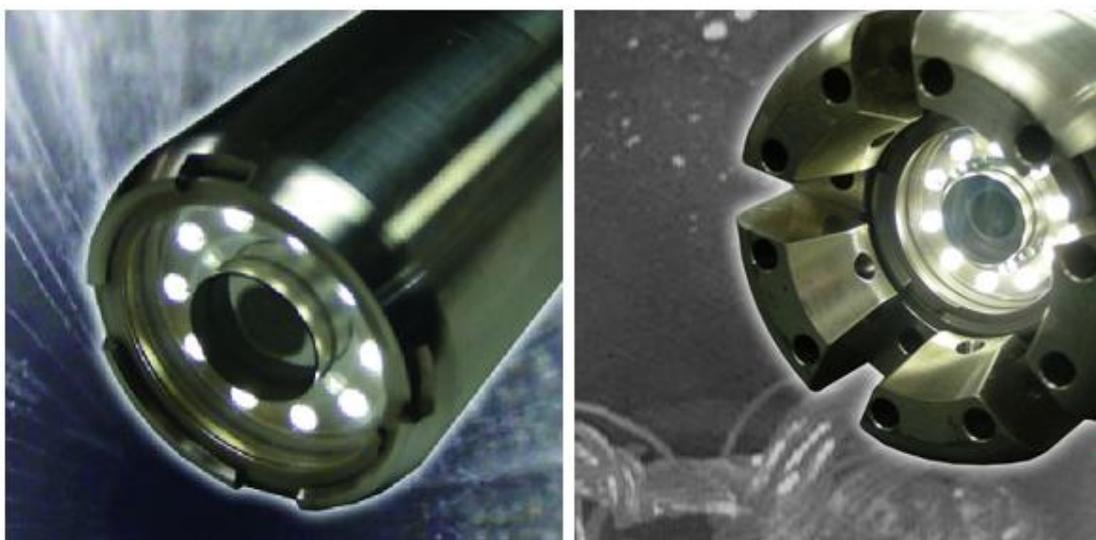


Рисунок 13 – Видеозонд с внутренним освещением

Исходя из выше перечисленного можно сказать о том, что современные системы телеинспекции скважин весьма технологичны, имеют разнообразные конструкции и элементный состав, надежны и имеют высокую ремонтопригодность даже в полевых условиях, также могут похвастаться простотой использования и высокой эффективностью в работе.



Рисунок 14 – Внешнее освещение видеозонда

## 1.5 Аналитический обзор существующих систем телеинспекции

### 1.5.1 Переносная телеинспекционная система R-CAM 1000

Система R-CAM 1000 имеет два широкоугольных, водонепроницаемых, цветных объектива в одном корпусе, позволяя просматривать скважину со всех сторон, представлена на рисунке 15. CCD сенсор камеры имеет низкий уровень чувствительности освещения, тем самым позволяет камере получать хорошее изображение даже при минимальном освещении [6].

Светоизлучающие диоды размещены непосредственно в камере и обеспечивают первоначальное освещение в скважине. Светодиоды являются ударопрочными, и имеют долгий срок эксплуатации, который составляет примерно 5000 часов использования [6].

Выходной видеосигнал от камеры и сигнал управления передается при помощи коаксиального кабеля, который усилен кевларом. Поэтому камера работает только с блоком управления R-CAM и не совместима с другими системами. Коаксиальный разъем на задней панели камеры подключен герметично к кабелю под давлением. R-CAM блок управления обеспечивает все элементы управления для работы камеры и узла барабана, и оснащен 7 – дюймовым ЖК- монитором. Система оснащена рекордером DVDR, который предназначен для записи обследования. Питание системы осуществляется от перезаряжаемой 12 вольтовой гелиевой батареи, что делает всю систему полностью портативной. Аккумуляторная батарея может обеспечить работу системы примерно на 4-5 часов [6].



Рисунок 15 – Переносная телеинспекционная система R-CAM 1000

Технические характеристики переносной телеинспекционной системы R-CAM 1000.

Корпус камеры содержит два сенсора с собственной оптикой, посути две камеры. Одна направлена вниз, вторая в бок под углом 90° в отношении к первой. Обе камеры вращаются внутри корпуса на 360°. Диаметр гермитичного корпуса 57 мм.

Оптическое разрешение:

- сенсор 8мм IL CCD;
- разрешение фронтальной камеры 500x582;
- разрешение боковой камеры 765x582;
- чувствительность фронтальной камеры 0.5 LUX;
- чувствительность боковой камеры 1.0 LUX.

Подсветка:

- сверхяркие светодиоды для обеих камер с ресурсом до 5000 часов;
- количество светодиодов подобранно в соответствии с чувствительностью видеокамер;
- для фронтальной камеры 18 super bright, ultra white LED;
- для боковой камеры 32 super bright LED.

Диапазон фокусировки:

- для фронтальной камеры 350 мм;
- для боковой камеры 300 мм.

Рабочий диапазон температур:

- от 0° С до 50° С.

Питание:

- переносная 12В батарея в защитном корпусе, со встроенным зарядным устройством, с возможностью работы и зарядки от сети 220 вольт.

Счетчик длинны расхода кабеля:

- электронно-механический счетчик с обнулением и выводом значений на экран.

Спуско-подъемный мехаизм:

- электромотор привода барабана, для намотки кабеля, с реверсом, с плавной регулировкой скорости и питанием от 12В. Все смонтировано на тележке с пневмо колесами и выдвигной стрелой до 90 см.

#### 1.5.2 Телеинспекционная система для осмотра скважин на воду ВИС-15

Видеоинспекционная система системы ВИС-15, представленная на рисунке 16, предназначена для осмотра и диагностики состояния скважин на воду, колодцев, систем водоснабжения диаметром от 65мм и глубиной до 200м. Видеоинспекционная система ВИС-15 оснащается несколькими видами камер. Герметичный корпус видеокамеры, представленный на рисунке 17, для телеинспекции способен выдержать оказываемое на его стенки давление до 30 бар (3 МПа). Оснащается вынесенными сверхяркими светодиодами, обеспечивающими «темную зону» до передней границы резко изображаемого пространства видеокамеры, что позволяет значительно улучшить качество

изображения, это особенно заметно в мутной или с пузырьками воздуха воде [7].



Рисунок 16 – Телеинспекционная система ВИС-15

Технические характеристики:

- цветная видеокамера высокого разрешения в герметичном корпусе с сверхяркими светодиодами, выдвинутыми вперед камеры, угол обзора камер 170°, габарит видеокамеры по светодиодам 56мм;
- пульт дистанционного управления видеорегистратором и просмотром видеофайлов со встроенным цветным ЖК- дисплеем;
- штатив-тренога;
- аккумулятор 12В, 4.5А.ч;
- барабан со специальным кабелем для диагностики глубоководных скважин на воду, располагается на колесах для удобства работы и транспортировки с кабелеукладчиком и функцией от произвольного сматывания;

- счетчик длины кабеля механический со сбросом, цена деления 0.1м.



Рисунок 17 – Корпус камеры системы телеинспекции ВИС-15

#### 1.5.3 Система телеинспекции miniCam bk550 Set

Телеинспекционная система bk550 Set, приведенная на рисунке 18, с наклонно-поворотной видеокамерой SK 50, показана на рисунке 19, для обследования водозаборных скважин, колодцев и шахт диаметром от 60 до 500 мм на глубину до 500 м [8].



Рисунок 18 – Система телеинспекции miniCam bk550 Set

Блок управления:

- ЖК-монитор в пластиковом ударопрочном, водонепроницаемом кейсе. Обеспечивает комфортную работу при ярком солнечной погоде;
- позволяет записывать фото-видео материал на цифровой носитель;
- формат фотографий bmp 640x480, формат видео mpeg-4 800x600;
- обеспечивает наложение даты и глубины на записываемый видео и фото материал;
- имеет степень защиты ip 55;
- оборудован пультом дистанционного управления;
- возможен ввод текстовых комментариев.



Рисунок 19 – Видеокамера SK 50

Видеокамера SK 50:

- диаметр видеозонда 50 мм;
- масса 800 г;
- способность выдерживать давление, с запасом, до 60 бар (6 МПа или 600 м водяного столба );
- система освещения из 10 сверх ярких светодиодов с возможностью регулировки интенсивности свечения;
- разрешения видеокамеры 560 ТВ-линий;
- светочувствительность матрицы 0,02 люкс/F1.2;
- для защиты видеокамеры установлено сапфировое стекло толщиной 3,5 мм устойчивое к истиранию.

Моторизированный барабан для укладки кабеля:

- кабель для передачи видео 7.3 мм длиной 550 м и прочностью на разрыв 500 кг;
- электронный счетчик расхода кабеля;
- встроенный блок питания 220-12 В;

- подвижная направляющая для точного размещения видеозонда в месте проведения работ.

#### 1.5.4 Скважинная камера Well Camera 1

Скважинная система Well Camera , представлена на рисунке 20, проста в использовании, компактна и надежна за счет этого она удобна для использования в полевых условиях. Система состоит из камеры, катушки с размеченным кабелем и блока, оснащенного ЖК-дисплеем, аккумулятора рассчитанного на 6 часов работы, микрофона и выхода USB для записи на внешние цифровые носители. В зависимости от комплектации длина кабеля варьируется от 50 до 300 метров.



Рисунок 20 - Скважинная камера Well Camera 1

Технические характеристики видеозонда:

- диаметр 40 мм;
- длина 150 мм;
- устанавливается камера с типом матрицы CCD 1/3”;
- разрешение камеры 480 линий;
- чувствительность камеры 1 люкс;
- система освещения 6 сверх ярких светодиодов.

Блок управления:

- оснащен дисплеем TFT LCD 7”;
- система питания представляет аккумулятор 12В, обеспечивающий 6 часов работы. Есть возможность подключения внешнего блока питания;
- оснащен цифровым выходом USB 2.0 для записи информации на съемные носители.

### 1.5.5 Система 8030 COLOR для телеинспекции

Цветная телеинспекционная система 8030 Color, приведенная на рисунке 21, предназначена для быстрой диагностики состояния скважин и трубопроводов всеми службами от аварийных бригад горводоканала до специализированных служб. Позволяет в считанные минуты оценить объем работ или показать качество выполненных работ [10].



Рисунок 21 – Система 8030 COLOR

Технические характеристики:

- ЖК-монитор с солнцезащитным козырьком в металлическом корпусе;
- применяется для труб диаметром от 30 до 500 мм;
- 9 мм прочный, износостойкий кабель длиной 80 м;
- катушка для намотки кабеля;
- электронный счетчик глубины;
- система освещения состоит из 24 сверх ярких светодиодов;
- угол обзора камеры составляет 97°;
- разрешение камеры 752x582;
- светочувствительность камеры 0.01 люкс;

- корпус видеозонда выполнен из нержавеющей стали выдерживающий 8 бар давления;
- стойкая к царапинам сапфировая линза;
- питание системы 220В или 12В.

#### 1.5.6 Система телеинспекции скважин и колодцев GEN-2S

Система телеинспекции GEN-2S, показана на рисунке 22, предназначена для осмотра скважин и колодцев. Аппарат видеодиагностики GEN-2S оснащается 8 дюймовым монитором, электрической лебедкой для удобного разматывания и сматывания кабеля, прочным каркасом с катушкой для кабеля и влагозащитным кейсом для переноски блока управления и монитора. Также устройство обладает функцией записи, и счетчиком пройденного расстояния, что облегчает работу с системой [11].

Система оснащается видеозондом с фронтальной камерой угол обзора которой составляет 120°, и опционально зондом с купольной схемой размещения видеокамеры, представленных на рисунке 23.



Рисунок 22 – Система телеинспекции GEN-2S

Разработаны три вида катушек оснащенных электродвигателем для смотки и размотки рабочего кабеля. Между собой катушки отличаются размерами. Более компактная и мобильная, катушка до 500 метров. В случае превышения длины кабеля более 500 метров применяется катушка на 1000 метров. Последний вид катушки оснащается блок балансом, обеспечивающим удобную работу со скважинами, данная катушка имеет максимальный укладочный объем кабеля до 500 метров. Все виды катушек оборудуются счетчиком отмотки кабеля для уточнения пройденного расстояния.



Рисунок 23 – Видеозонды системы GEN-2S

#### 1.5.7 Система телеинспекции Mini-Cam

Система телеинспекции Solo Pro, показана на рисунке 24, разработана с использованием новейших технологий и предназначена для выполнения задач по оперативному осмотру трубопроводов. Пылевлагозащищенная система обладает русским интерфейсом и удобной программой по составлению отчетов. Система оборудуется кабелем длиной от 40 до 100 метров. Кабель очень гибкий и невероятно прочный, и с большой легкостью проходит изгибы в трубе [12].



Рисунок 24 – Система телеинспекции Solo Pro

Основные характеристики:

- TFT экран с разрешением 800x600;
- формат видеозаписи MPEG-4;
- объем встроенной памяти от 16 до 128 Гб;
- USB карта памяти для переноса и хранения данных, и карта памяти SD/SDHC;
- возможность быстро производить скриншоты в формате JPEG в уже записанном а также записываемом видео;
- русскоязычное ПО и раскладка клавиатуры;
- встроенный источник питания в виде литиевых аккумуляторов 12 В обеспечивающих 6 часовую работу установки.

#### 1.5.8 Система телеинспекции скважин АКВАСКОП 500

Данная система, показана на рисунке 25, используется для телеинспекции водозаборных и нефтяных скважин диаметром от 60 и глубиной до 500 метров. При разработке системы была успешно решена задача сделать ее максимально доступной по цене при обеспечении высокой надежности и оптимальных функциональных характеристик [13].



Рисунок 25 – Система телеинспекции скважин АКВАСКОП 500

Параметры видеозонда САМ50:

- диаметр зонда 50мм;
- разрешение видеокамеры 600 твл;
- светочувствительность камеры 0.2 люкса;
- угол обзора 120°;
- максимально допустимое оказываемое давление на зонд 50 бар;
- корпус выполнен из нержавеющей стали.

Так же у системы телеинспекции скважин Акваскоп 500 есть версия смарт позволяющая отображать видео на планшете или смартфоне благодаря использованию программного обеспечения Telescan, которое позволяет записывать аудио комментарии, документировать информацию и составлять отчеты по проделанной работе, рисунок 26.



Рисунок 26 – Система АКВАСКОП 500 SMART

#### 1.5.9 Система телениспекции SOLO

Простая в эксплуатации, компактная и надежная система телеинспекции SOLO применяется для обследования трубопроводов, дымоходов, воздухопроводов и других инженерных сооружений диаметром от 50 до 400 мм рисунок 27[14].

Характеристики зонда САМ50Р:

- разрешение видеокамеры 700 твл;
- угол обзора 120°;
- светочувствительность 0.2 люкс;
- система освещения со светосилой 900 люми;

- материал корпуса нержавеющая сталь;
- камера защищена сапфировым стеклом.

Проталкиваемая система SOLO выпускается также в серии smart с отображением видео на планшете или смартфоне с использованием программного обеспечения telescan, которое позволяет записывать аудио комментарии, документировать отчеты по проделанной работе [14]. Оснащается система аккумуляторами способными продлить автономность работы до 16 часов.



Рисунок 27 – Система телениспекции SOLO

### 1.5.10 Система телеинспекции Triton SL

Система телеинспекции труб Triton SL, рисунок 28, предназначена прежде всего для тех, кто ищет наиболее прочные и надежные системы для повседневного использования. Тщательно протестированная система Triton SL удовлетворит самым высоким требованиям. Система имеет самовыравнивающуюся камеру которая всегда будет расположена правильной стороной в верх. Камера имеет прочный корпус из нержавеющей стали, содержит 20 светодиодов и очень чувствительный видеосенсор (0.5 люкс при F2.0). Объектив надежно защищен от любого повреждения устойчивым к царапинам сапфировым стеклом. Это позволяет легко осмотреть пасынки и основные трубопроводы диаметром до 120 мм и пройти через сифоны от 75 мм [15].



Рисунок 28 – Система телеинспекции Triton SL

Система телеинспекции труб Triton SL включает в себя две основные части:

Первая- прочный барабан с проталкиваемым кабелем длиной до 120 метров. Одним из наиболее чувствительных частей любой трубной камеры является кабель. Triton SL выделяется среди других систем наличием кевларового покрытия кабеля. Кевлар обычно используется для изготовления

пулепробиваемых бронезелетов и известен своей прочностью. Благодаря этой технологии кабель системы Triton SL значительно более долговечен по сравнению с обычными системами [15]. Так же барабан оснащается таким устройством как коллектор, состоящим из скользящих контактов, для передачи сигналов от блока управления к видеозонду и обратно, рисунок 29.



Рисунок 29 – Коллектор

Видеозонд оснащен системой освещения состоящей из 20 сверх ярких светодиодов, рисунок 30. Она обеспечивает весьма превосходное освещение, что помогает в свою очередь получать довольно яркое и четкое изображение. Видеозонд подлежит легкой замене, и его достаточно легко и быстро можно заменить, при случае повреждении во время работы, в полевых условиях.



Рисунок 30 – Видеозонд системы Triton SL

Видеоснаряд обладает классом защиты IP 68, что говорит о полной водонепроницаемости, что позволяет работать при внешнем давлении до 0,6 МПа в пресной воде. Так же видеозонд оснащен встроенным передатчиком с частотой работы 512 Гц, что позволяет с легкостью определить его местоположение используя любой промышленный или любительский локаатор.

Вторая часть системы – блок изображения, рисунок 31. Triton SL имеет широкий экран с диагональю 10,4 дюйма с устройством записи. На нем можно сохранить данные непосредственно на USB носитель. Запись создается в формате высокого качества H.264. Также можно добавлять голосовые комментарии и до 16 страниц текста [15].



Рисунок 31 – Блок изображения Triton SL

Так же данный блок включает в себе такие функции как экранный счетчик размотки кабеля, панель управления системой освещения, аккумуляторную батарею, которая обеспечивает продолжительность работы до 2 часов на одном заряде.

#### 1.5.11 Система телеинспекции Wöhler VIS 700 HR

Система телеинспекции Wöhler, рисунок 32, получила моторизованный фокус. Теперь можно дистанционно управлять фокусным расстоянием камеры и получать предельно качественные изображения, практически не зависящие от расстояния до дефекта или от его положения. Полученное изображение выводится на дисплее высокой четкости и воспроизводится в формате HD [16].

В конструкции прибора применен новый сенсор камеры с разрешением Full HD. Но главная особенность и изюминка данной системы телеинспекции заключается в возможности удаленно при помощи джостика управлять фокусировкой камеры, углом наклона и поворотом управляемой камеры.



Рисунок 32 – Система телеинспекции Wöhler VIS 700 HR

Система позволяет записывать фото и видео материал в HD качестве, и просматривать их на дисплее с высоким разрешением. Данная система телеинспекции также может быть оснащена модулем WIFI, что позволяет проводить передачу изображения на внешние устройства такие как планшеты, смартфоны и ПК. Это дает возможность сразу нескольким специалистам просматривать изображение.

Блок управления системы Wöhler VIS 700 HR оснащен сенсорным монитором с простой и понятной в управлении архитектурой. Данный блок размещается в обрешиненном корпусе для защиты от внешней агрессивной среды. В полевых условиях работы блок управления оказывается в пыли и грязи. Поэтому конструкция данного блока проработана таким образом чтобы можно было быстро и без усилий очистить блок управления от грязи.

Преимущества системы телеинспекции Wöhler VIS 700 HR перед другими:

- управление фокусным расстоянием дистанционно;
- получение изображения в формате full hd;
- водонепроницаемый видеозонд диаметром 40мм;
- наличие радио маячка в видеозонде, с функцией радиолокации;
- возможность текстовых и голосовых комментариев;
- онлайн передача изображения по сети WIFI.

#### 1.5.12 Система телеинспекции Viscam snake camera v8-3288pt-1

Данная система телеинспекции, рисунок 33, разработана для облегчения работы подрядных и коммунальных организаций по обследованию труднодоступных мест инженерных сооружений, скважин и трубопроводов. Эта система может сэкономить время, деньги и усилия затрачиваемые на поиски и догадки в чем заключается проблема и методы по ее быстрому решению давая четкое представление о том что нужно сделать [17].



Рисунок 33 – Система телеинспекции Viscam snake camera

Технические характеристики видеозонда, представленного на рисунке 34, системы Viscam snake camera v8-3288pt-1:

- диаметр видеозонда 50мм, применяется для труб от 60 до 600мм;
- сапфировое защитное стекло;
- угол обзора вращением на 360°, и угол наклона на 180°;
- система освещения состоит из 6 сверх ярких светодиодов;
- материал корпуса нержавеющая сталь, выдерживает давление до 3 бар;
- видеозонд имеет быстро разъемное соединение что позволяет оперативно производить его замену.



Рисунок 34 – Видеозонд системы Viscam snake camera

Технические характеристики блока управления HD DVR системы телеинспекции Viscam snake camera, рисунок 35:

- функции фото, видео и аудио записи и их воспроизведение;
- система HD DVR с твердотельным накопителем 128 Гбт;
- регулировка яркости системы освещения зонда;
- джостик управления камерой в видеозонде;
- выходы видео и аудио;
- клавиатура для добавления пометок на видео.



Рисунок 35 - Блок управления HD DVR

### 1.5.13 Система телеинспекции Vicam Mechatronics v10-bcs

Основные характеристики системы, представленной на рисунке 36, Vicam Mechatronics v10-bcs:

- двойной водонепроницаемый видеозонд для обследования скважины;
- зонд из нержавеющей стали с защитой IP68 выдерживающий давление до 5МПа;
- электрическая лебедка с кабелем длиной 500 метров, рисунок 37;
- блок управления HD DVR [18].



Рисунок 36 – Система телеинспекции Vicam Mechatronics v10-bcs

Технические характеристики видеозонда, рисунок 38:

- корпус выполнен из нержавеющей стали диаметром 63мм;
- давление оказываемое на корпус 5 МПа;
- комбинированная система установки камер;
- разрешение сенсоров фронтальной камеры 720x576 и боковой 720x480;
- боковая камера имеет обзор на 360°;
- угол обзора фронтальной камеры 120°;
- система освещения состоит из 6 сверх ярких светодиодов на обеих камерах;
- вес зонда составляет 6 кг.



Рисунок 37 – Электрическая лебедка системы Vicam Mechatronics v10-bcs

Характеристики блока управления системы телеинспекции Vicam Mechatronics v10-bcs, рисунок 39:

- цветной промышленный монитор с соотношением сторон 4:3;
- 9 языковое меню;
- пульт управления лебедкой;
- пульт управления вращением камеры;
- кнопка переключения между камерами;
- управления яркостью системы подсветки зонда;
- блок HD DVR записи и воспроизведения аудио и видео;
- цифровой накопитель данных SSD объемом 128Гб;



Рисунок 38 – Видеозонд системы Vicam Mechatronics v10-bcs

- вывод на экран значений глубины;
- встроенный модуль WIFI, обеспечивающий передачу видео на различные смартфоны.



Рисунок 39 – Блок управления Vicam Mechatronics v10-bcs

#### 1.5.14 Система телеинспекции TROGLOPROBE PRO

Система телеинспекции труб, представленная на рисунке 40, Troglorprobe – это портативное устройство с питанием от усовершенствованной батареи, которая позволяет работать до восьми часов на одном заряде, а подзарядка осуществляется за считанные минуты. Батарея легко пристегивается и автоматически подключается к системе. Система использует надежную камеру T812 с функцией понарамиривания и наклона, которая использует новейшие достижения цифровой электроники для получения изображения с высоким разрешением, с самоцентрирующей функцией с помощью одного нажатия клавиш на клавиатуре [19].

Прочность корпуса: полностью стальная конструкция видеозонда из нержавеющей стали, включающий мощную фронтальную защиту, противоударный внутренний монтаж компонентов, обеспечивающий высокую надежность. Для правильного расположения видео, автокоррекция помогает выровнять изображение.

Система освещения, рисунок 41, используются светодиоды последнего поколения, обеспечивающие хорошую освещенность, чем существующие решения. Увеличение яркости освещенности улучшает качество картинки и позволяет данной системе телеинспекции работать в трубах с большими диаметрами до 300 мм.

Независимое освещение: запотевание является одним из наибольших разочарований для операторов. Искоренение этого недостатка в существующей конструкции было одной из главных задач. Решением стало использование двух отдельных запечатанных камер. Камера следовательно

герметична, использует тепло от освещения для удаления влаги из камеры. Конструкция доказала успех в этой области и камера не запотеваает [19].



Рисунок 40 – Система телеинспекции TROGLOPROBE PRO

Нечего не значит портативность если приходится отдельно носить устройство для видеозаписи, данная система имеет встроенное видеозаписывающее устройство. Регистратор, включающий в себя множество полезных функций, предназначен для промышленного рынка.

Базовая система, состоящая из ЖК монитора высокой яркости, высокоточного счетчика метража, проталкиваемого кабеля длиной 61 метр. Устройство отображения включает в себя композитные видеовыходы и входы. Устройство также включает в себя полностью интегрированный текстовый процессор, аккумулятор и устройство записи. Система полностью совместима с программным обеспечением Wincam [19].

С помощью тормоза, который позволяет точно регулировать подачу, можно контролировать подачу кабеля. Также система позволяет работать в вертикальном и горизонтальном положении в труднодоступных местах где сильно ограничен доступ.

При переноски система идеально складывается и легко транспортируется. Блок управления может эксплуатироваться в любых погодных условиях и полностью защищен от воды. Из толстостенных труб с порошковым покрытием изготовлены рама и барабан. Модульную

конструкцию имеет механизированная часть и вследствие этого легко заменяются основные узлы.



Рисунок 41 – Система освещения TROGLOPROBE PRO

Блок управления, рисунок 42, представляет собой полностью цифровую систему записывающую непосредственно на карту памяти Compact Flash. Карта памяти типа CF обладает высокой прочностью и не имеет подвижных частей. В отличие от DVD дисков она не страдает от повреждений или царапин. Для прямого просмотра на любом компьютере с операционной системой Windows, рекордер использует формат MPEG.



Рисунок 42 – Блок управления системой TROGLOPROBE PRO

Обычный недостаток цифровых устройств записи – это сложная система управления, но работа с телеинспекцией Troglorprobe проще, чем с DVD плеером. Запись и воспроизведение одним касанием клавиши дополняется экраном индикации ставшегося времени записи [19].

#### 1.5.15 Система телеинспекции Evit LongSteer

Система телеинспекции Evit LongSteer, рисунок 43, представляет собой современный набор инструментов, помогающих обнаружить дефекты и посторонние предметы в трубопроводах, сосудах и прочих скрытых труднодоступных полостях. Устройство широко используется при проверке систем центрального кондиционирования, дымоходов, водопроводов, стен зданий, кабель-каналов, вентиляционных систем и т.д. [20].



Рисунок 43 – Система телеинспекции Evit LongSteer

Особенности системы телеинспекции:

- регулируемая система освещения;
- фото в формате JPEG 2560x1920;
- видео в формате AVI 1280x720;
- COMР выход NTS/PAL;
- время работы от Li аккумулятора 6 часов;
- имеет русскоязычный интерфейс;
- защита видеозонда IP68;

- камера защищена сапфировым стеклом, рисунок 44;
- встроенный ЖК дисплей;
- система моментальной записи фото и видео;
- имеется видео выход для подключения внешнего монитора;
- удобный и практичный кабельный барабан, рисунок 45



Рисунок 44 – Видеозонд Evit LongSteer

Основные места применения:

- в технических системах для экспертизы состояния различных объектов;
- в таможенном ведомстве при решении задач досмотра и контроля пассажирских и грузовых перевозок;
- ликвидации последствий чрезвычайных происшествий (осмотр завалов, труднодоступных мест);
- осмотр объектов коммунального хозяйства (колодцы, лифтовое оборудование, коллекторы и т.п.);
- проведение досмотра и технического обслуживания транспортных средств;
- проведение специальных работ подразделениями служб спасения и безопасности [20].

Технические характеристики системы телеинспекции Evit LongSteer:

- параметры кабеля системы диаметр 9 мм и длина 120м;
- кабель изготовлен из стекловолокна;
- диаметр видеозонда 38мм а длина 81мм;
- матрица видеокамеры Sony CCD 500 000 пикселей;
- имеется автоматическая стабилизация по уровню горизонта;
- угол обзора составляет 120°;
- глубина резкости объектива 20 мм;
- система освещения состоит из 12 сверх ярких светодиодов;



Рисунок 45 – Барабан для кабеля системы Evit LongSteer

- дисплей TFT 800x480 имеет солнцезащитный козырек;
- управление системой освещения зонда;
- система питания от 220 В сети переменного тока и встроенным источником Li-Ion 12 В имеющим индикатор разряда;
- аккумулятор обеспечивает время работы до 6 часов;
- формат записи фото JPEG 2560x1920 пикселей;
- формат записи видео AVI 1280x720 пикселей;
- обработка видеоматериала бесконечного вращения на 90° и зеркальное отображение;
- AV выход изображения со звуком;
- возможность текстовых и голосовых комментариев;
- AV вход изображения NTSC/PAL;
- электронный счетчик смотки кабеля, данные выводятся на дисплей и записываются вместе с изображением;
- защитное сапфировое стекло для камеры;
- материал корпуса видеозонда нержавеющая сталь;
- корпус зонда выдерживает внешнее давление в 0.2МПа;
- встроенный модуль радио сигнала для локационного определения местоположения зонда.

### 1.6 Параметры существующих систем телеинспекции

В настоящее время системы для телеинспекции скважин и других инженерных сооружений, имеют широчайшее распространение по всему миру, так как область их применения достаточно обширная. В ходе аналитической работы был проведен обзор ряда существующих систем телеинспекции для инженерных сооружений, которые так же могут быть использованы для обследования скважин на воду, зарубежного и

отечественного производителей [6-20], технические характеристики и названия которых приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные параметры систем телеинспекции

Название системы, страна	Тип матрицы	Размер изображения, пиксели	Угол обзора	Диаметр видео-зонда, мм	Дальность передачи сигнала, м
ВИС- 15,Россия	ПЗС	1024x756	60°	56	200
R-CAM 1000, США	ПЗС	500x582	90°	57	300
BK550SETminiCam, Германия	ПЗС	640x480	90°	55	500
WELL CAMERA, Италия	ПЗС	640x480	90°	40	300
8030 COLOR, Германия	ПЗС	752x582	97°	125	120
GEN-2S, Китай	ПЗС	976x582	120°	60	500
Mini-Cam Solo, Великобритания	ПЗС	512x582	75°	41	100
Акваскоп 500, Россия	ПЗС	976x582	120°	50	500
SOLO, Россия	ПЗС	976x582	120°	46	100
Triton SL, США	КМОП	752x582	90°	42	120
Wohler VIS 700HR, Германия	КМОП	1280x720	90°	40	30
Vicam V8-3288 PT-1, Китай	КМОП	640x480	120°	50	120
Vicam V10- BCS, Китай	КМОП	752x582	120°	63	500
TrogloProbe Pro, США	КМОП	854x480	57°	60	100
Evit Longsteer , Германия	КМОП	1280x720	120°	38	120

Каждая рассмотренная система телеинспекции обладает уникальными характеристиками, так как, как правило решает непосредственно узко специализированную задачу. Но нужно так же отметить что в таких системах самым главным является информация, которую получаем в ходе исследования различных инженерных объектов, а ее качество непосредственно напрямую зависит от качества полученного изображения.

В результате чего можно сделать вывод, что рассмотренные системы, обладая большим углом обзора имеют низкое разрешение изображения, имея различные глубины спуска зонда до 500 метров по сухому стволу но не могут работать в скважинах с водой на таких глубинах так как не рассчитаны на большое давление оказываемое на видеозонд

## **1.7 Постановка цели и задач для разработки видеозонда**

Таким образом на основании технического задания и проведенного обзора существующих систем можно составить цель магистерской работы: разработка и расчет видеосистемы для зонда и системы освещения, расчет прочности стекла эллиминатора камеры, отвечающих требованиям технического задания.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- провести аналитический обзор рынка существующих систем телеинспекции;
- разработать технические требования к видеосистеме;
- разработать структурную и функциональную схемы видеозонда;
- провести выбор и обоснование элементной базы;
- произвести оптический расчет видеозонда;
- создать рабочий прибор видеозонд для системы телеинспекции;
- провести полевые испытания на производстве.

## 1.8 Разработка технических требований к видеозонду

Исходя из поставленных цели и задач, и проведенного аналитического обзора, можно разработать технические требования к видеокамере для видеозонда.

Параметры камеры и осветителя.

Камера:

- разрешение Full HD;
- число пикселей 1920x1080;
- диагональ фото приемника 1/2;
- частота кадров 25 Гц;
- диафрагма объектива 1:4;
- горизонтальный угол поля зрения  $120^{\circ} \pm 5^{\circ}$ ;
- освещенность на матрице не менее 2 лк;
- изображение цветное.

Осветитель:

- нейтрально белый цвет освещения;
- освещенность на объекте не менее 500 лк;
- цветовая температура 4500 К;
- коэффициент цветопередачи 75;
- угол рассеивания  $120^{\circ}$ ;

Электрические параметры:

- напряжение питания 12В;
- планируемая потребляемая мощность 10 Вт.

Масса габаритные размеры:

- габаритные размеры  $\varnothing 20 \times 80$  мм;
- масса 50 г.

Влажность, температура и давление в данном техническом задании не указываются.

К интерфейсу требования не предъявляются, поэтому для уменьшения полосы передаваемых частот используется интерфейс АНД с передачей аналогового сигнала высокого разрешения по кабелю FTP 7 категории, витая пара, на устройство отображения информации.

Максимально средняя длина кабеля – 1000 метров.

Максимальный диаметр обследуемого объекта – 350 мм.

## 2 Структурная и функциональная схемы видеозонда

### 2.1 Структурная схема видеозонда

Для разработки структурной схемы используется видео модуль со встроенными объективом и КМОП – сенсором. В КМОП – сенсоре свет преобразуется в электрический сигнал, который в дальнейшем поступает в блок обработки ПЛИС. После обработки сигнал поступает в ЦАП, где он преобразуется в аналоговый, и после этого передается на усилитель передатчик, а затем по кабелю витая пара передается на усилитель приемник а с него уже на устройство отображения информации. В схеме имеется светодиодный драйвер управляющий освещенностью. Питается вся система блоком питания. На рисунке 46 представлена структурная схема.

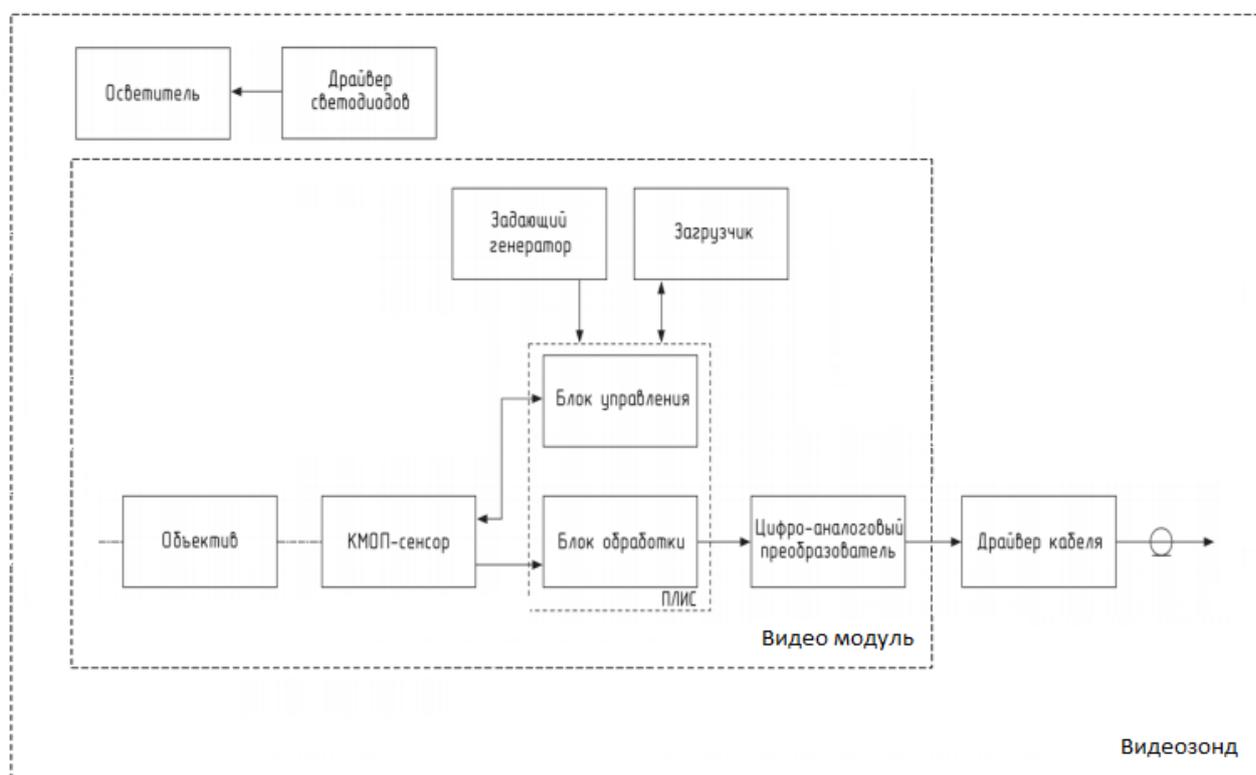


Рисунок 46 – Структурная схема видеозонда

## **2.2 Функциональная схема видеозонда**

В схему входят матрица КМОП – сенсор передающая видеоданные по интерфейсу LVDS в блок обработки ПЛИС. В ПЛИС входит блок управления формирующий сигналы управления матрицей, по интерфейсу SPI, и сигналы синхронизации с генераторами тайминга ЦАП. Также в схему входит загрузчик который выполняет первоначальный запуск ПЛИС. Блок обработки в составе ПЛИС формирует видеоданные и передает их в блок обработки сигнала ЦАП. ЦАП преобразует цифровые видеоданные с выхода ПЛИС в аналоговый видеосигнал, который через кабельный усилитель по кабелю связи поступает на устройство отображения информации. В схеме присутствует драйвер светодиодов для управления яркости системы освещения зонда. Так же в схеме приведен задающий кварцевый генератор, который создает тактовую частоту всей схемы. Блок питания обеспечивающий питание всех схемы.

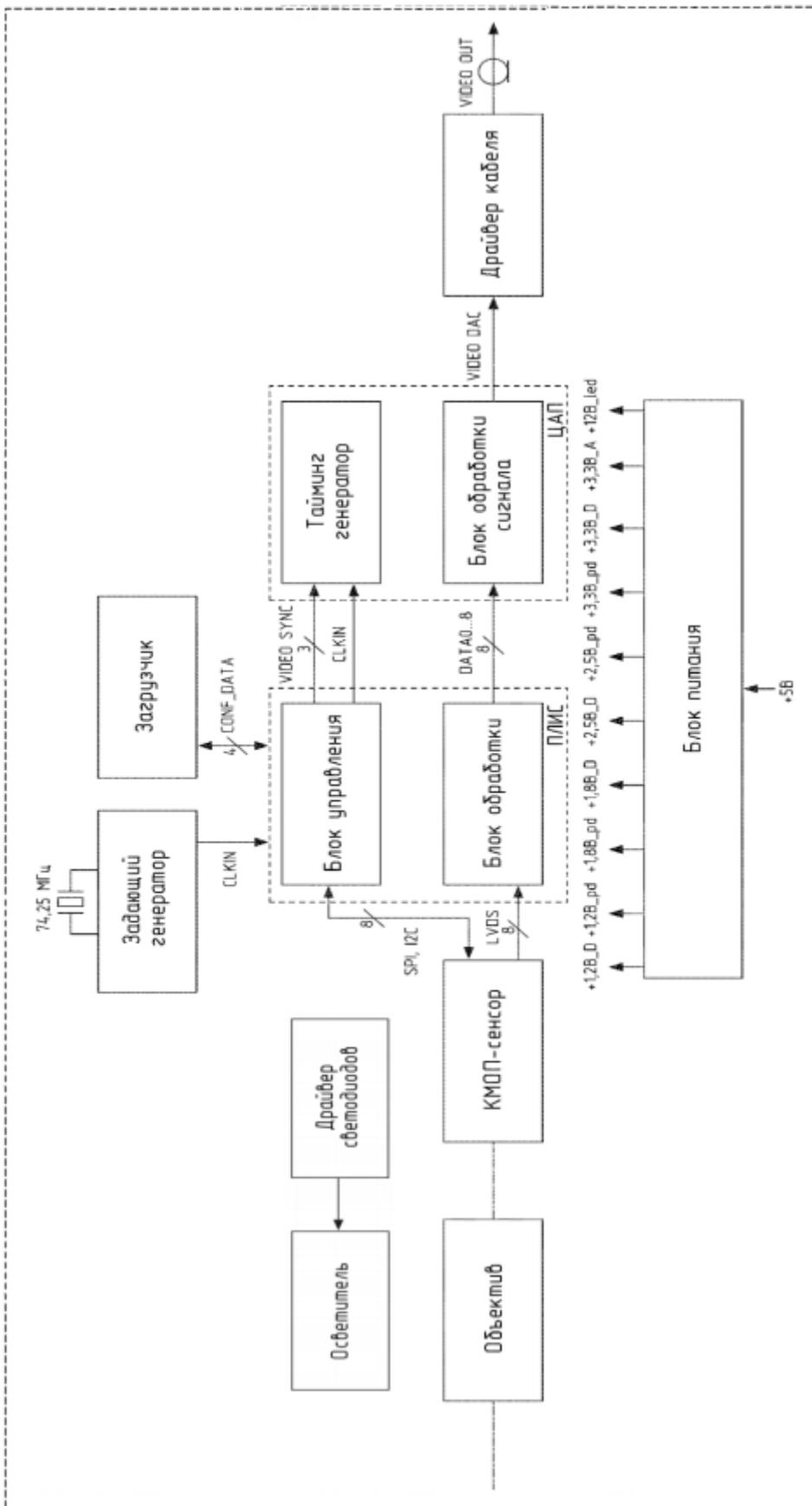


Рисунок 47 – Функциональная схема видеозонда

### 3. Выбор элементной базы

На основании проведенного обзора элементной базы для реализации принципиальной схемы были выбраны следующие компоненты:

1. Камера Sony Effio – E 800TVL, так как у данной камеры сенсор имеет высокую чувствительность.

Таблица 4 – Характеристики Sony Effio – E 800TVL

Параметры	Значения
Максимальное разрешение	2048x1536
Частота развертки, Гц	50-15625
Разрешение по горизонтали, ТВЛ	800
Минимальная освещенность, Лк	0.5
Объектив, мм	3.6
Питание, В	12
Масса, г	80
Корпус	Дюраль, цилиндрический
Защита	IP66

2. Светодиоды для системы освещения, фирмы Samsung SPMWHT520A-N2BADOSO.

Таблица 5 – Характеристики светодиодов SPMWHT520A-N2BADOSO

Параметры	Значения
Цвет свечения	Нейтрально белый
Цветовая температура, К	4500
Световой поток, люмен	115-125
Питание, В	+3
Коэффициент цветопередачи	75
Макс ток потребления, А	1
Угол рассеивания, °	120
Размеры ШхД, мм	5.5x5.5
Высота, мм	1.1
Термостойкость, °С/Вт	6

3. Усилитель видеосигнала CM 1001 для передачи аналогового видеосигнала по кабелю сопряжения на отображающее устройство

Таблица 6 – Характеристики CM 1001T/R

Параметры	Значения
Питание, В	12
Тип приемо/передатчика	Активный
Формат	NTSC, PAL, SECAM
Дальность передачи, м	2000

## **4 Создание прототипа системы видеотелеметрии для скважин**

### **4.1 Расчет оптической системы видеозонда**

#### **4.1.1 Расчет прочности стеклянной линзы**

Вторым по значимости, после корпуса, в надежной герметизации корпуса видеозонда является стеклянная линза, поскольку сквозь нее должна смотреть видеочкамера ведущая видеозапись состояния внутри обследуемого объекта. Поскольку на зонд будет оказываться давление водяного столба, стекло как и корпус должно его выдерживать, для этого проведем расчет прочности стеклянной линзы с нулевой диоптрией, (то есть линза не искажает изображение).

Прочность стекла.

Теоретическая разрывная прочность для идеального стекла, по разным оценочным данным, превосходит прочность конструкционных сталей порядком в 20 – 30 раз. Но к сожалению основным недостатком реальных стекол является их хрупкость обусловленная наличием поверхностных и внутренних микродефектов, превращающимися в центры, от которых начинается разрушения стеклянных деталей. Но прочность изделия из стекла можно увеличить путем сглаживания этих дефектов, либо заставлением поверхности стекла работать только на сжатие при любых нагрузках на деталь. Одним из способов прогнозирования возможности растрескивания стекла, под действием растягивающей механической нагрузки, является расчетный анализ его напряженно деформированного состояния и сравнение возникающих в стекле механических напряжений с его возможными критическими значениями.

Анализ испытаний стекла на прочность.

Предел прочности на сжатие у стекла составляет приблизительно от 500 до 2000 МПа. Но на растяжение предел прочности у стекла значительно меньше и поэтому при изгибе предел прочности стекла считают равным пределу прочности при растяжении. Данная прочность лежит в пределах от 35 до 100 МПа. Повысить прочность стекла в 3-4 раза удастся лишь путем его закаливания. Обработка поверхности стекла, химическими препаратами для удаления дефектов (микроскопических трещин и царапин) с поверхности, также весьма значительно повышает его прочность.

Для расчета прочности стеклянной линзы, в качестве исходных данных, использованы экспериментальные результаты по кольцевому изгибу круглых образцов, плоскополированного сапфирового стекла. Для 40 образцов, с толщинами от 2.2 до 2.5 мм, по результатам эксперимента прочность на изгиб варьируется в пределах от 50 до 220 МПа. По полученным экспериментальным данным была построена гистограмма распределения прочности исследуемых образцов на изгиб, рисунок 48.

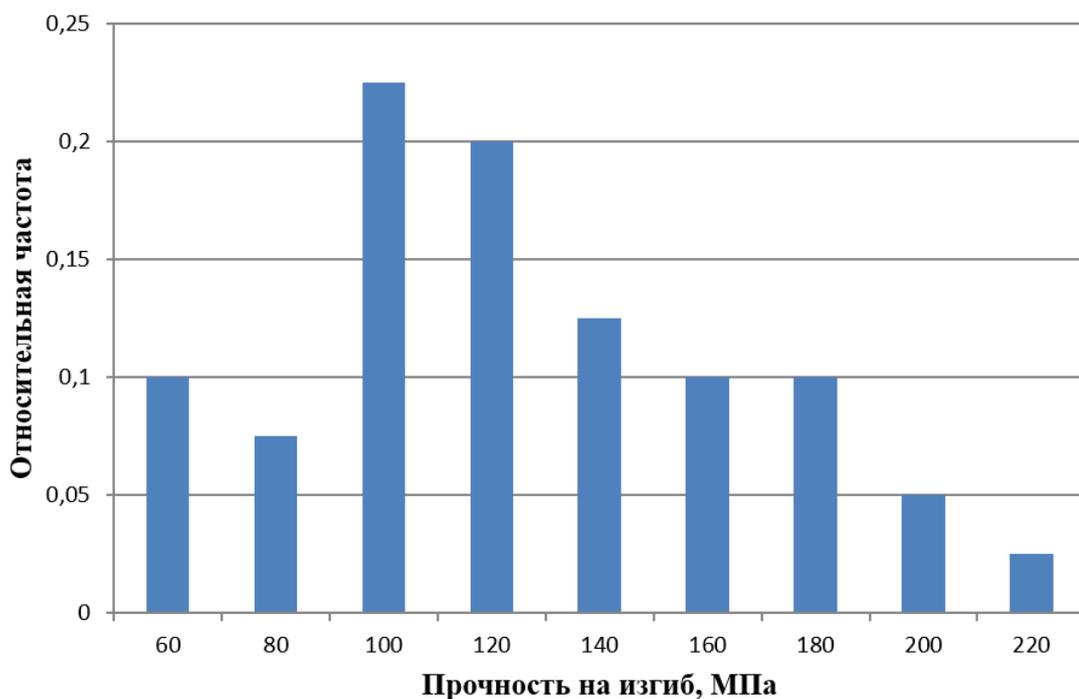


Рисунок 48 – Экспериментальные данные о прочности стекла

Вид полученной гистограммы близок к кривой распределения частных значений прочности полированного сапфирового стекла, приводимой в литературе, рисунок 49. Отклонения экспериментальной гистограммы, от эталонного, объясняется недостаточным количеством экспериментальных значений в выборке.

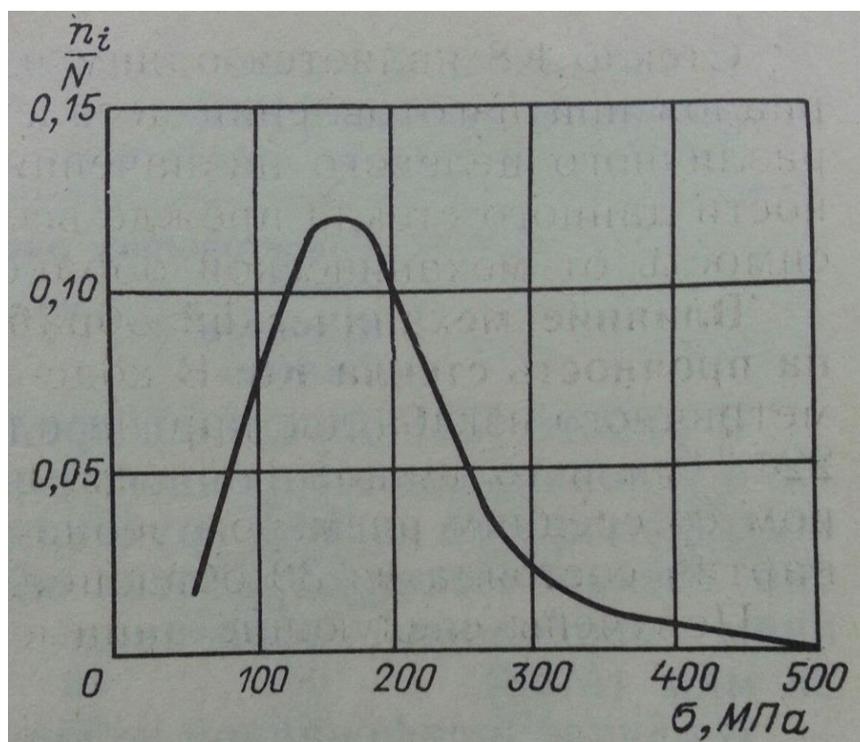


Рисунок 49 – Эталонная кривая прочности полированного стекла

Функция распределения прочности построена по полученной гистограмме прочности, рисунок 50, представляющая собой вероятность отказа, разрушения линзы, в зависимости от возникающих в ней максимальных напряжений из за воздействия механической нагрузки.

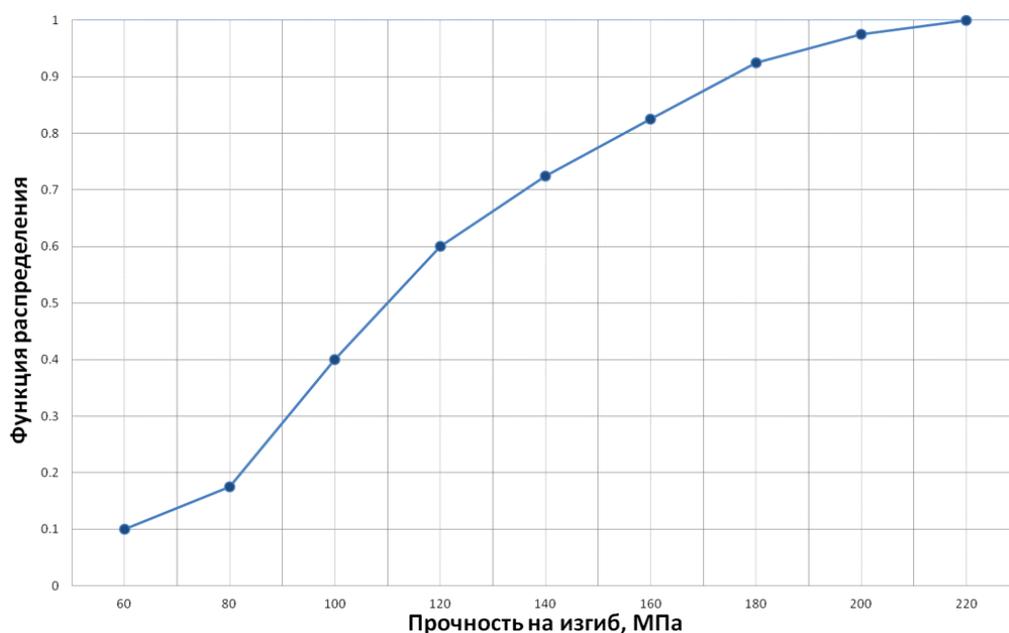


Рисунок 50 – Функция распределения вероятности отказа линзы

Выбор критерия прочности линзы.

Стекло разрушается от механических воздействий, в области температур ниже температуры его плавления, без заметной пластической деформации и вследствие чего относится к идеально хрупким материалам. Первая теория прочности используется для определения критерия разрушения. Согласно данной теории разрушение материала в сложно напряженном состоянии, как при простом сжатии и растяжении, наступает от действия, наиболее, главного нормального напряжения, при этом действие других нормальных напряжений не учитывается.

Экспериментами подтверждается первая теория прочности для хрупких материалов к которым относится сапфировое стекло. В качестве предельного напряжения, вполне достаточным, может быть взято минимальное значение прочности на изгиб, полученное в ходе эксперимента, 50 МПа. При превышении предела прочности в стекле, необходимо провести оценку вероятности разрушения исходя из данных оценки прочности образцов, полученных экспериментально.

Оценка напряжений и деформаций в стеклянной сферической линзе.

Модель демонстрирующая воздействие равномерно распределенного статического давления на линзу, рисунок 51. Стекло установлено на жестко закрепленное, абсолютно твердое основание с возможностью проскальзывать по нему. Давление в 50 МПа, равномерно приложено в качестве внешнего воздействия, равномерно распределено по внешней поверхности сферической линзы.

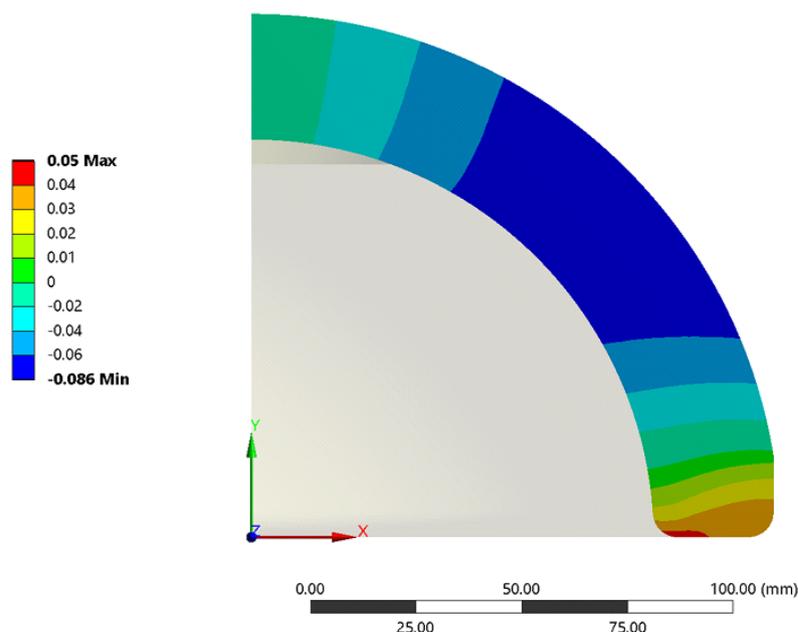


Рисунок 51 – Поле радиальных перемещений линзы

Значение наибольшего радиального перемещения на закрепленной опорной поверхности составляет 0.05мм.

На рисунке 52 представлено модель полученного поля наибольших растягивающих напряжений в сферической линзе.

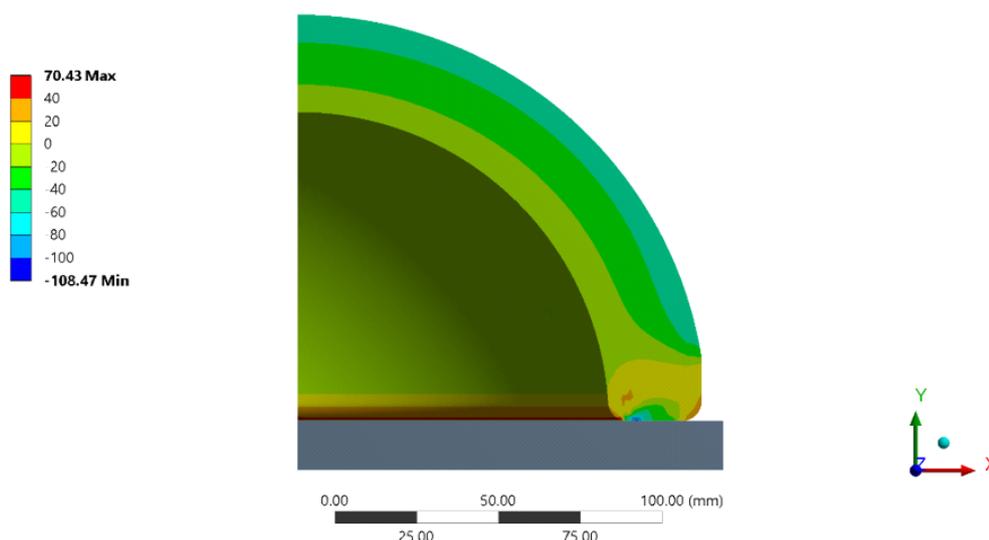


Рисунок 52 – Поле наибольших напряжений растяжения

Наибольшее напряжение растяжения при такой постановке наблюдается на внутреннем скруглении опорной поверхности линзы. Наибольшее значение растягивающего напряжения составляет 70 МПа, это превышает минимальное значение прочности на изгиб полученное в эксперименте. По функции распределения вероятности отказа стекла, построенной по экспериментальным

данным, при данном уровне максимальных напряжений, вероятность разрушения линзы составляет 13%.

#### 4.1.2 Расчет системы объектива

Для разрабатываемого видеозонда выберем широкоугольный объектив.

Для выбора объектива исходными данными является:

- оптический формат матрицы;
- размер пикселя для определения разрешающей способности;
- угол поля зрения  $120^\circ \pm 5^\circ$ .

Оптический формат матрицы составляет 1/2,4. Размер светочувствительной области 6,63x3,73 мм откуда диагональ матрицы составит 7,6 мм. Для получения необходимого угла поля зрения в  $120^\circ$  был выбран объектив японской фирмы KOWA Im3ncm [21], характеристики данного объектива приведены в таблице 4.

Таблица 7 – Характеристики объектива KOWA Im3ncm

Параметры	Значения
Фокусное расстояние, мм	3,5
Формат	1/2
Диафрагма, F	2,4-14
Зумм, м	0,1
Угол обзора, °	120
Разрешение, линии/мм	120
Дисторсия, %	0,46
Габаритные размеры, мм	42x38
Масса, г	70

Расчет углов поля зрения объектива.

Горизонтальный угол поля зрения

$$\delta_H = 2 \arctg \frac{h}{2f}, \quad (4.1)$$

где h – расстояние по горизонтали, f – фокусное расстояние.

Вертикальный угол поля зрения

$$\delta_v = 2 \arctg \frac{v}{2f}, \quad (4.2)$$

где v – расстояние по вертикали.

Диагональный угол поля зрения

$$\delta_D = 2 \arctg \frac{d}{2f}, \quad (4.3)$$

где d – расстояние по диагонали

Полученные значения углов равны  $\delta_H \approx 116.8^\circ, \delta_v \approx 86.8^\circ, \delta_D \approx 120^\circ$ .

Исходя из полученных значений можно сделать вывод, что выбранный объектив полностью подходит под технические требования.

#### 4.1.3 Фотометрический расчет системы освещения видеозонда

Для расчета выберем случай наименее приятный с точки зрения диаметра обследуемой скважины – 350 мм.

Рассчитаем освещаемую светодиодами площадь поверхности.

Длина окружности стенок скважины

$$L = \pi D, \quad (4.4)$$

где  $D$  – диаметр обсадной колонны скважины, мм.

$$L \approx 1100 \text{ мм},$$

Площадь стенок колонны

$$S_{\text{ст}} = L \cdot H, \quad (4.5)$$

где  $H$  – высота видимой области стенок скважины, мм.

$$S_{\text{ст}} = 1100 \cdot 500 = 550000 \text{ мм}^2$$

Площадь поперечного сечения скважины

$$S_{\text{д}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \approx 96163 \text{ мм}^2$$

Отсюда общая освещаемая площадь поверхности

$$S = S_{\text{ст}} + S_{\text{д}} = 0,55000 \text{ м}^2 + 0,096163 \text{ м}^2 \approx 0,646163 \text{ м}^2.$$

На сегодняшний день существует разное количество фирм по производству светодиодов, но стоит выделить фирму CREE. Для системы освещения видеозонда наиболее важным параметром является габаритный размер светодиодов при их выборе. В данном проекте были выбраны светодиоды SPMWHT520A-N2BADOSO [22], их характеристики представлены в таблице 5.

Таблица 8 – Характеристики светодиодов SPMWHT520A-N2BADOSO

Параметры	Значения
Цвет свечения	Нейтрально белый
Цветовая температура, К	4500
Световой поток, люмен	115-125
Питание, В	+3
Коэффициент цветопередачи	75
Мах ток потребления, А	1
Угол рассеивания, °	120
Размеры ШхД, мм	5.5x5.5
Высота, мм	1.1
Термостойкость, °С/Вт	6

При условии того что световой поток одного светодиода  $I_1$  при токе 200мА равен 80 лм [23], то общий световой поток  $I$  от 12 светодиодов равен 960 лм.

Тогда средняя освещенность

$$E = \frac{I}{S} = \frac{960}{0,646163} \approx 1486 \text{ лк.}$$

Рассчитаем освещенность на матрице

$$E_M = E \cdot \frac{\rho \cdot \tau \cdot \theta^2}{4}, \quad (4.6)$$

где  $\rho$  - коэффициент отражения поверхности ( $\rho \approx 0.3$ );  $\tau$  - коэффициент пропускания объектива ( $\tau = 0.9$ );  $\theta$  - диафрагма объектива ( $\theta = 1:4$ ).

Выбранный объектив обеспечивает значение  $\theta = 1:2.4$ , однако его разрешающая способность максимальна в диапазоне значений  $\theta$  от 1:4 до 1:8.

$$E_M = 6,26 \text{ лк}$$

Оценим значения сигнала матрицы при найденной освещенности.

Для КМОП-сенсора SONY IMX 265 LQR значения чувствительности и сигнала насыщения примерно одинаковы – 915 мВ и 1001 мВ [24]. Значение чувствительности матрицы указано при яркости источника освещения 706кд/м<sup>2</sup> (галогеновая лампа с температурой свечения 3200 К).

При измерении в оптическом канале был установлен фильтр ИК отсечки и значение диафрагмы объектива 1:8. Яркость 706 кд/м<sup>2</sup> эквивалентна освещенности 2000 лк на поверхности с  $\rho = 0.89$ .

При таких условиях освещенность на матрице составит  $\approx 6.3$  лк. Данное значение освещенности получено при времени накопления в 30 мс.

Для матрицы используемой в проекте время накопления составляет 40 мс, поэтому значение освещенности  $E_M = 6.3$  лк.

Таким образом с учетом освещенности, даваемой выбранными светодиодами, весь видимый спектр будет занимать полный динамический диапазон матрицы.

Оценка пороговой чувствительности:

$$N_c = \frac{\psi^2}{2} + \sqrt{\frac{\psi^4}{4} + \psi^2 n_{ш}^2}, \quad (4.7)$$

где  $N_c$  - количество элементов необходимых для достижения отношения сигнала к шуму = 1,  $n_{ш}$  – собственные шумы матрицы.

При освещенности на матрице 6.3 лк достигается насыщение значения сигнала равное 10000e<sup>-</sup>. Собственные шумы КМОП- сенсора матрицы IMX 265 LQR составляют 2.5e<sup>-</sup> [24].

Таким образом пороговая чувствительность, создающая сигнал эквивалентный шуму, будет достигаться при освещенности

$$E_n = \frac{6,3 \cdot 3,1}{10000} = 0,001953 \text{ лк.}$$

#### 4.1.4 Расчет глубины резко изображенного пространства

Передняя и задняя границы резко изображаемого пространства определяют по формулам [25]:

$$R_1 = \frac{Rf^2}{f^2 - Kfz + KRz}; \quad (4.8)$$

$$R_2 = \frac{Rf^2}{f^2 + Kfz - KRz'}; \quad (4.9)$$

где  $R_1$  – расстояние до передней границы резко изображенного пространства;  $R$  – фокусное расстояние;  $R_2$  – расстояние до задней границы резко изображенного пространства;  $f$  – главное заднее фокусное расстояние объектива, м;  $K$  – знаменатель геометрическое диафрагмы объектива или же диафрагменное число;  $z$  – диаметр окружности не четкости или допустимая окружность рассеяния, м [25].

Данные значения  $R$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ , отсчитываются от фокальной плоскости фотоустановки (место где располагается матрица камеры):

$$R = 0.51 \text{ м};$$

$$R_1 = \frac{0.51 \cdot 0.0035^2}{0.0035^2 - 4 \cdot 0.0035 \cdot 3.45 \cdot 10^{-6} + 4 \cdot 0.51 \cdot 3.45 \cdot 10^{-6}} \approx 0.325 \text{ м};$$

$$R_2 = \frac{0.51 \cdot 0.0035^2}{0.0035^2 + 4 \cdot 0.0035 \cdot 3.45 \cdot 10^{-6} - 4 \cdot 0.51 \cdot 3.45 \cdot 10^{-6}} \approx 1.2 \text{ м}.$$

Глубина резко изображенного пространства  $P$  определяется разностью между задней границей резкости и передней, рисунок 53:

$$P = R_2 - R_1 = 1.2 - 0.325 = 0.875 \text{ м}.$$

Таким образом приведем технические характеристики в таблице 6, для рассчитанной камеры видеозонда системы телесетрии.

Таблица 9 – Расчетные характеристики видеокамеры

Параметры	Значения
Число пикселей матрицы	1920x1080
Формат кадра	1/2,4
Частота кадров, FPS	25
Пороговая чувствительность, лк	0,001953
Диафрагма	1:4
Горизонтальный угол обзора, °	116,8
Световой поток системы освещения, лм	960
Питание, В	12
Мощность потребления, Вт	5
Размеры, мм	45x60
Масса, г	120

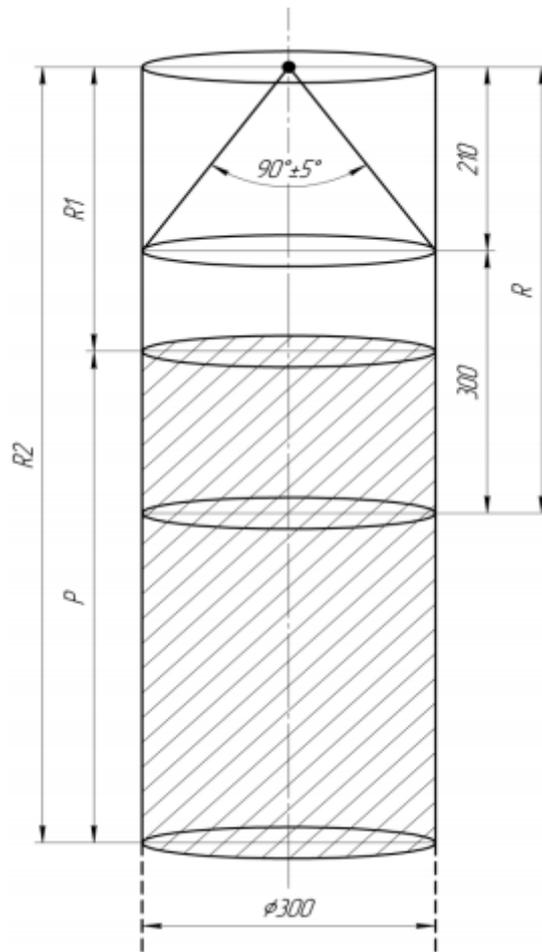


Рисунок 53 – Расчет глубины резки изображенного пространства

#### 4.2 Разработка прототипа видеозонда

Для создания видеозонда, в качестве заготовки под корпус был использован геофизический кабельный переходник, рисунок 54, предназначенный для соединения скважинных приборов с геофизическим кабелем.



Рисунок 54 – Геофизический кабельный переходник

После токарной обработки получился достаточно легкий и компактный корпус для видеозонда, рисунок 55.



Рисунок 55 – Корпус прототипа видеозонда

С фронтальной стороны видеозонда установлено уплотнительное кольцо, рисунок 56.



Рисунок 56 – Уплотнительное кольцо стеклянной линзы

Защитное стекло представляющее из себя выпукло вогнутую линзу из сапфирового стекла с нулевой диоптрией, рисунок 57, устанавливается на зонд по фронтальной схеме.



Рисунок 57 – Сапфировая стеклянная линза с нулевой диоптрией

Данное защитное стекло прижимается к корпусу видеозонда, через резиновое кольцо уплотнения, прижимной гайкой, рисунок 58.



Рисунок 58 – Прижимная гайка

С тыловой части видеозонда, для передачи видеосигнала и питания, устанавливается переходник под кабельный наконечник НК-36, рисунок 59.



Рисунок 59 – Переходник под наконечник НК-36

Передача видеосигнала с видеозонда на устройство отображения и записи информации, а так же питание усилителя и камеры и системы освещения, осуществляется по кабелю. Для соединения скважинного видеозонда с кабелем используется геофизический кабельный наконечник НК-36, рисунок 60, обеспечивающий надежное герметичное соединение выдерживающее давление воды в 300МПа.



Рисунок 60 – Кабельный наконечник НК-36

Для сборки разработанного видеозонда, системы видео телеметрии, необходимо привести принципиальную схему подключения компонентов.

На рисунке 61 представлена принципиальная схема подключения компонентов видеозонда.



Рисунок 61 – Принципиальная схема подключения

Разработанный в ходе выполнения магистерской диссертации, видеозонд для системы телеинспекции скважин представлен на рисунке 62.



Рисунок 62 – Видеозонд для системы телеинспекции

#### 4.3 Разработка принципиальной схемы измерителя кабеля

В системе телеинспекции скважин весомое значение имеет точное определение глубины расположения видеозонда при его перемещении вдоль стенок скважины. Поскольку это позволяет точно определять глубину проблемных мест в скважине и успешно их ликвидировать. Счетчик представляет из себя инкодер устанавливаемый на блок баланса, рисунок 63.



Рисунок 63 – Блок баланса



## Заключение

Цель диссертационной работы - разработать и рассчитать видеосистему для видеозонда и систему освещения, рассчитать прочность стекла эллипсоидальной камеры, отвечающие современным требованиям, и провести производственные испытания прототипа видеозонда.

Разработка и создание видеозонда для системы телеинспекции – комплексная задача, затрагивающая различные аспекты геофизических методов исследования, приборостроения, сопротивление материалов.

Данная работа по части разработки сконцентрирована на создании видеозонда способного выдерживать высокое давление оказываемое на корпус и передавать видео сигнал на расстояние до 1000 м. В ходе выполнения работы были решены следующие задачи:

- проведен обзор существующих систем на рынке;
- разработаны технические требования к видеозонду;
- разработаны структурная и функциональная схемы видеозонда;
- проведен расчет оптической системы видеозонда;
- рассчитана прочность защитной линзы из стекла.

Разработанный видеозонд может быть применен для многих систем телеинспекции применяемых в разных областях деятельности человека, для обследования скважин а воду или нефтяных и газовых скважин, в свою очередь использование современной элементной базы позволит ему сохранять свою актуальность на рынке таких систем долгое время.

## Список литературы

1. Геофизические исследования скважин и интерпретация данных ГИС: учеб. пособие / В.Н.Косков, Б.В.Косков. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 317 с.
2. Области применения технических эндоскопов.  
<http://www.s71.ru/primenenie-tndoskopov/oblastiprimeneniyaatekhnicheskikh-endoskopov.html> (дата обращения 27.02.2020)
3. Штефан Петерс. Скважинный видеозонд для оценки строения пород кровли при подземной добыче каменного угля // Горный информационно-аналитический бюллетень. №2, 2007. – С. 194-201.
4. Вознесенский А.С., Набатова В.В., Петерс Ш. Скважинные видеозонды и их использование для задач геотехнологий // Горный информационно-аналитический бюллетень. №9, 2007. – С. 5-12.
5. Райх В.Р. Методы повышения надежности скважин // Высшая школа Казахстана № 3, 2020. – С.278-282.
6. R-CAM 1000 контроль скважин глубиной до 300 м.  
<https://endoscopes.kz/endoscope/perenosnaya-teleinspektionnaya-sistema-kontrolya-skvazhin-r-cam-1000> (дата обращения 02.03.2020)
7. Видеоинспекционная система для мониторинга скважин на воду до 200 м ВИС-15.  
[https://www.toolcom.ru/catalog/detail.php?ID=3843&SECTION\\_ID=235](https://www.toolcom.ru/catalog/detail.php?ID=3843&SECTION_ID=235) (дата обращения 04.03.2020)
8. BK 550 SET.  
<http://www.olmax-pipe.ru/katalog/oborudovonie/teleinspection-complex-obsledovanya-skvazhin/bk-550-set> (дата обращения 05.03.2020)
9. Скважинная камера Well Camera 1.  
[http://www.anker-pk.ru/geo/uroven\\_voda/wel\\_camera\\_1/](http://www.anker-pk.ru/geo/uroven_voda/wel_camera_1/) (дата обращения 07.03.2020)
10. Телеинспекционная система 8030 COLOR для труб до 500 мм до 120 метров.  
[http://www.toolcom.ru/catalog/teleinspektsionnye-sistemy-g-drexler-germaniya/sistem\\_8030\\_color\\_dlya\\_teleinspektsii\\_trub\\_30\\_500\\_mm/](http://www.toolcom.ru/catalog/teleinspektsionnye-sistemy-g-drexler-germaniya/sistem_8030_color_dlya_teleinspektsii_trub_30_500_mm/) (дата обращения 08.03.2020)
11. Система телеинспекции скважин и колодцев GEN-2S.  
<https://teleinspekciya.ru/sistema-teleinspektsii-skvazhin-i-kolodcev-gen-2s> (дата обращения 10.03.2020)
12. Проталкиваемая система Mini – Cam SOLO Pro. <https://xn--80abpzevhdgogf.xn--plai/produkcija/protalkivaemaya-teleinspekciya/protalkivaemaya-sistema-teleinspektsii-minicam/> (дата обращения 12.03.2020)
13. Акваскоп 500. <http://taris.ru/akvaskop-500> (дата обращения 13.03.2020)
14. SOLO. <http://taris.ru/protalkivaemaya-sistema-solo> (дата обращения 13.03.2020)
15. Система телеинспекции труб TRITON SL.

<http://www.fiberscope.net/ru/self-leveling-pipe-camera.html> (дата обращения 13.03.2020)

16. Система телеинспекции Wohler VIS 700HR.

<https://nkprom.ru/shop/sistemy-teleinspektsii/sistema-teleinspektsii-wohler-vis-700hr/> (дата обращения 13.03.2020)

17. Vicam snake camera V8-3288PT-1. <https://szvicam.en.made-in-china.com/product/tCVEHIWPsUKA/Chins-Vicam-Borescope-EndoscopeInspection-Snace-Camera-Plumbing-Chimney-Inspection-Camera-with120m-Pipe-Crawler-Camera-V8-3288PT-1.html> (дата обращения 14.03.2020)

18. Vicam mechatronics V10-BCS borehole camera.

[https://szvicam.en.made-in-china.com/product-CjensukECRVL/China-VicamMechatronics-V10\\_bcs-Borehole-Camera-200m-to-500m-Deep-Pipeinspektion-Camera.html](https://szvicam.en.made-in-china.com/product-CjensukECRVL/China-VicamMechatronics-V10_bcs-Borehole-Camera-200m-to-500m-Deep-Pipeinspektion-Camera.html) (дата обращения 14.03.2020)

19. Система телеинспекции труб Troglprobe pro.

<http://www.fiberscope.net/ru/pipe-inspection-camera-troglprobe.html> (дата обращения 14.03.2020)

20. Evit Longsteer L система телеинспекции. <http://analytprom.ru/evit-longsteer-I-sistema-teleinspektsii/> (дата обращения 14.03.2020)

21. CCTV Lenses 2017 – 2018 ver.1.0. <https://www.kowa-lenses.com/media/pdf/a9/7f/c9/Kowa-CCTV-Catalogue-20185a843e1004051.pdf> (дата обращения 14.03.2020)

22. Светодиоды SPMWHT520A-N2BADOSO. [https://e-neon.ru/image/catalog/pdf/2016\\_%D0%A1%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%B4%D1%8B.pdf](https://e-neon.ru/image/catalog/pdf/2016_%D0%A1%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%B4%D1%8B.pdf) (дата обращения 15.03.2020)

23. <http://www.cree.com/led-components/media/documents/ds-XQE.pdf> (дата обращения 15.03.2020)

24. [http://www.sony-semicon.co.jp/products\\_en/IS/sensor0/img/product/cmops/IMX264\\_265\\_Flyer.pdf](http://www.sony-semicon.co.jp/products_en/IS/sensor0/img/product/cmops/IMX264_265_Flyer.pdf) (дата обращения 15.03.2020)

25. Глубина резко изображаемого пространства. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Глубина\\_резко\\_изображаемого\\_пространства](https://ru.wikipedia.org/wiki/Глубина_резко_изображаемого_пространства) (дата обращения 15.03.2020)



## Приложение Б

```
/* Programme pour Arduino Max7456 et capteur A3144 */
#define DATA_OUT 11
#define DATA_IN 12
#define SPICLOCK 13
#define MAX7456_SELECT 10
#define DMM_reg 0x04
#define DMAH_reg 0x05
#define DMAL_reg 0x06
#define DMDI_reg 0x07
#define VM0_reg 0x00
#define VM1_reg 0x01
#define VIDEO_BUFFER_DISABLE 0x01
#define MAX7456_RESET 0x02
#define VERTICAL_SYNC_NEXT_VSYNC 0x04
#define OSD_ENABLE 0x08
#define SYNC_MODE_AUTO 0x00
#define SYNC_MODE_INTERNAL 0x30
#define SYNC_MODE_EXTERNAL 0x20
#define VIDEO_MODE_PAL 0x40
#define VIDEO_MODE_NTSC 0x00
#define BLINK_DUTY_CYCLE_50_50 0x00
#define BLINK_DUTY_CYCLE_33_66 0x01
#define BLINK_DUTY_CYCLE_25_75 0x02
#define BLINK_DUTY_CYCLE_75_25 0x03
#define BLINK_TIME_0 0x00
#define BLINK_TIME_1 0x04
#define BLINK_TIME_2 0x08
#define BLINK_TIME_3 0x0C
#define BACKGROUND_BRIGHTNESS_0 0x00
#define BACKGROUND_BRIGHTNESS_7 0x01
#define BACKGROUND_BRIGHTNESS_14 0x02
#define BACKGROUND_BRIGHTNESS_21 0x03
#define BACKGROUND_BRIGHTNESS_28 0x04
#define BACKGROUND_BRIGHTNESS_35 0x05
#define BACKGROUND_BRIGHTNESS_42 0x06
#define BACKGROUND_BRIGHTNESS_49 0x07
#define BACKGROUND_MODE_GRAY 0x40
#define CLEAR_display 0x04
#define CLEAR_display_vert 0x06
#define END_string 0xff
#define ENABLE_display 0x48
#define ENABLE_display_vert 0x4c
#define MAX7456_reset 0x42
#define DISABLE_display 0x40
```

```

// Concerne les déclarations pour le programme DS18B20
byte sens_pin=7; //выход датчика (принимает значение от 1 до 0)
unsigned long lastturn; //переменные хранения времени
float DIST=0.0; //переменная хранения расстояния в виде десятичной дроби
float w_length=0.12874; //длина окружности колеса в метрах
byte n=4; //число отверстий / магнитов
volatile boolean flag; //флаг вывода на дисплей

void setup()
{
  attachInterrupt(1,gap,RISING); //подключить прерывание на 7 пин при
повышении сигнала
  byte spi_junk, eeprom_junk;
  int x;
  Serial.begin(9600);
  Serial.flush();
  pinMode(MAX7456SELECT,OUTPUT);
  digitalWrite(MAX7456SELECT,HIGH);
  pinMode(DATAOUT, OUTPUT);
  pinMode(DATAIN, INPUT);
  pinMode(SPICLOCK,OUTPUT);
  //pinMode(VSYNC, INPUT);
  SPCR = (1<<SPE)|(1<<MSTR);
  spi_junk=SPSR;
  spi_junk=SPDR;
  delay(250);
  digitalWrite(MAX7456SELECT,LOW);
  spi_transfer(VM0_reg);
  spi_transfer(MAX7456_reset);
  digitalWrite(MAX7456SELECT,HIGH);
  delay(500);
  digitalWrite(MAX7456SELECT,LOW);
  for (x = 0; x < MAX_screen_rows; x++)
  {
    spi_transfer(x + 0x10);
    spi_transfer(WHITE_level_90);
  }
  spi_transfer(VM0_reg);
  spi_transfer(VERTICAL_SYNC_NEXT_VSYNC|OSD_ENABLE);
  digitalWrite(MAX7456SELECT,HIGH);
  delay(100);
  spi_transfer(VM1_reg);
  spi_transfer(BLINK_DUTY_CYCLE_50_50|BLINK_TIME_3);
  digitalWrite(MAX7456SELECT,HIGH);

```

```

////////////////////////////////////
//      измерение длины
////////////////////////////////////
void gap() {
  if (millis()-lastturn > 80) { //защита от случайных измерений
    lastturn=millis(); //запомнить время последнего оборота
    DIST=DIST+w_length; //прибавляем длину колеса к дистанции при каждом
    обороте оного
  }
}
// passage integer à string
char roadmetr[10];
itoa(sens, roadmetr, 10);
OSD_write_to_screen("Roadmetr: ",4, 2, 0,0);
OSD_write_to_screen(roadmetr, 16, 2, 0,0);
OSD_write_to_screen("Deg M", 19, 2, 0,0);
Serial.print (roadmetr);
Serial.println (" Deg M");
Sens = 0;
}
////////////////////////////////////
void Max7456 (){
////////////////////////////////////
spi_transfer(VM0_reg);
spi_transfer(VERTICAL_SYNC_NEXT_VSYNC|OSD_ENABLE|SYNC_MODE_
AUTO);
digitalWrite(MAX7456SELECT,HIGH);
}
byte convert_ascii (int character)
{
// Transposition de la table ASCII (non standard) intégrée à l'EEPROM du
MAX7456
byte lookup_char;
if (character == 32)
  lookup_char = 0x00; // blank space
else if (character == 48)
  lookup_char = 0x0a; // 0
else if ((character > 48) && (character < 58))
  lookup_char = (character - 48); // 1-9
else if ((character > 64) && (character < 91))
  lookup_char = (character - 54); // A-Z
else if ((character > 96) && (character < 123))
  lookup_char = (character - 60); // a-z
else if (character == 34)

```

```

lookup_char = 0x48; // "
else if (character == 39)
    lookup_char = 0x46; // '
else if (character == 40)
    lookup_char = 0x3f; // (
else if (character == 41)
    lookup_char = 0x40; // )
else if (character == 44)
    lookup_char = 0x45; // ,
else if (character == 45)
    lookup_char = 0x49; // -
else if (character == 46)
    lookup_char = 0x41; // .
else if (character == 47)
    lookup_char = 0x47; // /
else if (character == 58)
    lookup_char = 0x44; // :
else if (character == 59)
    lookup_char = 0x43; // ;
else if (character == 60)
    lookup_char = 0x4a; // <
else if (character == 62)
    lookup_char = 0x4b; // >
else if (character == 63)
    lookup_char = 0x42; // ?
else if (character == 64)
    lookup_char = 0x4c; // @
else
    lookup_char = 0x00; // out of range, blank space
return (lookup_char);
}
////////////////////////////////////
byte spi_transfer(volatile byte data)
{
    SPDR = data;
    while (!(SPSR & (1<<SPIF)))
    {
    };
    return SPDR;
}
void OSD_write_to_screen(const char s[], byte x, byte y, byte blink, byte invert){
    unsigned int linepos;
    byte local_count;
    byte settings, char_address_hi, char_address_lo;

```

```

byte screen_char;
local_count = 0;
char_address_hi = 0;
char_address_lo = 0;
linepos = y*30+x;
char_address_hi = linepos >> 8;
char_address_lo = linepos;
settings = B00000001;
if (blink) {
    settings |= (1 << 4); }
if (invert){
    settings |= (1 << 3); }
digitalWrite(MAX7456SELECT,LOW);
spi_transfer(DMM_reg); //dmm
spi_transfer(settings);

spi_transfer(DMAH_reg);
spi_transfer(char_address_hi);
spi_transfer(DMAL_reg);
spi_transfer(char_address_lo);
while(s[local_count]!='\0')
{
    screen_char = s[local_count];
    screen_char= convert_ascii(screen_char);
    spi_transfer(DMDI_reg);
    spi_transfer(screen_char);
    local_count++;
}
spi_transfer(DMDI_reg);
spi_transfer(END_string);
spi_transfer(VM0_reg);
spi_transfer(ENABLE_display_vert);
digitalWrite(MAX7456SELECT,HIGH);
}
void loop (){
    Measuretemp();
    Max7456();
}

```